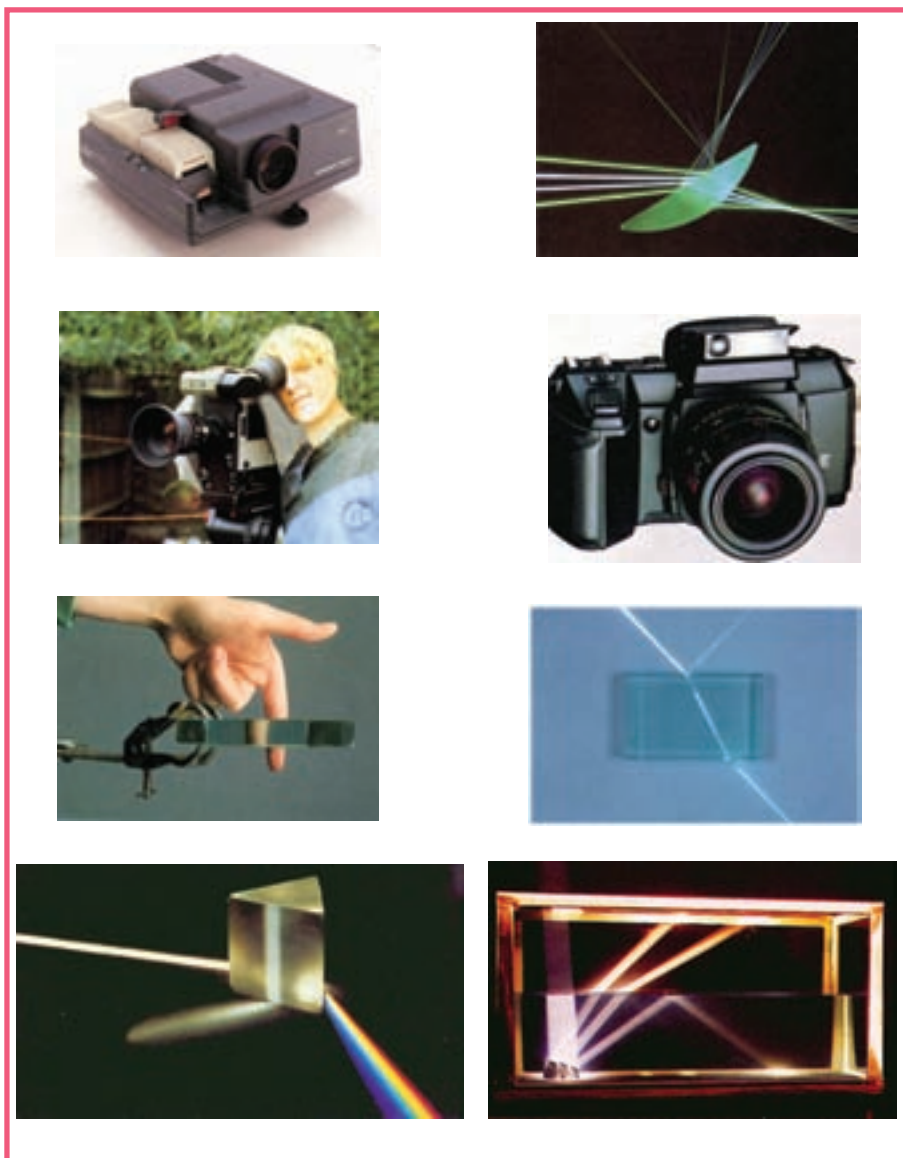


شکست نور



آیا می‌دانید که علت تشکیل رنگین کمان چیست؟

در فصل گذشته با انتشار نور به خط راست در یک محیط شفاف و قوانین بازتابش نور آشنا شدید. در این فصل، رفتار نور را هنگام عبور از یک محیط شفاف به محیط شفاف دیگر بررسی می‌کنیم و با استفاده از مفهوم بازتابش کلی، با نحوه‌ی کار تارهای نوری آشنا می‌شویم. سپس به بررسی عدسی‌ها و کاربرد آن‌ها در اصلاح دید چشم، میکروسکوپ و دوربین نجومی می‌پردازیم.



شکل ۵-۱

۵-۱- شکست نور

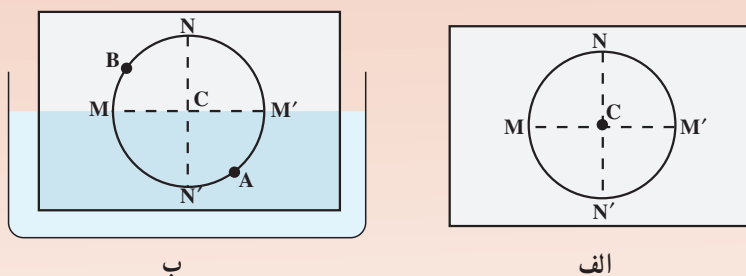
اگر از کنار استخر پر از آب به کف استخر نگاه کنید و در همان حال به تدریج از کنار استخر دور شوید، احساس می‌کنید که کف استخر دارد بالا می‌آید و عمق آب کم می‌شود؛ مشاهده‌ی پدیده‌هایی از این قبیل به سبب پدیده‌ی شکست نور است.



آزمایش کنید - ۱

وسایله‌های آزمایش: ورقه‌ی مقوای گلاسه یا طلق، چند عدد سنجاق، پرگار، خط‌کش، ظرف آب و نقاله.

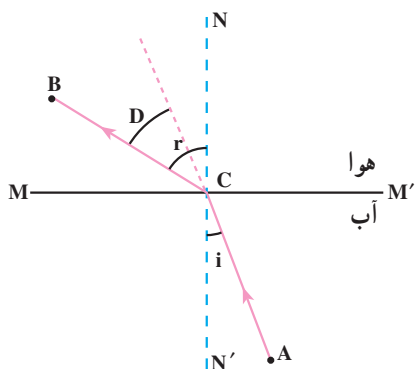
الف: بر روی ورقه‌ی مقوای گلاسه دایره‌ای با دو قطر عمود بر هم، مطابق شکل (۵-۲-الف) رسم کنید. سپس سنجاقی در مرکز دایره و عمود بر مقوا و سنجاق دیگری به همان ترتیب روی محیط دایره در نقطه‌ی A فرو کنید.



شکل ۵-۲

ب: مطابق شکل (۵-۲-ب) مقوای گلاسه را تا نیمه در آب فرو ببرید به طوری که قطر MM' بر سطح آب مماس شود. در این حالت سنجاق دیگری را عمود بر سطح مقوا بین M و N جا به جا کنید تا هر سه سنجاق را در یک راستا ببینید. در این حالت سنجاق سوم را بر مقوا فرو کنید.

پ: مقوای گلاسه را از آب خارج کنید و نقطه‌های A و B و C را به هم وصل کنید. چرا سنجاق‌های A و B و C روی یک خط راست نیستند؟ در حالی که وقتی سنجاق A در درون آب قرار داشت هر سه سنجاق در یک راستا به نظر رسیدند.



با انجام آزمایش کنید ۱- نتیجه می‌گیریم که نور هنگام عبور از آب به هوا، مسیر شکسته‌ی ACB را پیموده و به چشم رسیده است. این مسیر در شکل (۳-۵) نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل پیداست، نور در گذر از آب به هوا از خط عمود دور می‌شود.

شکل ۳-۵- مسیر نور هنگام گذر از آب به هوا

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.

در آزمایش کنید ۱- پرتوهای نور از آب به هوا وارد می‌شوند. پرتو AC را پرتو تابش و پرتو CB را پرتو شکست می‌نامیم. زاویه‌ی بین پرتو تابش و خط NN' (خط عمود بر سطح جدایی دو محیط در نقطه‌ی تابش نور) را زاویه‌ی تابش (i) و زاویه‌ی بین پرتو شکست و NN' را زاویه‌ی شکست (r) می‌نامیم.



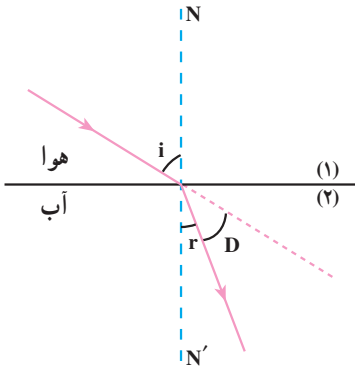
آزمایش کنید-۲

آزمایش کنید ۱- را برای زاویه‌های تابش 10° و 20° و 30° و 40° تکرار کنید.

زاویه‌های شکست r در هر آزمایش نسبت به زاویه‌ی تابش i چه تغییری می‌کند؟

آزمایش نشان می‌دهد که اگر نور از آب به هوا بتابد زاویه‌ی تابش در محیط (۱) کوچک‌تر از زاویه‌ی شکست در محیط (۲) است.

در شکل (۴-۵) تابش نور از محیط (۱) به محیط (۲) (محیط غلیظ) نشان داده شده است. همان‌گونه که می‌بینید هنگام تابش نور از هوا به آب، پرتو شکست به خط عمود نزدیک می‌شود.



زاویه‌ی بین امتداد پرتو تابش و پرتو شکست را زاویه‌ی انحراف می‌نامیم و آن را با D نشان می‌دهیم. در شکل (۳-۵) دیده می‌شود که $D = r - i$ و در شکل (۴-۵)، $D = i - r$ است.

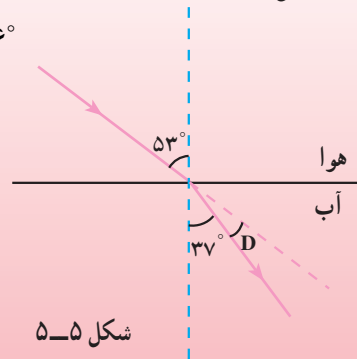
شکل ۴-۵ - مسیر گذر نور از هوا به آب

مثال ۱

شکل (۵-۵) پرتو نوری را نشان می‌دهد که تحت زاویه‌ی تابش 53° از هوا به آب می‌تابد و زاویه‌ی شکست آن 37° است.
الف: زاویه‌ی انحراف چقدر است؟ ب: با رسم پرتو تابش و شکست، زاویه‌ی انحراف را در شکل مشخص کنید.

حل

$$D = i - r \Rightarrow D = 53^\circ - 37^\circ \text{ و } D = 16^\circ$$



شکل ۵-۵

قانون‌های شکست نور

در گذشته، دانشمندان زیادی از جمله بطلمیوس، ابن هیثم، کیپلر و... تلاش کردند تا رابطه‌ای بین زاویه‌ی تابش (i) و زاویه‌ی شکست (r) پیدا کنند. به‌عنوان مثال ابن هیثم دانشمند اسلامی نسبت بین زاویه‌های تابش و شکست را تا زاویه‌ی 8° به‌دست آورد ولی نتوانست رابطه‌ی بین آن‌ها را کشف کند. در قرن هفدهم میلادی اسنل دانشمند هلندی و دکارت دانشمند فرانسوی، هر یک به‌طور مستقل، موفق شدند رابطه‌ی بین این دو زاویه را به‌دست آورند.

تفسیر کنید

دانش آموزی با استفاده از یک لیزر مدادی، تیغه‌ی شیشه‌ای و نقاله، آزمایشی را انجام داده است یعنی باریکه‌ی نور را تحت زاویه‌های تابش مختلف به تیغه تابانده و زاویه‌های شکست مربوط به هریک را توسط نقاله اندازه‌گیری کرده است و جدول ۱-۵ را در حین آزمایش کامل کرده است. شکل ۶-۵ چگونگی انجام آزمایش را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۵

جدول ۱-۵

شماره‌ی آزمایش	زاویه‌ی تابش i	زاویه‌ی شکست r	$\sin i$	$\sin r$	i/r	$\sin i / \sin r$
۱	15°	10°	$0/26$	$0/17$	$1/50$	$1/53$
۲	20°	13°	$0/34$	$0/22$	$1/54$	$1/52$
۳	30°	21°	$0/51$	$0/34$	$1/42$	$1/50$
۴	40°	25°	$0/64$	$0/42$	$1/60$	$1/52$
۵	45°	28°	$0/71$	$0/47$	$1/60$	$1/51$
۶	50°	30°	$0/77$	$0/50$	$1/67$	$1/53$
۷	60°	35°	$0/87$	$0/57$	$1/71$	$1/53$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots

با توجه به جدول ۱-۵ و مشورت با اعضای گروه خود توضیح دهید:

الف: آیا زاویه‌ی شکست در هر مورد کوچک‌تر از زاویه‌ی تابش است؟ (زاویه‌ی شکست و تابش را با هم مقایسه کنید)

ب: اعداد مربوط به کدام ستون تقریباً در تمام آزمایش‌ها ثابت است؟ این عدد تقریباً چقدر است؟

شما نیز می‌توانید با استفاده از نتایج آزمایش کنید - ۱ و تفسیر کنید صفحه‌ی قبل قانون‌های شکست نور را که به صورت زیر بیان می‌شوند، نتیجه بگیرید.

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

۲- 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.

ضریب شکست یک محیط نسبت به خلأ (یا به طور تقریبی هوا) را ضریب شکست مطلق آن محیط گویند؛ یعنی:

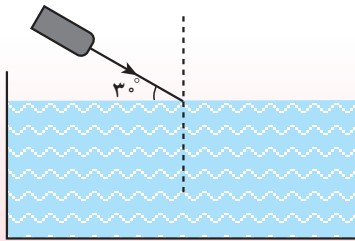
$$n = \frac{\sin i \text{ (در هوا)}}{\sin r \text{ (در محیط شفاف)}} \quad (1-5)$$

مثال ۲

باریکه‌ی نوری همانند شکل (۷-۵) تحت زاویه‌ی 30° به سطح آب می‌تابانیم. این پرتو تحت چه زاویه‌ای وارد ظرف آب می‌شود؟ ضریب شکست آب را $1/33$ فرض کنید.

حل

با توجه به شکل:



شکل ۷-۵

$$i = 6^\circ$$

با استفاده از قانون شکست نور:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n \rightarrow \frac{\sin 6^\circ}{\sin r} = 1/33$$

$$\sin r = \frac{\sin 6^\circ}{n} \approx 0/65$$

$$r = 40/5^\circ$$

فعالیت ۱

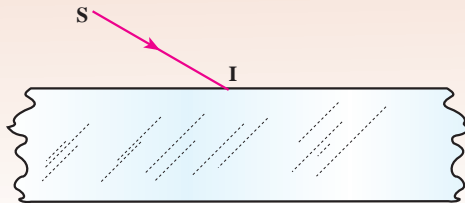
اگر نور از یک محیط شفاف با ضریب شکست n_1 وارد محیط شفاف دیگر با ضریب شکست n_2 شود، به گونه‌ای که $n_1 > n_2$ ، رابطه‌ی (۱-۵) چگونه نوشته می‌شود؟



آزمایش کنید - ۳

وسایله‌های آزمایش: یک قطعه شیشه‌ی ضخیم، وسیله‌ی تولید باریکه‌ی نور، یک تکه مقوا و خط‌کش.

- ۱- مطابق شکل (۸-۵) قطعه شیشه‌ی ضخیم را روی مقوا قرار دهید و باریکه‌ی نور را طوری به قطعه شیشه بتابانید که مسیر نور بر سطح مقوا دیده شود. مسیر پرتو تابش SI را برای ورود به این محیط شفاف و پس از خارج شدن از آن رسم کنید.
- ۲- پرتو تابش ورودی به شیشه و پرتو خروجی از شیشه نسبت به هم چگونه‌اند؟



شکل ۸-۵



ابن هیثم

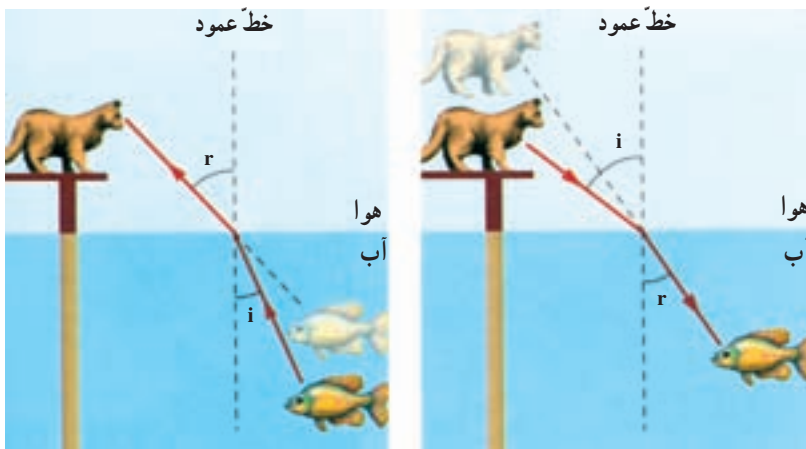
ابوعلی حسن بن حسن بصری معروف به ابن هیثم، ریاضی‌دان، فیزیک‌دان، منجم و از دانشمندان سرشناسی بود که در سال ۳۴۳ هجری شمسی (۳۵۴ هجری قمری) در بصره متولد شد و در سال ۴۱۸ هجری شمسی (۴۳۰ هجری قمری) درگذشت. او با این که از آثار گذشتگان

خود از جمله اقلیدس، بطلمیوس، ارسطو و آپولونیوس استفاده کرده است، اما بنیان نور شناخت را دگرگون کرد و آن را به صورت علم منظم و مشخصی درآورد. او مانند اقلیدس هم فیزیک دان نظری و هم تجربی بود و به منظور تشخیص حرکت مستقیم الخط نور، یافتن خصوصیات سایه، موارد استفاده از عدسی‌ها و ویژگی‌های اتاق تاریک آزمایش‌هایی انجام داد. او برای نخستین بار در مورد بسیاری نمودهای نور شناختی اساسی به تحلیل ریاضی پرداخت. در مبحث شکست نور، وی ثابت کرد که زاویه‌ی شکست متناسب با زاویه‌ی تابش نیست و به تحقیق در مورد شکست نور در عدسی‌ها و در جو پرداخت. هم چنین سهم عمده‌ی او در بحث بازتاب نور که یونانیان پیش از آن به اکتشاف‌های مهمی دست یافته بودند، پژوهش در آینه‌های سهموی (شلجمی) و کروی بود و حتی چرخ تراشی داشت که با آن عدسی‌ها و آینه‌های خمیده را برای آزمایش‌های خود تهیه می‌کرد. او از این آزمایش‌ها دریافت که در آینه‌ی سهموی همه‌ی شعاع‌ها در یک نقطه متمرکز می‌شود و از این رو بهترین آینه‌های سوزاننده همین آینه‌های سهموی هستند.

۲-۵- عمق ظاهری و واقعی

شکل (۹-۵) 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.

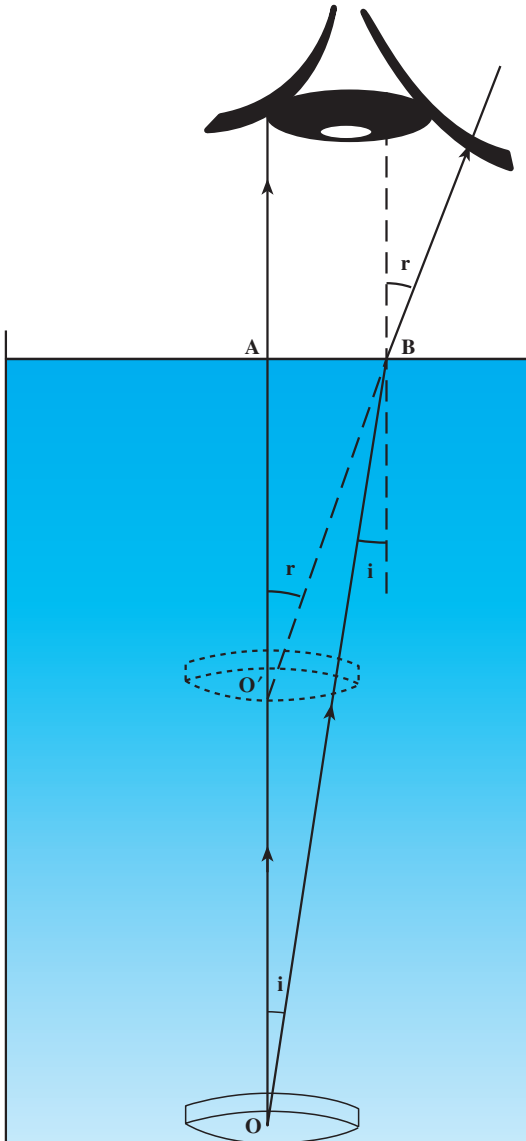
شما نیز احتمالاً تجربه کرده‌اید هنگامی که از هوا به جسمی در داخل آب نگاه می‌کنیم آن جسم به سطح آب نزدیک‌تر و وقتی که از داخل آب به جسمی در هوا نگاه می‌کنیم، دورتر به نظر می‌رسد.



شکل ۹-۵

فعالیت ۲

با رسم حداقل دو پرتو از یک نقطه نشان دهید که چرا گربه، ماهی را نزدیک تر و ماهی، گربه را دورتر از سطح آب می بیند؟



شکل ۵-۱۰

وقتی نور به طور مایل از یک محیط شفاف وارد محیط شفاف دیگر می شود، در مرز مشترک دو محیط، تغییر مسیر می دهد (شکسته می شود) و همین عامل سبب بالاتر دیده شدن ماهی توسط گربه و همچنین دورتر دیده شدن گربه توسط ماهی می گردد.

در شکل (۵-۱) مکان سگه ای در ته یک لیوان پر از آب نشان داده شده است. دو پرتوی را که از نقطه ی O به سطح آب برخورد می کنند در نظر می گیریم:

پرتو قائم OA بدون شکست وارد هوا می شود اما پرتو OB در مرز مشترک دو محیط شکسته شده و از خط عمود دور می شود. ($r > i$)

با استفاده از قانون های شکست نور و زاویه های تابش و شکست i و r می توانیم بنویسیم:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{n}$$

با توجه به شکل، زاویه‌ی AOB برابر با زاویه‌ی تابش i و زاویه‌ی AO'B برابر با زاویه‌ی شکست r است. در مثلث‌های قائم‌الزاویه‌ی AOB و AO'B با توجه به تعریف سینوس یک زاویه می‌توانیم بنویسیم:

$$\sin i = \frac{AB}{OB} \quad \text{و} \quad \sin r = \frac{AB}{O'B}$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{O'B}{OB}$$

در نتیجه داریم

اگر زاویه‌ی تابش و شکست r به اندازه‌ی کافی کوچک باشند، یعنی بتوان تقریباً به سکه به‌طور عمودی نگاه کرد، $O'B \approx O'A$ و $OB \approx OA$ است؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{O'A}{OA}$$

$$\frac{O'A}{OA} = \frac{1}{n} \quad \text{و}$$

با توجه به رابطه‌ی (۱-۵):

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

یعنی:

$$\text{عمق واقعی} = \frac{\text{عمق ظاهری}}{\text{ضریب شکست محیط شفاف}} \quad (۲-۵)$$

مثال ۳

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

حل

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

$$۱/۵ = \frac{OA}{۱/۳}$$

$$OA \approx ۲\text{m}$$

عمق واقعی استخر

فعالیت ۳

رابطه‌ی (۲-۵) را برای حالتی که ناظر در محیط شفاف (۱) با ضریب شکست n_1 به جسمی در محیط شفاف (۲) با ضریب شکست n_2 می‌نگرد، بنویسید.

فعالیت ۴

با مشورت و مشارکت اعضای گروه خود، آزمایشی طراحی کنید که توسط آن بتوان عمق ظاهری یک سکه را در ته یک لیوان پر از آب اندازه‌گیری کرد.

۳-۵- رابطه‌ی شکست نور با تغییر 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 $300,000$ کیلومتر بر ثانیه است؛ یعنی نور در خلأ فاصله‌ی $300,000$ 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.

جدول ۲-۵

ضریب شکست	سرعت نور km/s	
۱/۳۰۹	۲۲۹,۱۸۲	بخ
۱/۵۰۱	بنزن
۱/۶۲۸	۱۸۴,۲۷۵	کربن دی‌سولفات
.....	۲۰۱,۳۴۲	پلی‌استیرن
۱/۵۴۴	۱۹۴,۳۰۰	سدیم کلراید
۱/۴۷۳	گلیسرین
۱	۳۰۰,۰۰۰	هوا
.....	۲۲۵,۰۰۰	آب
۱/۵۲۰	شیشه
.....	۱۲۵,۰۰۰	الماس

علت 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:

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

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

$$n = \frac{c}{v} \quad (3-5)$$

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

مثال ۴

با استفاده از جدول (۲-۵) ضریب شکست آب را حساب کنید.

حل: با توجه به جدول داریم:

$$c = 300000 \text{ km/s} \quad v = 225000 \text{ km/s} \quad n = ?$$

$$n = \frac{c}{v} = \frac{300000}{225000} = \frac{300}{225}$$

$$n = \frac{4}{3}$$

ضریب شکست آب

تمرین ۱

با توجه به رابطه‌ی سرعت نور در یک محیط شفاف و ضریب شکست آن، مکان‌های خالی جدول (۲-۵) را کامل کنید.

پاسخ دهید ۱

با استفاده از جدول (۲-۵):

الف: ضریب شکست شیشه و آب را با هم مقایسه کنید.

ب: نور یک بار با زاویه‌ی تابش (i) از هوا به آب و بار دیگر با همین زاویه‌ی

تابش به شیشه می‌تابد. در کدام مورد زاویه‌ی انحراف بزرگ‌تر است و پرتو شکست به

خط عمود نزدیک‌تر می‌شود؟ چرا؟

مثال ۵

دو محیط را با ضریب شکست‌های n_1 و n_2 در نظر بگیرید. اگر نسبت سرعت

نور در محیط اول به محیط دوم برابر $\frac{5}{4}$ باشد، نسبت ضریب شکست محیط اول به محیط دوم را حساب کنید.

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{5}{4} \text{ و } \frac{n_1}{n_2} = ?$$

$$n_1 = \frac{c}{v_1} \text{ و } n_2 = \frac{c}{v_2} \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{\frac{c}{v_1}}{\frac{c}{v_2}}$$

با حذف c خواهیم داشت:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

بنابراین:

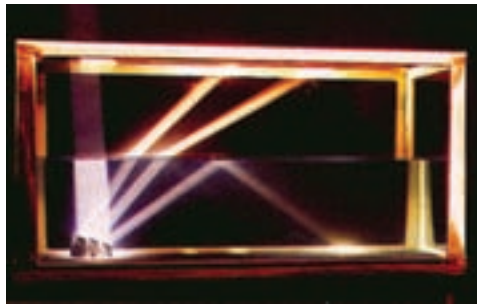
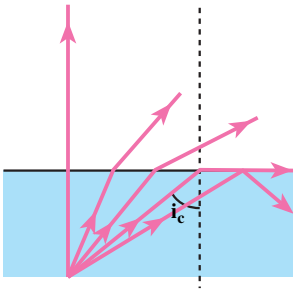
$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{4}{5}$$

فعالیت ۵

الف: جدول (۲-۵) را برحسب افزایش سرعت بازنویسی نمایید.
ب: با افزایش سرعت، ضریب شکست چگونه تغییر می‌کند؟

۴-۵- زاویه‌ی 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 90° 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 (۱۱-۵) زاویه‌ی حد نشان داده شده است.



شکل ۱۱-۵

فعالیت ۶

به کمک یک لیزر مدادی یا باریکه‌ی نور، ظرف شفاف مکعب مستطیل شکل، مایع شفاف، پودر گچ یا پودر مواد معلق در آب و نقاله، زاویه‌ی حد مایع درون مکعب مستطیل را برآورد کنید.

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، در صورتی که محیط دوم هوا باشد، با استفاده از رابطه‌ی (۲-۵) می‌توان نوشت:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{n} \text{ و } r = 90^\circ$$

$$\frac{\sin i}{\sin 90^\circ} = \frac{1}{n}$$

$$\sin i = \frac{1}{n} \quad (۴-۵ \text{ الف})$$

اگر زاویه‌ی حد را با i_c نشان دهیم رابطه‌ی (۴-۵ الف) به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\sin i_c = \frac{1}{n} \quad (۴-۵ ب)$$

مثال ۶

ضریب شکست پلی‌استیرن تقریباً $1/6^\circ$ است، زاویه‌ی حد را برای پرتوهای نوری که از این ماده وارد هوا می‌شوند به دست آورید.

حل

$$n = 1/6^\circ$$

$$\sin i_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1/6} = 0/625$$

$$i_c \approx 39^\circ$$

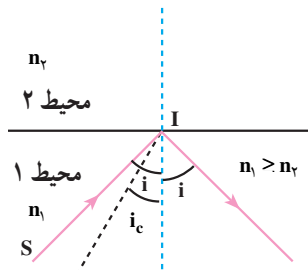
فعالیت ۷

اگر نوری از یک محیط شفاف با ضریب شکست n_1 وارد محیط شفاف دیگر با ضریب شکست n_2 شود به گونه‌ای که $n_1 > n_2$ ، رابطه‌ی (۴-۵ ب) چگونه نوشته می‌شود؟

به جدولی که در فعالیت ۵ تهیه کرده‌اید یک ستون دیگر اضافه کنید و زاویه‌ی حد مربوط به هر ماده‌ی شفاف را، وقتی پرتو نور از آن ماده وارد هوا می‌شود، بنویسید.

۵-۵- بازتاب کلی

هرگاه زاویه‌ی تابش در محیطی با ضریب شکست بیشتر، از زاویه‌ی حد در آن محیط بیش‌تر شود ($i > i_c$) پرتو تابش از آن محیط خارج نمی‌شود و سطح جدایی دو محیط، نظیر یک آینه‌ی تخت، پرتو نور را به درون محیط اول باز می‌تاباند. این پدیده را بازتاب کلی می‌نامند. شکل (۵-۱۲) بازتاب کلی را در یک محیط نشان می‌دهد.



شکل ۵-۱۲- پرتو SI با زاویه‌ی تابش بیش از زاویه‌ی حد به مرز مشترک دو محیط تابیده است، در نتیجه بازتاب کلی رخ داده است.

سراب

پدیده‌ی سراب معمولاً در بیابان‌ها و جاده‌ها در روزهای گرم مشاهده می‌شود (شکل (۵-۱۳)). هرچه به سطح زمین نزدیک‌تر می‌شویم دمای لایه‌های هوا بیشتر و در نتیجه رقیق‌تر و ضریب شکست آن کم‌تر می‌شود. پرتوهای نور که از یک شیء دور، مثلاً یک درخت، به طور مایل به سطح زمین می‌تابند، در اثر عبور از لایه‌های با ضریب شکست بیش‌تر به لایه‌های با ضریب شکست کم‌تر به تدریج به طرف بالا شکست می‌یابند تا این که در لایه‌های نزدیک به سطح زمین زاویه‌ی تابش آن‌ها از زاویه‌ی حد این لایه‌ها بزرگ‌تر شده و بازتاب کلی صورت می‌گیرد. پرتوهای بازتابیده پس از شکست‌های متوالی (از لایه‌های بالا به پایین) به چشم ما می‌رسند؛ در این صورت لایه‌های نزدیک به سطح زمین که نور را باز می‌تابانند مانند سطح آب به نظر می‌رسند.

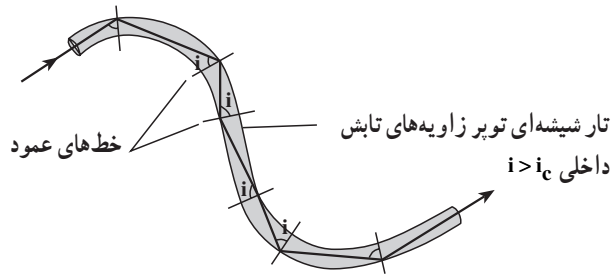


شکل ۵-۱۳- سراب و علت به وجود آمدن آن

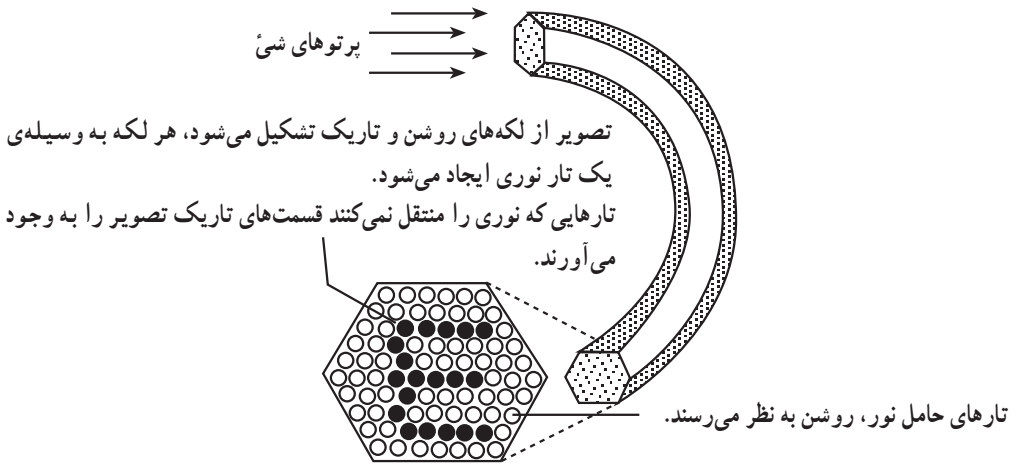
..... فناوری و کاربرد تار نوری

تار نوری رشته‌ای شیشه‌ای است که ضخامت آن، بسته به نوع تار، اغلب از مرتبه 10^{-3} تا 10^{-1} میلی‌متر متغیر است. نور می‌تواند درون تار نوری جلو رود حتی اگر تار خمیده شده باشد. هنگامی که پرتو نوری از درون تار به سطح آن بتابد، اگر زاویه تابش بزرگ‌تر از زاویه حد باشد، بازتاب کلی نور روی می‌دهد و نور نمی‌تواند از تار خارج شود، چنان‌که گویی سطح درونی تار نقره‌اندود است، در حالی که واقعاً چنین نیست. تار شیشه‌ای توپر، از درون، یک سطح بازتابنده‌ی کامل دارد.

تارهای نوری کاربردهای زیادی دارند. برای مثال می‌توان از مورد استفاده‌ی آن‌ها در آندوسکوپی نام برد که برای دیدن داخل بدن به کار می‌رود (شکل ۵-۱۴). در این ابزار، نور را از یک دسته‌ی باریک از تارهای شیشه‌ای بسیار ظریف و قابل انعطاف عبور می‌دهند و به نقطه‌ی مورد نظر درون بدن می‌تابانند و تصویر حاصل را از طریق دسته‌ی دیگری از تارها برمی‌گردانند. این دسته‌ی دوم



الف - یک تار نوری که در آن پرتو نور چند بار بازتاب داخلی پیدا کرده است.



ب - دسته‌ای از تارهای شیشه‌ای که برای انتقال تصویر استفاده می‌شود.

شکل ۱۴-۵

تصویرساز ممکن است هزاران تار نوری با ضخامتی در حدود 10^{-4} میلی‌متر داشته باشد که در وضعیت‌های ثابت چنان مرتب شده‌اند که تصویر در هم نمی‌شود، لذا هر تار نوری یک لکه از تصویر را ایجاد می‌کند.



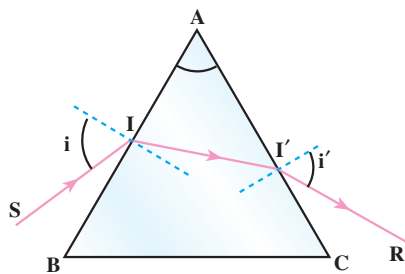
مهم‌ترین کاربرد تارهای نوری در صنعت مخابرات است. کابل‌های تار نوری، در مقایسه با کابل‌های سیم مسی نه تنها می‌توانند داده‌های بیشتری را و با کیفیت بهتر منتقل کنند، بلکه بسیار باریک‌تر و سبک‌تر نیز هستند و با توجه به این که جنس آن‌ها از شیشه است ارزان‌تر نیز تهیه می‌شوند، در حالی که کابل‌های مسی روز به روز گران‌تر می‌شوند.

فعالیت ۹

با مشارکت افراد گروه خود و با استفاده از یک قطعه شیلنگ شفاف محتوی آب و لیزر مدادی، باریکه‌ی نور تشکیل شده را به گونه‌ای به یک طرف شیلنگ بتابانید تا از طرف دیگر آن خارج شود.

۵-۶- مسیر نور در منشور

در شکل (۵-۱۶) مقطع یک منشور شیشه‌ای نشان داده شده است. پرتو SI که به یک وجه منشور تابیده پس از شکست در نقطه‌ی I وارد منشور شده و با شکست مجدد از وجه دیگر خارج شده است. زاویه‌ی A را زاویه‌ی رأس منشور می‌نامند. قرار گرفتن منشور در مسیر نور سبب شده است که نور با انحراف نسبت به امتداد اولیه از منشور خارج شود.



شکل ۵-۱۶- مسیر پرتو نور در منشور

فعالیت ۱۰

با رسم مسیر پرتو نور در منشور زاویه‌ی انحراف را نشان دهید.