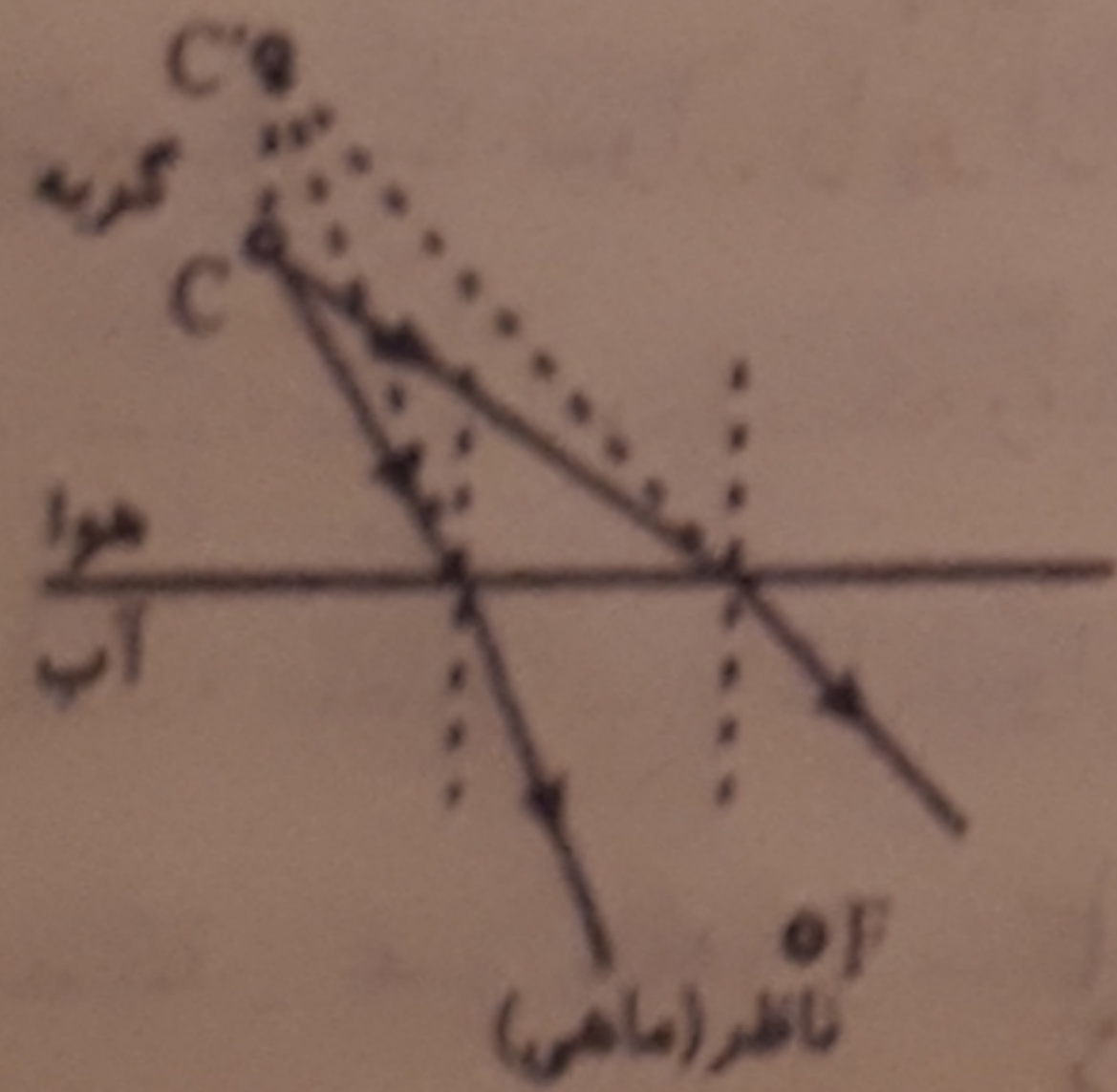
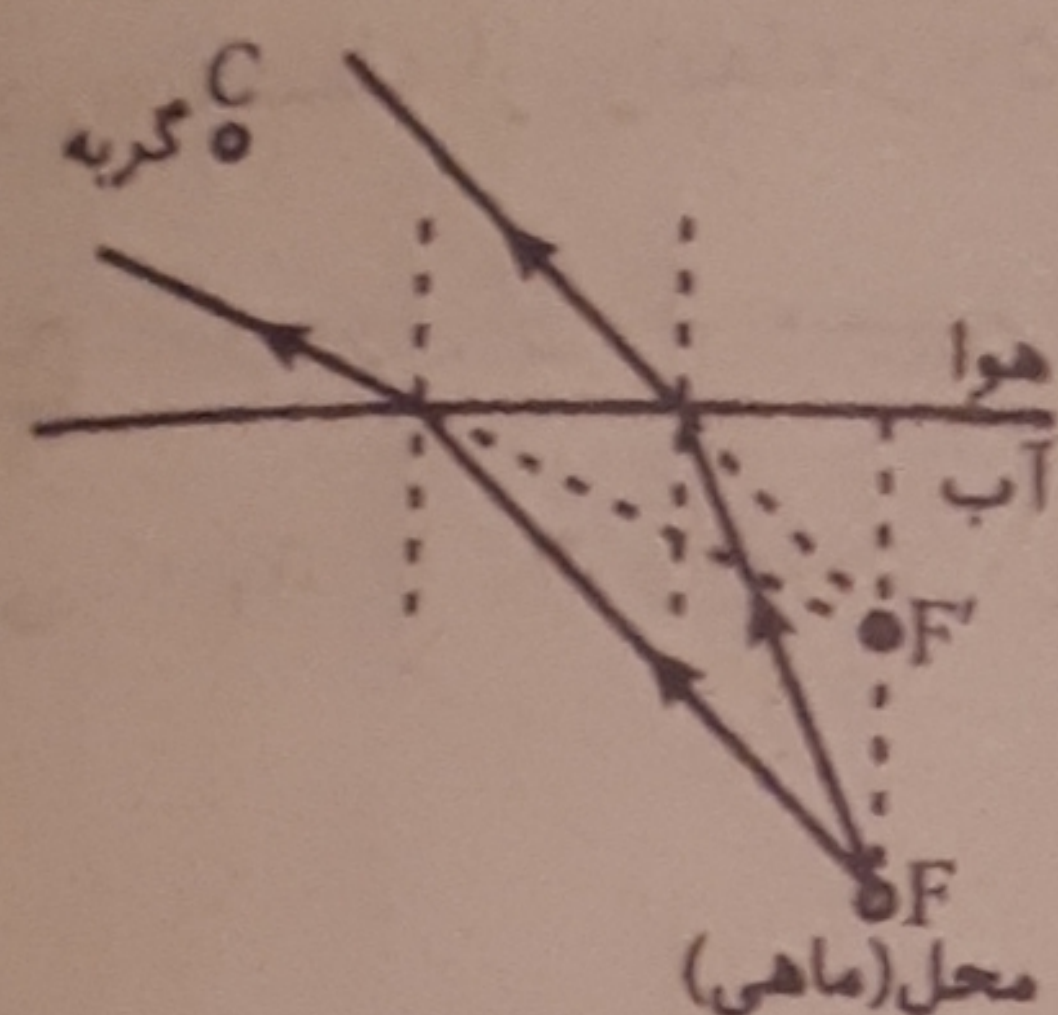


با رسم حداقل دو پرتو از یک نقطه نشان دهید که چرا گربه، ماهی را نزدیکتر و ماهی، گربه را دورتر از سطح آب می بیند؟

پاسخ: می دانیم وقتی پرتو تابش به محیط غلیظ (آب) وارد می شود سرعتش کم و در نتیجه زاویه شکست کم می شود. حال اگر از نقطه C دو پرتو به آب رسم کنیم، پرتوهای شکست همدیگر را قطع نمی کنند اما امتداد آن ها یکدیگر را در نقطه C' قطع می کنند. این نقطه C' همان محلی



است که در امتداد دید ماهی قرار می‌گیرد و ماهی گربه را در C' مشاهده می‌نماید.



شکل بعدی، بر عکس شکل قبلی است یعنی در آن پرتوهای تابش از محیط غلیظ وارد محیط رقیق می‌شوند. از این رو چون وارد محیط رقیق می‌شوند، سرعت نور زیاد و زاویه شکست نیز زیاد می‌شود (منظور از زاویه تابش و زاویه شکست زاویه‌ای است که این پرتوها با راستای عمود تشکیل می‌دهند).

فعالیت ۳ (صفحه ۱۲۹ کتاب درسی)

رابطه‌ی (۵-۲) 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 می‌نگردد، بنویسید.

پاسخ: رابطه‌ی داده شده در کتاب درسی (رابطه‌ی ۵-۲) در مورد هوا محیط شفاف است (ضریب شکست هوا، یک است).

$$\text{(رابطه ۵-۲)} \quad \frac{\sin i \text{ (هوا)}}{\sin r \text{ (محیط شفاف)}} = \frac{1 \text{ هوا}}{n \text{ محیط شفاف}} \xrightarrow{\text{نتیجه}} \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_1}{n_2}$$

با توجه به اثبات کتاب درسی، می‌توان گفت $\sin i$ عمق ظاهری و $\sin r$ عمق واقعی را مشخص می‌کنند در این صورت:

$$\frac{\text{عمق ظاهری}}{\text{عمق واقعی}} = \frac{n_1}{n_2} \xrightarrow{\text{یا}} \text{عمق واقعی} \times \frac{n_1}{n_2} = \text{عمق ظاهری}$$

فعالیت ۳ (صفحه ۱۲۹ کتاب درسی)

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 می‌نگردد، بنویسید.

پاسخ: رابطه‌ی داده شده در کتاب درسی (رابطه‌ی ۲-۵) در مورد هوا محیط شفاف است (ضریب شکست هوا، یک است).

$$\text{(رابطه ۲-۵)} \quad \frac{\sin i \text{ (هوا)}}{\sin r \text{ (محیط شفاف)}} = \frac{1 \text{ هوا}}{n \text{ محیط شفاف}} \xrightarrow{\text{نتیجه}} \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_1}{n_2}$$

با توجه به اثبات کتاب درسی، می‌توان گفت $\sin i$ عمق ظاهری و $\sin r$ عمق واقعی را مشخص می‌کنند در این صورت:

$$\frac{\text{عمق ظاهری}}{\text{عمق واقعی}} = \frac{n_1}{n_2} \xrightarrow{\text{یا}} \text{عمق ظاهری} = \text{عمق واقعی} \times \frac{n_1}{n_2}$$

فعالیت ۴ (صفحه ۱۲۹ کتاب درسی)

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.

پاسخ: یک لیوان را پر از آب کنید و روی یک سکه بگذارید و خط‌کشی را در کنار لیوان قرار دهید. اگر به طور عمود به سکه نگاه کنیم، سکه را بالاتر از محل واقعی خود می‌بینیم. این محل را روی خط‌کش علامت می‌زنیم. در این صورت فاصله سطح آب داخل لیوان تا سکه، عمق واقعی سکه را نشان می‌دهد اما فاصله سطح آب تا محل علامت‌گذاری روی خط‌کش، عمق ظاهری سکه را نشان خواهد داد.

با توجه به رابطه‌ی سرعت نور در یک محیط شفاف و ضریب شکست آن، مکان‌های خالی جدول (۲-۵) مربوط به صفحه ۱۳۰ کتاب درسی را کامل کنید.

پاسخ: رابطه بین ضریب شکست و سرعت به صورت زیر است:

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

← سرعت نور در هوا
← سرعت نور در محیط

ضریب شکست محیط شفاف

از آن جایی که سرعت نور در هوا $300'000 \text{ km/s}$ (سیصد هزار کیلومتر در یک ثانیه) است لذا می‌توانیم جاهای خالی را در جدول داده شده در صفحه ۱۳۰ کتاب درسی به صورت زیر کامل کنیم.

$$V = \frac{c}{n} = \frac{300'000}{1/501} = 199866 \text{ km/s}$$

سرعت نور در بتن

$$n = \frac{c}{V} = \frac{300'000}{201/342} = 1/490$$

ضریب شکست در پلی‌استیرن

$$V = \frac{c}{n} = \frac{300'000}{1/473} = 203666 \text{ km/s}$$

سرعت نور در گلیسرین

$$n = \frac{c}{V} = \frac{300'000}{225000} = 1/333$$

ضریب شکست آب

$$V = \frac{c}{n} = \frac{300'000}{1/520} = 197384 \text{ km/s}$$

سرعت نور در شیشه

$$n = \frac{c}{V} = \frac{300'000}{125000} = 2/4$$

ضریب شکست الماس

راهنمایی: اگر در رابطه $n = \frac{c}{V}$ جای طرفین را با هم عوض کنیم $V = \frac{c}{n}$ به دست می‌آید که از این دو رابطه در

محاسبات فوق استفاده کرده‌ایم.

الف: جدول (۵-۲) را بر حسب افزایش سرعت باز نویسی نمایید.

ب: با افزایش سرعت، ضریب شکست چگونه تغییر می کند؟

پاسخ:

راهتمایی: منظور از افزایش سرعت این است که ابتدا سرعت های کم سپس سرعت های زیاد نوشته شود.

ضریب شکست	سرعت نور km/s	
۲/۴	۱۲۵/۰۰۰	الماس
۱/۶۲۸	۱۸۴/۲۷۵	کربن دی سولفات
۱/۵۴۴	۱۹۴/۳۰۰	سدیم کلراید
۱/۵۲۰	۱۹۷/۰۰۰	شیشه
۱/۵۰۱	۱۹۹/۰۰۰	بنزن
۱/۴۹	۲۰۱/۳۴۲	پلی استیرن
۱/۴۷۳	۲۰۳/۰۰۰	گلیسرین
۱/۳۳	۲۲۵/۰۰۰	آب
۱/۳۰۹	۲۲۹/۱۸۲	یخ
۱	۳۰۰/۰۰۰	هوا

ب: با افزایش سرعت، ضریب شکست به تدریج افزایش پیدا می کند.

گلیسرین $\Rightarrow \sin i_c = \frac{1}{1/272} = 0.678 \Rightarrow i_c = 42/6^\circ$

آب $\Rightarrow \sin i_c = \frac{1}{1/222} = 0.705 \Rightarrow i_c = 44/9^\circ$

یخ $\Rightarrow \sin i_c = \frac{1}{1/309} = 0.762 \Rightarrow i_c = 49/7^\circ$

هوا $\Rightarrow \sin i_c = \frac{1}{1} = 1 \Rightarrow i_c = 90^\circ$

آزمایش کنید - ۲ (صفحه ۱۲۲ کتاب درسی)

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

زاویه‌های شکست ۲ در هر آزمایش نسبت به زاویه‌ی تابش آنچه تغییری می‌کند؟

پاسخ: در این آزمایش نیز چون پرتوهای نور از محیط غلیظ (آب) وارد هوا می‌شوند، پرتوهای شکست از خط عمود

دور می‌شوند و زاویه شکست بزرگ‌تر از زاویه تابش می‌باشد.

نکته ۱: سرعت نور در محیط غلیظ کم می‌شود و در صورتی که در محیط رقیق به آسانی حرکت می‌کند و سرعت آن

زیاد می‌شود. به بیان دیگر سرعت نور در هوا بیش‌تر از سرعت نور در آب است.

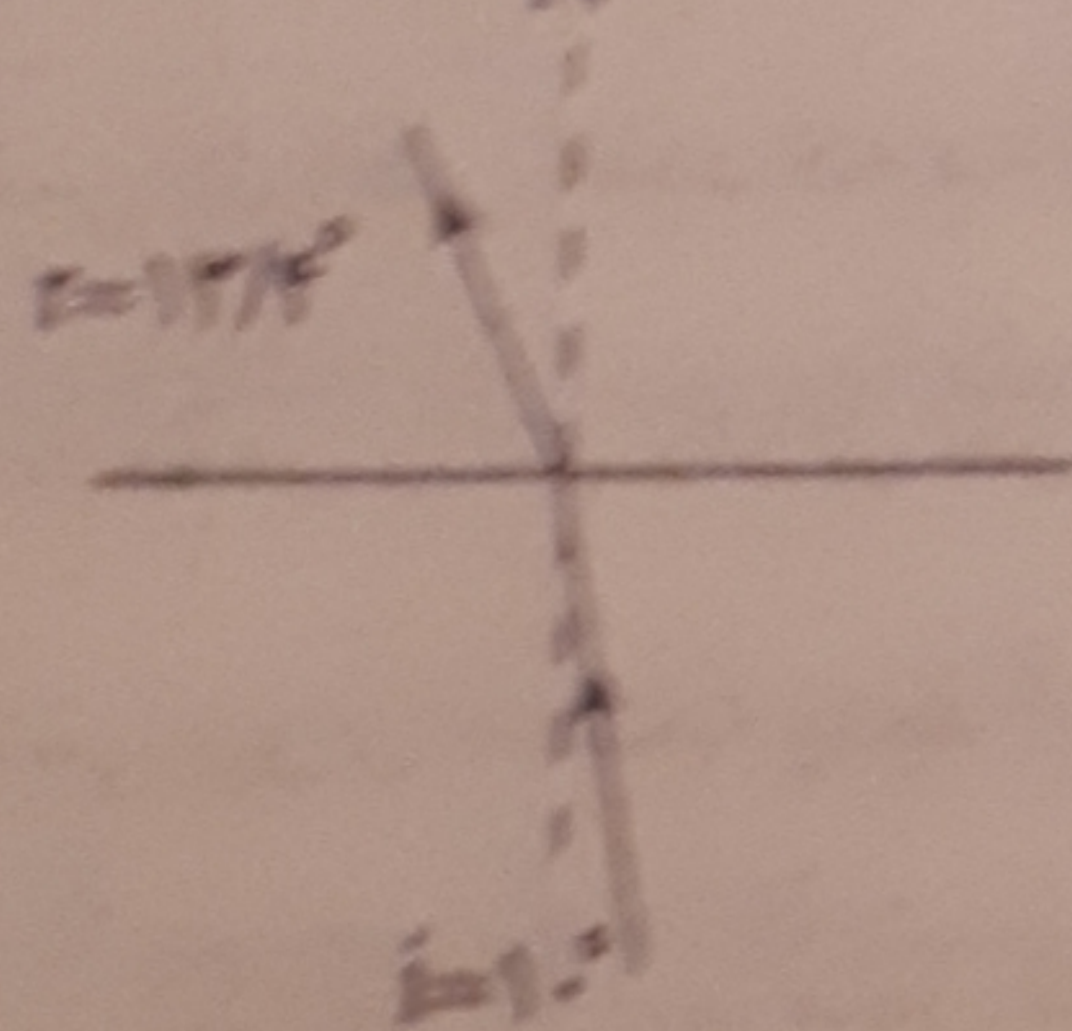
نکته ۲: زاویه شکست بستگی به سرعت نور دارد. هرچه سرعت نور در محیطی بیش‌تر شود زاویه شکست آن نیز

بیش‌تر می‌شود. به بیان دیگر اگر نوری از داخل آب به طرف بالا تابیده شود، هنگام خروج از آب زاویه شکست زیاد

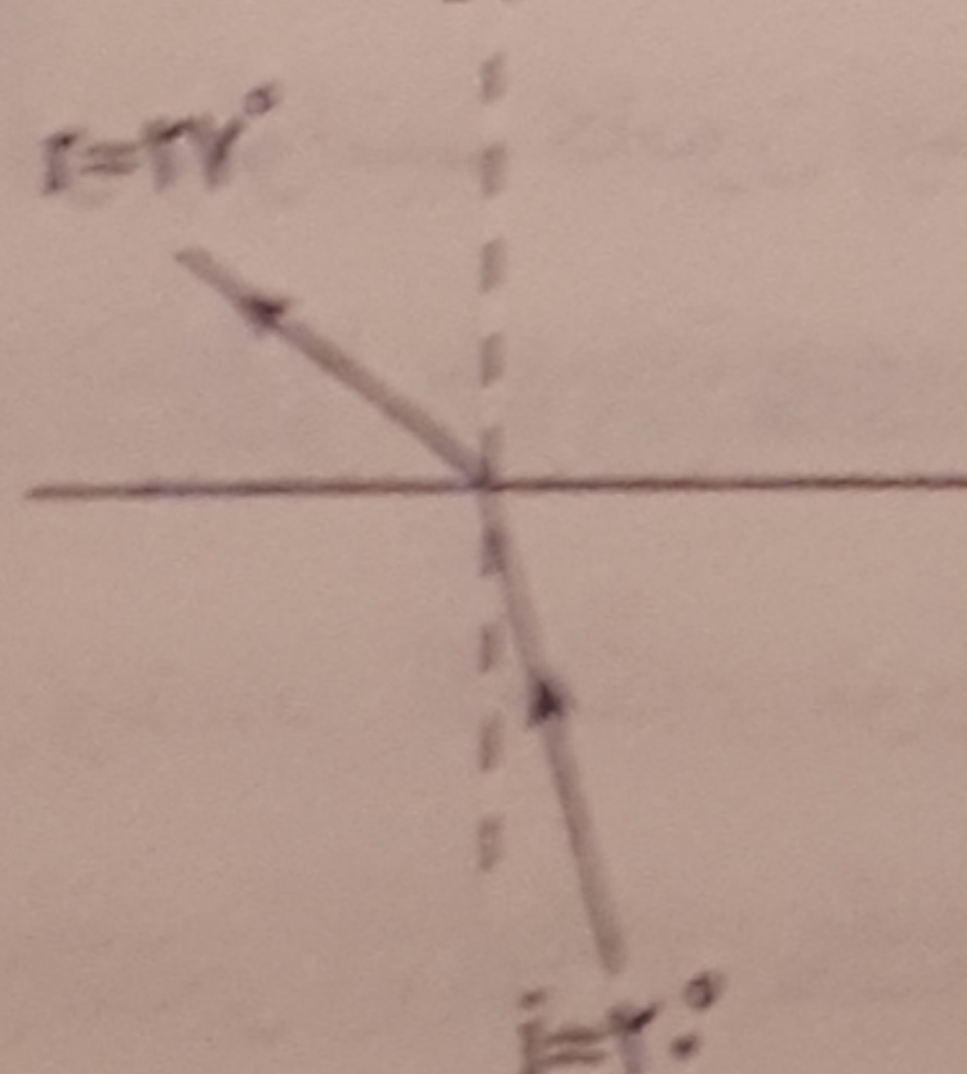
می‌شود زیرا سرعت نور زیاد خواهد شد (در آب که محیط غلیظ است سرعت کم و در هوا که محیط رقیق‌تر از آب

است سرعت زیاد می‌شود).

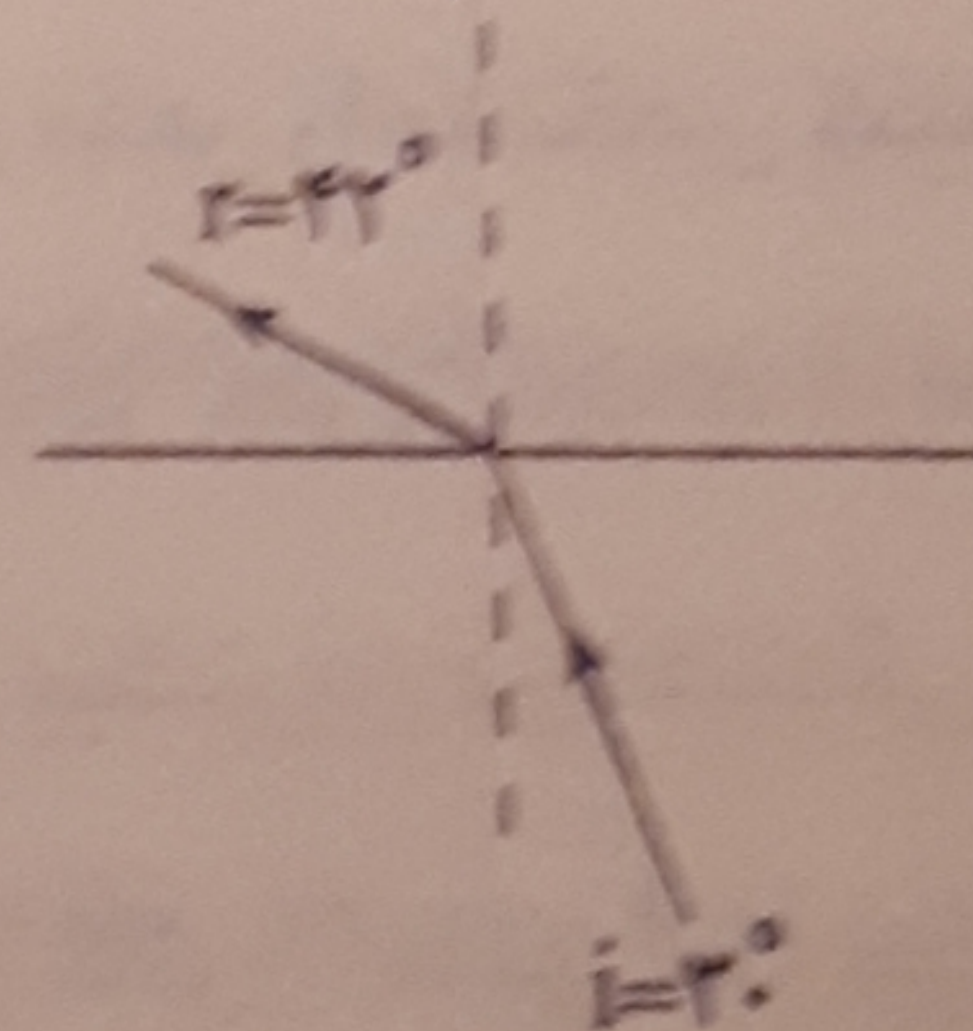
(حالت اول) $i=10^\circ$ N



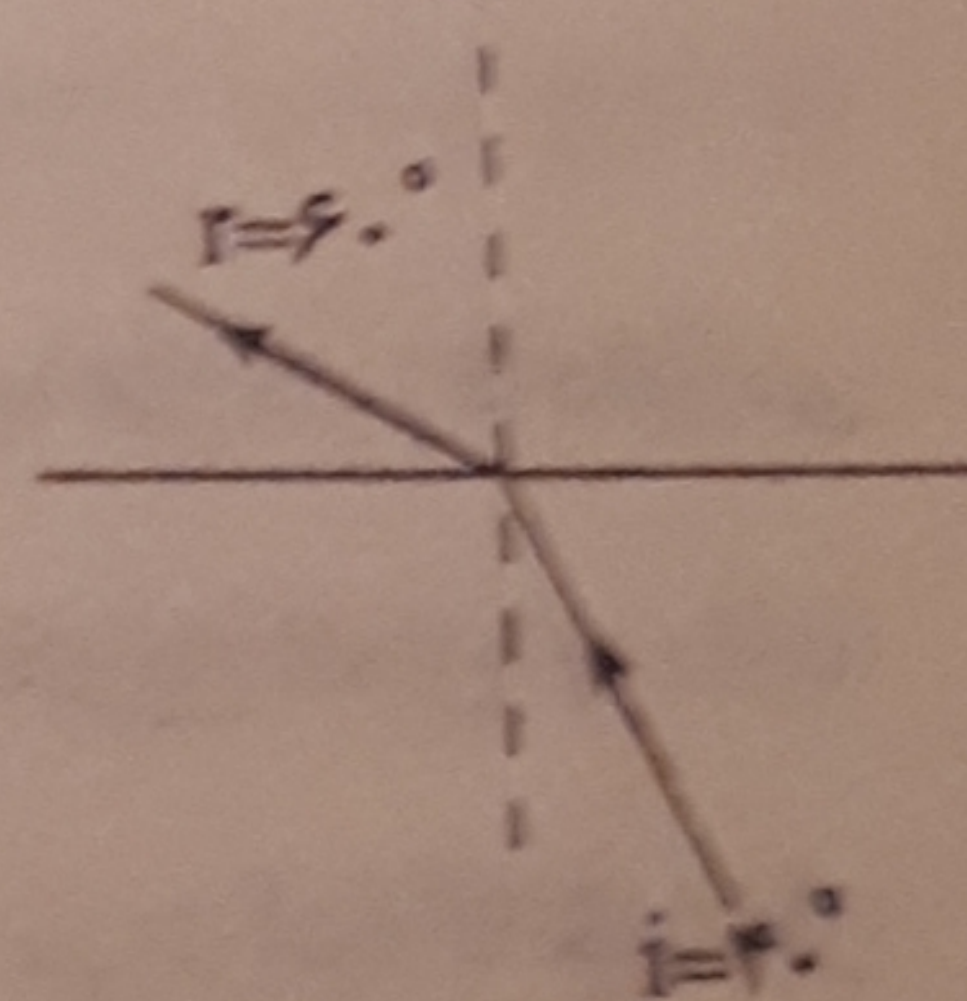
(حالت دوم) $i=20^\circ$ N



(حالت سوم) $i=30^\circ$ N



(حالت چهارم) $i=40^\circ$ N



فعالیت ۸ (صفحه ۱۳۴ کتاب درسی)

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.

پاسخ: با استفاده از فرمول حد و جدول آخر کتاب درسی (صفحه ۱۶۶) زاویه حد را به صورت زیر به دست می‌آوریم:

$$\text{زاویه حد برای الماس} \quad \sin i_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{2.4} = 0.416$$

اکنون اگر به جدول صفحه ۱۶۶ کتاب درسی مراجعه کنید در می‌یابید که اگر سینوس ۰/۴۱۶ شود زاویه آن حدود ۲۴/۵ درجه خواهد شد (زیرا ۰/۴۱۶ بین اعداد ۲۴ درجه و ۲۵ درجه قرار گرفته است) یعنی در جدول:

۰/۴۰۷ مربوط به سینوس زاویه ۲۴

۰/۴۲۲ مربوط به سینوس زاویه ۲۵

چون جواب به دست آمده فوق (۰/۴۱۶) بین دو عدد فوق قرار دارد لذا زاویه آن نیز بین دو زاویه فوق قرار خواهد گرفت. به همین ترتیب برای سایر داده‌های جدول مانند فوق عمل می‌کنیم یعنی:

$$\text{زاویه حد} \quad 37/9^\circ = i_c = 0.612 = \frac{1}{1.628} = \sin i_c \quad \text{زاویه حد در کربن دی‌سولفات}$$

$$\sin i_c = \frac{1}{1.544} = 0.647 \Rightarrow i_c = 40^\circ \quad \Rightarrow \text{سديم کلراید}$$

$$\sin i_c = \frac{1}{1.520} = 0.657 \Rightarrow i_c = 41^\circ \quad \Rightarrow \text{شیشه}$$

$$\sin i_c = \frac{1}{1.501} = 0.666 \Rightarrow i_c = 41/7^\circ \quad \Rightarrow \text{بنزن}$$

$$\sin i_c = \frac{1}{1.49} = 0.671 \Rightarrow i_c = 42/1^\circ \quad \Rightarrow \text{پلی استیرن}$$