

## راهنمای تدریس

با تفسیر نتایج آزمایش و با توجه به این که در آزمایش‌ها، پرتو تابش، پرتو شکست و خط عمود در یک صفحه (صفحه‌ی نقل‌آله) مشاهده شده‌اند، قانون‌های شکست نور و ضریب شکست را (با توجه به متن کتاب) آموزش می‌دهیم.

برای آشناسدن با چگونگی استفاده از قانون شکست  $(\frac{\sin i}{\sin r} = n)$  در حل مسائل، از دانش‌آموزان می‌خواهیم مثال ۲ کتاب را بخوانند و به حل آن (محاسبه‌ی ضریب شکست آب) دقت کنند.

از آن‌ها می‌خواهیم حدس بزنند که علت تفاوت ضریب شکست آب و شیشه چیست؟

و به این ترتیب، توجه دانش‌آموزان را به تفاوت ویژگی دو محیط آب و شیشه و تفاوت ضریب شکست آن‌ها جلب می‌کنیم.

توجه: در این مرحله، رابطه‌ی  $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$  را مطرح

نمی‌کنیم. این رابطه، پاسخ فعالیت ۱ است.

### فعالیت پیشنهادی ۲

هدف: کاربرد قانون شکست نور

اعداد جدول ۲، نتایج آزمایشی است که به بطلمیوس (قرن

دوم میلادی) نسبت داده می‌شود. جدول را تکمیل و ضریب شکست آب را در این آزمایش به دست آورید. (میانگین بگیرید) و مقدار آن را با مقدار امروزی ضریب شکست آب ( $n = 1/33$ ) مقایسه کنید.

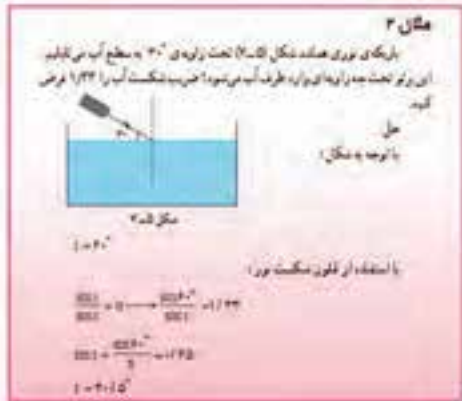
جدول ۲

شماره‌ی آزمایش	i	r	sini	sinr	sini/sinr	میانگین (n)
۱	۲۰	۱۵/۵				
۲	۳۰	۲۲/۵				
۳	۴۰	۲۹				
۴	۵۰	۳۵				
۵	۶۰	۴۰/۵				
۶	۸۰	۵۰				

تساوی می‌نویسد. استفاده از تابع آرکسین کسره ۱ و کسره کسره صدهای قبل قانون‌های شکست نور را که بصورت زیر بیان می‌شوند، نتیجه بگیرد.

۱- زاویه تابش، خط عمود و سطح جداکننده دو محیط، در فضای تابش و پرتو شکست در یک صفحه واقع اند.  
۲- نسبت سینوس زاویه تابش به سینوس زاویه شکست از زاویه تابش تا در یک محیط نفاذ محیط ۱ را در محیط نفاذ دیگری محیط ۲ می‌نویسد مقداری ثابت است. این مقدار را ضریب شکست محیط ۲ نسبت به محیط ۱ می‌گویند و آن را با  $n_{21}$  نشان می‌دهند. ضریب شکست ۱ سنگی به حسی دو محیطی دارد که بین آن یکی زاویه تابش می‌نویسد.  
۳- ضریب شکست یک محیط نسبت به خط عمود برابر ضریب شکست محیط اول است.  
محیط گویند ۱ پس:

$$n_{21} = \frac{\sin i}{\sin r} \quad \text{از جدول ۱} \quad n_{21} = \frac{\sin i}{\sin r} \quad \text{ضریب شکست محیط ۱ به محیط نفاذ}$$



پاسخ:

جدول ۳

شماره‌ی آزمایش	i	r	sini	sinr	sini/sinr	میانگین (n)
۱	۲۰	۱۵/۵	۰/۳۴	۰/۲۶	۱/۳	۱/۲۸
۲	۳۰	۲۲/۵	۰/۵	۰/۳۸	۱/۳	
۳	۴۰	۲۹	۰/۶۴	۰/۴۷	۱/۳	
۴	۵۰	۳۵	۰/۷۶۶	۰/۵۷	۱/۳	
۵	۶۰	۴۰/۵	۰/۸۶	۰/۶۴۹	۱/۳	
۶	۸۰	۵۰	۰/۹۸	۰/۷۶۶	۱/۲۷	

$$\bar{n} = 1/28$$

$$1/33 - 1/28 = 0/05$$

این اختلاف، نتیجه‌ی قابل قبولی است.

### فعالیت پیشنهادی ۳

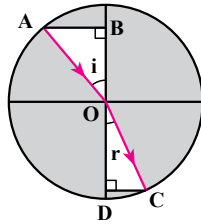
هدف: تفسیر نتایج یک آزمایش انجام شده

توجه: این فعالیت، دانش‌آموزان را هدایت می‌کند تا با هم‌فکری اعضای گروه خود به رابطه‌ی بین زاویه‌های تابش و شکست نور برسند.

– در گذشته دانشمندان زیادی سعی کردند با مشاهده‌ی رفتار نور، رابطه‌ی بین زاویه‌های تابش و شکست نور را پیدا کنند ولی تلاش برخی از آن‌ها از جمله بطلمیوس بی‌نتیجه ماند. او با اندازه‌گیری زاویه‌های تابش و شکست برای باریکه‌ی نوری که از هوا وارد آب می‌شود این نتایج را به دست آورد. (اعداد جدول ۲ صفحه‌ی قبل)

در گروه خود زاویه‌های تابش و شکست ثبت شده در جدول

را با استفاده از نقاله، روی یک دایره ترسیم کنید. و مطابق شکل ۱۶ فاصله‌های AB و CD را ترسیم و اندازه بگیرید و در جدول مناسب ثبت کنید.



شکل ۱۶

نمودار AB را برحسب CD ترسیم و آن را تفسیر کنید و

نشان دهید نسبت  $\frac{AB}{CD}$  که آن را با n (ضریب شکست نور در آب)

نشان می‌دهیم مقدار ثابتی است.

### یک نمونه گزارش کار

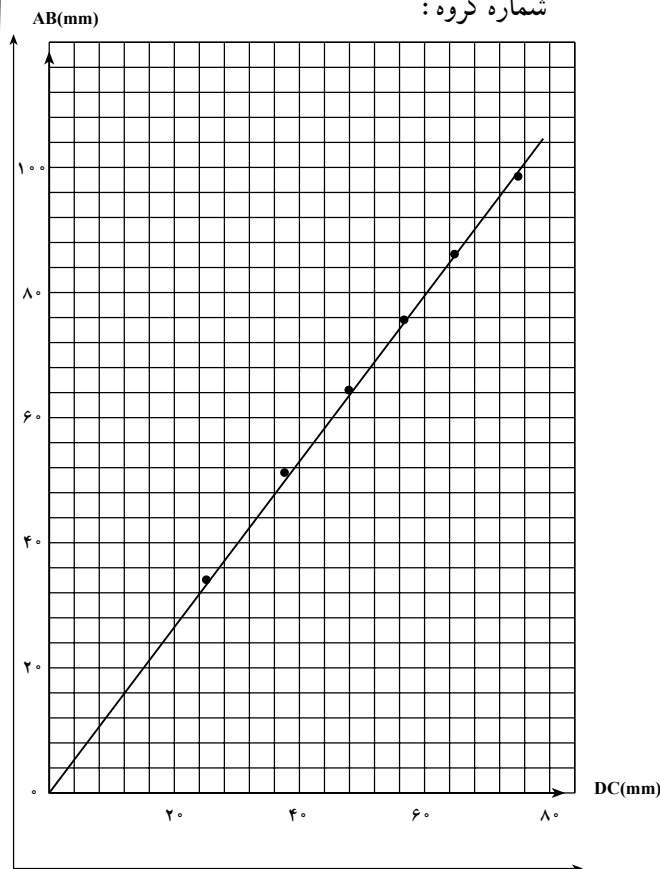
کلاس:

تاریخ:

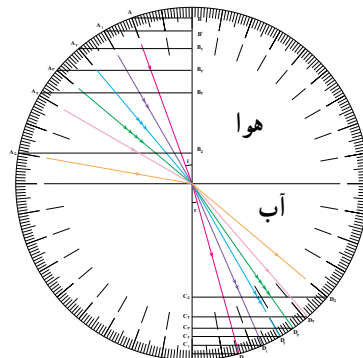
شماره گروه:

عنوان فعالیت:

اعضای گروه:



شکل ۱۸



شکل ۱۷

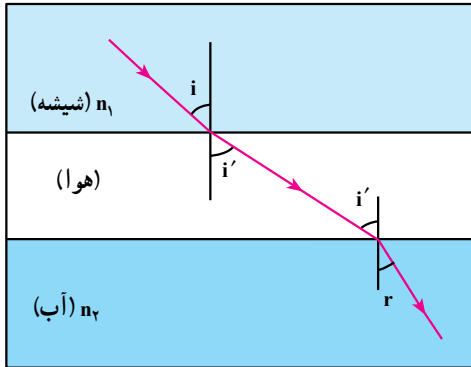
جدول ۴

AB/DC	DC (میلی متر)	AB (میلی متر)	شماره‌ی آزمایش
۱/۲۶	۲۷	۳۴	۱
۱/۲۸	۳۹	۵۰	۲
۱/۳	۴۸	۶۳	۳
۱/۳	۵۷	۷۵	۴
۱/۳	۶۴	۸۶	۵
۱/۳	۷۵	۹۸	۶

در گروه خود، برای باریکه نوری که از این سه محیط می‌گذرد

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$$

برسند.



شکل ۲۰

پاسخ:

دو رابطه  $\frac{\sin i}{\sin i'} = \frac{1}{n_1}$  و  $\frac{\sin i'}{\sin r} = \frac{1}{n_2}$  را بر هم تقسیم

می‌کنیم و رابطه کلی ضریب شکست را نتیجه می‌گیریم:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$$

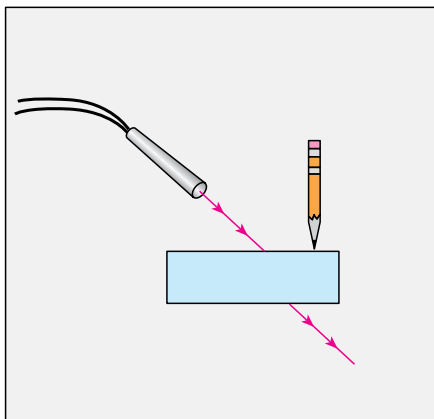
### آزمایش کنید ۳

هدف: بررسی مسیر نور در عبور از تیغه متوازی السطوح

(مشاهده‌ی موازی بودن نور ورودی و خروجی)

تعمیم آزمایش کنید ۳: دور تیغه خط بکشید و مسیر

عبور نور را ترسیم کنید و ضریب شکست تیغه را به دست آورید.



شکل ۲۱

### فعالیت ۱

آزما برای یک محیط شفاف با ضریب شکست  $n_2$  و زاویه  $i$  یک باریکه نوری را ضریب شکست  $n_1$  به گونه‌ای که  $n_2 > n_1$  را طوری کند که چگونه برنده می‌شود؟



### آزمایش کنید ۳

دو باریکه‌ی از مابین یک قطعه شیشه‌ی صاف و دو باریکه‌ی توری توری که در یک تکه فلز و خط کش

۱- سطح یک تکه شیشه‌ی شیشه‌ی صاف را روی فلز قرار دهید و باریکه‌ی نور را طوری به قطعه شیشه‌ی شیشه‌ی صاف که مسیر نور در سطح فلز دیده شود. مسیر برآوردن آن را روی فلز به این محیط شفاف و پس از خارج شدن از آن رسم کنید.

۲- رتو تالیس روی فلز به شیشه و رتو خروجی از شیشه نسبت به هر چگونه است؟



شکل ۱۹

شکل ۱۹- صحنه‌ی آزمایشی و واقعی

شکل ۱۹- صحنه‌ی آزمایشی و واقعی یک باریکه‌ی نور را با یک آلیاژ روی شیشه‌ی صاف. همان‌طور که می‌بینید، گره‌ی فلز را بالاتر از مکان واقعی خود می‌بیند و همین نیز گره‌ی فلز را دورتر از مکان واقعی خود مشاهده می‌کند.

نمای از اجزای آن نیز به گره‌ی فلز می‌گردد که از هوا به شیشه در داخل آلیاژ می‌گردد آن جسم

معادله‌ی نمودار  $y = ax$

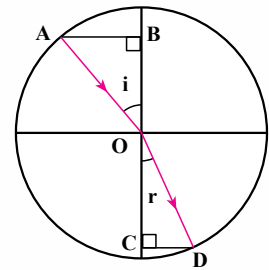
رابطه‌ی بین متغیرها  $\overline{AB} = a \overline{DC}$

$$\text{مقدار ثابت} = \frac{\overline{AB}}{\overline{DC}} = n$$

$$\sin i = \frac{\overline{AB}}{R}$$

$$\sin r = \frac{\overline{OC}}{R}$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\overline{AB}}{\overline{DC}} = n$$



شکل ۱۹

### فعالیت ۱

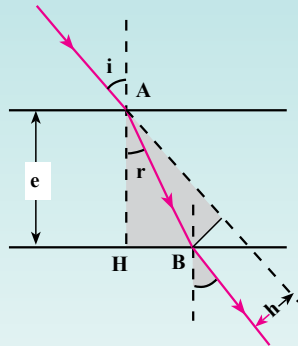
هدف: به دست آوردن رابطه‌ی  $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$

توصیه: دانش‌آموزان را هدایت کنید تا سه محیط آب،

هوا و شیشه را همانند شکل ۲۰ روی هم در نظر بگیرند و با بحث

### دانستنی ۳

محاسبه‌ی اندازه‌ی جابه‌جایی پرتو در عبور از تیغه متوازی‌السطوح



شکل ۲۳

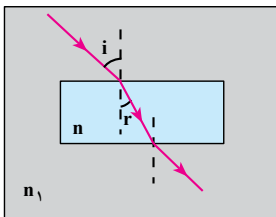
$$\sin(i - r) = \frac{h}{AB}$$

$$\cos r = \frac{e}{AB} \quad h = e \frac{\sin(i - r)}{\cos r}$$

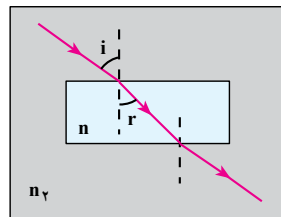
توجه: دانستن این رابطه برای دانش‌آموزان ضرورتی ندارد.

### فعالیت پیشنهادی ۴

شکل‌های زیر، دو تیغه‌ی مشابه را در دو محیط با ضریب شکست‌های متفاوت نشان می‌دهد. با توجه به اندازه‌ی جابه‌جایی پرتو شکست نور در عبور از تیغه (در دو محیط) ضریب شکست دو محیط را با هم مقایسه کنید.



(ب)



(الف)

شکل ۲۴

پاسخ:  $n_2 > n_1$  است.

### آزمایش پیشنهادی ۱

یک خط راست، بلند (حدود سه برابر عرض تیغه) و پررنگ روی یک برگ کاغذ ترسیم کنید و تیغه را به‌طور مایل تقریباً وسط خط بگذارید. و در راستای خط، از پهلو به خط نگاه کنید. (مطابق شکل ۲۲) دو قسمت خط در دو طرف تیغه در یک راستا دیده نمی‌شوند. چرا؟

دور تیغه خط بکشید و راستای پاره خطی را که از پشت تیغه مشاهده می‌کنید با ترسیم مشخص کنید. دو قسمت خط چقدر جابه‌جا دیده شده‌اند. فاصله‌ی آن‌ها را از هم اندازه بگیرید.



شکل ۲۲

زاویه‌ی تیغه را با خط راست تغییر دهید و آزمایش را تکرار کنید.

تغییر زاویه‌ی خط راست و تیغه، بر اندازه‌ی جابه‌جایی دو قسمت خط از هم، چه تأثیری می‌گذارد؟

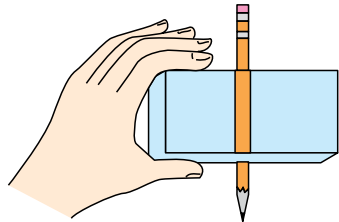
گزارش کار: وقتی از کنار تیغه به خط نگاه می‌کنیم قطعه خط پشت تیغه را، در راستای قطعه خط جلویی نمی‌بینیم؛ زیرا پرتوهایی که از آن به چشم می‌رسند. هنگام عبور از تیغه، شکسته و جابه‌جا می‌شوند.

هرچه زاویه‌ی خط با خط عمود بر تیغه بیشتر باشد، مقدار جابه‌جایی دو قطعه خط از هم بیشتر است.

در آموزش، بهترین برنام‌های درسی و طرح درس، مفید واقع نخواهد شد، مگر با روش صحیح و درست به زندگی ربط داده شود.

پس از مطرح کردن پدیده‌هایی که در آن‌ها اجسام در عمق واقعی خود دیده نمی‌شوند با انجام یک آزمایش ساده، مثلاً «گرفتن مداد پشت تیغه متوازی‌السطوح»، از دانش‌آموزان می‌خواهیم برای آنچه مشاهده می‌کنند، دلیل بیاورند (شکل ۲۵).

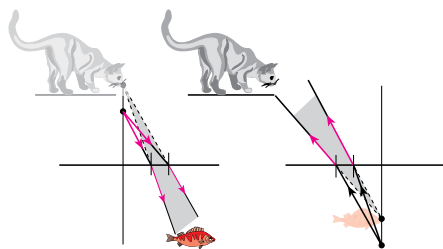
از پاسخ‌های مختلف استقبال می‌کنیم، هرچند کاملاً درست نباشند و از آن‌ها می‌خواهیم فعالیت کتاب را انجام دهند و از روی آن پاسخ‌های قبلی خود را (در توجیه آزمایش انجام شده) تصحیح کنند.



شکل ۲۵

### فعالیت ۲

**هدف:** تشریح پدیده‌ی عمق ظاهری با استفاده از شکست نور  
**توصیه:** از دانش‌آموزان بخواهید تا توضیح دهند در چه مواقعی عمق ظاهری، از عمق واقعی بیشتر است و مثال بزنند.  
**پاسخ:** مواقعی عمق ظاهری از عمق واقعی بیشتر است که از محیطی با ضریب شکست بیشتر به جسمی در محیط با ضریب شکست کمتر نگاه شود. ماهی‌ها اجسام بیرون از آب را بالاتر از محل واقعی می‌بینند (شکل ۲۶- الف).



ب- گربه، ماهی را جلوتر می‌بیند. الف- ماهی، گربه را بالاتر می‌بیند.

شکل ۲۶

### فعالیت پیشنهادی ۵

فکر کنید در کنار حوض آب ایستاده‌اید و می‌خواهید یک ماهی قرمز را در آب با نور یک لیزر قلمی، نشان دهید. کجا را نشانه می‌گیرید؟ بالاتر از ماهی را؟ خود ماهی را؟ یا پایین‌تر از ماهی را؟

به سطح آب از یک کماند و روشن که در داخل آب به چشمتی بر هوا نگاه می‌کنیم. نور از محیط بیرون به



شکل ۲۷

**فعالیت ۲**  
 از دانش‌آموزان بخواهید تا توضیح دهند در چه مواقعی عمق ظاهری، از عمق واقعی بیشتر است و مثال بزنند.

وقتی نور بطور عمود از یک محیط شفاف وارد محیط شفاف دیگر می‌شود، در هر دو محیط که در محیط تغییر مسیر می‌دهد شکست نمی‌شود و همین عامل سبب بالا ز دیده شدن عمق توسط گربه و همچنین نور از دیده شدن گربه توسط ماهی می‌گردد.  
 در شکل ۲۷-۱) مکانی که گربه در آن یک لیزر را از آب شفاف وارد کرده است، سوئیچ را که از فضای ۲) به سطح آب برخورد می‌کند، به نظر می‌آید که در عمق ۳) دیده می‌شود. اما در واقع سوئیچ در عمق ۴) دیده می‌شود. (۱) > (۲)  
 با استفاده از قانون شکست نور و زاویه تابش و شکست، او ۱ می‌تواند سوئیچ ۲

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$$

## ۲-۵- عمق ظاهری و واقعی<sup>۱</sup>

**هدف:** مشاهده و بررسی پدیده‌ی عمق ظاهری

### راهنمای تدریس

عمق ظاهری، پدیده‌ای است که در محیط اطراف به شکل‌های مختلف مشاهده می‌شود و اکثر دانش‌آموزان در مورد آن، تجربه‌هایی دارند.

درس را با طرح چند پرسش در مورد پدیده‌های مربوط به عمق ظاهری، به منظور دقت در جزئیات آنچه قبلاً مشاهده و تجربه کرده‌اند، شروع می‌کنیم.

### پرسش‌های پیشنهادی

- از هوا به جسمی در آب نگاه می‌کنیم؛ آیا جسم را در عمق واقعی آن می‌بینیم؟
- یک پلیکان در نزدیکی سطح آب، چشمش به ماهی درون آب می‌افتد و می‌خواهد آن را شکار کند، چگونه عمل کند تا موفق به شکار شود؟

پاسخ: باید ماهی را در هم آن جا که می بینیم نشانه بگیریم؛ زیرا نور لیزر، در آب می شکند و مسیر آن از همان محلی می گذرد که ماهی در آن جا قرار دارد.



شکل ۲۷

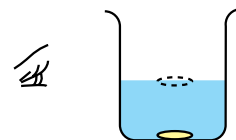
پیشنهاد: تمرین ۵ از صفحه ۱۶۲ آخر فصل فعالیت مناسبی برای تفهیم بهتر شکست نور است از دانش آموزان می خواهیم در یک فعالیت گروهی، آن را انجام دهند و علت را با ترسیم شرح دهند.

### توجه

برای انجام آزمایش، ظرف آب باید مناسب انتخاب شود. توصیه‌ی آموزشی: هنگام تدریس رابطه‌ی عمق ظاهری و واقعی، توجه دانش آموزان را به این نکته جلب می کنیم که فقط در نگاه تقریباً عمودی، زاویه‌های تابش و شکست را می توان کوچک در نظر گرفت. در غیر این صورت رابطه‌ی  $\frac{h}{h'} = n$  صادق نخواهد بود. (عمق واقعی  $h$  - عمق ظاهری  $h'$ )

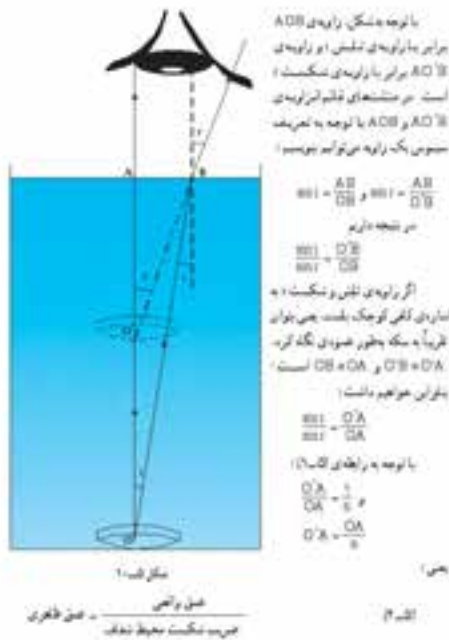
### فعالیت پیشنهادی ۶

هدف: ارتباط نحوه‌ی نگاه کردن با عمق ظاهری در گروه خود یک سکه را در لیوانی بلوری که محتوی آب است بیندازید و از کنار، تقریباً به طور افقی به آن نگاه کنید. سکه روی سطح آب دیده می شود. چرا؟ با ترسیم علت آن را توضیح دهید.

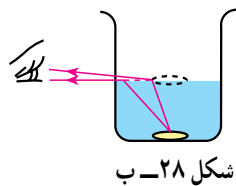


شکل ۲۸- الف

پاسخ: با نگاه افقی، پرتوهایی که از سکه (بیرون آمده) به چشم می رسند. تقریباً روی سطح آب همدیگر را قطع می کنند و



سکه تقریباً روی سطح آب به نظر می آید. \* ( برای انجام آزمایش عمق آب باید کم باشد)



شکل ۲۸- ب

### فعالیت پیشنهادی ۷

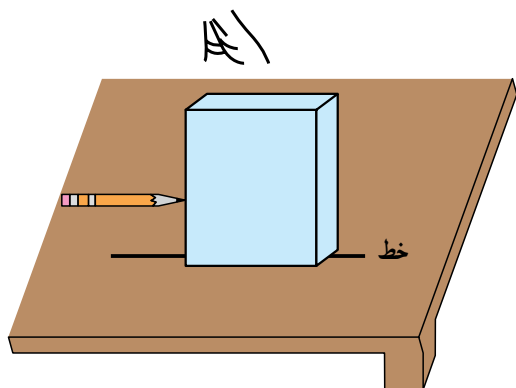
با مشورت در گروه خود علت این پدیده‌ها را پیدا کنید و با ترسیم، نشان دهید.

- چرا هنگامی که از کنار یک استخر پر از آب به کف آن نگاه می کنیم و در همان حال از کنار استخر دور می شویم، احساس می کنیم که کف استخر دارد بالا می آید و عمق آب کم می شود.
- چرا وقتی به کف آب استخری که با قایق روی آن حرکت می کنیم، نگاه می کنیم به نظر می آید که کف استخر در زیر قایق، همواره عمیق تر از سایر نقاط است.

### پاسخ:

- با دور شدن از کنار استخر، راستای نگاه ما به کف

۲- با ماژیک خطی پررنگ روی کاغذ بکشید و تیغه‌ی متوازی‌السطوحی را از طرف طول به‌طور عمود روی آن قرار دهید و از بالا به آن نگاه کنید (شکل ۳۲). خط چند میلی‌متر بالاتر دیده می‌شود؟ ضریب شکست تیغه را به‌دست آورید. (آزمایش کنید و سپس ضریب شکست را از روی عمق ظاهری خط، محاسبه کنید.)



شکل ۳۲

۳- عمق حوضی از بالا حدود ۶۰ سانتی‌متر دیده می‌شود؛ اگر شیئی از دستمان در حوض بیفتد، می‌توانیم آن را با دست بیرون بیاوریم؟ با محاسبه دلیل بیاورید.  
پاسخ:

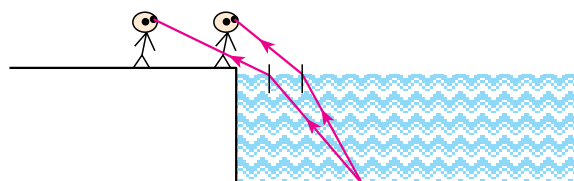
$$1- \text{میلی‌متر } h - h' = 7 \text{ میلی‌متر } h' = 14 \text{ میلی‌متر } \frac{h}{h'} = n \quad \frac{21}{h'} = 1/5$$

۷ میلی‌متر بالاتر دیده می‌شود.

۲- از بالای تیغه به خط نگاه می‌کنیم و محلّ ظاهری، آن را علامت می‌زنیم عمق ظاهری را به‌دست می‌آوریم و از رابطه‌ی  $\frac{h}{h'} = n$ ، ضریب شکست شیشه را محاسبه می‌کنیم.

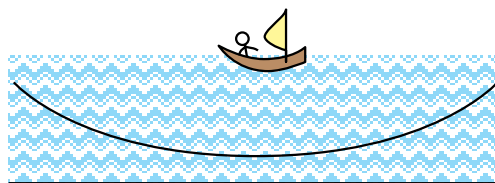
$$3- \text{ عمق حوض } h = 79/8 \quad \frac{h}{h'} = n \quad \frac{h}{60} = 1/33$$

استخر (به نقطه‌ای که نگاه می‌کنیم)، تغییر می‌کند و به حالت افقی نزدیک می‌گردد؛ یعنی به تدریج امتداد پرتو‌هایی که از آن نقطه به چشم می‌رسند در عمق بالاتری همدیگر را قطع می‌کنند. و این نقطه که تصویری از کف استخر است به تدریج بالاتر و بالاتر به نظر می‌آید.



شکل ۲۹

۲- وقتی به کف استخر نگاه می‌کنیم، عمود نگاه کردن به زیر قایق موجب می‌شود که عمق ظاهری کف استخر در زیر قایق بیش‌تر از سایر نقاط به نظر بیاید و ما حس می‌کنیم، زیر قایق همواره عمیق‌تر از سایر نقاط است.



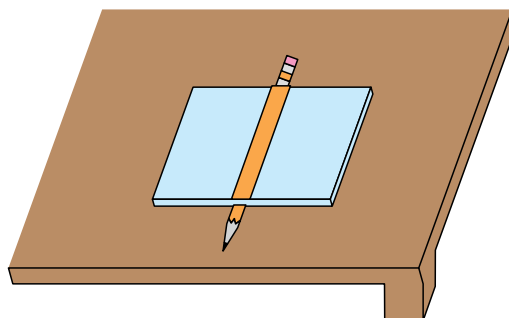
شکل ۳۰

### فعالیت پیشنهادی ۸

هدف: مشاهده‌ی عمق ظاهری و اندازه‌گیری آن

با مشورت و همفکری با گروه خود پاسخ دهید.

۱- مدادی زیر تیغه‌ی متوازی‌السطوحی به ضخامت ۲۱ میلی‌متر و ضریب شکست ۱/۵ قرار دارد (مطابق شکل ۳۱) با نگاه از بالای تیغه (به‌طور عمود)، مداد چقدر بالاتر دیده می‌شود؟



شکل ۳۱



### مثال ۳

هدف: کاربرد رابطه عمق ظاهری و واقعی

### فعالیت ۳

هدف: به دست آوردن رابطه‌ی  $\frac{h}{h'} = \frac{n_2}{n_1}$

پاسخ: اگر هیچ‌یک از دو محیط (۱) و (۲) هوا نباشند،

رابطه‌ی عمق ظاهری، به صورت زیر نوشته می‌شود.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}, \quad \frac{h}{h'} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

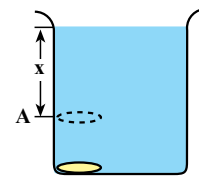
$$\frac{h}{h'} = \frac{n_2}{n_1}$$

### فعالیت ۴

هدف: اندازه‌گیری عمق ظاهری

پاسخ: یک سکه (و یا یک سوزن) را در لیوان (و یا بشر)

محتوی آب می‌اندازیم، به گونه‌ای که در کنار آن قرار بگیرد و از بالا به آن نگاه می‌کنیم. سکه (و یا سوزن) دیگری را کنار جداره‌ی ظرف و بالای آن جابه‌جا می‌کنیم تا هر دو در یک سطح دیده شوند. (شکل ۳۳- نقطه‌ی A). فاصله‌ی این نقطه را از سطح آب اندازه می‌گیریم. (به میلی‌متر) (فاصله‌ی اندازه‌گیری شده، عمق ظاهری نامیده می‌شود)



شکل ۳۳

● توصیه: با استفاده از اندازه‌ی به دست آمده (عمق

ظاهری)، ضریب شکست آب را محاسبه کنید.

### ۳-۵- رابطه‌ی شکست نور با تغییر سرعت نور در محیط

هدف: مقایسه‌ی تغییر مسیر نور با تغییر مسیر حرکت یک

ماشین، به منظور بررسی اثر تغییر سرعت در شکست نور.



### راهنمای تدریس

مقایسه‌ی مسیر نور با مسیر حرکت یک ماشین (یا ارابه) وقتی به‌طور مایل از آسفالت (زمین صاف) وارد چمن (زمین ناهموار) می‌شود، شروع مناسبی برای تفهیم این درس است. شکل ساده‌ای از این حرکت (مشابه شکل ۳۴) را روی تخته کلاس می‌کشیم (و یا تصویری از آن را در اختیار دانش‌آموزان قرار می‌دهیم) و از آن‌ها می‌خواهیم با مشورت و همفکری در گروه خود به پرسش‌های زیر در مورد آن پاسخ گویند.

– سرعت ماشین در کدام زمین بیشتر است؟ زمین آسفالت؟ یا زمین چمن؟ (پاسخ: زمین آسفالت)

– چه چیز موجب تغییر سرعت شده است؟ (پاسخ: نیروی اصطکاک)

– کدام چرخ زودتر به زمین چمن رسیده است؟ (پاسخ: چرخ B)

– چرا فواصل نامساوی AA'، BB' در شکل توسط ماشین در یک زمان طی شده است؟



۱۳۰ کتاب، سرعت نور در محیط‌های مختلف را با سرعت نور در خلأ (و یا هوا)  $3 \times 10^8$  km/h مقایسه کنند و برای شکست نور در عبور از هوا به یک محیط شفاف دیگر دلیل بیاورند.

### راهنمای تدریس

دانش‌آموزان با مقایسه‌ی مسیر حرکت نور با مسیر حرکت آرابه می‌توانند توضیح دهند چرا وقتی نور از هوا وارد محیط شفاف دیگری می‌شود شکسته می‌گردد و هرچه سرعتش کمتر شود، میزان شکست بیشتر می‌شود.

با پرسش‌هایی در این مورد، دانش‌آموزان را هدایت می‌کنیم تا تغییر مسیر نور را به تغییر سرعت آن ربط دهند.

سپس رابطه‌ی ضریب شکست نور و سرعت  $(n = \frac{c}{v})$  را آموزش می‌دهیم و مثال ۴ را برای کلاس حل می‌کنیم.

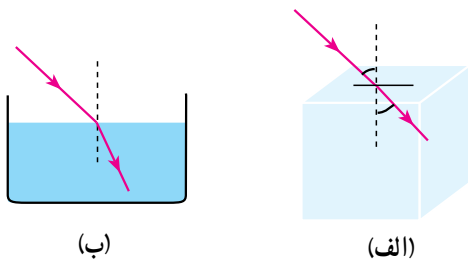
### فعالیت پیشنهادی ۹

با توجه به سرعت نور در بلور یخ و آب در جدول ۲-۵ با ترسیم نشان دهید، پرتوهای نوری که با زاویه‌های مساوی وارد این دو محیط می‌شوند در کدام بیشتر منحرف می‌گردند؛ چرا؟ پاسخ:

$$n_{\text{آب}} = \frac{c}{225000} \quad n = 1/33$$

$$n_{\text{یخ}} = \frac{c}{229182} \quad n = 1/309$$

زاویه‌ی شکست در آب کمتر و میزان انحراف نور در آن بیشتر است.



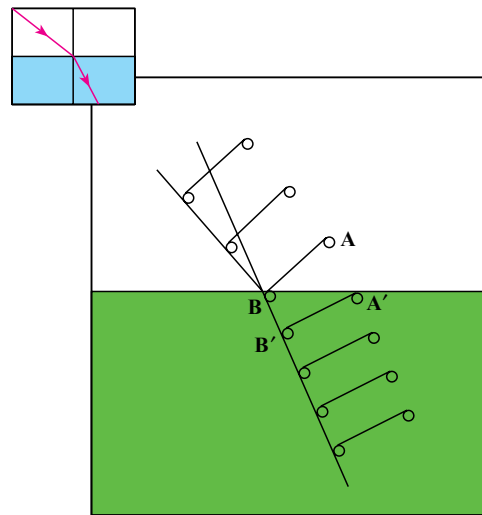
شکل ۳۵

**فکر کنید:** چرا برای به‌دست‌آوردن سرعت نور در یک محیط، ضریب شکست آن محیط را اندازه می‌گیریم؟  
**پاسخ:** سرعت نور در یک محیط به راحتی قابل اندازه‌گیری نیست.

**جدول ۲-۵**

ضریب شکست	سرعت نور (km/h)	نام محیط
۱	۳۰۰۰۰۰	خلأ
۱.۰۰۰۳	۲۹۹۷۰۰	هوا
۱.۰۰۰۱۳۳	۲۹۹۰۰۰	آب
۱.۵	۲۰۰۰۰۰	شیشه
۲.۴	۱۲۵۰۰۰	الماس

**مثال ۴**  
 با استفاده از جدول ۲-۵ ضریب شکست آب را حساب کنید.  
 حل: با توجه به جدول داریم:  
 $n = 1$  و  $v = 300000 \text{ km/h}$  و  $v = 225000 \text{ km/h}$   
 $n = \frac{c}{v} = \frac{300000}{225000} = \frac{4}{3}$   
 ضریب شکست آب



شکل ۳۴

**پاسخ:** (به دلیل تفاوت در سرعت‌ها)  
 - چه چیز موجب شده است مائین از مسیر مستقیم خارج شود؟ (پاسخ: تغییر سرعت در محیط)  
 - میزان تغییر مسیر مائین به چه عاملی بستگی دارد؟ (پاسخ: به میزان اختلاف سرعت در دو محیط)  
 و از دانش‌آموزان می‌خواهیم از روی جدول ۲-۵ صفحه‌ی

## دانستنی ۴

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} \text{ اثبات ریاضی رابطه‌ی } i = r$$

در شکل  $i = r$  و  $r = i$  زیرا اضلاع آن‌ها بر هم عمودند.

در مثلث قائم‌الزاویه  $ABB'$  داریم  $\sin i = \frac{BB'}{AB'}$  و

$$\text{از آنجا که } BB' = v_1 t_1 \text{ رابطه (۱) } \sin i = \frac{v_1 t_1}{AB'}$$

و در مثلث قائم‌الزاویه  $AA'B$  داریم  $\sin r = \frac{AA'}{AB}$  و

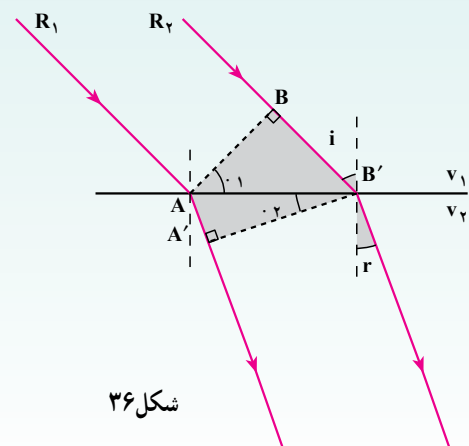
$$\text{و از آنجا که } AA' = v_2 t_2 \text{ خواهیم داشت } \sin r = \frac{v_2 t_2}{AB} \text{ رابطه (۲)}$$

با تقسیم دو رابطه‌ی ۱ و ۲ و با توجه  $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1 t_1}{v_2 t_2}$

به این که فواصل  $AA'$  و  $BB'$  در یک زمان طی شده‌اند؛ یعنی  $t_1 = t_2$  و  $r = i$  خواهیم داشت

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} \text{ و در نتیجه}$$

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



شکل ۳۶

## فعالیت پیشنهادی ۱۰ و آموزش

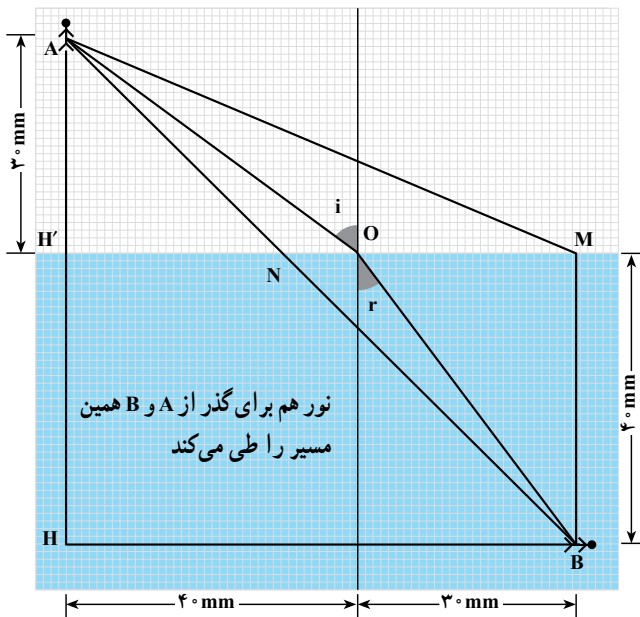
هدف: آشنایی با اصل کمترین زمان: کمترین زمان عبور

از میان دو نقطه، مربوط به مسیری است که نور طی می‌کند.

– دانش‌آموزی از نقطه‌ی A در ساحل غریقی را در آب

می‌بیند و می‌خواهد به کمک او بشتابد برای رسیدن به غریق

(نقطه‌ی B) کدام یک از مسیرهای ANB، AOB، AMB را انتخاب کند تا زودتر به غریق برسد؟



شکل ۳۷

(سرعت در آب را  $1/5 \text{ m/s}$  و بیرون از آب را  $2 \text{ m/s}$  و

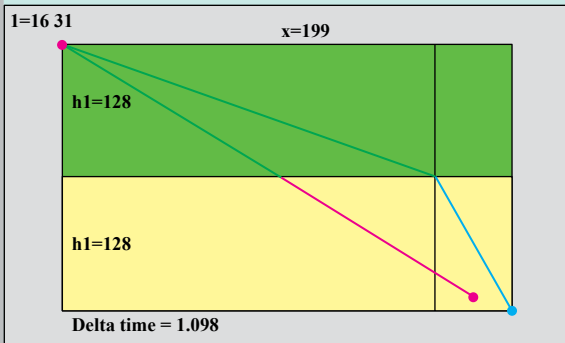
هر یک سانتی‌متر را معادل با یک متر در نظر بگیرید.)

شبیه‌سازی اصل کمترین زمان در CD همراه کتاب آمده است.

در این شبیه‌سازی دو محیط با ضریب شکست‌های متفاوت مشخص شده است. شما می‌توانید با کلیک کردن مسیری برای حرکت از مبدأ تعیین کنید تا دو گوی، هم‌زمان از دو مسیر متفاوت، یکی مسیر انتخابی شما و دیگری مسیری

که نور طی می‌کند  $(\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v}{v_p} = \frac{n_1}{n_2})$  حرکت کنند شما

می‌توانید ببینید در این حرکت کدام به مقصد می‌رسند.



شکل ۳۸

$$t_2 \cdot t_1 \cdot t_3$$

نتیجه:

این همان مسیری است که نور برای گذر از نقطه‌ی A و B طی می‌کند.

### دانستنی‌۵

اصل فرما: پرتو نور هنگام عبور از یک نقطه به نقطه‌ی دیگر مسیری را طی می‌کند که زمان لازم برای طی آن در مقایسه با مسیرهای دیگر کمترین باشد. (به عبارت دیگر با اصل فرما، قانون شکست نور را اثبات می‌شود)

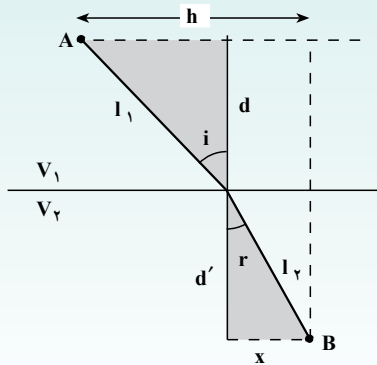
$$t = \frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2}, \quad n = \frac{c}{v}$$

$$t = \frac{\sqrt{d^2 + (h-x)^2}}{v_1} + \frac{\sqrt{d'^2 + x^2}}{v_2}$$

$$\frac{dt}{dx} = -\frac{h-x}{v_1 \sqrt{d^2 + (h-x)^2}} + \frac{x}{v_2 \sqrt{d'^2 + x^2}}$$

$$\frac{-\sin i}{v_1} + \frac{\sin r}{v_2} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = n$$

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$



شکل ۴۰

شبیه‌سازی اصل فرما: در CD همراه کتاب آمده است. در این شبیه‌سازی با کلیک کردن روی صفحه، پرتوهایی از یک نقطه در راستاهای مختلف تابیده می‌شود و کاربرد هر لحظه می‌تواند پیشرفت این پرتوها را با هم مقایسه کند. در شکل در لحظه‌ای خاص پیشروی پرتوها نشان داده می‌شود.

پاسخ: فاصله‌ها را از روی کاغذ میلی‌متری می‌خوانیم

$$\overline{AH} = 7m$$

$$\overline{AH'} = 3m$$

$$\overline{HB} = 7m$$

$$AB = \sqrt{\overline{AH}^2 + \overline{HB}^2} = 9.89$$

$$\frac{\overline{AH'}}{\overline{AH}} = \frac{AN}{AB}$$

$$\overline{AN} = 4.25m \quad \overline{NB} = 5.65m$$

برای مسیر اول (ANB) با توجه به رابطه‌ی  $t = \frac{x}{v}$  داریم:

$$t = t_1 + t_2 \quad \text{و} \quad t_w = \frac{x_w}{v_w} \quad \text{در آب و} \quad t_a = \frac{x_a}{v_a} \quad \text{در هوا}$$

$$t_1 = \frac{4.25}{1.5} + \frac{5.65}{2} = 5.658 \text{ ثانیه}$$

برای مسیر دوم (AOB) (مسیر نور)

$$AO = \sqrt{\overline{AH'}^2 + \overline{H'O}^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5m$$

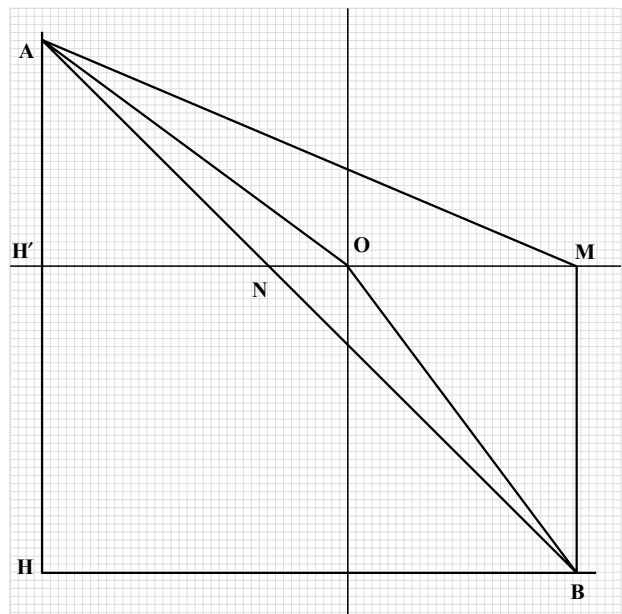
$$BO = \sqrt{\overline{MB}^2 + \overline{OM}^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5m$$

$$t_2 = \frac{5}{1.5} + \frac{5}{2} = 5.833$$

برای مسیر سوم (AMB)

$$AM = \sqrt{\overline{AH'}^2 + \overline{H'M}^2} = \sqrt{3^2 + 7^2} = 7.61m$$

$$t_3 = \frac{7.61}{1.5} + \frac{4}{2} = 7.077$$



شکل ۳۹

## دانستنی ۶

پیر فرما<sup>۱</sup>: پیر فرما حقوقدان فرانسوی، ریاضیات را برای سرگرمی آموخت و توانست کلید حل مسئله‌های زیادی را در ریاضی پیدا کند.

فرما در هندسه‌ی تحلیلی صاحب نظریه بود. و در فیزیک اصل کمترین زمان را در سال ۱۶۵۷ مطرح کرد.

فرما با اصل کمترین زمان، قوانین شکست نور را نتیجه‌گیری کرد.

در اصل کمترین زمان، فرما اثبات کرد انتشار نور از یک نقطه به نقطه‌ی دیگر، در مسیری است که با کمترین زمان طی می‌شود.



پیر فرما (۱۶۰۱-۱۶۶۵)  
شکل ۴۱

## تمرین ۱

هدف: توجه به ارتباط بین سرعت و ضریب شکست محیط

### جدول ۵

ضریب شکست	سرعت نور km/s	
		یخ
	۱۹۹۸۶۷	بنزن
		کربن دی‌سولفات
۱/۴۹		پلی‌استیرن
		سدیم کلراید
	۲۰۳۶۶۶	گلیسرین
		هوا
۱/۳۳		آب
	۱۹۷۳۶۸	شیشه
۲/۴۲		الماس

## پاسخ دهید ۱

هدف: ضریب شکست معرف میزان شکست نور به هنگام

ورود به یک محیط است.

### تمرین ۱

با توجه به رابطه‌ی سرعت نور در یک محیط شفاف و ضریب شکست آن مکان‌های حلی جدول ۱ را تکمیل کنید.

### پاسخ دهید ۱

با استفاده از جدول ۱:  
الف: ضریب شکست شیشه و آب را با هم مقایسه کنید.  
ب: نور یک پرتو را زاویه‌ی تابش آن از هوا به آب و از دیگر زاویه‌ی انحراف به شیشه می‌زنند. در کدام مورد زاویه‌ی انحراف بزرگتر است و در کدام مورد زاویه‌ی انحراف کوچکتر است؟ چرا!

### مثال ۵

نور محیط را با ضریب شکست‌های  $n_1$  و  $n_2$  در نظر بگیرید. اگر نسبت سرعت نور در محیط اول به محیط دوم برابر  $\frac{3}{2}$  باشد، نسبت ضریب شکست محیط اول به محیط دوم را حساب کنید.

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{3}{2}$$

$$n_2 = \frac{3}{2} n_1 = \frac{3}{2} \times \frac{3}{2} = \frac{9}{4}$$

پاسخ:  $\frac{9}{4}$

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{3}{2}$$

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{3}{2}$$

پاسخ:  $\frac{9}{4}$

پاسخ: الف: ضریب شکست شیشه، بیشتر از آب است

$$\frac{3}{2} > \frac{4}{3}$$

ب: زاویه‌ی انحراف در شیشه بیشتر از زاویه‌ی انحراف

در آب است.

### فعالیت پیشنهادی

ثابت کنید:  $\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$  است.

### پاسخ:

$$n_1 = \frac{c}{v_1}, \quad n_2 = \frac{c}{v_2}, \quad \frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

### مثال ۵

هدف: رسیدن به رابطه‌ی بین سرعت‌ها و ضریب

شکست‌ها و کاربرد آن.

توصیه: از دانش آموزان بخواهید این مثال را حل کنند و

سپس پاسخ خود را با پاسخ کتاب مقایسه کنند.

## فعالیت پیشنهادی ۱۱

عواملی را پیدا کنید که موجب تغییر ضریب شکست جو می‌شوند. این تغییر چه پدیده‌هایی را موجب می‌شود؟

**پاسخ:** تغییر دما - تغییر فشار - تغییر غلظت هوا (از پایین به سمت بالا غلظت کم می‌شود)

پدیده‌های چشمک‌زدن ستاره‌ها - سوسوزدن چراغ‌های شهر از دور.

## دانستنی ۸

**چگالی نوری:** ضریب شکست علاوه بر چگالی جرمی به ترکیبات شیمیایی ماده نیز بستگی دارد. دو جسمی که دارای دو چگالی جرمی متفاوت هستند، ممکن است دارای یک ضریب شکست و یک چگالی نوری باشند.

در جدول‌های زیر ضریب شکست برخی گازها، مایعات و جامدات آمده است.

گاز در دمای صفر درجه‌ی سانتی‌گراد و فشار یک اتمسفر	
هوا	۱/۰۰
کربن دی‌اکسید	۱/۰۰
اکسیژن (O <sub>۲</sub> )	۱/۰۰

(الف)

مایع در دمای ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد	
آب	۱/۳۳۳
محلول شکر ۳۰٪	۱/۳۸
گلیسرین	۱/۴۷

(ب)

جامد در دمای ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد	
الماس	۲/۴۱۹
شیشه‌گراون	۱/۵۲۳
شیشه‌فلینت	۱/۶۶

(ج)

## دانستنی ۷

رنه دکارت<sup>۱</sup> ریاضیدان و دانشمند بزرگ در سال ۱۵۹۶ میلادی در فرانسه به دنیا آمد. در سن نوجوانی به آموختن هندسه مشغول شد و با ریاضیدان‌های بزرگ عصر خود آشنا شد.

دکارت در سن بیست و دو سالگی به هلند رفت و در آنجا ساکن شد و در سن پنجاه و چهار سالگی در همان‌جا وفات یافت.

از اثرهای علمی او رساله هندسه (اولین کتاب در هندسه‌ی تحلیلی)، رساله‌ی دیوپتیک (در مورد قوانین شکست نور و بازتاب نور) رساله‌ی کائات جو (در مورد جو زمین و پدیده‌های مربوط به شکست نور و همچنین در مورد پدیده‌ی رنگین‌کمان) و گفتار در «روش راه‌بردن عقل» (در مورد روش‌های علمی) را می‌توان نام برد.



رنه دکارت (۱۶۳۶ - ۱۵۹۶)  
شکل ۴۲

**در تمامی رویدادهای آموزشی تأکید اصلی بر فرایند یادگیری و شرایطی است که به کمک آن دانش‌آموزان به افرادی موفق و مسئول تبدیل شوند.**

## فعالیت ۵

هدف: سازماندهی اطلاعات و تفسیر یافته‌ها.

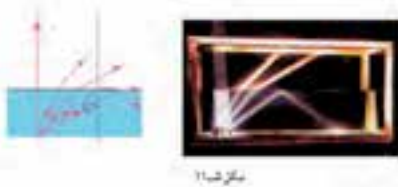
پاسخ: الف

جدول ۶

ضریب شکست	سرعت نور km/s	
۱/۰۰	۳۰۰,۰۰۰	هوا
۱/۳۰۹	۲۲۹۱۸۲	یخ
۱/۳۳	۲۲۵۰۰۰	آب
۱/۴۷۳	۲۰۳۶۶۶	گلیسرین
۱/۴۹	۲۰۱۳۴۲	پلی استیرن
۱/۵۰۱	۱۹۹۸۶۷	بنزن
۱/۵۲۰	۱۹۷۳۶۸	شیشه
۱/۵۴۴	۱۹۴۳۰۰	سدیم کلراید
۱/۶۲۸	۱۸۴۲۷۵	کربن دی سولفات
۲/۴۲	۱۲۵۰۰۰	الماس

**فعالیت ۵**  
 الف: جدول ۶ را با سرعت نور در هر ماده از جدول زیر مقایسه کنید.  
 ب: با افزایش سرعت نور، شکست چگونه تغییر می‌کند؟

شکل ۶۱ از زاویه حد  
 دیدیم که اگر نور از محیط با ضریب شکست بیشتر (الف) وارد محیط با ضریب شکست کمتر (ب) شود، نور ازای حالت از نور آبی به نور قرمز شکست از خط عمود دور می‌شود و زاویه شکست از زاویه تابش بزرگتر خواهد شد. در این صورت هرچه زاویه تابش بزرگ‌تر شود، زاویه شکست هم بزرگ‌تر می‌شود. حال اگر زاویه تابش شکست به  $90^\circ$  برسد (یعنی نور شکست از محیط صاف می‌تابد) در این حالت زاویه تابش به قدری رسیده است که به آن زاویه حد می‌گویند. هر شکلی که زاویه تابش حد باشد، ماده شفاف است.



**فعالیت ۶**  
 به کمک یک سر سوزنی یا یک سوزن، طرف شکست شکست‌ناپذیر را مشخص کنید.  
 منبع نوری را از یک زاویه در آن قرار دهید.

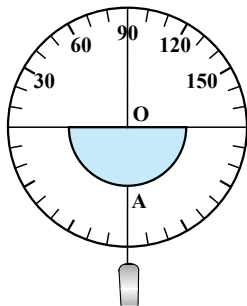
ب: با افزایش سرعت نور در یک محیط، ضریب شکست

کاهش می‌یابد.

که مرکز قاعده‌ی آن بر مرکز نقاله منطبق شود.

۲- با مولد باریکه‌ی نور یک دسته پرتو باریک درست

کنید.



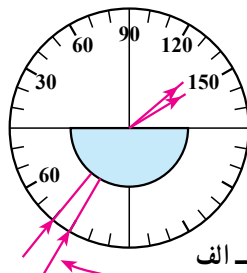
شکل ۴۳

۳- باریکه‌ی نور را در راستای شعاع (AO) مطابق شکل

۴۳ به نیم استوانه بتابانید و از روی مشاهدات خود چگونگی خروج

نور از تیغه را توضیح دهید و اندازه‌ی زاویه‌های تابش و شکست

را بنویسید.



شکل ۴۴- الف

## ۴-۵- زاویه‌ی حد

هدف: بررسی رفتار نور در حالت‌های خاص

## راهنمای تدریس

برای این که دانش‌آموزان با تجزیه و تحلیل مشاهدات خود

به مفهوم‌های زاویه‌ی حد و بازتاب کلی برسند و در سطوح بالاتری

از یادگیری درگیر شوند، آزمایش زیر پیشنهاد می‌شود.

توجه: برای انجام این آزمایش فضای کلاس نباید خیلی

روشن باشد.

آمادگی پیش از تدریس: از تصویر نقاله‌ی صفحه‌ی

۳۱۵ کتاب به تعداد گروه‌ها کپی تهیه گردد.

## آزمایش پیشنهادی ۲

وسایله‌های آزمایش: نیم استوانه شفاف - نقاله‌ی کاغذی

مولد باریکه‌ی نور و منبع تغذیه‌ی آن.

## روش کار

۱- نیم استوانه را روی نقاله‌ی کاغذی به گونه‌ای قرار دهید

۵- باریکه‌ی نور را با زاویه‌ی تابش بیشتر از زاویه‌ی حد به نیم‌استوانه بتابانید و رفتار باریکه‌ی نور را با مشاهدات خود توضیح دهید. این رفتار نور بازتاب کلی نامیده می‌شود. اندازه‌ی زاویه‌های باریکه‌ی نور را نسبت به خط عمود OA، از روی نقاله بخوانید و یادداشت کنید:

$$i = \quad i' =$$



شکل ۴۶

### پاسخ به پرسش‌ها

الف - نور در همه‌ی حالت‌ها در راستای شعاع نیم‌استوانه به آن تابیده است و شعاع بر دایره عمود است. پس بدون شکست وارد نیم‌استوانه می‌شود.

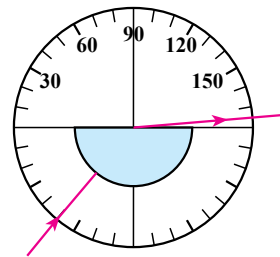
ب - با استفاده از رابطه‌ی  $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{n}$  ضریب شکست

نیم‌استوانه به دست می‌آید.

ج - هنگامی زاویه‌ی تابش را حد می‌نامیم که زاویه‌ی شکست  $90^\circ$  درجه شود و درحالتی که نور از محیط با ضریب شکست کمتر به محیط با ضریب شکست بیشتر وارد می‌شود، زاویه‌ی تابش همواره بزرگ‌تر از زاویه‌ی شکست است. بنابراین باید جهت تابش نور را تغییر دهند.

البته وقتی زاویه تابش را به  $90^\circ$  درجه نزدیک کنند زاویه شکست به بیشترین مقدار خود نزدیک می‌شود و طبق اصل بازگشت نور این زاویه تقریباً برابر با زاویه‌ی حد است.

۴- زاویه‌ی تابش را کم کم افزایش دهید (شکل ۴۴- الف). آن قدر که باریکه‌ی نور تقریباً مماس (با زاویه‌ی شکست تقریباً  $90^\circ$  درجه) از نیم‌استوانه خارج شود (مطابق شکل ۴۴- ب).



شکل ۴۴- ب

(مراقب باشید باریکه‌ی نور در همه‌ی حالت‌ها از مرکز خارج شود). زاویه‌ی تابش را اندازه بگیرید و یادداشت کنید:

$$i =$$

در این حالت (وقتی زاویه‌ی شکست  $90^\circ$  درجه می‌شود) زاویه‌ی تابش را زاویه‌ی حد می‌نامیم.

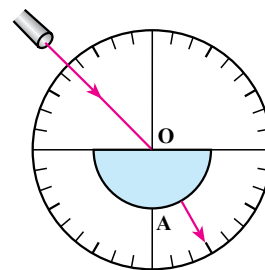
$$r = 90^\circ, \quad i = i_c \text{ (زاویه‌ی حد)}$$

### پرسش و تمرین

الف - توضیح دهید چرا باریکه‌ی نور هنگام ورود به نیم‌استوانه شکسته نشده است؟

ب - ضریب شکست نیم‌استوانه را با استفاده از زاویه‌هایی که به دست آورده‌اید، محاسبه کنید.

ج - یک گروه از دانش‌آموزان برای اندازه‌گیری زاویه‌ی حد در این آزمایش باریکه‌ی نور را به شکل ۴۵ به نیم‌استوانه تابانده‌اند به نظر شما موفق به اندازه‌گیری زاویه‌ی حد می‌شوند؟ با مشورت در گروه برای پاسخ خود دلیل بیاورید.



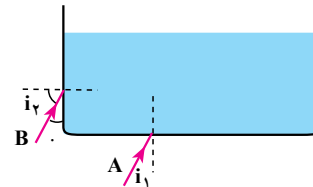
شکل ۴۵



## فعالیت پیشنهادی ۱۲

هدف: کنکاش در زاویه‌ی حد و بازتاب کلی

در شکل ۴۷، زاویه‌های  $i_1$  و  $i_2$  را طوری تعیین کنید که دسته‌ی پرتوهای A و B، پس از شکست در آب، از سطح آب بازتاب کلی شوند.



شکل ۴۷

پاسخ:

۱- بررسی مسیر دسته پرتو A

برای این که از سطح آب بازتاب کلی رخ دهد باید  $i_c < i_1$  باشد. از طرفی  $i_1 = i_2$  است و بنابراین  $i_c < 90$  است. در نتیجه  $i_c < i_1$  و امکان این که بازتاب کلی رخ دهد، نیست.

۲- بررسی مسیر دسته‌ی پرتو B

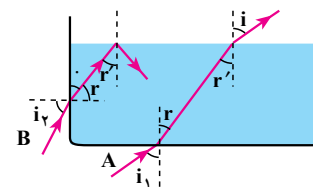
$r = 90$  و اگر  $i_c = 48/7$  باشد

$$\frac{\sin i}{\sin 41/3} = 1/33 \text{ و داریم } i = 90 - 48/7 = 41/3$$

$$i = 61/3$$

بنابراین باید  $i = 61/3$  باشد تا در سطح آب بازتاب کلی

رخ دهد.

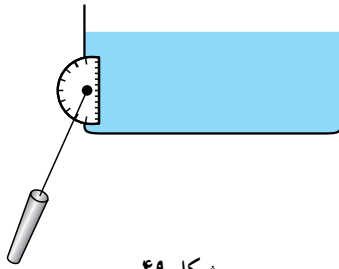


شکل ۴۸

## فعالیت ۶

هدف: طراحی یک آزمایش

پاسخ: نقاله را (مطابق شکل) کنار ظرف قرار می‌دهیم و نور لیزر قلمی را از پایین و کنار ظرف به جداره می‌تابانیم و زاویه آن را با ظرف آن قدر تغییر می‌دهیم تا نور آن بر سطح آب تقریباً مماس شود در این حالت، به کمک نقاله، زاویه‌ی حد را برآورد می‌کنیم.



شکل ۴۹

### توجه

زاویه‌ی نور لیزر با جدار ظرف حدود ۲۸ (کمی کمتر از ۲۸ بشود)

## مثال ۶

هدف: کاربرد رابطه  $\sin i_c = \frac{1}{n}$

## فعالیت ۷

هدف: رسیدن به رابطه  $\sin i_c = \frac{n_2}{n_1}$

پاسخ: وقتی پرتوهای نور از محیطی با ضریب شکست

بیشتر به محیطی با ضریب شکست کمتر وارد شود و محیط دوم

هوا نباشد، داریم:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{\sin i}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1} \quad \boxed{\sin i_c = \frac{n_2}{n_1}}$$

## فعالیت پیشنهادی ۱۴

۱- زاویه‌ی حد بلور نمک طعام و بلور یخ را با هم مقایسه

کنید: (نمک طعام  $n = 1/5$ )

۲- چرا یک قطعه الماس، از نوع بدلی آن درخشان‌تر

به نظر می‌رسد؛ علت را پیدا کنید.

پاسخ:

۱-

$$\sin i_c = \frac{1}{n}, \quad \sin i_c = \frac{1}{1/3.9} \quad \text{یخ } i_c = 49/8$$

$$\sin i_c = \frac{1}{1/5} \quad \text{نمک طعام } i_c = 41/8$$

$$\boxed{i_c \text{ نمک طعام} > i_c \text{ یخ}}$$

۲-

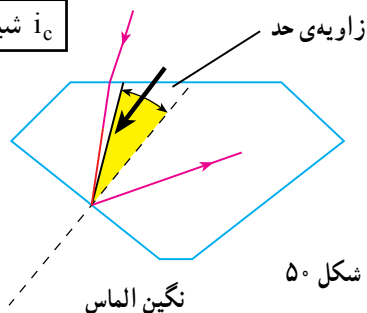
$$\sin i_c = \frac{1}{n} \quad \sin i_c = \frac{1}{1/5.2} \quad \text{شیشه } n = 42$$

$$\sin i_c = \frac{1}{2/4.2} \quad \text{الماس } i_c = 24/5$$

زاویه‌ی حد الماس بسیار کوچک است و نور زیادی در

آن بازتاب کلی می‌شود.

$$\boxed{i_c \text{ شیشه} < i_c \text{ الماس}}$$



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 در تماس دارد تعیین نمود. در صورتی که محیط دوم هوا باشد، با استفاده از رابطه  $\sin i_c = \frac{1}{n}$  می‌توان نوشت:

$$\frac{\sin i_c}{\sin 90^\circ} = \frac{1}{n} \quad \text{و } i_c = 90^\circ$$

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

$$\sin i_c = \frac{1}{n}$$

نمک طعام

اگر زاویه‌ی حد را با داشتن هم رابطه‌ی  $\sin i_c = \frac{n_2}{n_1}$  مقایسه کنیم می‌تواند می‌تواند:

$$\sin i_c = \frac{1}{n}$$

نمک طعام

**مثال ۷**  
ضریب شکست بلور شکر تقریباً  $1/3.9$  است. زاویه‌ی حد را برای پرتوهای نوری که از این بلور به هوا می‌تابد، پیدا کنید.

حل:

$$n = 1/3.9$$

$$\sin i_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1/3.9} = 3.9$$

$$i_c = 49^\circ$$

**فعالیت ۷**  
اگر پرتو از یک محیط شکست  $n_1$  وارد محیطی با ضریب شکست  $n_2$  شود، پرتوهای که زاویه‌ی حد  $i_c$  را می‌تابد، پیدا کنید.

## راهنمای تدریس

جایگزین کردن زاویه‌ی شکست ( $90^\circ$  درجه) و زاویه‌ی

حد ( $i_c$ ) در قانون شکست را برای رسیدن به رابطه‌ی  $\sin i_c = \frac{1}{n}$

به دانش‌آموزان می‌سپاریم.

بهتر است ابتدا با پرسش، توجه دانش‌آموزان را بر روی

این مطلب که «زاویه‌ی حد در حالتی رخ می‌دهد که نور از محیطی

با ضریب شکست بیشتر وارد محیطی با ضریب شکست کمتر

شود» متمرکز می‌کنیم، سپس از آن‌ها بخواهیم قانون شکست نور

را برای این جایگزینی به صورت  $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{n}$  به کار برند و بهتر

است این فعالیت را گروهی انجام دهند.

## فعالیت پیشنهادی ۱۳

در گروه خود قانون شکست نور را برای حالتی به کار

برید که نور که زاویه‌ی حد از آب (به سطح مشترک آب با هوا) بتابد

و رابطه‌ی  $\sin i_c = \frac{1}{n}$  را نتیجه بگیرید.

## فعالیت ۸

هدف: کاربرد رابطه‌ی زاویه‌ی حد و رسیدن به این که هر چه ضریب شکست بیشتر می‌شود، زاویه‌ی حد کوچکتر می‌شود.

جدول ۷

ضریب شکست	زاویه‌ی حد	
۴۹/۸۱		یخ
۴۱/۷۸		بنزن
۳۷/۹		کربن دی‌سولفات
۴۲/۹۵		پلی استیرن
۴۰/۳۷		سدیم کلراید
۴۲/۷۶		گلیسرین
۴۸/۷		آب
۴۱/۱۴		شیشه کراون
۲۴/۶۲		الماس

## ۵-۵- بازتاب کلی<sup>۱</sup>

هدف: بررسی پدیده‌ی بازتاب کلی

### فعالیت ۸

با چگونگی پدیده‌ی بازتاب کلی در یک منشور شیشه‌ای که در آب قرار دارد، آشنایی پیدا کنید.

#### شکل ۳-۱ بازتاب کلی

هرگاه زاویه‌ی تابش در محیط با ضریب شکست بیشتر، از زاویه‌ی حد در آن محیط بیشتر شود (یعنی  $\theta_i > \theta_c$ ) از آن محیط خارج می‌شود و محیط بعد از آن محیط، خطی یک‌پارچه نیست زیرا نور را به بیرون محیط نور بازتاب می‌دهد. این پدیده را بازتاب کلی می‌گویند. شکل ۳-۱۱: بازتاب کلی در یک محیط شفاف تر.



شکل ۳-۱۱: بازتاب کلی در یک منشور شیشه‌ای که در آب قرار دارد. منشور که در محیط شفاف‌تر است، نور را به بازتاب کلی می‌تاباند.

#### بازتاب

بسیاری از مواد معمولاً در پدیده‌ها و پدیده‌ها از بازتاب کلی استفاده می‌کنند. شکل ۳-۱۲: بازتاب کلی در یک منشور شیشه‌ای که در آب قرار دارد. منشور که در محیط شفاف‌تر است، نور را به بازتاب کلی می‌تاباند. بازتاب کلی در یک منشور شیشه‌ای که در آب قرار دارد. منشور که در محیط شفاف‌تر است، نور را به بازتاب کلی می‌تاباند.

۱۲۲

## راهنمای تدریس

در صورت وجود کامپیوتر در مدرسه، بازتاب کلی را با شبیه‌سازی آن تدریس می‌کنیم.

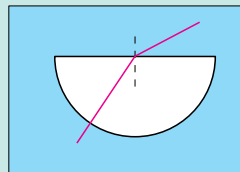
فکر کنید: ماهی‌ها (و یا غواص‌ها) از زیر آب فضای روشن

بیرون را چگونه می‌بینند؟

تدریس معمولی، راهبردهای تفکر و گزینه‌های متفاوت را برای پاسخ‌گویی محدود می‌کند.

شبیه‌سازی آزمایش بازتاب کلی در CD همراه کتاب آمده است.

در این شبیه‌سازی باریکه‌ی نوری به یک نیم‌استوانه، با ضریب شکست  $n$  برخورد و از آن عبور می‌کند. انتخاب راستای نور در کنترل کاربرد است و به تبع آن زاویه‌ی شکست نور تغییر می‌کند و کاربر می‌تواند با تغییر زاویه‌ی تابش پدیده‌ی بازتاب کلی را مشاهده کند. ضریب شکست نیم‌استوانه و ضریب شکست محیط قابل انتخاب است.



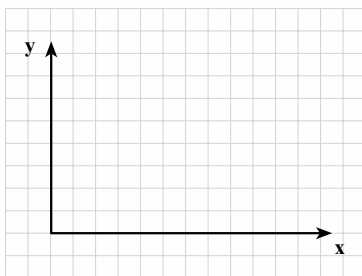
شکل ۵۱

## یادداشت:

تعیین رابطه‌ی بین متغیرها با رسم نمودار: وقتی موضوعی علمی را مطالعه می‌کنیم، لازم است آزمایش‌های عملی نیز انجام دهیم. در برخی از آزمایش‌ها باید نتایج و یا داده‌ها را در یک جدول قرار داده، ارتباط بین دو متغیر را با رسم نقاط در یک نمودار نمایش دهیم.

برای رسم نمودار به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

– دو محور عمود بر هم رسم می‌کنیم. محور افقی (x) برای کمیتی به کار می‌رود که در طول آزمایش تغییر می‌دهیم. این کمیت «متغیر مستقل» نامیده می‌شود. محور عمود (y) برای کمیتی به کار می‌رود که در نتیجه‌ی تغییرات «متغیر مستقل» تغییر می‌کند. این کمیت «متغیر وابسته» یا تابع نامیده می‌شود. هر یک از محورها باید بر اساس کمیت و واحد مربوط به آن نام‌گذاری شود.



شکل ۵۳

– هر یک از کمیت‌ها را در طول محورها برحسب واحد آن کمیت درجه‌بندی می‌کنیم. (درجات روی دو محور لزوماً یکسان نیستند)

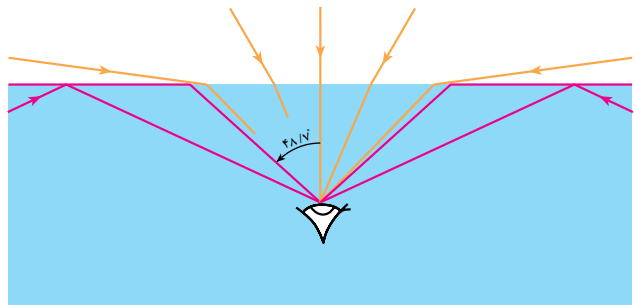
برای سهولت درجه‌بندی از کاغذ شطرنجی و یا میلی‌متری استفاده می‌کنیم.

از روی اعداد جدول ارتباط بین دو متغیر را (با استفاده از نقطه‌یابی در صفحه‌ی محورها) با رسم نمودار نقطه‌ای نشان می‌دهیم.

یک خط راست و یا یک منحنی هموار رسم می‌کنیم تا با تقریب خوبی از نقاط بگذرد در ریاضی این خط را خط پردازش می‌نامند.

پاسخ: پرتوهایی که از فضای بیرون وارد آب می‌شوند و به چشم ماهی (یا غواص) می‌رسند، هنگام ورود به آب شکسته و با زاویه‌ای فضایی کمتر از زاویه‌ی حد آب ( $48/7$ ) به هم می‌رسند (شکل ۵۲).

بنابراین فضای بیرون به صورت یک مخروط با زاویه‌ی رأس دو برابر زاویه‌ی حد ( $97/4$ ) به نظر می‌آید.



شکل ۵۲

معرفی سایت: علت وقوع پدیده‌های طبیعی – طرز کار دستگاه‌ها و موضوعات درسی مورد نظر خود را از این سایت پیدا کنید.

[www.howstuffworks.com](http://www.howstuffworks.com)

بعد از وارد کردن این آدرس در نوار آدرس اینترنت، صفحه‌ای باز می‌شود. از منوهای ردیف بالا Science stuff را انتخاب کنید و بعد از باز شدن صفحه‌ی جدید، در نوار جستجو، عنوان مورد نظر خود را تایپ (و روی کلمه‌ی GO) کلیک کنید. با تایپ هر یک از عناوین زیر و یا مشابه آن‌ها اطلاعات جامع و مفیدی در مورد آن‌ها به دست می‌آورد.

رنگین کمان (Rainbows)

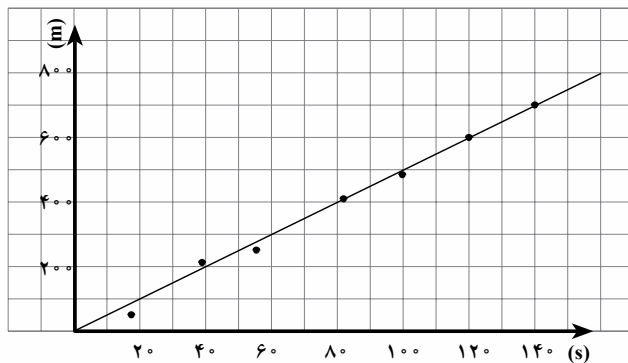
سراب (mirage)

تار نوری (fiberoptics)

نقاط ممکن است اطراف این خط پراکنده باشند و حتی اغلب یک یا دو نقطه از خط دور باشند که به خطای آزمایش مربوط می‌شود.

مثال:

نمودار مسافت - زمان  $d = vt$



d	t
50	20
210	40
250	60
400	80
460	100
600	120
700	140

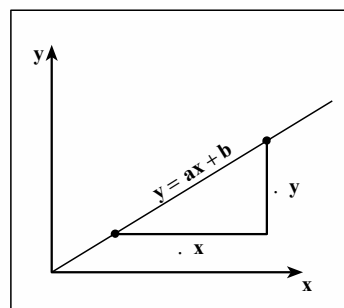
$d = vt$

شکل ۵۴

شیب نمودار

شیب نمودار مقدار تغییرات متغیر محور  $y$  را نسبت به تغییرات متغیر محور  $x$  نشان می‌دهد.  $a = \frac{y}{x}$  (یعنی تغییرات) واحد شیب واحد کمیت  $\frac{y}{x}$  است.

از روی شکل نمودار رابطه بین متغیرها به دست می‌آید. مثلاً، تابع نمودار خط راست  $y = ax + b$  است.  $a$  شیب نمودار است.



شکل ۵۵

\* برای پیدا کردن رابطه‌ی دو متغیر، از طریق انجام آزمایش و رسم نمودار، هرچه تعداد دفعات انجام آزمایش بیشتر باشد، نتیجه‌گیری بهتر می‌شود.