

## ۴-۴ بازتابش نور

هدف:

۱- دانش‌آموزان از راه آزمایش و اندازه‌گیری، قانون‌های بازتابش نور را نتیجه‌گیری می‌کنند.

۲- دانش‌آموزان با اصطلاحات مربوط به بازتابش نور، آشنا می‌شوند.

**دانسته‌های قبلی:** در دوره‌ی راهنمایی مفهومی بازتاب نور، بازتاب منظم و نامنظم (همراه با تصویر) آمده است. قانون بازتابش نور، طی یک آزمایش معرفی شده است.

برای دیدن اجسام، باید نوری از آن جسم به چشم ما برسد، حال این پرسش مطرح می‌شود که چگونه اجسام داخل کلاس که از خود نوری ندارند، دیده می‌شوند؟ و یا ماه که از خود نوری ندارد، شب‌ها سطح آن روشن است؟ و با شروع چنین پرسش‌هایی، می‌توانیم بحث را به سوی مفهوم بازتابش نور، هدایت کنیم.

**پاسخ دهید (۳)**

**هدف:** دانش‌آموزان، دانسته‌های قبلی خود را در مورد بازتابش نور به کار ببرند.

۱- نور خورشید، از سطح ساختمان‌ها، زمین و حتی

مولکول‌های هوا بازمی‌تابند و از طریق در و پنجره وارد اتاق می‌شود. این پرتوها پس از بازتابش از سطح جسم‌های داخل اتاق بازتابیده شده و به چشم ما می‌رسند.

۲- برای دیدن اشیا باید:

الف) پرتوهای نور از سطح اشیا به چشم سالم برسند.

ب) عصب‌های بینایی، تصویرها را به مغز برسانند.

پ) مغز، قدرت تشخیص اشیا را داشته باشد.

### توجه

بارها اتفاق افتاده است که ما در پیاده‌رو خیابان به دوستی سلام می‌کنیم و او درحالی که به ما نگاه می‌کند، غرق در افکار خود، از کنار ما می‌گذرد و پاسخی به سلام ما نمی‌دهد، درواقع چشم او، مارا می‌بیند، ولی مغز آن را گزارش نمی‌کند. به عبارت دیگر این تصویر، در حوزه‌ی توجه مغز قرار نمی‌گیرد.

در این مرحله، لازم است برخی از اصطلاحات مانند:

بازتاب نور، پرتو تابش، پرتو بازتاب، خط عمود بر آینه، زاویه‌ی

تابش و زاویه‌ی بازتابش، به دانش‌آموزان معرفی شود.

لذا می‌توانیم این اصطلاح‌ها را با استفاده از ترسیم شکل

۴-۶ روی تابلو به دانش‌آموزان معرفی کنیم.

**یادداشت معلم:**

## آزمایش کنید (۴)

هدف: دانش آموزان با این آزمایش قانون‌های بازتابش نور را نتیجه می‌گیرند.

مهارت آزمایش، اندازه‌گیری و نتیجه‌گیری از آن در میان دانش‌آموزان تقویت می‌شود.

۱- گروه‌های دانش‌آموزی را هدایت می‌کنیم تا نقاله و مقوا را مطابق دستور نصب کنند.

۲- گروه‌های دانش‌آموزی را هدایت می‌کنیم تا پرتو نور لیزر مدادی یا باریکه‌ی نور را با زاویه‌ی معین به سطح آینه بتابانند و پرتو بازتابیده روی نقاله، قابل مشاهده باشد.

۳- زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتابش با هم برابرند.

### توجه

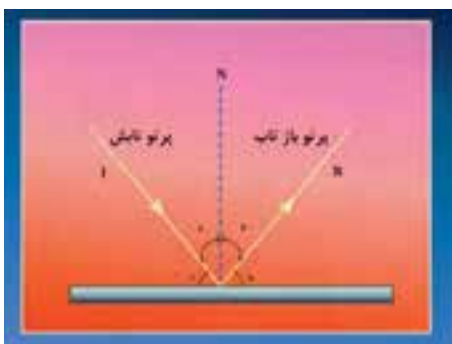
در صورت استفاده از لیزر مدادی باید موارد ایمنی رعایت شود. می‌دانیم که قانون‌های معتبر، محصول تعداد زیادی از آزمایش‌ها هستند. پس بهتر است، دانش‌آموزان با زاویه‌های دیگر نیز آزمایش را تکرار کنند و اعداد را در جدولی مانند جدول زیر بنویسند.

زاویه‌ی تابش	زاویه‌ی بازتاب

**بسط آزمایش ۴:** در همین آزمایش بهتر است از گروه‌های دانش‌آموزی بخواهیم تا پرتو نور را طوری بتابانند که در صفحه‌ی نقاله دیده نشود. در این صورت، پرتو بازتابش نیز در صفحه‌ی نقاله نخواهد بود. می‌توان مسیر پرتو بازتابش را از طریق یک ورق کاغذ مشخص کرد، تا از این طریق، زمینه‌ی طرح قانون اول بازتابش (قانون‌های بازتابش مورد الف)، فراهم شود. می‌توان گفت تا زمانی که پرتو تابش در صفحه‌ی نقاله باشد، حتماً بازتابش آن نیز در همین صفحه خواهد بود.



بهتر است، یکی از گروه‌ها نتیجه‌های آزمایش را بخواند و نتیجه‌ی نهایی را روی تابلو بنویسد.



شکل ۳۰

آیا با یک آزمایش می‌توان یک قانون را به دست آورد؟

## توجه

معمولاً دانش‌آموزان قانون اول بازتابش نور را خوب درک نمی‌کنند. می‌توان فعالیت زیر را در این زمینه ارائه کرد.

### فعالیت پیشنهادی ۹:

فرض کنید، خودکار سرخ، نماینده‌ی پرتو تابش و خودکار مشکی، نماینده‌ی خط عمود و خودکار آبی، نماینده‌ی پرتو بازتابش باشد. در این صورت:

(الف) به کمک نقاله، سه عدد خودکار را چنان کنار هم قرار دهید که نمایشگر قانون‌های بازتابش نور باشد.

(ب) سه خودکار را چنان کنار هم قرار دهید که فقط قانون اول بازتابش نور، نقض شود.

(پ) سه خودکار را چنان کنار هم قرار دهید که فقط قانون دوم بازتابش نور، نقض شود.

هدف: درک دقیق‌تر قانون‌های بازتابش نور

### پاسخ قابل انتظار:

توجه کنید که در شکل ۳۱-ب، خودکار آبی، در صفحه‌ی کاغذ نیست بلکه با صفحه‌ی کاغذ، زاویه می‌سازد.



(ب)

(الف)



(پ)

شکل ۳۱

### فعالیت ۳:

هدف: کاربرد قانون‌های بازتابش نور، در موارد خاص به گروه‌های دانش‌آموزی فرصت می‌دهیم تا زاویه‌ی تابش را برای هر یک از شکل‌های ۴-۸ معین کنند. سپس با توجه به قانون‌های بازتابش نور و با استفاده از نقاله یا روش‌های هندسی دیگر، پرتو بازتابیده را رسم می‌کنند.

الف) با یک جراح قوه و یک برگه سفید بزرگی نور را به روشی که پیشتر شرح دادند با زاویه‌ی تابش عمودی به آینه تابانده بطوری که پرتو بازتابش بر سطح عمود دیده شود. در این وضعیت اندازه‌ی زاویه‌ی بازتابش را که روی قله مشخص است با زاویه‌ی تابش مقایسه کنید.  
ب) آیا این دو زاویه با هم برابرند؟  
ج) آینه‌ی تابش را برای زاویه‌ی تابش که در شکل الف مشخص شده است انجام دهید.

اگر آینه‌ی تابش را به سمت عمود داده بقیست به این نتیجه رسیدید که همواره زاویه‌ی تابش بر زاویه‌ی بازتابش با هم برابرند.  
اگر جراح را بطوری قرار دهید که پرتو تابش بر صفحه‌ی قله تابنده پرتو بازتابش نیز در آن صفحه عمود شود.  
قانون‌های بازتابش با انجام آزمایش‌ها نتیجه‌ی زیر هستند می‌آید. که قانون‌های بازتابش همیشه می‌نویسند.  
الف) - زاویه تابش، پرتو تابش و خط عمود بر سطح آینه در یک خط قرار می‌گیرند هر سه در یک صفحه.  
ب) - زاویه تابش و زاویه بازتابش با هم برابرند.

فعالیت ۳

۱- در شکل‌های الف و ب، با نصب یک آینه سفید در کنار یک زاویه‌ی تابش عمودی و زاویه‌ی بازتابش، پرتو بازتابش را به هر یک از خط‌های عمودی رسم کنید.

در شبیه‌سازی‌های بخش بازتابش نور، کاربر می‌تواند نحوه‌ی بازتابش نور از آینه‌ی تخت را ببیند و با تغییر زاویه‌ی تابش یا دوران آینه، وضعیت بازتابش را بررسی کند.

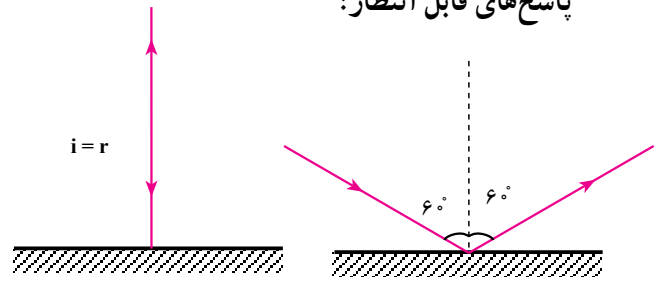


فعالیت تصویر از آینه‌های تخت  
آیا تاکنون تصور درختان یا سطوح اطراف یک آینه تخت را با رنگه را در آن مشاهده کرده‌اید؟



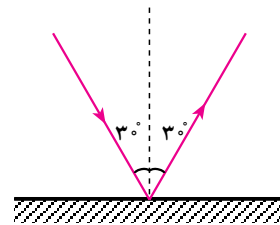
آینه‌های تصویر را که سطح آن‌ها سطح تخت است آینه تخت می‌نامند. هنگامی که روی جوی آینه‌ای می‌ایستند خود را با آینه می‌بینند. مشاهده‌های اطراف در سطح آب یک آینه تخت.

### پاسخ‌های قابل انتظار:



(ب)

(الف)



(ب)

شکل ۳۲

### فعالیت ۴:

هدف: دانش‌آموزان از طریق تقویت مهارت‌های ترسیمی،

به این نتیجه برسند که تابش منظم روی سطح‌های تخت و صیقلی، موجب بازتابش منظم می‌شود.

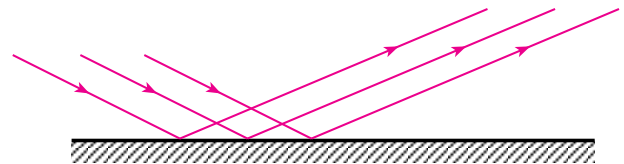
۱- زاویه‌ی تابش هریک از پرتوها ۵۰° است.

۲- پرتوهای فرودی با یکدیگر موازی هستند؛ زیرا زاویه

تابش همه‌ی آن‌ها ۵۰° است.

۳- پرتوهای بازتابیده نیز با یکدیگر موازی هستند؛ زیرا

زاویه‌ی بازتابش همه‌ی آن‌ها ۴۰° است.



کرد. بر طبق این اصل:

«مسیر واقعی بین دو نقطه که باریکه‌ی نور می‌پیماید، راهی

است که در کمترین زمان پیموده می‌شود.»

با استفاده از این اصل، به آسانی می‌توان انتشار نور

به خط راست، بازتابش و شکست نور را توضیح داد. به کمک

محاسبات ریاضی، می‌توان به سهولت نشان داد که هم قانون

بازتابش و هم قانون شکست از اصل فرما استنتاج می‌شوند.

مثال ۱: با استفاده از اصل فرما ثابت کنید که در یک

محیط همگن، نور به خط راست منتشر می‌شود.

حل: فرض کنیم یک پرتو نور بخواهد از نقطه‌ی A به نقطه‌ی

B برسد. زمان انتشار این پرتو برابر  $t = \frac{AB}{v}$  است که AB

فاصله‌ی دو نقطه و v سرعت نور در محیط است.

B

A

C

### دانستنی ۵

اصل فرما: فرما دانشمند فرانسوی، بنیانگذار نظریه‌ی

جدید اعداد و احتمالات در سال ۱۶۵۷ میلادی درباره‌ی انتشار

نور از یک نقطه به نقطه‌ی دیگر «اصل کمترین زمان» را بیان

یا،

$$A'C + CB \cdot A'C' + C'B$$

که می توان نوشت :

$$AC + CB \cdot AC' + C'B$$

و در نتیجه :

$$ACB \cdot AC'B$$

**توجه:** اگر مفهوم مشتق را می دانید و می توانید مشتق گیری کنید مثال زیر را بخوانید. در غیر این صورت از آن صرف نظر کنید.

**مثال ۳:** یک پرتو نور از نقطه ی S به سطحی برخورد می کند و بازتابش می شود و به نقطه ی B می رسد. اگر زمان طی این مسافت کمترین زمان باشد (اصل کمترین زمان)، ثابت کنید که زاویه ی تابش با زاویه ی بازتابش برابر است؛ یعنی  $i = r$ .

**پاسخ:** نخست شکل مسئله و مسیر عبور نور را رسم می کنیم و قراردادهای زیر را می نویسیم (شکل ۳۴):

$$SS_1 = h, AA_1 = h', S_1A_1 = d, S_1I = x$$

زمان طی مسیر SIA را با توجه به آن که محیط همگن و سرعت نور در این محیط مقدار ثابت  $v$  است (حرکت نور یکنواخت است) به صورت زیر محاسبه می کنیم؛ برای فاصله ی SI:

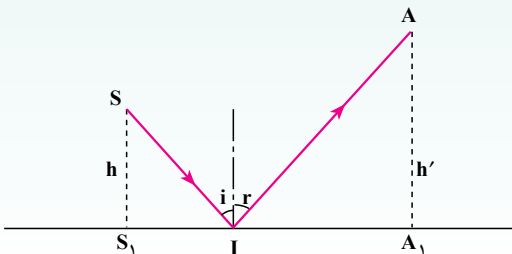
$$t_1 = \frac{SI}{v_1} = \frac{\sqrt{SS_1^2 + S_1I^2}}{v_1} = \frac{\sqrt{h^2 + x^2}}{v_1}$$

و برای فاصله ی IA:

$$t_2 = \frac{IA}{v} = \frac{\sqrt{IA_1^2 + A_1A^2}}{v} = \frac{\sqrt{h'^2 + (d-x)^2}}{v}$$

پس زمان رسیدن نور از S به A عبارت است از:

$$t = t_1 + t_2 = \frac{\sqrt{h^2 + x^2}}{v} + \frac{\sqrt{h'^2 + (d-x)^2}}{v}$$

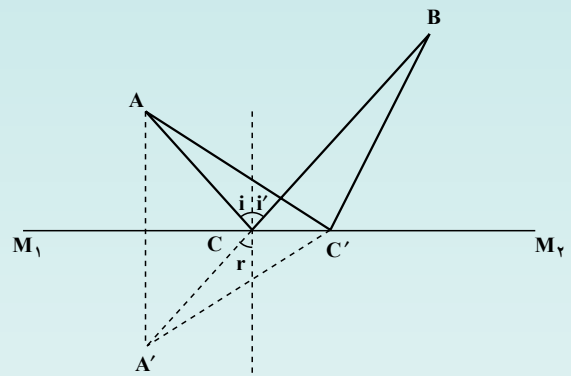


شکل ۳۴

در یک محیط مشخص مانند هوا یا آب  $v$  مقدار ثابتی است، بنابراین لازم است AB کمترین فاصله باشد و می دانیم که همواره خط مستقیم AB از هر مسیر دیگری مانند ACB کوچک تر است (در هر مثلث یک خط از مجموع دو خط دیگر کوچک تر است). بنابراین مسیر نور در یک محیط مشخص همواره خط راست خواهد بود.

اصل فرما برای یک پرتو نور که از نقطه ی مشخصی تابش می شود و پس از بازتابش به نقطه مشخص دیگری می رسد نیز صدق می کند.

**مثال ۲:** با توجه به قانون های بازتابش نور ثابت کنید که مسیر نوری که از A تابش می شود و مسیر ACB را طی می کند و به نقطه ی B می رسد از هر مسیر دیگری مانند AC'B کوتاه تر است (شکل ۳۳).



شکل ۳۳

**حل:** می خواهیم ثابت کنیم:

$$ACB \cdot AC'B$$

ابتدا قرینه ی A را نسبت به سطح  $M_1M_2$  رسم می کنیم و مثلث AA'C را مشخص می کنیم. این مثلث متساوی الساقین است زیرا:

$$A = i, A' = r$$

در نتیجه چون

$$i = r, A = A'$$

بنابراین  $AC = A'C$  و می توان نوشت که در هر مثلث

یک ضلع از مجموع دو ضلع دیگر کوچک تر است، یعنی:

$$A'B \cdot A'C' + C'B$$

هنگامی زمان  $t$  کمترین مقدار است که مشتق آن نسبت به متغیر  $x$  صفر باشد. بنابراین مشتق رابطه‌ی بالا را برابر صفر می‌گیریم

$$t' = 0 \cdot \frac{2x}{2v\sqrt{h^2 + x^2}} - \frac{2(d-x)}{2v\sqrt{h^2 + (d-x)^2}} = 0$$

که در نتیجه

$$\frac{x}{v\sqrt{h^2 + x^2}} = \frac{d-x}{v\sqrt{h^2 + (d-x)^2}}$$

$$\frac{\sin i}{v} = \frac{\sin r}{v} \quad \sin i = \sin r \quad \text{و از آن جا:}$$

در نتیجه  $i = r$  و قانون بازتابش با توجه به اصل فرما اثبات می‌شود.

#### ۴-۵- تصویر در آینه‌های تخت

هدف:

– آشنا کردن دانش‌آموزان با نحوه‌ی مشاهده‌ی تصویر در آینه‌ی تخت به روش ترسیمی.

– دانش‌آموزان از راه آزمایش و اندازه‌گیری، ویژگی‌های تصویر در آینه‌ی تخت را نتیجه‌گیری می‌کنند.

**دانسته‌های قبلی:** در کتاب علوم سال دوم راهنمایی، تصویر در آینه‌ی تخت و ویژگی‌های آن، همراه با عکس و فعالیت معرفی گردیده و از دانش‌آموزان خواسته شده تا پریسکوپ بسازند. می‌توانیم آموزش این بخش را با پرسش‌هایی مشابه پرسش‌های زیر، درمورد تصویر فیل‌ها، شروع کنیم:

**فعالیت پیشنهادی ۱۰:**

- ۱- آنچه در این تصویر می‌بینید، بنویسید.
- ۲- تصویر چه جسم‌هایی در آب دیده نمی‌شود؟ چرا؟
- ۳- به کمک خط‌کش، عرض فیل‌ها را با عرض تصویر آن‌ها مقایسه کنید. آیا با هم برابرند؟

#### توجه

طول قد فیل‌ها، با تصویر آن‌ها، به دلیل زاویه‌ی تصویربرداری، برابر نیست.



۴-۵-۱- ثبت تصویر در آینه‌های تخت  
آب باکونر تصویر درخت را در حوضچه‌ی اطراف یک استخر آب با رنگه را در آب مشاهده کردیم.



آینه‌های صاف را که سطح آن‌ها سطح است آینه‌ی تخت می‌باشد. هنگامی که پرنه‌روی آینه‌ی می‌ایستد خود را در آینه می‌بیند. مشخصات نظریه‌ی انوار در سطح آب یک استخر

۳۳

۴- سطح آب را با آینه‌ی تخت مقایسه کنید.

**هدف:** درگیر کردن دانش‌آموزان با موضوع بخش پاسخ قابل انتظار:

- ۱- در این تصویر، فیل، درخت، زمین، آب، ماه، آسمان و تصویر فیل و تصویر اجسام کنار برکه دیده می‌شود.
- ۲- درختان دور و ... دیده نمی‌شوند.
- ۳- آری
- ۴- سطح آب آرام مانند آینه‌ی تخت عمل می‌کند. آینه درصد بیشتری از نور را بازمی‌تاباند. از سطح آب، یک بار بازتاب رخ می‌دهد و بخشی از نور را عبور می‌دهد، اما از سطح آینه‌ی شیشه‌ای، دوبار بازتاب روی می‌دهد. یک بار از سطح شیشه و بار دیگر، از سطح ماده‌ی کدر پشت شیشه.

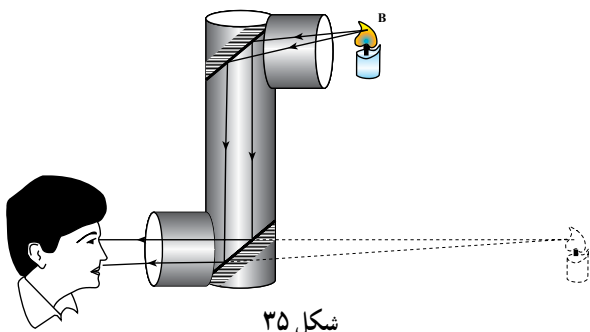
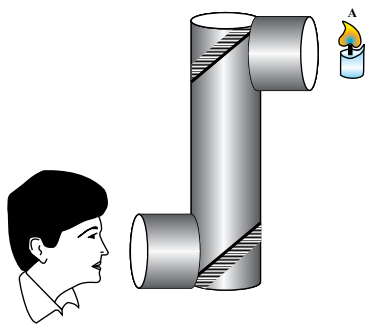
#### دانستنی ۶

ژان شاردن جهانگرد فرانسوی که در دوران صفوی به ایران آمده، در سفرنامه‌ی خود می‌نویسد:  
در ایران، آینه‌های فلزی بیش از آینه‌های شیشه‌ای



دفتر خود رسم کنند، تا توانایی خود را در مهارت‌های ترسیمی افزایش دهند.

**پرسش پیشنهادی ۵:** دوربین زیردریایی قدیمی، مطابق شکل ۳۵، از یک لوله و دو آینه‌ی تخت موازی تشکیل شده است. به روش ترسیمی و با استفاده از قوانین بازتابش نور، تصویر این شمع را در آینه‌ی چشمی رسم کنید.  
**هدف:** کاربرد قوانین بازتابش نور  
**پاسخ قابل انتظار:**

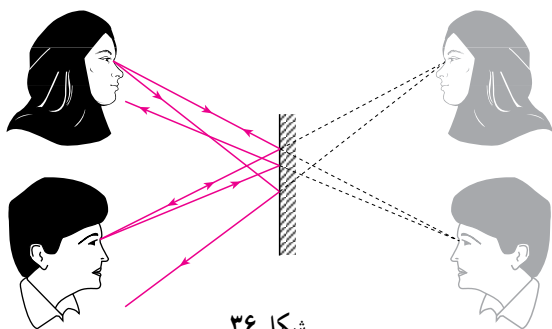


شکل ۳۵

#### پاسخ دهید (۴)

**هدف:** کاربرد قانون‌های بازتابش نور

وقتی شخص تصویر ما را در آینه می‌بیند، ما هم می‌توانیم، مطابق شکل ۳۶، حداقل چشم‌های او را در آینه ببینیم. اما در حالتی که فاصله دو نفر از هم زیاد باشد، یا آینه کوچک باشد، ممکن است، ما او را در آینه به خوبی نبینیم.



شکل ۳۶

در این تصویر، آینه‌ی عمودی را در نظر بگیرید. نور از شمع آینه‌ی درون‌تابش بر روی آینه‌ی بیرونی بازتاب می‌دهد. این نور به آینه می‌تابد و تصویر شمع در آینه‌ی بیرونی تشکیل می‌شود. شکل ۳۶-۱: چگونه دیده می‌شود؟



همان‌طور که یک‌سری مثال‌ها قرار می‌گیرد، از هر خطی از نظر نقطه‌ای در شکل ۳۶-۲، نورهای نور به آینه می‌تابد. این نورها پس از بازتاب از سطح آینه به چشم می‌رسند. مثل این است که این نورها از آینه می‌رسند. نقطه‌ی آینه که محل تقاطع نورهای بازتابشده، تصویر خطی A است. با این روش می‌توانید تصویر هر خطی دیگری از زمین را به کمک حداقل دو پرتو که از آن خط به آینه می‌تابد مشخص کنید.

**پاسخ دهید ۴**  
 شخصی تصویر شما را در آینه می‌بیند. آیا شما هم در همان حال تصویر او را می‌بیند؟  
 آن آینه می‌بیند! در برای جواب خود توضیح دهید.

**آزمایش کنید-۵**  
 وسیله‌های آزمایش: شیشه، دو قطره‌گیر، جبهه، خط‌کش و نوکند سطح.  
 ۱- یک شیشه را مطابق شکل ۳۶-۱ روی میز نصب کنید. برای این کار

مورد استفاده قرار می‌گیرد، در حالی که در فرانسه آینه‌های فلزی به علت رطوبت زیاد، کمتر مورد استفاده قرار گرفته است. وی همچنین می‌نویسد: آینه‌های ایرانی، به صورت کوزه و کاونیز، تولید می‌شدند. امروزه، یکی از راه‌های ساختن آینه‌های صنعتی، تبخیر فلز، در محفظه‌ی خلأ است. در این محفظه، فلز تبخیر می‌شود، فلز تبخیر شده روی سطح‌های شیشه‌ای که به منظور تولید آینه، در آن قرار داده شده، می‌نشیند. از این طریق، آینه با پوشش‌های متفاوت تولید می‌شود. آینه‌هایی که از این روش تولید می‌شوند، گران قیمت هستند؛ زیرا تولید خلأ، هزینه‌ی زیادی دارد و از طرف دیگر فناوری تبخیر فلزها با نقطه‌ی جوش بالا نیز، هزینه‌بر است.

#### راهنمای تدریس

حال می‌توانیم توجه دانش‌آموزان را به شکل ۴-۱ جلب کنیم و از آن‌ها بخواهیم که خط عمود را برای هریک از پرتوهای این شکل رسم کرده و زاویه‌ی تابش را با زاویه‌ی بازتابش مقایسه کنند. همچنین فاصله‌ی شمع تا آینه را با فاصله‌ی تصویر تا آینه مقایسه کرده و با توجه به این اطلاعات، شکلی مشابه این شکل در

## دانستنی ۷

توانایی بازتابش: بنا به تعریف، توانایی بازتابش یک سطح، تحت زاویه‌ی تابش معین، عبارت است از نسبت شار نورانی بازتابش شده به شار نورانی تابش.

همچنان که از تعریف برمی‌آید توان بازتابش به زاویه‌ی تابش و جنس سطح بستگی دارد. در زاویه‌های تابش صفر درجه، توان بازتابش کمترین مقدار و در زاویه‌ی تابش  $90^\circ$  درجه بیشترین مقدار را دارد.

### آزمایش کنید (۵)

**هدف:** دانش‌آموزان با آزمایش و اندازه‌گیری، ویژگی‌های تصویر در آینه‌ی تخت را نتیجه‌گیری کنند.

۱- لازم است فضای کلاس کمی تاریک شده و مطابق دستور آزمایش، شیشه روی مقوا نصب شود.

۲- مشابه بودن شمع‌ها و به‌ویژه ارتفاع شمع‌ها بسیار ضروری است.

۳- با اندازه‌گیری فاصله‌ی شمع روشن تا آینه و فاصله‌ی شمع خاموش تا آینه، دانش‌آموزان باید به این نتیجه برسند که این دو فاصله، تقریباً باهم برابرند، البته تقریب موردنظر، مربوط به خطای اندازه‌گیری است.

۴- با جابه‌جا کردن شمع روشن، شمع خاموش هم باید به‌گونه‌ای جابه‌جا شود که روشن دیده شود.

### توجه

مشاهده‌کننده باید از سمت شمع روشن به تصویر نگاه کند.

در سمت شمع خاموش، چشمه‌ی نور مانند پنجره، وجود نداشته باشد.

**بسط آزمایش ۵:** در آزمایش بالا، اگر طول شمع خاموش، بلندتر باشد، نتیجه چه خواهد شد؟ دانش‌آموزان می‌توانند پاسخ این پرسش را از طریق آزمایش، پیدا کنند و به این نتیجه برسند که طول تصویر، با طول جسم برابر است.

دانش‌آموزان را هدایت می‌کنیم تا از آزمایش ۵ و آزمایش دیگری که می‌توان مطابق شکل ۴-۱۲ انجام داد، ویژگی‌های تصویر در آینه‌ی تخت را نتیجه بگیرند.

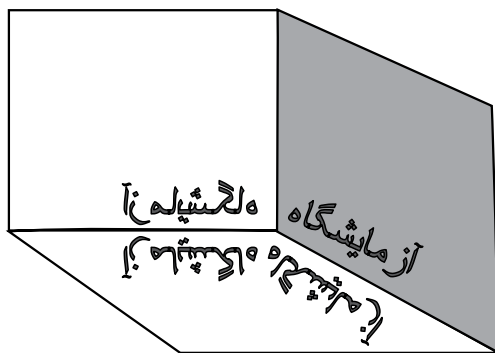


از آزمایش ۵ نتیجه می‌گیریم که هوا، مانع‌ناهی از تابش نور آینه‌ی تخت است و ویژگی‌های تصویر در آینه‌ی تخت  
 ۱- هم‌اندازه بودن شمع‌ها و به‌ویژه ارتفاع شمع‌ها بسیار ضروری است.  
 ۲- مشابه بودن شمع‌ها و به‌ویژه ارتفاع شمع‌ها بسیار ضروری است.  
 ۳- با اندازه‌گیری فاصله‌ی شمع روشن تا آینه و فاصله‌ی شمع خاموش تا آینه، دانش‌آموزان باید به این نتیجه برسند که این دو فاصله، تقریباً باهم برابرند، البته تقریب موردنظر، مربوط به خطای اندازه‌گیری است.  
 ۴- با جابه‌جا کردن شمع روشن، شمع خاموش هم باید به‌گونه‌ای جابه‌جا شود که روشن دیده شود.

### فعالیت پیشنهادی ۱۱:

دو آینه‌ی تخت و مقوایی که روی آن کلمه‌ی آزمایشگاه نوشته شده است را چگونه کنار هم قرار دهیم تا کلمه‌ی «آزمایشگاه» به صورت «ه‌ل‌شیل‌ه‌ن‌آ» دیده شود. پاسخ خود را انجام دهید تا از درستی آن، اطمینان حاصل کنید.

**هدف:** توجه به وارونی جانبی در آینه‌های تخت به‌کارگیری قانون‌های شکست نور در آینه‌ی تخت.  
 پاسخ قابل انتظار: دو آینه‌ی تخت عمود بر هم مطابق شکل زیر می‌تواند پاسخ این پرسش باشد.



شکل ۳۷



در این قسمت، تأکید بر معرفی تصویر مجازی مطابق توضیح کتاب ضروری است. «وقتی امتداد پرتوهای بازتابش به هم برخورد می‌کنند، تصویر مجازی تولید می‌شود.»

هنگامی که تصویر خود را در آینه‌ی تخت نگاه می‌کنیم، تصویر مجازی را می‌بینیم. اما وقتی به تصویر روی پرده‌ی سینما نگاه می‌کنیم، تصویر حقیقی را روی پرده سینما می‌بینیم.

### پاسخ دهید (۵)

هدف: آشنایی بیشتر دانش‌آموزان با وارونه‌ی جانبی در آینه‌ی تخت.

### پاسخ قابل انتظار:

۱- در آینه‌ی اتومبیل‌هایی که جلوتر از آمبولانس حرکت می‌کنند، تصاویر پس از وارونگی جانبی، به صورت درست دیده می‌شود. بنابراین، اگر به صورت درست نوشته شود، حروف، وارونه‌ی جانبی شده و خواندن کلمه‌ی آمبولانس برای رانندگان امکان‌پذیر نیست، پس ابتدا آن را وارونه‌ی جانبی می‌نویسند تا بعد از یک بار وارونه شدن به صورت درست دیده شود.

۲- در پشت اتومبیل لازم نیست این کلمه، به صورت وارونه‌ی جانبی نوشته شود؛ زیرا راننده‌های پشت سر آمبولانس، آن را بدون آینه و به صورت معمولی، مشاهده می‌کنند.

### فعالیت ۵:

هدف: دانش‌آموزان، ویژگی‌های آینه‌ی تخت را مرور می‌کنند.

### پاسخ قابل انتظار:

- ۱- فاصله‌ی تصویر تا آینه برابر فاصله‌ی شیء تا آینه است.
- ۲- طول تصویر با طول شیء برابر است.
- ۳- تصویر شیء در آینه‌ی تخت مستقیم و مجازی است.

**معمولاً بهتر است گزارش آزمایش توسط یکی از گروه‌ها خوانده شود.**

فرض کنید که در آینه تخت تصویر مجازی را می‌بینیم. عکس‌طور که در شکل ۱۱-۱۰ دیده می‌شود، تصویر مجازی از برخورد امتداد پرتوهای بازتاب حاصل می‌شود. در آینه‌ی تخت طول تصویر با طول شیء برابر است. اگر عکس‌گیر که در شکل ۱۱-۱۱ نشان می‌دهد، تصویر در آینه‌ی تخت نیست به تصویر مستقیم است.

۳- شکل ۱۱-۱۲ تصویر نوشته‌ای را در کنار یک آینه‌ی تخت نشان می‌دهد.



شکل ۱۱-۱۲ تصویر مجازی در آینه‌ی تخت را در نظر بگیرید.

در حالی که نوشته‌ی روی کتاب از راست به چپ خوانده می‌شود، تصویر نوشته‌ی آن به از چپ به راست خوانده می‌شود. این غیرممکن است که همیشه دیده شدن نوشته‌ی کتاب و آینه‌ی تخت می‌تواند.

**پاسخ دهید ۵**

چرا کلمه‌ی آمبولانس را در جلوتر از آمبولانس می‌نویسند؟  
(آیا این کلمه در پشت اتومبیل نیز وارونه نوشته می‌شود؟)

---

**فعالیت ۵**

بر آینه‌ی تخت:

- ۱- فاصله‌ی تصویر تا آینه ... فاصله‌ی شیء تا آینه است.
- ۲- طول تصویر با ... برابر است.
- ۳- تصویر شیء در آینه‌ی تخت ... و ... است.

## دانستنی ۸

عالم در مقیاس بزرگ، دارای تقارنی است که در آن تفاوتی میان چپ و راست، بالا و پایین، بین یک جسم و تصویرش در آینه وجود ندارد. اما در دنیای روزمره‌ی ما برخلاف عالم در مقیاس بزرگ، تفاوت بین چپ و راست اهمیت زیادی پیدا می‌کند. دست راست و چپ ما با هم فرق دارند، همین‌طور پای راست و چپ، کفش راست و چپ و دستکش راست و چپ. ساختار سازواره‌های مختلف به طرف چپ یا راست و اغلب بیشتر به یک طرف است تا طرف دیگر (مثلاً در حلقه زدن پوسته‌ی حلزون). بنابراین یک طرف به طرف دیگر ترجیح داده می‌شود. حتی خورشید، ستاره‌ها و قمرها در یک جهت خاص می‌گردند. با وجود این، آیا نمی‌توان دستگاهی را در نظر گرفت که در آن، همه‌ی جهت‌ها معکوس باشند؟ به جز این تفاوت اساسی، آیا این دو دستگاه تفاوتی با هم خواهند داشت؟ احتمالاً نه.

## فعالیت ۶:

### هدف:

۱- دانش‌آموزان با هم‌فکری اعضای گروه، کاربرد آینه‌ی تخت را در محیط زندگی می‌آموزند.

۲- با کمک آینه‌ی تخت یک وسیله‌ی ابتکاری می‌سازند.

### پاسخ قابل انتظار:

الف) در اتومبیل و منزل برای مشاهده‌ی خود و دیگران

- در برخی میکروسکوپ و سایر ابزارهای نوری - در تزیین‌های داخل ساختمان‌ها و مغازه‌ها و ... از آینه‌ی تخت استفاده می‌شود.

ب) دوربین زیردریایی

وسایل لازم: لوله‌ی «پی وی سی»، مقوایی یا جنس

دیگر با قطر داخلی  $1^{\circ}$  و طول  $8^{\circ}$  سانتی‌متر، دو قطعه زانویی

پی وی سی، دو عدد آینه‌ی تخت، چسب.

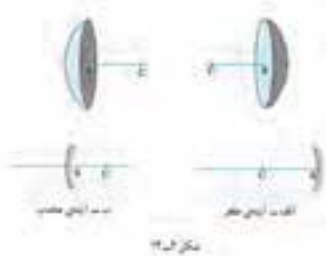
شرح ساخت: درون لوله‌ای مطابق شکل ۳۸، دو آینه‌ی

تخت که با یکدیگر موازی بوده و با لوله‌ی افقی زاویه‌ی  $45^{\circ}$

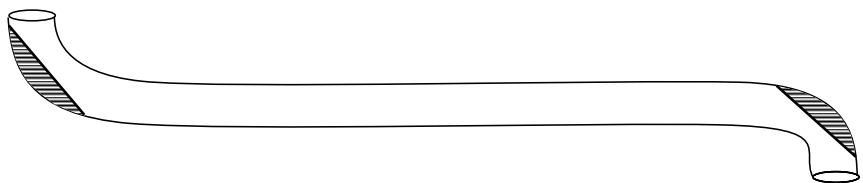
می‌سازند، در محل خم لوله نصب می‌کنیم.



هدف آینه‌های گوی  
با آینه‌ی تخت و روزگرمای تصویر در آن آینه‌اند. برای بازی از کارهای هنسی و  
تجربی طرح دیگری از آینه‌ها، سطح تخت را می‌گیرند که سطح آینه‌ها صاف است. طرح روزگرمای از  
این گونه سطح‌های صاف آینه‌های گوی است که در آن بخش ویدی می‌شوند.  
سطح آینه‌های گوی، بخشی از سطح یک کره است. یعنی تمام نقاط آن از یک نقطه به یک مرکز  
آینه‌ها از یک کره‌ای که آینه‌ها بخشی از آن استند به یک نقطه‌اند.  
اگر سطح درونی کره صاف باشد آن را آینه‌ی گویا می‌نامند و اگر سطح بیرونی آن صاف  
باشد آن را آینه‌ی گویا می‌نامند. این آینه‌ها بصورت طرح‌های در شکل (۳۸-۳۹) نشان  
داده شده‌اند.



۳۸



شکل ۳۸

**تحقیق پیشنهادی:** برخی از آینه‌های تخت معمولی،

تصویر ما را مناسب‌تر و برخی دیگر از آن‌ها، تصویر ما را

زیبا نشان نمی‌دهند. روان‌شناسان می‌گویند تصوّر هر فرد

درباره‌ی خود، اهمیت زیادی دارد. به نظر شما برای این

که تصویر شخص در آینه‌ی تخت، مناسب‌تر باشد:

الف) این آینه چه ویژگی‌هایی باید داشته باشد؟

ب) برای شناسایی این ویژگی‌ها آزمایش‌هایی را

طراحی و اجرا کنید.

پ) با انجام آزمایش، محل مناسب نصب آینه را

انتخاب کنید و ویژگی‌های این مکان را معین کنید.

ت) کلیه‌ی مراحل بالا را در گزارش خود بنویسید.

### پاسخ قابل انتظار:

الف) این، مرحله‌ی فرضیه‌سازی است و می‌توان فرضیه‌های زیر را ارائه کرد.

خمیدگی و موج سطح شیشه، ناهمگنی جنس شیشه، جنس لایه‌ی پشت شیشه، همگنی لایه‌ی پشت شیشه و ...

ب) این، مرحله‌ی طراحی و اجرای آزمایش و جمع‌آوری اطلاعات است.

دست یا چهره‌ی خود را در دو راستای عمود بر هم، در آینه نگاه می‌کنیم تا خمیدگی آینه را تشخیص دهیم.

به صحنه‌ای از پشت سر، در آینه نگاه می‌کنیم و سر خود را با سرعت جابه‌جا می‌کنیم در این حال، اگر در صحنه‌ی پشت سر موج ایجاد شد، آینه موج دارد.

ناهماهنگی شیشه، لایه‌ی پشت شیشه و خوردگی آن با

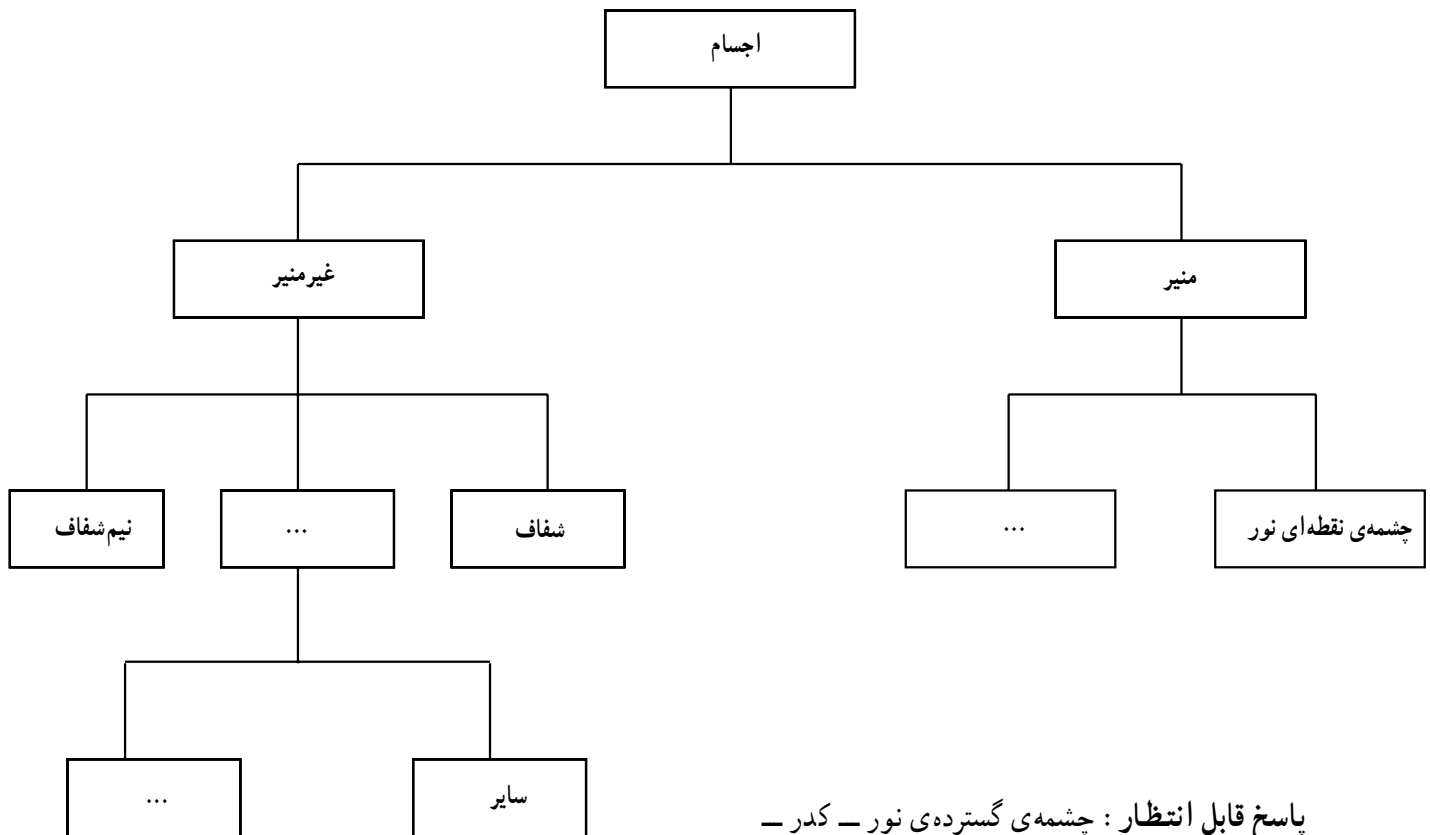
چشم یا یک ذره‌بین قابل تشخیص است.

پ) در محل نصب باید به شدت نور، رنگ نور، جهت تابش نور، نوع چشمه‌ی نور و ... توجه کنیم.

ت) مطالب بالا، چکیده‌ی مطالبی است که دانش‌آموزان می‌توانند بنویسند. در گزارش آن‌ها باید مقدمه و ضرورت، شرح آزمایش‌ها آن‌طور که انجام داده‌اند همراه با جدول‌ها، نمودارها، تفسیر و نتیجه‌گیری، آورده شود. اما گاهی اوقات دانش‌آموزان به مطالب درست و جالبی اشاره می‌کنند که می‌تواند موجب شگفتی معلم شود. پس بهتر است معلم در این مورد آن‌ها را آزاد گذاشته و مشوق و راهنمای خوبی برای آن‌ها باشد.

### فعالیت پیشنهادی ۱۲:

سازمان‌دهنده‌ی تصویری زیر را با کلمات مناسب کامل کنید.



پاسخ قابل انتظار: چشمه‌ی گسترده‌ی نور — کدر —

آینه‌ها.

## ۴-۶- آینه‌های کروی

### هدف‌های بخش:

- ۱- دانش‌آموزان، با آینه‌ی کروی کاو، کوژ، مرکز و محور اصلی آن‌ها آشنا می‌شوند.
- ۲- استفاده از قوانین بازتابش نور برای تعیین پرتوهای بازتاب در آینه‌های کروی.

**دانسته‌های قبلی:** در سال دوم راهنمایی، آینه‌های کروی کوژ و کاو (محدب و مقعر) معرفی شده و با انجام آزمایشی، از دانش‌آموزان خواسته شده تا کانون آینه‌ی کاو را از طریق پرتوهای نور خورشید مشاهده کنند. دانش‌آموزان باید طی یک آزمایش دیگر، تصویر حقیقی و وارونه‌ی یک شمع را در آینه‌ی کاو کروی، در فاصله‌های مختلف از آینه، روی پرده، تشکیل دهند.

در این قسمت بهتر است، آینه‌ی کوژ و کاو به کلاس آورده و در اختیار دانش‌آموزان قرار دهیم تا با آن، به خوبی آشنا شوند. آینه‌های کاو در فروشگاه‌های لوازم آرایشی و آینه‌های کوژ در فروشگاه‌های لوازم اتومبیل عرضه می‌شود. لذا اگر قبلاً از دانش‌آموزان بخواهیم تا هر گروه یک نمونه‌ی آن را به کلاس بیاورند، قطعاً ارزش آموزشی بیشتری دارد؛ زیرا دانش‌آموزان می‌آموزند که:

- الف) چگونه میان فیزیک و زندگی ارتباط برقرار کنند.
- ب) آزمایش‌های بیشتری را قبل و بعد از کلاس انجام دهند.

دهند.

## دانستنی ۹

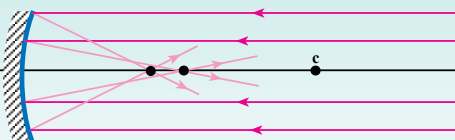
رابطه‌های مورد بحث در این فصل، فقط در صورتی صادق‌اند که پرتوها پیرامحوری (نزدیک به محور اصلی) باشند. به همین دلیل در ابزارهای نوری از آینه‌ی کاو با دهانه‌ی کوچک استفاده می‌کنند. تا شرط پیرامحوری بودن پرتوها برقرار باشد. ابیراهی کروی عبارت است از محو شدن تصویر که بر اثر عبور پرتوهای دور از محور نوری آینه پدید می‌آید. علت آن هم در شکل ۳۹، کاملاً مشهود است. پرتوهای فرودی که در نزدیکی محور آینه قرار دارند، یکدیگر را در کانون  $f$  قطع می‌کنند، ولی پرتوهایی که از محور، نسبتاً دورند، محور را در نقاطی نزدیک به

محور - محور اصلی: مرکز کروی را که آینه منحنی از آن است، مرکز آینه انحنای آن می‌نامند. خطی که از مرکز آینه و وسط آینه انحنای آن می‌گذرد، محور اصلی آینه نامیده می‌شود. قانون‌های بازتاب نور در مورد آینه‌های کروی هم به آن‌ها می‌رود. حتی اگر در نقطه‌ی نوره پرتو تابش انحنای آینه، یک آینه‌ی کروی محلی هم در سطح آینه رسم کنیم. زاویه‌های تابش و بازتاب مشخص می‌شوند. در این جا نیز زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتاب با هم برابرند.



فاصله‌ی کانون تا آینه را فاصله‌ی کانونی آینه می‌نامیم. در آینه‌های مقعر، کانون آینه حقیقی است. با اندازه‌گیری فاصله‌ی کانونی معلوم شده است که این فاصله نصف فاصله‌ی مرکز تا آینه

آینه قطع می‌کنند. چاره‌ی کار این است که به جای سطوح کروی از سطوح شلجمی استفاده شود.



شکل ۳۹

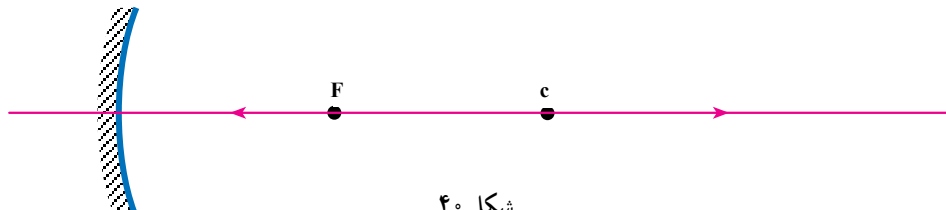
**مرکز - محور اصلی:** بهتر است یک کره‌ی کامل را رسم کرده و قسمتی از کره را به عنوان آینه، هاشمور بزیم. سپس وسط آینه را به مرکز کره، وصل کرده و آن را امتداد دهیم و این خط را به عنوان محور اصلی به دانش‌آموزان معرفی کنیم، آن‌گاه از دانش‌آموزان بخواهیم، آن‌ها نیز روی دفتر خود این شکل را رسم کنند.

## فعالیت ۷:

هدف: به کار بردن قانون‌های بازتابش نور با روش‌های

ترسیمی، در آینه‌های کروی

پاسخ قابل انتظار: پرتوی که منطبق بر محور اصلی آینه‌ی کاو به آن بتابد، روی خودش بازتاب می‌یابد؛ زیرا محور اصلی، بر شعاع آینه منطبق بوده و بر سطح آینه، عمود است لذا زاویه‌ی تابش، صفر است بنابراین زاویه‌ی بازتابش نیز صفر است.



شکل ۴۰

## فعالیت پیشنهادی ۱۳:

قسمتی از یک توپ پلاستیکی را ببرید و یک میل بافتنی

از میان آن عبور دهید. تا از این طریق، درک بهتری از آینه و

محور اصلی آن کسب کنید.

همین‌طور باید بدانیم که خطای اندازه‌گیری در این مورد قابل توجه است.

## فعالیت پیشنهادی ۱۴:

با استفاده از قوانین بازتابش نور و روش هندسی برای

پرتوهای نزدیک به محور اصلی، نشان دهید:  $f = \frac{r}{2}$

پاسخ قابل انتظار: در شکل ۴۱ پرتو DA که با محور

آینه‌ی CD، موازی است و در A بر آینه فرود می‌آید، بنابر قانون

بازتابش چنان باز می‌تابد که مطابق شکل  $i = r$  پس نتیجه

می‌گیریم که مثلث CFA متساوی‌الساقین است؛ یعنی

$CF = FA$ . به علاوه، اگر بنابر شرطی که قبلاً ذکر کردیم

OC . OA در این صورت زاویه‌های  $i$  و  $r$  کوچک‌اند و

$\frac{1}{2}CO$  .  $FO$  .  $CF = FA$ . تمام این پرتوهای موازی با محور

آینه، پس از بازتابش از نقطه‌ی F یعنی کانون آینه که در وسط

آینه و مرکز انحنای آن قرار دارد، می‌گذرند. اگر شعاع انحنای

آینه را  $r$  بگیریم، داریم  $OF = f = \frac{r}{2}$  که f فاصله‌ی کانونی آینه

است.

## ۴-۷- کانون آینه‌ی مقعر (کاو)

هدف: اندازه‌گیری کانون آینه‌ی مقعر و تقویت مهارت

اندازه‌گیری

آزمایش کنید (۶)

هدف: مشاهده‌ی کانون آینه‌ی مقعر از طریق یک آزمایش

بهتر است دانش‌آموزان را به حیاط ببریم و در صورتی که

تعداد آینه‌های مقعر زیاد باشد، هر گروه به صورت مستقل، این

آزمایش را انجام دهند.

اگر از آینه‌های کاو معمولی استفاده می‌کنیم، باید بدانیم که

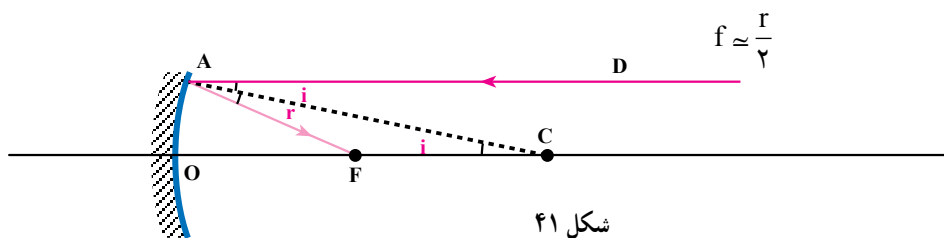
فاصله‌ی کانونی آن در حدود ۳ الی ۶ متر است. می‌توانیم

دانش‌آموزان را هدایت کنیم تا در یک روز آفتابی در حیاط مدرسه،

فاصله‌ی کانون تا آینه را اندازه بگیرند و به آن‌ها یادآور شویم که

این فاصله را فاصله‌ی کانونی می‌نامند. فاصله‌ی کانونی برای

آینه‌های کوچک تقریباً نصف شعاع آینه است.



شکل ۴۱

## ۴-۸- رسم پرتوهای بازتابش در آینه‌ی کاو

هدف:

۱- استفاده از قوانین بازتابش نور در آینه‌ی کاو برای رسم پرتوهای بازتاب، پرورش مهارت ترسیم کردن.

راهنمای تدریس: در واقع، اگر فعالیت ۷ و آزمایش ۶ به خوبی انجام شده و مورد توجه قرار گیرد، درک این سه قاعده برای رسم پرتوهای نور به خوبی صورت می‌گیرد. ضمن این که می‌توانیم به کمک پرتو لیزر و یک آینه‌ی کاو موردهای الف، ب و پ را با آزمایش به دانش‌آموزان نشان دهیم. در این جا بهتر است از دانش‌آموزان بخواهیم آنچه از طریق آزمایش می‌بینند، رسم کنند. همچنین می‌توان موارد الف، ب و پ را به صورت زیر توجیه کرد. زاویه‌ی تابش با زاویه‌ی بازتاب برابر است. شعاع وارد بر هر قسمت از سطح کره بر آن سطح، عمود است. از ترکیب این دو قاعده نتیجه می‌شود: پرتو نوری که از مرکز گذشته و به آینه بتابد روی خودش باز می‌تابد.

موارد ب و پ هم با توجه به آزمایش ۶ قابل توجیه است. مورد پ، عکس حالت ب است.

در مورد ب باید تذکر دهیم که فقط پرتوهای موازی با محور اصلی و نزدیک به محور اصلی، (با خطای کم) در بازتاب از کانون اصلی می‌گذرند. بدیهی است پرتوهایی که دورتر از محور اصلی هستند، از کانون اصلی نمی‌گذرند.

فعالیت پیشنهادی ۱۵:

آزمایشی طراحی و اجرا کنید که از طریق تجربی نشان

$$\text{دهد: } f \approx \frac{r}{2}$$

پاسخ قابل انتظار: یک مقوا را عمود بر سطح آینه‌ی کاو قرار می‌دهیم و پرتوها را چنان می‌تابانیم که در صفحه‌ی مقوا باشند.

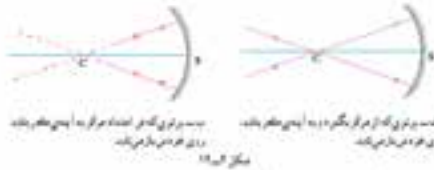
۱- به کمک لیزر دوبار از دو مسیر مختلف به سطح آینه چنان تابانیده که روی خودش بازتاب شود. مسیرها را رسم کرده تا در محل تقاطع دو پرتو، مرکز آینه معین شود.

۲- دو پرتو لیزر را موازی محور اصلی و نزدیک به آن تابانیده تا پرتوهای بازتاب در نقطه‌ای یکدیگر را قطع کنند. این مسیر را هم روی کاغذ رسم کرده تا در محل تقاطع پرتوهای بازتابش کانون آینه مشخص شود.

است. پس فاصله‌ی کانون نصف‌نمایه است. اگر فاصله‌ی کانونی از شعاع آینه باشد داریم:

$$f = \frac{r}{2}$$

۳- رسم پرتوهای بازتاب در آینه‌ی مقعر  
نمود هر پرتوی که از مرکز آینه‌ی مقعر گذشته و به آینه بتابد یا طوری به آینه بتابد که امتداد آن از مرکز آینه بگذرد، روی خودش باز می‌تابد. زیرا این پرتو بر آینه عمود است. اگر خطی که از مرکز آینه بگذرد، و کره عمود است بر این شکل (شکل ۴۱-الف) عمود بر آن کره پرتوهای آینه‌ی مقعر مثل دانه‌دندان قطعی تا مرکز آینه است.



۳- در آینه‌ی مقعر، با توجه به اینکه پرتوهای خورشید که از فاصله‌ی جزی دور از آینه تابانند کمانش می‌کنند، همه پرتوهای محور اصلی آینه‌ی مقعر می‌توانند نتیجه گرفتند که هرگاه دسته پرتوهای موازی محور اصلی به آینه‌ی مقعر بتابد، پرتوهای بازتاب آن‌ها از یک نقطه روی محور اصلی به نام کانون اصلی آینه خواهند گذشت. شکل (شکل ۴۱-ب) دسته پرتوهای تابش و بازتاب آن‌ها را بر آینه‌ی مقعر نشان می‌دهد. به این ترتیب هر پرتوی که موازی محور اصلی به آینه‌ی مقعر بتابد بر پرتو بازتاب آن از کانون آینه می‌گذرد.



۹۹

۳- فاصله‌ی کانون تا آینه‌ی f و فاصله‌ی مرکز تا آینه‌ی r را اندازه گرفته تا با یکدیگر مقایسه شوند.

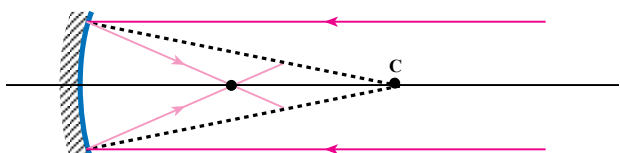
فعالیت پیشنهادی ۱۶:

الف) چند پرتو موازی با محور اصلی رسم کنید تا هریک، آینه‌ی کاو را در نقطه‌ای قطع کند.

ب) محل تقاطع هر پرتو را به مرکز آینه وصل کنید. (شعاع آینه)  
پ) زاویه‌ی بین پرتو تابش و شعاع مورد نظر را با نقاله اندازه‌گیری کنید.

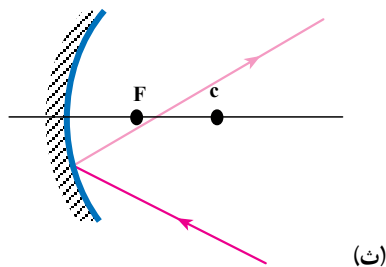
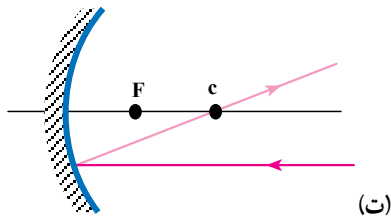
ت) با همان زاویه نسبت به پرتو تابش، پرتو بازتابش را رسم کنید.

ث) آیا پرتوهای بازتابش در یک نقطه یکدیگر را قطع می‌کنند؟  
پاسخ: بله، پرتوهای بازتابش که از این روش ترسیمی حاصل می‌شوند، یکدیگر را در یک نقطه قطع می‌کنند (شکل ۴۲).



شکل ۴۲





شکل ۴۳

پاسخ: مورد «ب، ت، ث» درست نیست؛ زیرا پرتو موازی با محور اصلی از کانون می‌گذرد و.... اگر محل برخورد پرتو تابش با آینه را به مرکز آینه وصل کنیم، باید زاویه‌ی تابش و بازتابش برابر باشند و فقط موارد الف و پ می‌توانند درست باشند.

### آزمایش کنید (۷)

هدف: دانش‌آموز از طریق آزمایش، محل و طول تصویر حقیقی یک شمع را در حالت‌های مختلف، مشاهده می‌کند.

### شرح

۱- این قسمت را قبلاً دانش‌آموزان در آزمایش ۶ انجام داده‌اند و با توجه به آینه‌ی مورد آزمایش، موارد بعدی را انجام می‌دهند.

۲- در این حالت، تصویر بزرگ‌تر، حقیقی، وارونه و پشت مرکز تشکیل می‌شود.

۳- با نزدیک شدن شمع به کانون، تصویر حقیقی بزرگ‌تر شده و از مرکز به سمت بی‌نهایت می‌رود. با نزدیک شدن شمع به سمت مرکز، تصویر هم به مرکز نزدیک می‌شود. روی مرکز تصویر، شعله‌ی روی بدنه‌ی شمع تشکیل می‌شود.

### فعالیت پیشنهادی ۱۸:

در هر آینه‌ی کاو:

الف) وقتی جسم از بی‌نهایت تا مرکز جابه‌جا می‌شود، تصویر از ..... تا ..... جابه‌جا می‌شود.

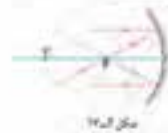
ب) وقتی جسم از مرکز تا کانون جابه‌جا می‌شود، تصویر از ..... تا ..... جابه‌جا می‌شود.

در شکل (۱۶) پرتو تابش موازی محور اصلی و پرتو بازتاب آن نسبتی داده نشده است. بر این آینه‌ها، قانون بازتاب همان است که قبلاً بیان شد. هرگاه در نقطه‌ی ا خط صورتی در سطح آینه (۱۷) رسم شود، زاویه‌ی تابش و بازتابی برابر با هم برآید.



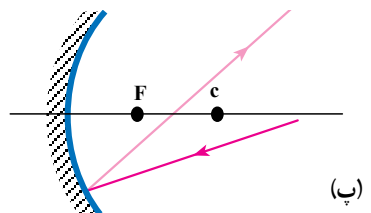
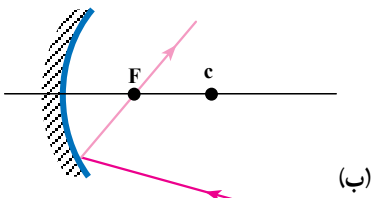
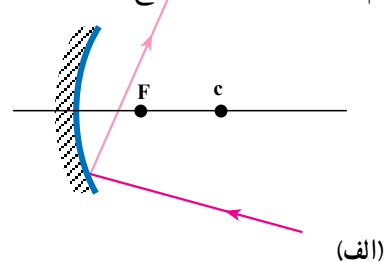
شکل ۱۶- پرتو تابش موازی محور اصلی به آینه‌ی مقعر. جابجایی پرتو بازتاب از کانون می‌گذرد.

به آزمایش‌کننده می‌رسد که اگر پرتو تابش از کانون گذشته و به آینه‌ی مقعر یا طوری باشد که انعکاس آن از کانون بگذرد، پرتو بازتاب آن موازی محور اصلی خواهد بود. در شکل (۱۸) این پرتوها نشان داده شده‌اند.



### فعالیت پیشنهادی ۱۷:

در کدام یک از شکل‌های ۴۳، مسیر پرتو تابش و بازتابش درست رسم نشده است؟ برای پاسخ خود دلیل بیاورید.





۹-۳- چگونگی تشکیل تصویر در آینه‌های مقعر

باید شش حلاً یک نوع روشن را دو نقطه‌ای موزن از مرکز، بر سطح آینه‌ی کروی بود، و محور اصلی آن مطابق شکل (۱۶) در نظر بگیرد. از هر نقطه‌ی منبع نمانده نقطه‌ی  $A$  پرتوهای زیادی به آینه می‌تابد. بازتابه‌ی پرتو تابش  $A$  از نور منبع اصلی را  $A'$  از توالتی که از کانون گشتادار یا به روشن که گفته شد رسم می‌کنیم. پرتوهای بازتابه‌ی یکدیگر را در نقطه‌ی  $A$  قطع می‌کنند. اگر پرتوهای دیگری هم از نقطه‌ی  $A$  به آینه تابد بازتابه‌ی آن‌ها در نقطه‌ی  $A$  می‌آید. بنابراین برای همسازان در نقطه‌ی  $A$  رسم نور پرتو کانون است.  $A$  تصویر نقطه‌ی  $A$  است. اگر برای

پ) وقتی جسم از کانون تا آینه جابه‌جا می‌شود، تصویر از ..... تا ..... جابه‌جا می‌شود.

ت) وقتی جسم به فاصله‌های مساوی جابه‌جا می‌شود، تصویر به فاصله‌های مساوی جابه‌جا ..... .

پاسخ:

الف) کانون تا مرکز

ب) مرکز تا بی‌نهایت

پ) بی‌نهایت تا آینه

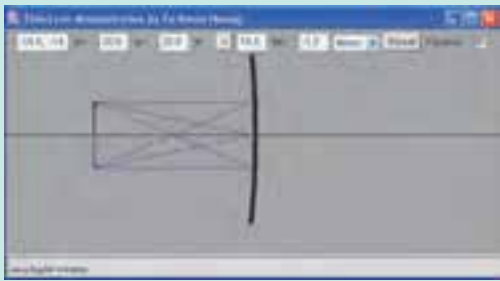
ت) نمی‌شود

### دانستنی ۱۰

#### نگاهی به «بی‌نهایت‌های فیزیکی»

وقتی می‌خواهیم محل کانون آینه‌ی کاو را معین کنیم، از پرتوهای خورشید استفاده می‌کنیم. در واقع ما فاصله‌ی خود تا خورشید را بی‌نهایت فرض کرده‌ایم. این فرض، از نظر فیزیک با تقریب خوبی قابل قبول است، می‌دانیم فاصله‌ی زمین تا خورشید، برابر  $1.5 \times 10^8$  متر است و این با بی‌نهایت ریاضی متفاوت است؛ زیرا در بحث ریاضی، عدد خاصی را نمی‌توان به بی‌نهایت اطلاق کرد، لذا بی‌نهایت در فیزیک می‌تواند عدد خاصی باشد؛ در حالی که بی‌نهایت ریاضی عدد خاصی نیست. به تعبیر دیگر در فیزیک هر وسیله بی‌نهایت خاص خود را دارد.

در این صورت آینه یا عدسی از حالت کاو به حالت کوژ، تبدیل می‌شود. اندازه‌ی جسم هم از طریق درگ کردن قابل تنظیم است.



### ۴-۹- چگونگی تشکیل تصویر در آینه‌های کاو

هدف:

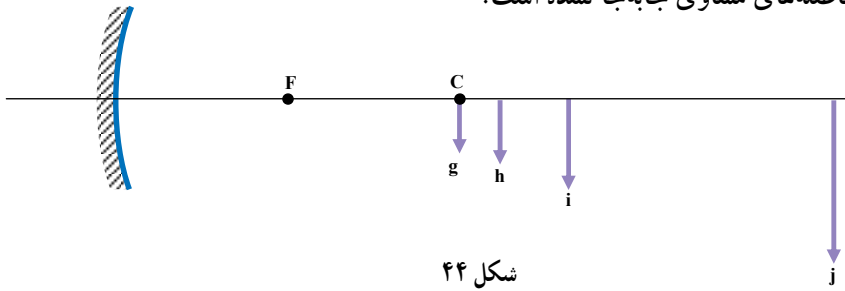
- ۱- دانش‌آموز محل جسم و تصویر در آینه‌ی کاو را با روش‌های ترسیمی تعیین می‌کند.
- ۲- با نام‌گذاری مربوط به تصویر حقیقی و مجازی آشنا می‌شوید.

Thin lens demonstration by Fu-Kwon Hwang

با نصب جاوا، این نرم‌افزار قابل مشاهده است. این نرم‌افزار، قسمتی از CD جوتز است. همان‌طور که در تصویر زیر می‌بینید، در این نرم‌افزار می‌توانید آینه یا عدسی را برای کار انتخاب کنید. همچنین این نرم‌افزار برای کمیت‌های  $p, m, q, f$  عدد می‌پذیرد. شکل آینه یا عدسی نیز قابل تغییر است. از طریق درگ کردن هم می‌توانید مکان جسم را تغییر دهید تا تصویر را در مکان مناسب ببینید. اگر روی علامت مثبت، کلیک کنید منفی می‌شود،

## فعالیت پیشنهادی ۱۹:

شرح: جسم معینی را به فاصله‌های مساوی در مقابل آینه‌ی کاو جابه‌جا می‌کنیم، تا مطابق شکل ۴۴، تصویرهای آن در نقطه‌های مختلف تشکیل شود. برای هر تصویر، پیکان دیگری با همان حرف، به‌عنوان جسم، در مکان مناسب و با اندازه‌ی مناسب رسم کنید. همچنان که می‌بینید با این که جسم به فاصله‌های مساوی جابه‌جا شده است اما تصویر به فاصله‌های مساوی جابه‌جا نشده است.



شکل ۴۴

### راهنمای تدریس

می‌توانیم شکل ۴-۱۹ را به دانش‌آموزان نشان دهیم و توضیح‌های صفحه‌های ۱۰۲ و ۱۰۳ کتاب را از طریق پرسش و پاسخ یا کار گروهی ارائه کنیم.

تصویر حقیقی از برخورد پرتوهای بازتاب همگرا، جلوی آینه تشکیل شده و معمولاً روی پرده دیده می‌شود. البته می‌توان تصویر حقیقی را بدون پرده هم مشاهده کرد. (دانستنی ۱۱ را بخوانید).

تصویر بر پرده‌ی سینما نمونه‌ای از تصویر حقیقی است. اما تصویر مجازی از امتداد دادن پرتوهای بازتاب در پشت آینه یا عدسی تشکیل می‌شود و البته روی پرده دیده نمی‌شود. وقتی به‌طور معمول، به تصویر خود در آینه‌ی تخت نگاه می‌کنیم، تصویر مجازی خود را می‌بینیم.

هدف: دانش‌آموزان قانون‌های بازتابش نور را در موارد

خاص به کار می‌برند.

پاسخ:

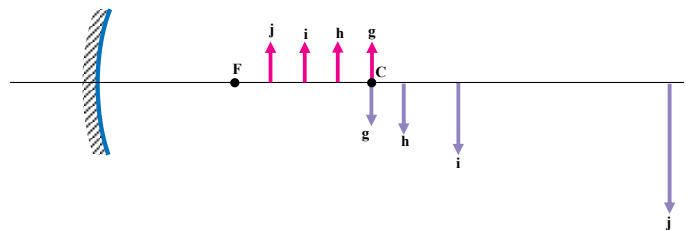
می‌دانیم:

۱- طول جسم ثابت است.

۲- جسم در حالت ز نمی‌تواند روی کانون باشد؛ زیرا در

این صورت، تصویر باید در بی‌نهایت باشد.

۳- فاصله‌ی تصویرها یکسان نیست.

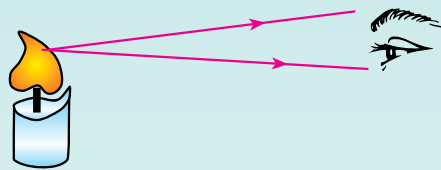


شکل ۴۵

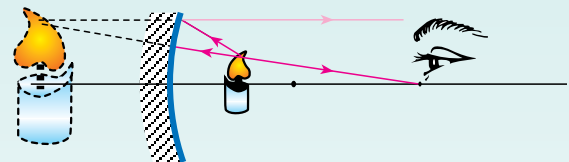
## دانستنی ۱۱

فرض کنید مقابل یک آینه مقعر کروی، جسمی پشت مرکز قرار می‌گیرد. در این حالت وقتی به آینه نگاه کنیم، در یک زاویه‌ی دید خاص، تصویری وارونه در مسیر آینه دیده می‌شود. ما عادت داریم که به دانش‌آموزان بگوییم، تصویر حقیقی روی پرده ظاهر می‌شود، در حالی که در این مورد خاص، تصویر روی پرده ظاهر نشده است. همچنین می‌دانیم که وقتی جسم پشت مرکز باشد، تصویر مجازی به وجود نمی‌آید. پس این تصویر چیست؟ برای پاسخ به این سؤال باید ببینیم که ساز و کار بینایی چیست؟

یک نقطه از جسم وقتی دیده می‌شود که مطابق شکل (۴۶) دو پرتو واگرا از آن نقطه به چشم ما برسد.



شکل ۴۶



شکل ۴۷

در حالتی که تصویر خود را در آینه‌ی تخت می‌بینیم نیز دو پرتو واگرا از آینه به چشم ما می‌رسد، البته مغز انسان غیر واقعی بودن آن را درک می‌کند. جالب است بدانیم که وقتی یک آینه‌ی تخت برای اولین بار جلوی حیوانی مانند میمون قرار گیرد، او خیال می‌کند که میمون دیگری پشت آینه وجود دارد و سعی می‌کند با او ارتباط برقرار کند. در این زمینه، فیلم‌های مستند نیز وجود دارد.

ساز خطه‌های سطح هم به همین روش عمل کند. تصویر کمال شمع به سمت می‌آید. عملاً بازتاب و توهای آینه و بازتاب از همان خطه‌های سطح را باید رسم کنیم زیرا از زمان شکل می‌دهد که اگر این تصویر اصلی شود باشد، تصویر دور و محور اصلی شود است. بعد از پوسته کورن خطی در تصویر خطی باز، می‌توان تصویر بین را تصور و محور اصلی رسم کرد.



شکل ۴۵- رسم تصویر غیر از آینه‌ها

تصویری را که به این ترتیب تشکیل شده است تصویر حقیقی می‌نامیم. اگر یک صفحه‌ی کاغذ را در مقابل آینه می‌نهدیم تا فراق آن کمانه، در محل تصویر، مطابق شکل (۴۰) تصویر حقیقی و روی کاغذ تشکیل و مشاهده می‌شود.



شکل ۴۴- رسم تصویر حقیقی در روی صفحه کاغذ تشکیل شده است.

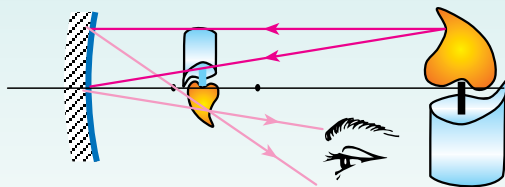
هرگاه مطابق شکل (۴۱) چند قطر بعد از تصویر شمع در راستای توهای بازتاب قرار گیرد تصویر را می‌بینیم. زیرا اگر به جای A نقطه‌ی روشن وجود داشت پس توهای آن خطی روشن به چشم می‌رسید. می‌توان نتیجه گرفت که اگر توهای بازتاب در مقابل با یکدیگر با خطی آینه تصویر حقیقی است.

روش رسم تصویر هر آینه‌های کروی از هر خطی از بین توهای رفتی به آینه می‌تواند. در این توها پرتوی موازی محور اصلی یا پرتوی که از آینه موازی آن گشته می‌شود، دایره یا خطی موازی آن است و پرتوی از خطی A بالاترین نقطه‌ی جسم و رسم پرتو بازتاب آنجا تصویر خطی می‌شود. در محل خطی توهای بازتاب یا در محل تلاقی امتداد این توها، پوسته می‌آید.

۱۰۲

بنابراین، هر دو پرتو واگرا که به چشم ما برسد، به معنای وجود جسم یا تصویر، در امتداد آن پرتو است. شکل (۴۶) و (۴۷).

حال برای پاسخ به سؤال بالا به شکل (۴۸) توجه کنید. در این شکل، پرتوهای بازتاب نور ابتدا همگرا شده تا به هم برسند، سپس واگرا شده و به سوی بی‌نهایت می‌روند. حال اگر در مسیر این پرتوهای واگرا چشم ما قرار گیرد. تصویری را در محل برخورد پرتوها خواهد دید. این تصویر در هوا تشکیل شده است. شما این تصویر را چه می‌نامید؟ تصویر حقیقی، تصویر مجازی، یا ...



شکل ۴۸

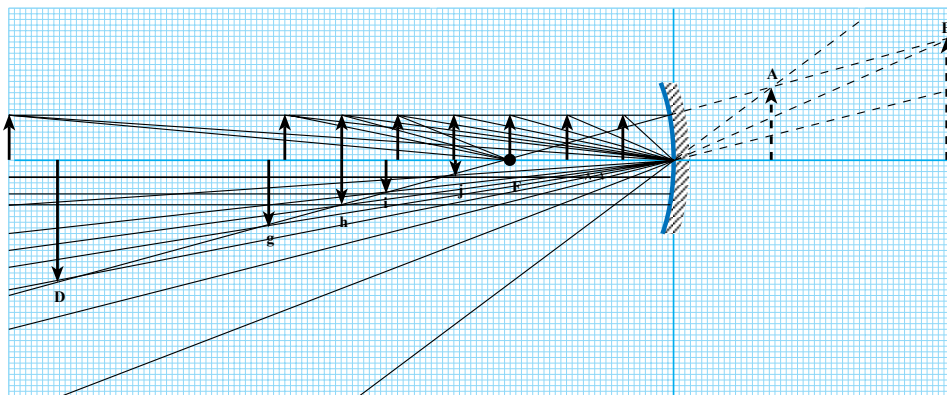






تصویر چگونه جابه‌جا می‌شود؟  
پاسخ قابل انتظار:  
(الف)

ب) آیا انتهای تصویرهای حقیقی یا مجازی روی یک خط راست قرار دارند؟  
پ) وقتی جسم از کانون به سمت نقاط دور جابه‌جا می‌شود،



شکل ۵۲

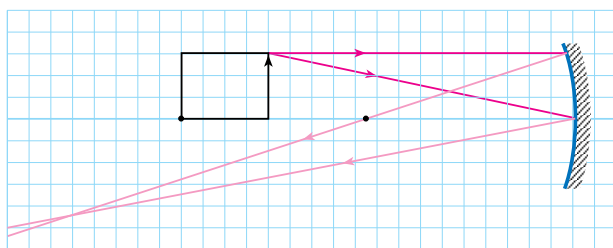
### فعالیت پیشنهادی ۲۱:

یک جسم مستطیل شکل به صورت شکل ۵۳ روی محور اصلی یک آینه‌ی مقعر قرار دارد، تصویر این جسم را رسم کنید. هدف: اگر جسم دارای ضخامت باشد، تصویر جسم مشابه آن نخواهد شد.

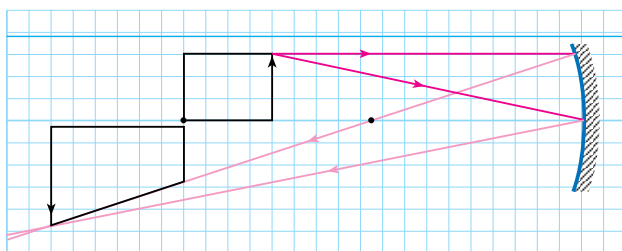
پاسخ قابل انتظار: همان‌طور که در شکل زیر می‌بینید، در آینه‌ی کاو، برای جسمی که دارای طول و عرض باشد، تصویر قرینه‌ی جسم نیست.

ب) بله، روی خط راست قرار دارند؛ زیرا پرتوهایی که از انتهای بالایی همه‌ی جسم‌ها موازی با محور اصلی به آینه می‌رسد در یک نقطه‌ی مشترک آینه را قطع می‌کنند (شکل ۵۲). اگر از آن نقطه به کانون وصل کرده و ادامه دهیم این خط راست انتهای همه‌ی شکل‌ها را قطع می‌کند. پس انتهای همه‌ی شکل‌ها روی خط راست واقعند.

پ) با توجه به پاسخ قسمت الف، تصویر از نقاط دور تا کانون جابه‌جا می‌شود.



شکل ۵۳



شکل ۵۴

#### ۴-۱۰- کانون آینه‌ی محدب (کوژ)

هدف: معرفی کانون آینه‌ی کوژ

بهرتر است با رسم شکل ۲۳-۴ روی تابلو، یا توجه دادن دانش‌آموزان به شکل موجود در کتاب، توضیح مربوط به کانون آینه‌ی کوژ را مطرح کنیم.

فعالیت پیشنهادی ۲۲:

هدف: تعیین کانون آینه‌ی محدب توسط آزمایش (پرورش

مهارت طراحی آزمایش).

شرح: آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوان فاصله

کانونی آینه‌ی کوژ را اندازه گرفت.

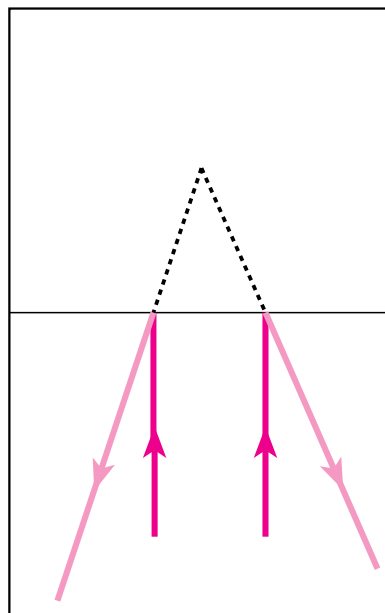
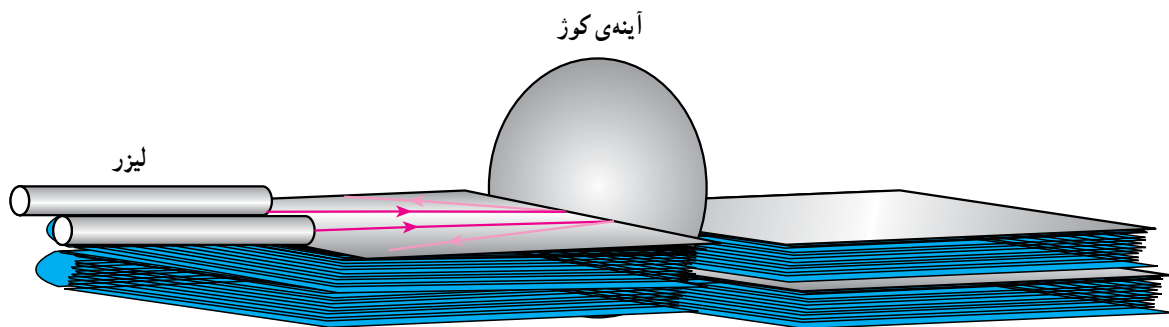
پاسخ قابل انتظار: یکی از روش‌های تعیین کانون آینه‌ی

کوژ به صورت زیر است: یک آینه‌ی کوژ را میان دو کتاب یا

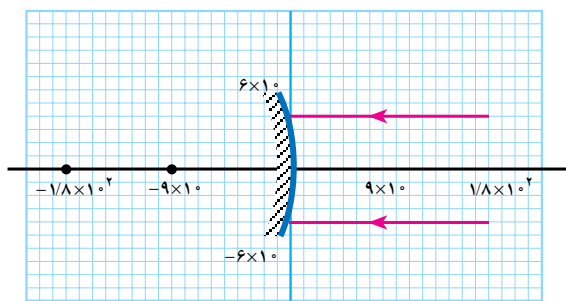
جعبه، عمود بر سطح میز قرار داده و روی کتاب، یک ورق کاغذ سفید قرار می‌دهیم. به کمک دو عدد لیزر مدادی، دو پرتو موازی با محور اصلی را چنان به آینه می‌تابانیم که مسیر پرتوهای تابش و بازتابش، روی کاغذ مشخص باشد (شکل ۵۵). پرتوهای تابش و بازتابش را روی کاغذ رسم می‌کنیم. آینه و لیزرها را برمی‌داریم و کاغذ دیگری را در امتداد کاغذ اول، به آن می‌چسبانیم. امتداد پرتوهای بازتابش را بازتاب را رسم می‌کنیم. محل برخورد پرتوهای بازتابش، کانون آینه‌ی کوژ است.

#### توجه

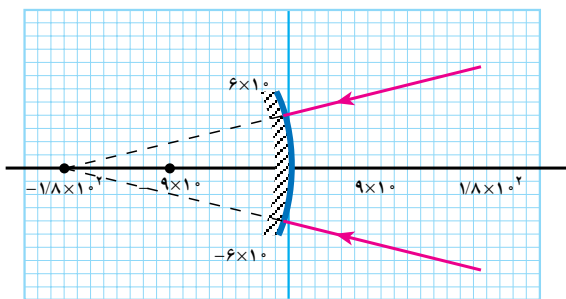
به علت خمیدگی سطح آینه بازتاب نور لیزر خطرناک بوده و لازم است آزمایش با احتیاط انجام شود.



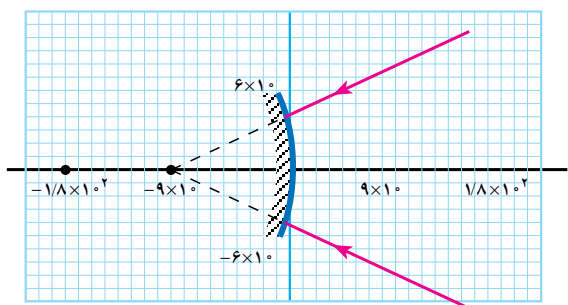
شکل ۵۵



(الف)



(ب)

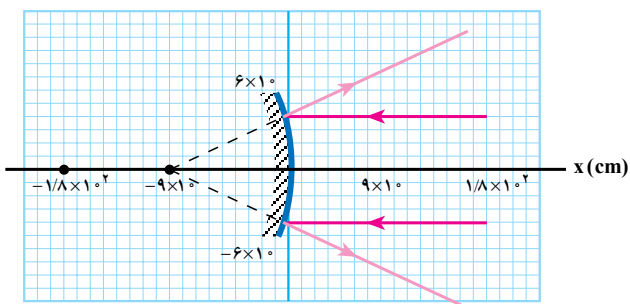


(پ)

شکل ۵۶

### پاسخ قابل انتظار:

الف) هر پرتوی که موازی محور اصلی به آینه‌ی محدب بتابد، طوری باز می‌تابد که امتداد پرتو بازتاب از کانون اصلی آینه‌ی کوژ بگذرد (شکل ۵۷).



شکل ۵۷

۱۱-۴ رسم پرتوهای بازتاب در آینه‌ی محدب  
الف) هر پرتو تابش که امتداد آن از مرکز آینه‌ی محدب دور است ابتدا بگردد، روی جویس بازتابد. بر شکل ۲۴-۴ پرتوهای تابش که موازی امتداد مرکز به آینه می‌تابند، شکل داده شد.



ب) هر پرتوی که موازی محور اصلی به آینه‌ی محدب بتابد، طوری بازتابد که امتداد پرتو بازتاب از کانون اصلی آینه‌ی محدب دور است ابتدا بگردد. شکل ۲۵-۴



پ) هر گاه امتداد پرتو تابش از محور بگذرد، پرتو بازتاب موازی به آن موازی محور اصلی خواهد بود. بر شکل ۲۶-۴ این گونه پرتوهای تابش داده شد.



تصویر در آینه‌ی محدب باریکه دو پرتو تابش مشخص از بین پرتوهای تابش واقعی که از یک نقطه‌ی یک‌ساز به آینه می‌تابد. و پرتوهای بازتاب آن‌ها را با توجه به آنچه پیش از شرح داده شد می‌توان تصویر یک‌ساز را که مختل آینه و عمود بر محور اصلی است به دست آورد. شکل ۲۷-۴ تصویر بین ۲۷-۴ را در آینه‌ی محدب شکل می‌دهد.



۱-۲

## ۱۱-۴ رسم پرتوهای بازتابش در آینه‌ی کوژ

هدف: استفاده از قانون‌های بازتابش نور برای رسم

پرتوهای خاص در آینه‌ی محدب.

راهنمای تدریس: با پرسش و پاسخ هریک از شکل‌های

۲۵-۴ و ۲۶-۴ را با توجه به آزمایش پیشنهادی قبل (تعیین

کانون آینه‌ی کوژ) تدریس می‌کنیم. شکل ۲۴-۴ را نیز می‌توان،

به صورت زیر توجیه کرد.

برای پرتوی که در امتداد مرکز به آینه می‌تابد، زاویه‌ی

تابش صفر است؛ پس زاویه‌ی بازتابش نیز صفر است. بنابراین،

پرتو تابش بر پرتو بازتابش، منطبق می‌شود.

همچنین می‌توانیم با طرح فعالیت زیر تدریس این صفحه

را انجام دهیم:

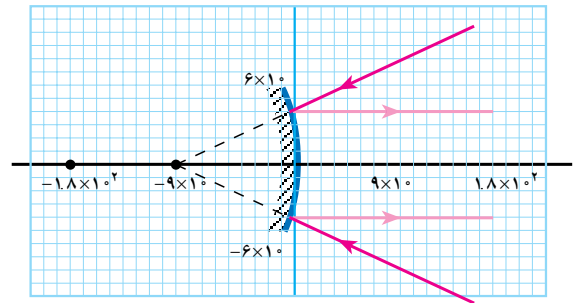
### فعالیت پیشنهادی ۲۳:

با توجه به فعالیت قبلی و به کمک پرگار، خط کش و کاغذ

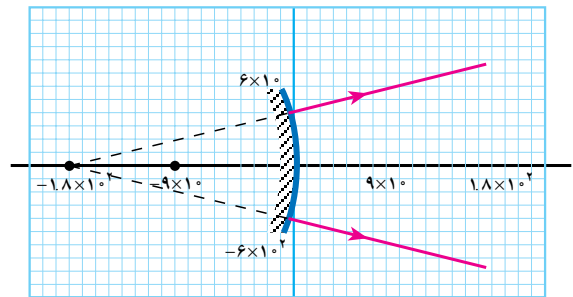
شطرنجی مسیر بازتاب هریک از پرتوهای زیر را در شکل ۵۶

رسم کرده و با نوشتن یک جمله این وضعیت را توصیف کنید.

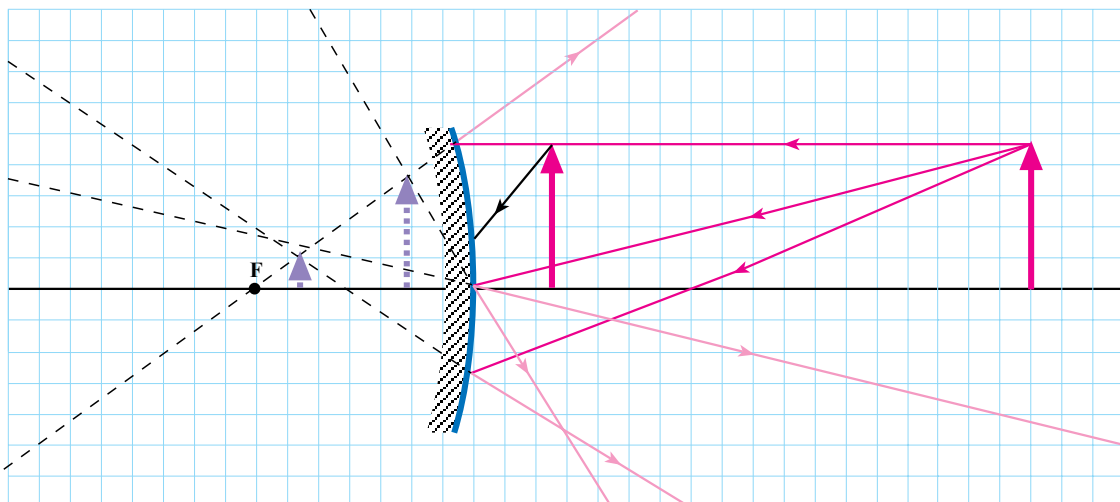
ب) هرگاه امتداد پرتو تابش از کانون بگذرد، پرتو بازتاب مربوط به آن، موازی محور اصلی خواهد بود.



پ) هر پرتو تابش که امتداد آن از مرکز آینه‌ی کوژ بگذرد، روی خودش باز می‌تابد.



تصویر در آینه‌ی کوژ: جسم در هر فاصله‌ای از آینه‌ی کوژ قرار گیرد، تصویر آن کوچک‌تر از شیء مجازی و نسبت به شیء مستقیم و داخل فاصله‌ی کانونی آینه دیده می‌شود.



یادداشت معلم: