۴

نور ــ بازتاب نور

تصویر یک جسم را در آینه چگونه می‌بینیم؟

آیا تاکنون جهان را بدون نور تصوّر کرده‌اید؟ با تصور چنین جهانی، به اهمیت شناخت نور و مطالعه درباره‌ی آن پی می‌برید. در واقع بیشترین دانسته‌های مربوط به جهان به کمک نور و از راه دیدن به دست آمده است. اطلاعات قابل توجهی از منظومه‌ی خورشیدی و کهکشان‌ها و بخشی از آنچه که از ساختار درونی اتم می‌دانیم، از نوری که از آن‌ها دریافت می‌کنیم به‌دست آمده است. دریچه‌ای از عظمت عالم خلقت و نظام قانونمند آن به کمک نور به روی بشر گشوده شده است. علاوه بر این، در زندگی روزانه هم بسیاری از اطلاعات از دنیای پیرامون‌مان به‌وسیله‌ی نور و مشاهده باچشم به‌دست می‌آید. ثابت شده است که بخش قابل توجهی از آموخته‌های ما از راه بینایی است.

آنچه با دیدن کند ادراک آن سال‌ها نتوان نمودن بـا بیـان

مولوی

۴ــ۱ــ انتشار نور

هنگام طلوع خورشید، بخشی از سطح زمین را که به طرف خورشید است، روشنایی فرامی‌گیرد. شب هنگام، چراغ روشنی را که در فاصله‌ی دوری از ما قرار دارد می‌بینیم. رسیدن نور خورشید به زمین و رسیدن نور چراغ روشن به چشم و دیده شدن آن از فاصله‌ی دور به سبب **انتشار نور** آن‌ها است. محیطی که نور از آن عبور می‌کند، محیط شفاف نامیده می‌شود.

پاسخ دهید !

۱ــ چرا از بیرون یک جعبه‌ی فلزی یا تخته‌ای، اشیای درون آن دیده نمی‌شود، اما درون یک ظرف شیشه‌ای از بیرون دیده می‌شود؟

۲ــ چند ماده‌ی شفاف و چند ماده‌ی غیرشفاف را که می‌شناسید نام ببرید.

چشمه‌ی نور گسترده و نقطه‌ای: یک شئ نورانی نظیر خورشید، چراغ روشن، شعله‌ی شمع و ... را چشمه‌ی نور گسترده می‌نامیم. اگر صفحه‌ای از مقوّا را که روی آن روزنه‌ی کوچکی ایجاد شده است در مقابل چراغ روشنی قرار دهیم، نور چراغ پس از گذشتن از روزنه منتشر می‌شود و روزنه مانند یک چشمه‌ی نـور کوچک عمل می‌کند که آن‌را **چشمه‌ی نور نقطه‌ای** می‌نامیم. ستاره‌هایی که در فاصله‌ی بسیار دور قرار دارند، به‌صورت نقطه‌ی نورانی دیده می‌شوند یا چراغ روشنی که در فاصله‌ی دوری از ما قرار گرفته است نیز نمونه‌هایی از چشمه‌های نور نقطه‌ای هستند.

۴ــ۲ــ باریکه‌ی نور

شکل ۴ــ۱ــ مسیر نوری که از شکاف گذشته است، روی زمین باریکه‌ی نور تشکیل داده است.

برای بررسی رفتار نور به هنگام انتشار ابتدا باید با **باریکه‌ی نور** و **پرتو نور** آشنا شویم.

در شکل (۴ــ۱) مسیر نور را روی زمین، هنگام عبور از شکاف میان در و دیوار مشاهده می‌کنید.

مسیر نوری که از شکاف گذشته است، روی زمین، یک **باریکه‌ی نور** را نشان می‌دهد. باریکه‌ی نور با پهنای بسیار کم را **پرتو نور** می‌نامیم. در واقع می‌توان گفت هر باریکه‌ی نور، شامل دسته‌ای از پرتوهای نور است.

با مشاهده‌ی باریکه‌ی نور می‌توانیم مسیر انتشار نور را تشخیص دهیم.

آزمایش کنید ــ ۱

وسیله‌های آزمایش: چراغ قوّه، یک تکّه مقوای نسبتاً ضخیم، پرگار، قیچی، تیغ و نوار چسب.

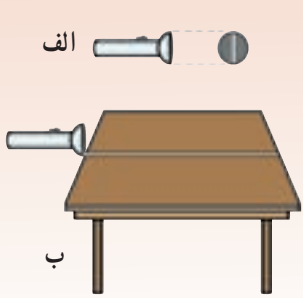
۱ــ از مقوّا دایره‌ای به اندازه‌ی سطح شیشه‌ی چراغ قوّه ببرید.

۲ــ شکافی به عرض یک تا دو میلی‌متر، مطابق شکل (۴ــ۲ــ الف) بر روی مقوا ایجاد کنید.

۳ــ مقوا را بر دهانه‌ی چراغ قوّه طوری نصب کنید که آن را به‌طور کامل بپوشاند و از اطراف دهانه، نور بیرون نیاید.

۴ــ در مکانی که خیلی روشن نباشد، چراغ قوّه را مطابق شکل (۴ــ۲ــ ب) در لبه‌ی میز، نگهدارید.

۵ــ چراغ قوّه را روشن کنید، باریکه‌ی نور را بر سطح میز خواهید دید.



شکل ۴ــ۲

۴ــ۳ــ انتشار نور به خط راست

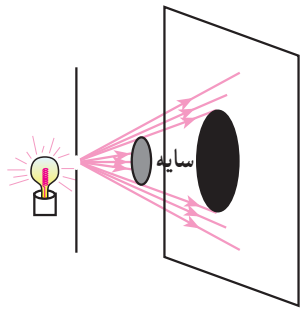
همان‌طور که قبلاً در درس علوم تجربی دیده‌اید و آزمایش هم نشان می‌دهد، نور در یک محیط شفاف به خط راست منتشر می‌شود.

فعالیت ۱

۱ــ برای نشان دادن انتشار نور به خط راست آزمایشی را طراحی و اجرا کنید.
۲ــ گزارشی از کار خود را به کلاس ارائه دهید.

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

سایه و نیم‌سایه: سایه‌ی اشیا و یا سایه‌ی خودتان را بارها روی زمین یا روی دیوار دیده‌اید. سایه از قرار گرفتن یک جسم کدر (غیرشفاف) در مقابل روشنایی (یا یک چشمه‌ی نور) تشکیل می‌شود. آیا توجه کرده‌اید سایه در کدام طرف تشکیل شده است؟

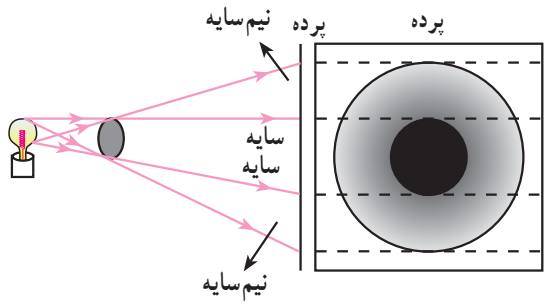


شکل ۴ــ۳ــ انتشار نور از چشمه‌ی نقطه‌ای به خط راست و وجود جسم کدر در مسیر نور، سبب تشکیل سایه در طرف دیگر جسم کدر شده است.

پاسخ دهید ۲

با توجه به شکل (۴ــ۳) توضیح دهید :
۱ــ سایه چگونه تشکیل شده است؟
۲ــ اگر نور به خط راست منتشر نمی‌شد چه اتفاقی می‌افتاد؟

هرگاه روزنه را از مقابل چراغ برداریم، مرز سایه کاملاً مشخص نخواهد بود. در این وضع در اطراف سایه، ناحیه‌ای نیمه روشن ایجاد می‌شود که به آن **نیم‌سایه** می‌گوییم. شکل (۴ــ۴) چگونگی تشکیل سایه و نیم‌سایه را به وسیله‌ی یک چشمه‌ی نور گسترده نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۴ــ چگونگی تشکیل سایه و نیم‌سایه

در شکل (۴ــ۴) فقط از تعداد محدودی از پرتوهای بیشماری که توسط لامپ گسیل می‌شود، برای نشان دادن چگونگی تشکیل سایه و نیم‌سایه استفاده شده است.

آزمایش کنید ــ ۲

وسیله‌های آزمایش: شمع، کبریت، یک تکه مقوای ضخیم.

۱ــ با یک چشمه‌ی نور نقطه‌ای، سایه‌ی مقوا را بر روی دیوار یا پرده‌ای تشکیل دهید.

۲ــ چشمه‌ی نور را قدری به مقوا نزدیک و بار دیگر قدری از آن دور کنید.

۳ــ مقوا را به دیوار نزدیک یا قدری از آن دور کنید.

۴ــ تغییری را که در اندازه‌ی سایه مشاهده می‌کنید بنویسید.

آیا می‌توانید رابطه‌ای بین قطر مقوا و قطر سایه پیدا کنید. رابطه‌ای را که به‌دست آورده‌اید با کمک معلم خود تصحیح و تکمیل کنید.

فعالیت ۲

الف ــ خورشیدگرفتگی (کسوف) زمانی رخ می‌دهد که ماه بین زمین و خورشید قرار گیرد، در این صورت سایه‌ی ماه روی زمین می‌افتد و ناحیه‌ای از زمین که در سایه‌ی ماه قرار می‌گیرد تاریک می‌شود. این پدیده را با رسم یک شکل ساده نشان دهید.

خورشید گرفتگی

ماه گرفتگی

ب ــ با توجه به توضیحی که در مورد خورشیدگرفتگی (کسوف) داده شد، توضیح دهید که ماه‌گرفتگی (خسوف) در چه صورت رخ می‌دهد؟ این پدیده را با رسم یک شکل ساده نشان دهید.

آزمایش کنید ـ ۳

وسیله‌های آزمایش: کبریت و دو عدد شمع.

۱ــ دست خود را مقابل یک شمع روشن نگهدارید به‌طوری که سایه‌ی دستتان روی دیوار تشکیل شود.

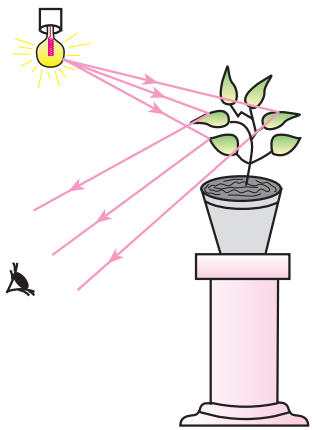
۲ــ همین آزمایش را با دو شمع روشن انجام دهید.

۳ــ با مشاهده و مقایسه‌ی سایه‌ی دست در دو حالت نتیجه را بنویسید.

۴ــ۴ــ بازتاب نور

می‌دانیم که کره‌ی ماه از خود نوری ندارد، پس چرا شب‌ها سطح آن روشن است؟ اگر در یک شب تاریک به اتاقی وارد شوید که هیچ نوری به درون آن نمی‌تابد، آیا اشیای درون اتاق را می‌بینید؟ اگر چراغی در اتاق روشن کنید چه‌طور؟

دیده‌شدن اشیای درون اتاق، هنگامی که چراغ روشن می‌شود، به سبب انتشار نور در اتاق و بازگشت نور از سطح اشیا و رسیدن آن به چشم است. در شکل (۴ــ۵) بازگشت نور از روی اشیا نشان داده شده است. روشن دیده شدن ماه نیز مانند روشن دیده شدن اشیای درون اتاق زیر نور چراغ است. تابش نور خورشید بر سطح ماه و بازگشت نور از سطح آن سبب روشن دیده شدن ماه می‌شود.



شکل ۴ــ۵ ــ دیده‌شدن اشیا به سبب نوری است که پس از بازتاب از آن‌ها به چشم می‌رسد.

پاسخ دهید ۳

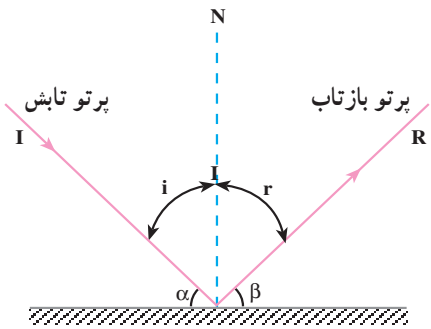
۱ــ در طول روز که آفتاب به درون اتاق نمی‌تابد چگونه اشیای درون اتاق دیده می‌شوند؟

۲ــ برای دیدن اشیا چه شرایطی لازم است؟

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

پرتو نوری که به سطح جسم می‌تابد **پرتو تابش** و پرتو بازگشته از سطح را **پرتو بازتاب** می‌نامند. نقطه‌ای را که نور به آن می‌تابد نقطه‌ی تابش، زاویه‌ی بین پرتو تابش و خط عمود بر سطح در نقطه‌ی برخورد نور را **زاویه‌ی تابش** (i) و زاویه‌ی بین خط عمود و پرتو بازتاب را **زاویه‌ی بازتاب** (r) می‌نامیم. در شکل(۴ـ۶) پرتوهای تابش و بازتاب، خط عمود بر سطح و زاویه‌های تابش و بازتاب نشان داده شده است. توجه کنید که زاویه‌ی تابش، متمم زاویه‌ی بین پرتو تابش و سطح آینه است و با توجه به شکل، داریم :

$i + \alpha = ۹۰^\circ$

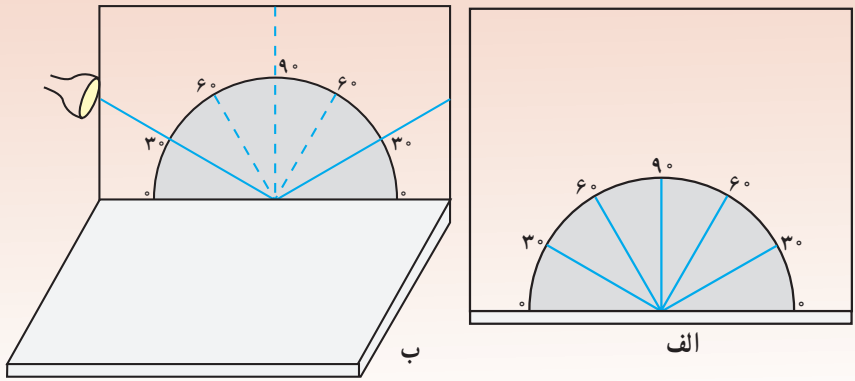


شکل ۴ـ۶ـ بازتاب نور از سطح یک آینه

آزمایش کنید ـ۴

وسیله‌های آزمایش: مقوای ضخیم، نقاله، آینه‌ی کوچک و چراغ قوه.

۱ـ روی یک ورقه‌ی مقوایی نسبتاً ضخیم و کاملاً صاف و تخت مطابق شکل (۴ـ۷ ـ الف) نقاله‌ای رسم کنید، پس از آن آینه‌ای را روی یک میز قرار دهید. مقوا را مطابق شکل (۴ـ۷ ـ ب) عمود بر سطح آینه و بر لبه‌ی آینه نصب کنید.



شکل ۴ـ۷

۲ــ با یک چراغ قوه و یا یک لیزر مدادی، باریکه‌ی نور را به روشی که پیش‌تر شرح داده شد با زاویه‌ی تابش معلومی به آینه بتابانید به‌طوری که پرتو بازتابش بر سطح مقوا دیده شود. در این وضعیت، اندازه‌ی زاویه‌ی بازتاب را که روی نقاله مشخص است، با زاویه‌ی تابش مقایسه کنید.

۳ــ آیا این دو زاویه با هم برابرند؟

۴ــ آزمایش را برای زاویه‌هایی که در شکل الف مشخص شده است انجام دهید.

اگر آزمایش را به‌دقت انجام داده باشید، به این نتیجه رسیده‌اید که همواره زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتاب با هم برابرند.

اگر چراغ را طوری قرار دهید که پرتو تابش در صفحه‌ی نقاله نباشد پرتو بازتاب نیز در آن صفحه نخواهد بود.

قانون‌های بازتاب: با انجام آزمایش بالا، نتیجه‌های زیر به‌دست می‌آید، که قانون‌های بازتاب نامیده می‌شوند.

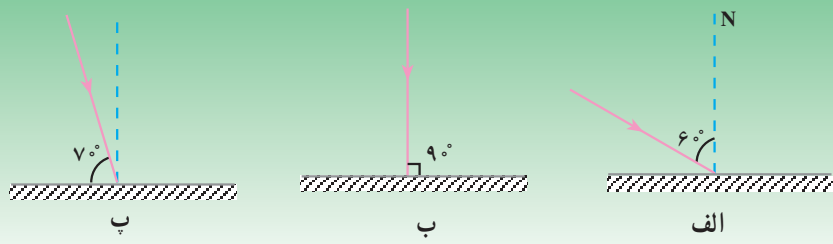
الف ــ پرتو تابش، پرتو بازتاب و خط عمود بر سطح آینه در نقطه‌ی تابش، هر سه در یک صفحه‌اند.

ب ــ زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتاب با هم برابرند.

$$i = r \qquad (۱ــ۴)$$

فعالیت ۳

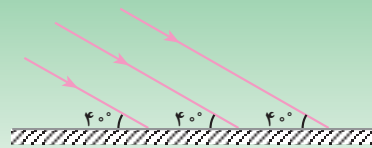
۱ــ در شکل‌های (۴ــ۸ ــ الف، ب، پ) با مشخص کردن اندازه‌ی زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتاب، پرتو بازتاب مربوط به هر یک از سطح‌های صیقلی را رسم کنید.



شکل ۴ــ۸

فعالیت ۴

۱ــ در شکل (۴ــ۹) زاویه‌ی تابش هر پرتو را تعیین کنید.
۲ــ پرتوهای تابش نسبت به هم چگونه‌اند؟ چرا؟
۳ــ پرتوهای بازتاب را رسم کنید و توضیح دهید این پرتوها نسبت به هم چگونه‌اند؟ چرا؟



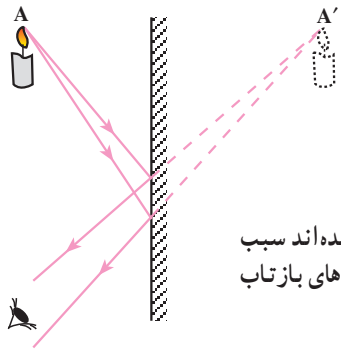
شکل ۴ــ ۹

۴ــ۵ــ تصویر در آینه‌های تخت

آیا تاکنون تصویر درختان یا منظره‌های اطراف یک استخر آب یا برکه را در آب مشاهده کرده‌اید؟

آینه‌های معمولی را که سطح آن‌ها مسطح است آینه‌ی تخت می‌نامند. هنگامی که روبه‌روی آینه‌ای می‌ایستید خودتان را در آینه می‌بینید. مشاهده‌ی منظره‌های اطراف در سطح آب یک استخر،

دیده شدن اشیای مقابل آینه در آن، به سبب بازتاب نور از سطح آینه و رسیدن پرتوهای بازتاب به چشم است. آنچه در آینه دیده می‌شود **تصویر شئ** مقابل آینه است. شکل (۴ــ۱۰) چگونگی دیده شدن تصویر یک شئ (یک شمع) را در آینه‌ی تخت نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۱۰ــ پرتوهایی که از شئ به آینه تابیده‌اند سبب می‌شوند که مشاهده کننده شئ را در راستای پرتوهای بازتاب که به چشم رسیده‌اند ببیند.

هنگامی که یک شئ مقابل آینه قرار می‌گیرد از هر نقطه‌ی آن (نظیر نقطه‌ی A در شکل ۴ــ۱۰) پرتوهای نور به آینه می‌تابد، این پرتوها پس از بازتاب از سطح آینه به چشم بیننده می‌رسند. مثل این است که این پرتوها از A' به چشم می‌رسند. نقطه‌ی A' که محل به‌هم رسیدن پرتوهای بازتاب‌اند، تصویر نقطه‌ی A است. با این روش می‌توانیم، تصویر هر نقطه‌ی دیگری از شئ را به کمک حداقل دو پرتو که از آن نقطه به آینه می‌تابد مشخص کنیم.

پاسخ دهید ۴

شخصی تصویر شما را در آینه می‌بیند. آیا شما هم در همان حال تصویر او را در آن آینه می‌بینید؟ درباره‌ی جواب خود توضیح دهید.

آزمایش کنید ـ ۵

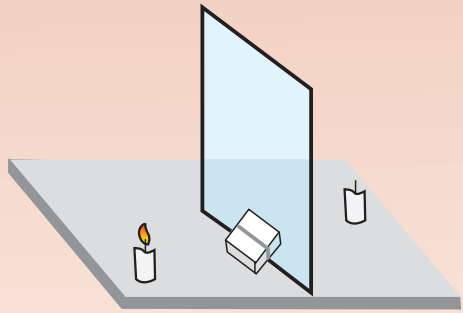
وسیله‌های آزمایش: شیشه، دو قوطی کبریت، چسب، مقوا و دو عدد شمع.

۱ــ یک شیشه را مطابق شکل (۴ــ۱۱) روی میز نصب کنید (برای این کار

می‌توانید دو قوطی کبریت خالی را به فاصله‌ای برابر ضخامت شیشه روی قطعه‌ای مقوّا چسبانده و شیشه را بین آن‌ها قرار دهید و مقوّا را روی میز بگذارید).

۲ــ دو شمع مشابه را در طرفین شیشه روی میز نصب کنید و پس از آنکه یکی از شمع‌ها را روشن کردید، از طرف شمع روشن به شیشه نگاه کنید.

۳ــ شمع خاموش و تصویر شمع روشن را در شیشه خواهید دید.



شکل ۴ــ ۱۱

۴ــ در همین حال شمع روشن را جابه‌جا کنید، با این کار، تصویر آن نیز جابه‌جا خواهد شد. این کار را آن‌قدر ادامه دهید که تصویر شمع روشن بر شمع خاموش منطبق شود. در این صورت در شیشه فقط یک شمع و آن هم روشن دیده می‌شود.

۵ــ فاصله‌ی شمع روشن و شمع خاموش را تا شیشه اندازه بگیرید. آیا فاصله‌های آن‌ها یکسان است؟

۶ــ اگر شمع روشن را قدری به شیشه نزدیک یا از آن دور کنید، برای اینکه در شیشه فقط یک شمع و آن هم روشن دیده شود، چه باید کرد؟ از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

از آزمایش ۵ نتیجه می‌گیریم که همواره فاصله‌ی شئ تا آینه برابر فاصله‌ی آینه تا تصویر است.

ویژگی‌های تصویر در آینه‌ی تخت

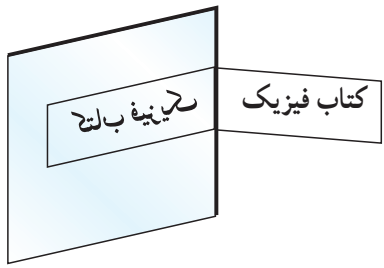
۱ــ همان‌طورکه در مورد چگونگی دیده‌شدن تصویر در آینه، در شکل (۴ــ۱۰) شرح داده شده اگر واقعاً در محل A' نقطه‌ی نورانی وجود داشت و پرتوهایی از آن به چشم می‌رسید، آن پرتوها مانند پرتوهایی بودند که از سطح آینه به چشم رسیده‌اند، به همین سبب انسان تصور می‌کند نقطه‌ی

نورانی A در A' است. **A' را تصویر مجازی A می‌نامیم**. همان‌طور که در شکل (۴ــ۱۰) دیده می‌شود، تصویر مجازی از برخورد امتداد پرتوهای بازتاب حاصل می‌شود.

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

۳ــ همان‌گونه که شکل (۴ــ۱۰) نشان می‌دهد، تصویر در آینه‌ی تخت نسبت به جسم مستقیم است.

۴ــ شکل (۴ــ۱۲) تصویر نوشته‌ای را در کنار یک آینه‌ی تخت نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۱۲ــ تصویر در آینه‌ی تخت وارونی جانبی جسم است.

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

پاسخ دهید ۵

چرا کلمه‌ی آمبولانس را در جلوی آن به‌صورت وارونه می‌نویسند؟
آیا این کلمه در پشت این اتومبیل نیز وارونه نوشته می‌شود؟

فعالیت ۵

در آینه‌های تخت :

۱ــ فاصله‌ی تصویر تا آینه ..... فاصله‌ی شئ تا آینه است.

۲ــ طول تصویر با .... برابر است.

۳ــ تصویر شئ در آینه‌ی تخت ..... و ..... است.

فعالیت ۶

الف : با مشورت دیگر اعضای گروه خود،چند کاربرد از آینه‌های تخت را بنویسید و به کلاس گزارش کنید.

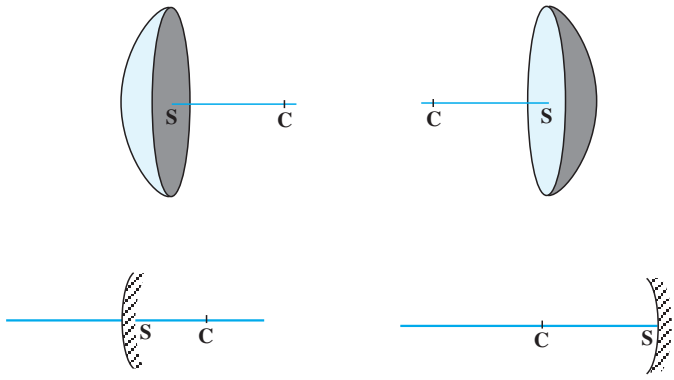
ب : با مشارکت دیگر اعضای گروه خود، با چند عدد آینه‌ی تخت یک وسیله بسازید و درباره‌ی کاربرد آن به کلاس گزارش دهید.

۴ــ۶ــ آینه‌های کروی

با آینه‌ی تخت و ویژگی‌های تصویر در آن آشنا شدید. برای پاره‌ای از کاربردهای علمی و تجربی، نوع دیگری از آینه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد که سطح آن‌ها خمیده است. نوع ویژه‌ای از این‌گونه سطح‌های خمیده، آینه‌های کروی است که در این بخش بررسی می‌شوند.

سطح آینه‌های کروی، بخشی از سطح یک کره است، یعنی تمام نقاط آن از یک نقطه به نام مرکز آینه (مرکز کره‌ای که آینه بخشی از آن است) به یک فاصله‌اند.

اگر سطح درونی کره صیقلی باشد آن را آینه‌ی کاو یا مقعر و اگر سطح برآمده‌ی آن صیقلی باشد، آن‌را آینه‌ی کوژ یا محدب می‌نامند. این آینه‌ها به‌صورت طرح‌وار در شکل (۴ــ۱۳) نشان داده شده‌اند.



ب ــ آینه‌ی محدب　　الف ــ آینه‌ی مقعر

شکل ۴ــ۱۳

مرکز ــ محور اصلی: مرکز کره‌ای را که آینه قسمتی از آن است، **مرکز آینه** (نقطه‌ی C) می‌نامند. خطی که از مرکز آینه و وسط آینه (نقطه‌ی S) می‌گذرد، محور اصلی آینه نامیده می‌شود. قانون‌های بازتاب نور در مورد آینه‌های کروی هم به کار می‌رود. یعنی اگر در نقطه‌ی فرود پرتو تابش (نقطه‌ی تابش) یک آینه‌ی کروی،خطی عمود بر سطح آینه رسم کنیم، زاویه‌های تابش و بازتاب مشخص می‌شوند. در این‌جا نیز زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتاب با هم برابرند.

فعالیت ۷

پرتوی که در امتداد محور اصلی آینه‌ی مقعر به آن بتابد در چه راستایی باز می‌تابد؟ پرتو تابش و پرتو بازتاب را در این حالت رسم کنید.

۴ــ۷ــ کانون آینه‌ی مقعر (کاو)

آزمایش کنید ـ ۶

وسیله‌های آزمایش: آینه‌ی مقعر، یک ورق کوچک کاغذ

۱ــ آینه‌ی مقعر را مقابل خورشید بگیرید.

۲ــ ورق کاغذ را در جلوی آینه به‌آرامی جابه‌جا کنید تا دایره‌ی کوچک روشنی روی صفحه پدید آید.

توجه داشته باشید که صفحه‌ی کاغذ را باید طوری بگیرید که مانع رسیدن نور خورشید به سطح آینه نشود. در وضعی که لکّه‌ی نورانی بیشترین درخشندگی و کوچک‌ترین اندازه را دارد، صفحه را ثابت نگه دارید. محل تشکیل لکه‌ی روشن درخشان را کانون اصلی آینه می‌نامیم.

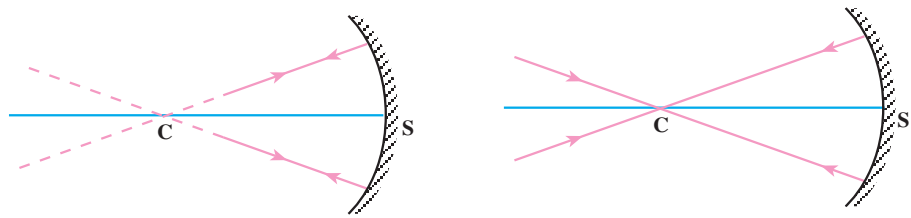
فاصله‌ی کانون تا آینه را **فاصله‌ی کانونی آینه** می‌نامیم. در آینه‌های مقعر، کانون آینه حقیقی است. با اندازه‌گیری فاصله‌ی کانونی معلوم شده است که این فاصله نصف فاصله‌ی مرکز تا آینه

است. یعنی فاصله‌ی کانونی نصف شعاع آینه است. اگر فاصله‌ی کانونی f و شعاع آینه r باشد، داریم :

$$f = \frac{r}{2} \qquad (۲ــ۴)$$

۴ــ۸ــ رسم پرتوهای بازتاب در آینه‌ی مقعر

الف : **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 $i = r = ۰$ (هر خطی که از مرکز کره بگذرد بر کره عمود است) در شکل (۴ــ۱۴ــ الف و ب) این‌گونه پرتوها در آینه‌ی مقعر نشان داده شده‌اند (نقطه‌ی C مرکز آینه است).

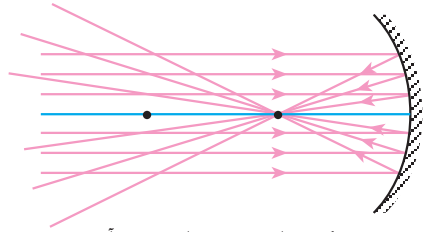


الف ــ پرتوی که ازمرکز بگذرد و به آینه‌ی مقعر بتابد، روی خودش بازمی‌تابد.

ب ــ پرتوی که در امتداد مرکز به آینه‌ی مقعر بتابد، روی خودش بازمی‌تابد.

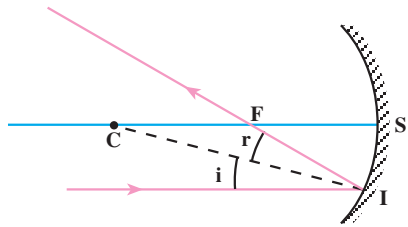
شکل ۴ــ۱۴

ب : در آزمایش ۶، با توجه به اینکه پرتوهای خورشید که از فاصله‌ی خیلی دور (بی‌نهایت) تابش می‌شوند، همه موازی محور اصلی آینه‌اند ؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که : هرگاه دسته پرتوهایی موازی محور اصلی به آینه‌ی مقعر بتابند، پرتوهای بازتاب آن‌ها از یک نقطه روی محور اصلی به نام **کانون اصلی آینه** خواهند گذشت. شکل (۴ــ۱۵) دسته پرتوهای تابش و بازتاب آن‌ها را در آینه‌ی مقعر نشان می‌دهد. به این‌ترتیب **هر پرتوی که موازی محور اصلی به آینه‌ی مقعر بتابد پرتو بازتاب آن از کانون آینه می‌گذرد.**



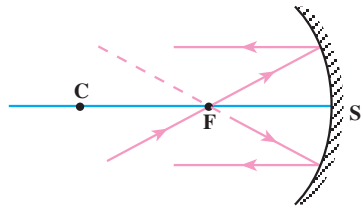
شکل ۴ــ۱۵ــ پرتوهایی که موازی محور اصلی به آینه‌ی مقعر بتابند پس از بازتاب از کانون اصلی آینه می‌گذرند.

در شکل (۴ــ۱۶) پرتو تابش موازی محور اصلی و پرتو بازتاب آن نشان داده شده است. در این آینه‌ها هم، قانون‌های بازتاب همان است که قبلاً بیان شد. هرگاه در نقطه‌ی تابش I خط عمودی بر سطح آینه (IC) رسم شود، زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتاب با هم برابرند.



شکل ۴ــ۱۶ــ پرتوی که موازی محور اصلی به آینه‌ی مقعر بتابد، پس از بازتاب از کانون می‌گذرد. می‌توان نشان داد که زاویه‌تابش (i) و بازتاب (r) با هم مساوی هستند.

پ : آزمایش نشان می‌دهد که **اگر پرتو تابش از کانون گذشته و به آینه بتابد و یا طوری بتابد که امتداد آن از کانون بگذرد، پرتو بازتاب آن موازی محور اصلی خواهد بود.** در شکل (۴ــ۱۷) این پرتوها نشان داده شده‌اند.



شکل ۴ــ۱۷ــ پرتوی که امتداد یا خود آن از کانون آینه‌ی مقعر بگذرد، موازی محور اصلی آینه باز می‌تابد.

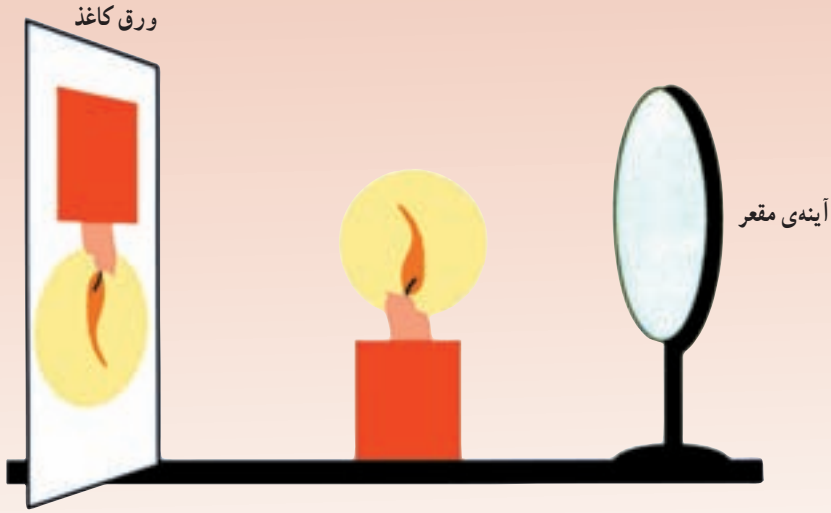
آزمایش کنید ــ ۷

وسیله‌های آزمایش: آینه‌ی مقعر با پایه، شمع، کبریت، یک ورق کوچک کاغذ.

این آزمایش باید در یک اتاق نسبتاً تاریک انجام شود.

۱ــ به ترتیبی که در آزمایش ۶ شرح داده شد محل کانون آینه‌ی مقعر را تعیین و فاصله‌ی آن را تا آینه اندازه بگیرید.

۲ــ آینه را روی پایه ثابت کنید و شمع را روشن کنید و آن‌را مطابق شکل (۴ــ۱۸) در فاصله‌ای بین مرکز و کانون آینه، در مقابل آینه قرار دهید. ورق کاغذ را مقابل آینه جابه‌جا کنید تا تصویر واضح شمع روی ورقه‌ی کاغذ مشاهده شود. دقت کنید که ورقه‌ی کاغذ مانع رسیدن نور شمع به آینه نشود.



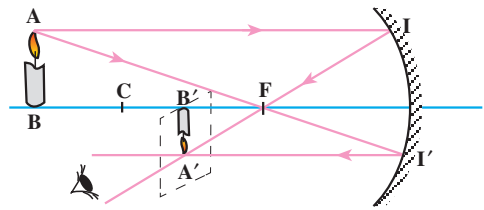
شکل ۴ ــ ۱۸

۳ــ شمع روشنی را به کانون آینه نزدیک یا از آن دور کنید طوری که فاصله‌ی آن تا آینه از فاصله‌ی مرکز تا آینه بیشتر شود و در هر یک از این فاصله‌ها تصویر را بر روی ورق کاغذ مشاهده کنید و نتیجه را در گزارشی که تهیه می‌کنید بنویسید.

۴ــ۹ــ چگونگی تشکیل تصویر در آینه‌های مقعر

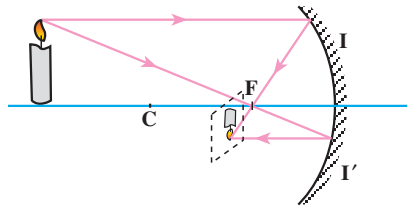
یک شئ، مثلاً یک شمع روشن، را در فاصله‌ای دورتر از مرکز، در مقابل آینه‌ی کاو عمود بر محور اصلی آن مطابق شکل (۴ــ ۱۹) در نظر بگیرید. از هر نقطه‌ی شمع، مانند نقطه‌ی A، پرتوهای زیادی به آینه می‌تابند، بازتاب دو پرتو تابش AI (موازی محور اصلی) و AI' (پرتو تابشی که از کانون گذشته) را به روشی که گفته شد رسم می‌کنیم، پرتوهای بازتاب یک‌دیگر را در نقطه‌ی A' قطع می‌کنند. اگر پرتوهای دیگری هم از نقطه‌ی A به آینه بتابد، بازتاب آن‌ها از نقطه‌ی A' می‌گذرد. بنابراین برای به‌دست‌آوردن نقطه‌ی A' رسم دو پرتو کافی است. A' تصویر نقطه‌ی A است. اگر برای

سایر نقطه‌های شمع هم به همین روش عمل کنیم، تصویر کامل شمع به‌دست می‌آید. عملاً بازتاب پرتوهای تابش و بازتاب از همه‌ی نقطه‌های شمع را رسم نمی‌کنیم زیرا آزمایش نشان می‌دهد که اگر شئ بر محور اصلی عمود باشد، تصویر هم بر محور اصلی عمود است. بعد از به‌دست آوردن نقطه‌ی A' (تصویر نقطه‌ی A)، می‌توان تصویر شئ را عمود بر محور اصلی رسم کرد.



شکل ۴ــ ۱۹ــ رسم تصویر شئ در آینه‌ی کاو

تصویری را که به این ترتیب حاصل شده است تصویر حقیقی می‌نامیم. اگر یک صفحه‌ی کاغذ را در مقابل آینه جابه‌جا کنیم با قرار گرفتن کاغذ درمحل تصویر، مطابق شکل (۴ــ۲۰) تصویر حقیقی بر روی کاغذ تشکیل و مشاهده می‌شود.



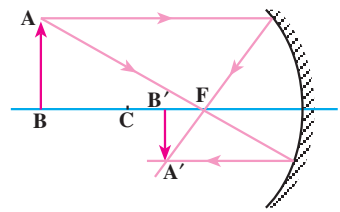
شکل ۴ــ۲۰ــ تصویر حقیقی بر روی صفحه‌ی کاغذ تشکیل شده است.

هرگاه مطابق شکل (۴ــ ۱۹) چشم ناظر بعد از تصویر شمع، در راستای پرتوهای بازتاب، قرار گیرد تصویر را می‌بیند. زیرا اگر به جای A' نقطه‌ی روشنی وجود داشت، همین پرتوها از آن نقطه‌ی روشن به چشم می‌رسیدند. می‌توان نتیجه گرفت که اگر پرتوهای بازتاب خودشان یک‌دیگر را قطع کنند تصویر حقیقی است.

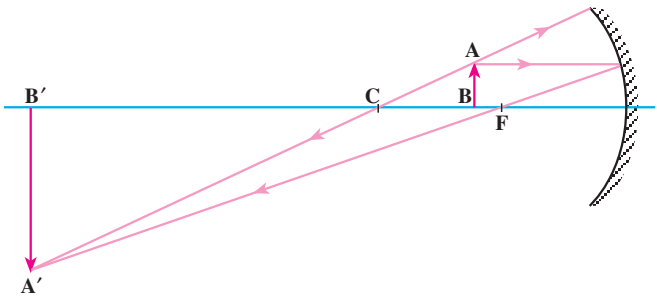
روش رسم تصویر در آینه‌های کاو: از هر نقطه‌ی شئ پرتوهای زیادی به آینه می‌تابد. در بین این پرتوها، پرتویی موازی محور اصلی یا پرتویی که از کانون یا مرکز آینه گذشته، نیز وجود دارد. با انتخاب دو پرتو از این سه پرتو از نقطه‌ی A بالاترین نقطه‌ی جسم و رسم پرتو بازتاب آن‌ها، تصویر نقطه‌ی مزبور، در محل تلاقی پرتوهای بازتاب یا در محل تلاقی امتداد این پرتوها، به‌دست می‌آید.

با رسم بازتاب هر دو، یا چند پرتو دیگری هم که از نقطه‌ی مورد نظر به آینه تابیده‌اند می‌توان به همان ترتیب تصویر را به‌دست آورد. با این تفاوت که رسم بازتاب پرتوهای غیرمشخص باید با استفاده از مساوی بودن زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتابش صورت گیرد، درحالی که رسم بازتاب سه پرتو مشخصی که پیش‌تر گفته شد به سادگی صورت می‌گیرد.

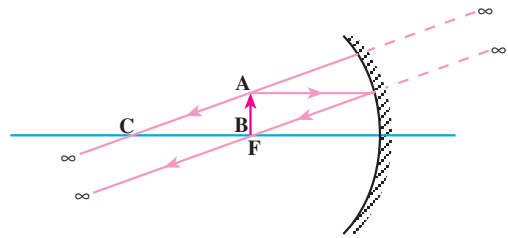
در شکل‌های (۴ــ۲۱ــ الف تا ت) روش رسم تصویر شئ AB در یک آینه‌ی کاو نشان داده شده است. در شکل (۴ــ۲۱ــ ت) هرگاه چشم ناظر در محل نشان داده شده قرار گیرد، احساس می‌کند که پرتوهای بازتاب از محل A′B′ آمده است و در آن محل تصویر را می‌بیند. اما چون واقعاً در آنجا چیزی وجود ندارد آن را تصویر **مجازی** می‌نامند. در حالتی که تصویر مجازی است، امتداد پرتوهای بازتاب یک‌دیگر را قطع می‌کنند. اما در شکل‌های الف و ب پرتوهای بازتاب یک‌دیگر را قطع کرده و نقطه‌ی روشن A′ که تصویر نقطه‌ی A است حاصل شده است. همان‌طورکه قبلاً هم گفته شد اگر یک صفحه‌ی کاغذ در محل تصویر قرار گیرد (به‌طوری که مانع تابش نور به آینه نشود) تصویر روی صفحه‌ی کاغذ دیده می‌شود، این تصویر **حقیقی** است.



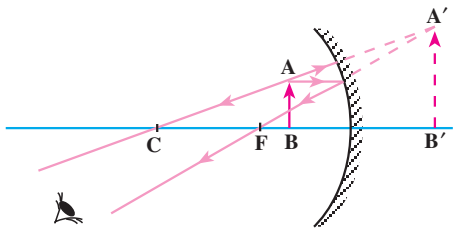
الف ــ شئ در فاصله‌ای دورتر از مرکز آینه؛ تصویر حقیقی، کوچک‌تر از جسم، وارونه و بین مرکز و کانون است.



ب ــ شئ بین مرکز و کانون؛ تصویر دورتر از مرکز، حقیقی، بزرگ‌تر از شئ و وارونه است.



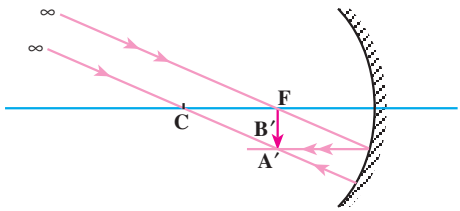
پ ــ شئ روی کانون؛ پرتوهای بازتاب با هم موازی‌اند و در فاصله‌ی خیلی دور (بی‌نهایت) یک‌دیگر را قطع می‌کنند. در این حالت می‌گوییم تصویر در بی‌نهایت است.



ت ــ شئ بین کانون و آینه؛ همان‌طور که در شکل دیده می‌شود پرتوهای بازتاب در جلوی آینه از هم دور می‌شوند، امتداد آن‌ها در پشت آینه یک‌دیگر را قطع می‌کنند، تصویر مجازی، بزرگ‌تر از شئ و مستقیم است.

شکل ۴ ــ ۲۱

رسم تصویر یک شئ که در فاصله‌ی خیلی دور از آینه‌ی کاو قرار دارد: همان‌طورکه در مورد کانون آینه‌های کاو گفته شد، تصویر خورشید در کانون آینه تشکیل می‌شود. از طرفی، پرتوهایی که از یک نقطه‌ی خیلی دور(بی‌نهایت) تابیده می‌شوند، با هم موازی‌اند. بر اساس روش ترسیمی که قبلاً توضیح داده شده، از بین پرتوهای زیادی که از نقطه‌ی خیلی دور به آینه تابیده‌اند، دو پرتو تابش، که یکی از کانون و یکی از مرکز آینه می‌گذرند، برای رسم تصویر کافی است. چگونگی رسم تصویر در این حالت در شکل (۴ــ۲۲) نشان داده شده است.



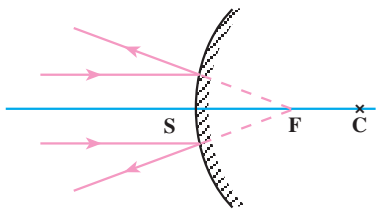
شکل ۴ــ۲۲ــ رسم تصویر یک شئ که در فاصله‌ی خیلی دور از آینه‌ی کاو قرار دارد. تصویر حقیقی، کوچک‌تر، وارونه و روی کانون است.

فعالیت ۸

با مشارکت دیگر اعضای گروه خود، آزمایشی طراحی کنید که به‌کمک آن بتوانید مرکز یک آینه‌ی کاو را مشخص نمایید.

۴ــ۱۰ــ کانون آینه‌ی محدب (کوژ)

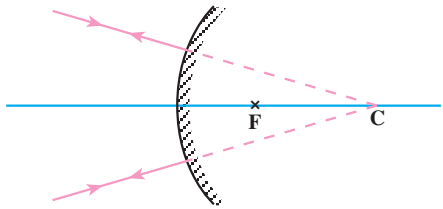
هرگاه پرتوهایی موازی محور اصلی آینه‌ی محدب به آن بتابند، طوری باز می‌تابند که امتداد پرتوهای بازتاب از یک نقطه روی محور اصلی می‌گذرند. این نقطه کانون اصلی آینه‌ی محدب نام دارد. کانون آینه‌ی محدب، مجازی است. فاصله‌ی کانون تا آینه را «**فاصله‌ی کانونی**» آینه می‌نامند. در آینه‌های محدب نیز فاصله‌ی کانونی آینه نصف فاصله‌ی مرکز تا آینه یعنی نصف شعاع آینه است ($f = \frac{r}{2}$). شکل (۴ــ۲۳) پرتوهای تابش، موازی محور اصلی آینه‌ی محدب، و چگونگی بازتابش آن‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۲۳ــ کانون در آینه‌ی محدب

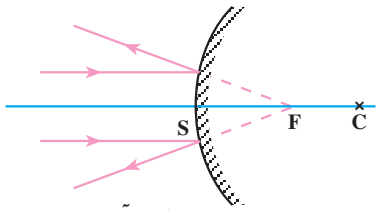
۴ــ۱۱ــ رسم پرتوهای بازتاب در آینه‌ی محدب

الف : هر پرتو تابش که امتداد آن از مرکز آینه‌ی محدب (در پشت آینه) بگذرد، روی خودش باز می‌تابد. در شکل (۴ــ۲۴) پرتوهایی که در امتداد مرکز به آینه می‌تابند، نشان داده شده‌اند.



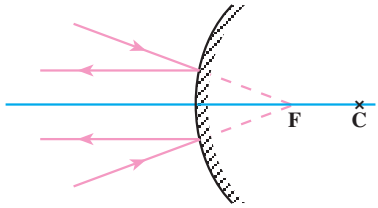
شکل ۴ــ۲۴

ب : هر پرتوی که موازی محور اصلی به آینه‌ی محدب بتابد، طوری باز می‌تابد که امتداد پرتو بازتاب از کانون اصلی آینه‌ی محدب (در پشت آینه) بگذرد (شکل ۴ــ۲۵).



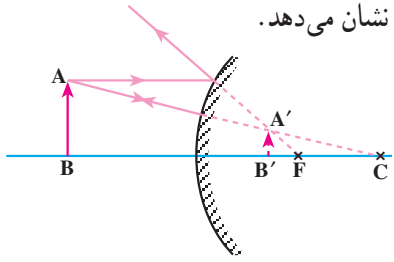
شکل ۴ــ۲۵

پ : هرگاه امتداد پرتو تابش از کانون بگذرد، پرتو بازتاب مربوط به آن، موازی محور اصلی خواهد بود. در شکل (۴ــ۲۶) این‌گونه پرتوها نشان داده شده‌اند.



شکل ۴ــ۲۶

تصویر در آینه‌ی محدب: با رسم دو پرتو تابش مشخص، از بین پرتوهای تابش زیادی که از یک نقطه‌ی یک شئ به آینه می‌تابد، و رسم پرتوهای بازتاب آن‌ها و با توجه به آنچه پیش‌تر شرح داده شد، می‌توان تصویر یک شئ را که مقابل آینه و عمود بر محور اصلی است به‌دست آورد. شکل (۴ــ۲۷) تصویر شئ AB را در آینه‌ی محدب نشان می‌دهد.

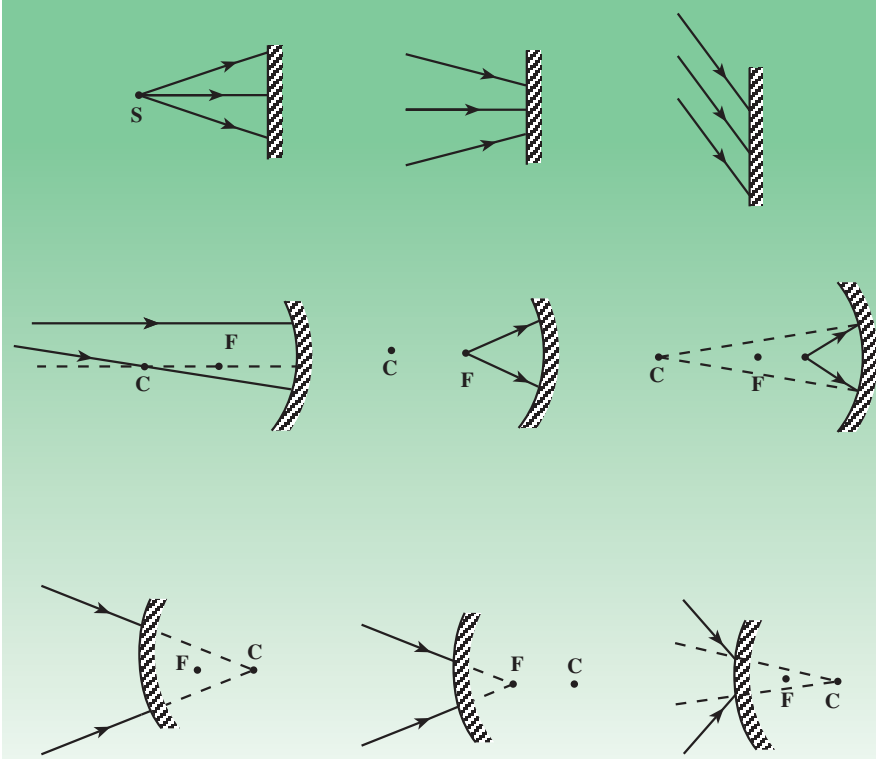


شکل ۴ــ۲۷ــ تصویر شئ در آینه‌ی محدب، مجازی، کوچک‌تر و مستقیم است.

در این مورد هم کسی که تصویر را می‌بیند، احساس می‌کند که پرتوهایی از شئ واقع در محل $A'B'$ به چشم او رسیده است و تصویر را در آنجا خواهد دید، چون تصویر از برخورد امتداد پرتوهای بازتاب حاصل شده است، مجازی است. در آینه‌های محدب، شئ در هر فاصله‌ای مقابل آینه قرار داده شود، تصویر آن کوچک‌تر از شئ، مجازی و نسبت به شئ مستقیم و داخل فاصله‌ی کانونی آینه دیده می‌شود.

فعالیت ۹

الف : مطابق شکل‌های ۴ــ۲۸، پرتوهای نور به آینه‌ها می‌تابد. با استفاده از قوانین بازتابش نور، در هریک از شکل‌های زیر مسیر پرتو بازتاب را رسم کنید.



شکل ۴ــ۲۸

ب : با استفاده از نتایج قسمت الف، جدول زیر را کامل کنید.

نوع آینه	پرتو تابش / پرتو بازتاب	همگرا	واگرا	موازی
آینه‌ی تخت	همگرا			
	واگرا			
	موازی			
آینه‌ی مقعّر	از نقطه‌ی نورانی در فاصله‌ی دور (واگرا)			
	ازنقطه‌ی نورانی واقع در کانون			
	از نقطه‌ی نورانی بین کانون و آینه			
آینه‌ی محدّب	پرتو همگرا به سمت مرکز			
	پرتو همگرا به سمت کانون			
	پرتو همگرا به سمت نقطه‌ای بین کانون و آینه			

۴ــ۱۲ــ محاسبه‌ی فاصله‌ی تصویر تا آینه‌ی مقعر

همان‌طور که در شکل (۴ــ۲۱) مربوط به تصویر شئ در آینه‌ی مقعر دیده می‌شود، در این آینه‌ها، فاصله‌ی تصویر تا آینه بستگی به فاصله‌ی شئ تا آینه دارد. در موردهایی فاصله‌ی تصویر تا آینه بیشتر از فاصله‌ی جسم تا آینه، و در موردهایی کمتر از آن است. در مواردی تصویر حقیقی و در یک مورد هم تصویر مجازی است.

هرگاه فاصله‌ی شئ تا آینه را با p و فاصله‌ی تصویر تا آینه را با q و فاصله‌ی کانونی آینه را با f نشان دهیم، ثابت می‌شود که بین p و q و f رابطه‌ی زیر برقرار است :

$$\frac{۱}{p}+\frac{۱}{q}=\frac{۱}{f} \qquad (۴ــ۳)$$

هرگاه فاصله‌ی تصویر تا آینه معلوم نباشد، در رابطه‌ی (۴ــ۳) به‌جای p و f عدد مربوط را قرار می‌دهیم و q را محاسبه می‌کنیم. پس از محاسبه اگر عدد به‌دست آمده مربوط به q مثبت باشد، تصویر حقیقی است و درصورتی که عدد به‌دست آمده منفی باشد معلوم می‌شود تصویر مجازی است.

درصورتی که فاصله‌ی تصویر تا آینه معلوم و تصویر مجازی باشد این فاصله را با علامت منفی به جای q قرار می‌دهیم.

آزمایش کنید ـ ۸

«آزمایش کنید» شماره‌ی ۷ را تکرار کنید و با اندازه‌گیری فاصله‌ی جسم تا آینه و فاصله‌ی تصویر تا آینه درستی رابطه‌ی (۴ـ۳) را تجربه نموده، نتیجه را گزارش کنید.

مثال ۱

یک شئ در فاصله‌ی ۲۰ سانتی‌متری یک آینه‌ی مقعر قرار داده شده است. اگر شعاع آینه ۳۰ سانتی‌متر باشد، فاصله‌ی تصویر تا آینه و نوع تصویر را تعیین کنید.

حل

$$p = ۲۰cm \quad و \quad f = \frac{r}{۲} = \frac{۳۰}{۲} = ۱۵cm$$

بنابه‌رابطه‌ی ۴ـ۳

$$\frac{۱}{p} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{۲۰} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{۱۵}$$

$$\frac{۱}{q} = \frac{۱}{۱۵} - \frac{۱}{۲۰} = \frac{۴-۳}{۶۰} \Rightarrow \frac{۱}{q} = \frac{۱}{۶۰}$$

فاصله‌ی تصویر تا آینه $q = ۶۰cm$

چون q مثبت است تصویر حقیقی است.

مثال ۲

یک شئ در فاصله‌ی ۱۲ سانتی‌متری از یک آینه‌ی مقعر که فاصله‌ی کانونی آن ۲۴ سانتی‌متر است قرار دارد. فاصله‌ی تصویر تا آینه، نوع تصویر و فاصله‌ی شئ تا تصویر را تعیین کنید.

حل

$$p = ۱۲cm \quad و \quad f = ۲۴cm \quad و \quad q = ?$$

$$\frac{۱}{p} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{۱۲} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{۲۴}$$

$$\frac{۱}{q}=\frac{۱}{۲۴}-\frac{۱}{۱۲}=\frac{۱-۲}{۲۴}\Rightarrow\frac{۱}{q}=-\frac{۱}{۲۴}$$

فاصله‌ی تصویر تا آینه $q=-۲۴cm$

چون q منفی است تصویر مجازی است.

فاصله‌ی جسم از تصویر $=p+q=۱۲+۲۴$

$=۳۶\,cm$

مثال ۳

یک شئ را در ۹ سانتی‌متری آینه‌ی مقعری قرار می‌دهیم. آینه از جسم تصویری می‌دهد مجازی و در ۱۲ سانتی‌متری پشت آینه ؛ شعاع آینه را حساب کنید.

حل: چون تصویر مجازی است باید به جای q مقدار آن را با علامت منفی در رابطه قرار داد.

$p=۹cm$ و $q=-۱۲cm$ و $r=?$

$$\frac{۱}{p}+\frac{۱}{q}=\frac{۱}{f}$$

$$\frac{۱}{۹}-\frac{۱}{۱۲}=\frac{۱}{f}\Rightarrow\frac{۴-۳}{۳۶}=\frac{۱}{f}\Rightarrow\frac{۱}{۳۶}=\frac{۱}{f}$$

$f=۳۶cm$

شعاع آینه‌ی مقعر $r=۲f=۷۲cm$

۴ــ۱۳ــ محاسبه‌ی فاصله‌ی تصویر تا آینه‌ی محدب

اگر فاصله‌ی جسم تا آینه و فاصله‌ی تصویر تا آینه و فاصله‌ی کانونی در این آینه‌ها هم به‌ترتیب برابر p، q و f باشد، ثابت می‌شود که در آینه‌ی محدب هم میان آن‌ها رابطه‌ی (۴ــ۳) برقرار است. کانون آینه‌ی محدب مجازی است، بنابراین در محاسبه‌ها باید فاصله‌ی کانونی را با علامت منفی در رابطه‌ی (۴ــ۳) قرار دهیم. هرگاه فاصله‌ی تصویر تا آینه معلوم نباشد، در رابطه‌ی (۴ــ۳) به جای p و f عددهای مربوط را قرار می‌دهیم و q را محاسبه می‌کنیم. درصورتی که فاصله‌ی تصویر تا آینه یعنی

q معلوم باشد، چون تصویر در آینه‌ی محدب مجازی است، این فاصله را با علامت منفی در رابطه‌ی (۴ــ۳) قرار می‌دهیم.

مثال ۴

یک شئ در فاصله‌ی ۲۰ سانتی‌متری آینه‌ی محدبی که شعاع آن ۱۰ سانتی‌متر است قرار دارد، تصویر آن در چه فاصله‌ای از آینه دیده می‌شود؟

حل

$$p = ۲۰cm \text{ و } r = ۱۰cm \Rightarrow f = \frac{r}{۲} = ۵cm \text{ و } q = ?$$

$$\frac{۱}{p} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{۲۰} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{-۵}$$

$$\frac{۱}{q} = -\frac{۱}{۵} - \frac{۱}{۲۰} = \frac{-۴-۱}{۲۰} \Rightarrow \frac{۱}{q} = -\frac{۵}{۲۰} \Rightarrow \frac{۱}{q} = -\frac{۱}{۴}$$

فاصله‌ی تصویر تا آینه $q = -۴cm$

علامت منفی نشان می‌دهد که تصویر مجازی است.

۴ــ۱۴ــ بزرگ‌نمایی خطی آینه‌ها

نسبت طول تصویر $(A'B')$ به طول شئ (AB) را بزرگ‌نمایی خطی می‌نامیم و آن را با m نمایش می‌دهیم :

$$m = \frac{A'B'}{AB} \qquad (۴ــ۴)$$

بزرگ‌نمایی نشان می‌دهد که طول تصویر چند برابر طول شئ است.

ثابت می‌شود که در هر دو نوع آینه‌ی کروی می‌توان نوشت :

$$m = \frac{A'B'}{AB} = \frac{q}{p} \qquad (۴ــ۵)$$

یعنی نسبت طول تصویر به طول شئ برابر نسبت فاصله‌ی تصویر تا آینه به فاصله‌ی شئ تا آینه است.

در رابطه‌ی (۴ــ۵) مقدارهای p و q را بدون علامت قرار می‌دهیم.

مثال ۵

یک شئ را در چه فاصله‌ای از یک آینه‌ی مقعر که فاصله‌ی کانونی آن ۱۲ سانتی‌متر است قرار دهیم تا تصویر حقیقی آن در فاصله‌ی ۳۶ سانتی‌متری آینه تشکیل شود. اگر طول شئ ۴ سانتی‌متر باشد، طول تصویر آن در این حالت چقدر است؟

حل

$p = ?$ و $q = ۳۶cm$ و $f = ۱۲cm$ و $AB = ۴cm$ و $A'B' = ?$

$$\frac{۱}{p} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{p} + \frac{۱}{۳۶} = \frac{۱}{۱۲}$$

$$\frac{۱}{p} = \frac{۱}{۱۲} - \frac{۱}{۳۶} = \frac{۳-۱}{۳۶} \Rightarrow \frac{۱}{p} = \frac{۲}{۳۶} \Rightarrow \frac{۱}{p} = \frac{۱}{۱۸}$$

فاصله‌ی جسم از آینه $p = ۱۸cm$

طول تصویر $\frac{A'B'}{AB} = \frac{q}{p} \Rightarrow \frac{A'B'}{۴} = \frac{۳۶}{۱۸} \Rightarrow \frac{A'B'}{۴} = \frac{۲}{۱} \Rightarrow A'B' = ۸cm$

مثال ۶

یک شئ به طول ۵ سانتی‌متر را در ۱۵ سانتی‌متری آینه‌ی محدبی قرار می‌دهیم. تصویر مجازی در ۶ سانتی‌متری آینه دیده می‌شود. فاصله‌ی کانونی آینه و طول تصویر را محاسبه کنید.

حل

$p = ۱۵cm$ و $q = -۶cm$ و $AB = ۵cm$ و $f = ?$ و $A'B' = ?$

$$\frac{۱}{p} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f}$$

$$\frac{۱}{۱۵} - \frac{۱}{۶} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۲-۵}{۳۰} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{f} = \frac{-۳}{۳۰}$$

$$\frac{۱}{f} = -\frac{۱}{۱۰} \Rightarrow f = -۱۰cm$$

$$m = \frac{A'B'}{AB} = \frac{q}{p} \Rightarrow \frac{A'B'}{۵} = \frac{۶}{۱۵} \Rightarrow \frac{A'B'}{۵} = \frac{۲}{۵} \Rightarrow A'B' = ۲cm$$

مثال ۷

یک شئ روی مرکز آینه‌ی مقعری که فاصله‌ی کانونی آن ۶ سانتی‌متر است قرار دارد. محل و نوع تصویر و بزرگ‌نمایی خطی آینه را در این حالت حساب کنید و تصویر آن‌را نیز رسم نمایید.

حل: چون شئ روی مرکز آینه قرار دارد فاصله‌ی آن تا آینه برابر شعاع آینه، یا دو برابر فاصله‌ی کانونی آینه است، یعنی :

$$m = ? \quad \text{و} \quad q = ? \quad \text{و} \quad p = ۲f = ۲ \times ۶ = ۱۲cm \quad \text{و} \quad f = ۶cm$$

$$\frac{۱}{p} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f}$$

$$\frac{۱}{۱۲} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{۶} \Rightarrow \frac{۱}{q} = \frac{۱}{۶} - \frac{۱}{۱۲}$$

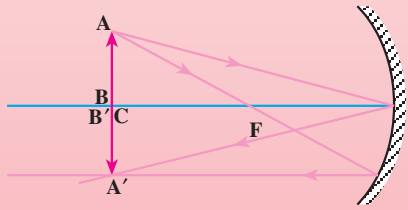
$$\frac{۱}{q} = \frac{۲-۱}{۱۲} \Rightarrow \frac{۱}{q} = \frac{۱}{۱۲} \Rightarrow q = ۱۲cm$$

چون q مثبت شده است تصویر حقیقی است.

دیده می‌شود $q = p$ شده است و از اینجا معلوم می‌شود که اگر شیئی روی مرکز باشد تصویر آن روی مرکز تشکیل می‌شود.

$$m = \frac{q}{p} = \frac{۱۲}{۱۲} = ۱$$

از محاسبه‌ی بزرگ‌نمایی معلوم می‌شود که در این حالت طول تصویر با طول شئ، برابر است.



شکل ۴ــ۲۹

مثال ۸

یک شئ در ۱۲ سانتی‌متری یک آینه‌ی کروی قرار دارد. اگر بزرگ‌نمایی در این حالت برابر $\frac{۱}{۳}$ و تصویر پشت آینه باشد نوع تصویر، نوع آینه و فاصله‌ی کانونی آن‌را مشخص کنید.

حل: چون تصویر پشت آینه است، تصویر مجازی است. بزرگ‌نمایی کوچک‌تر از یک است، یعنی طول تصویر مجازی کوچکتر از طول جسم است، درنتیجه آینه محدب است (طول تصویر مجازی در آینه‌ی مقعر از طول جسم بزرگ‌تر است).

$p = ۱۲cm$ و $m = \frac{۱}{۳}$ و $q = ?$ و $f = ?$

$$m = \frac{q}{p} \Rightarrow \frac{۱}{۳} = \frac{q}{۱۲} \Rightarrow ۳q = ۱۲ \Rightarrow q = \frac{۱۲}{۳} = ۴cm$$

چون تصویر مجازی است، $q = -۴cm$ را باید در رابطه قرار داد.

$$\frac{۱}{p} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{۱۲} - \frac{۱}{۴} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{f} = \frac{۱-۳}{۱۲} = -\frac{۲}{۱۲}$$

فاصله‌ی کانونی آینه‌ی محدب $\frac{۱}{f} = -\frac{۱}{۶} \Rightarrow f = -۶cm$

منفی شدن f نیز نشان می‌دهد که آینه محدب است.

آزمایش کنید ـ ۹

وسیله‌های آزمایش: پرگار، کاغذ شطرنجی و خط‌کش.

۱ــ بر سطح یک کاغذ شطرنجی آینه‌ی مقعری (با انحنا یا گودی کم) رسم کنید. اندازه‌ی شعاع آن را تعیین و مرکز آینه را مشخص کنید.

۲ــ با نصف کردن شعاع، جای کانون را نیز مشخص کنید.

۳ــ شئ AB را در فاصله‌ی معینی از آینه قرار داده و تصویر آن‌را به روش زیر رسم کنید.

الف ــ محل تصویر را با شمارش خانه‌های شطرنجی به‌دست آورید.

ب ــ محل تصویر را به کمک رابطه‌ی (۴ــ۳) محاسبه کنید.

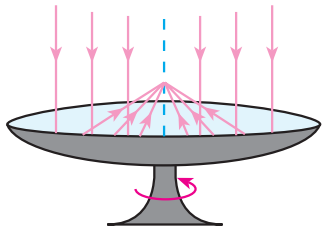
پ ــ اندازه‌های به‌دست آمده در قسمت الف و ب را با هم مقایسه کنید.

ت ــ بزرگ‌نمایی خطی را با اندازه‌گیری طول شئ و طول تصویر (به‌کمک خط‌کش) و بار دیگر از رابطه‌ی $m = \frac{q}{p}$ به‌دست آورده و آن‌ها را نیز با هم مقایسه کنید و نتیجه‌ی مقایسه‌ها را بیان کنید.

فنّاوری و کاربرد

کوره‌ی آفتابی

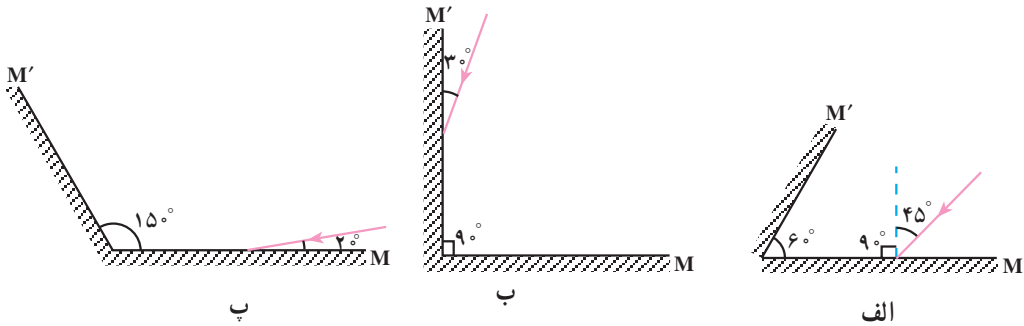
کوره‌ی آفتابی وسیله‌ای است که با آن می‌توان انرژی تابشی خورشید را در یک نقطه متمرکز و آن‌را تبدیل به انرژی گرمایی کرد. این وسیله از یک آینه‌ی مقعر و یک پایه‌ی گردان تشکیل شده است (شکل ۴ــ۳۰). حرکت آینه، توسط یک موتور، طوری تنظیم می‌شود که دهانه‌ی آینه همواره متوجه خورشید باشد. پرتوهای خورشید به‌طور موازی به آینه برخورد کرده و در کانون آن متمرکز می‌شوند و دمای این نقطه در صورتی که جسمی در آنجا قرار دهیم به چند هزار درجه‌ی سلسیوس می‌رسد. این تمرکز انرژی که به‌صورت انرژی گرمایی ظاهر می‌شود، در صنعت کاربری‌های مختلفی دارد.



شکل ۴ــ۳۰ــ کوره‌ی آفتابی که با آن می‌توان انرژی تابشی خورشید را به انرژی گرمایی تبدیل کرد.

تمرین‌های فصل چهارم

۱ــ در شکل‌های (۴ــ۳۱) مسیر پرتو نور را در دو آینه‌ی M و M′ ، با رسم، کامل کنید.



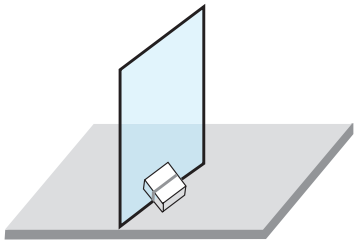
شکل ۴ــ۳۱

۲ــ آینه‌ی تختی را مطابق شکل (۴ــ۳۲) روی میز به‌طور قائم نصب کنید (یا از دوست خود بخواهید که آن‌را به‌طور قائم روی میز نگه‌دارد) پس از آن یک مداد یا خودکار را طوری روی میز مقابل آینه قرار دهید که :

الف : تصویر آن با مداد در یک راستا باشند.

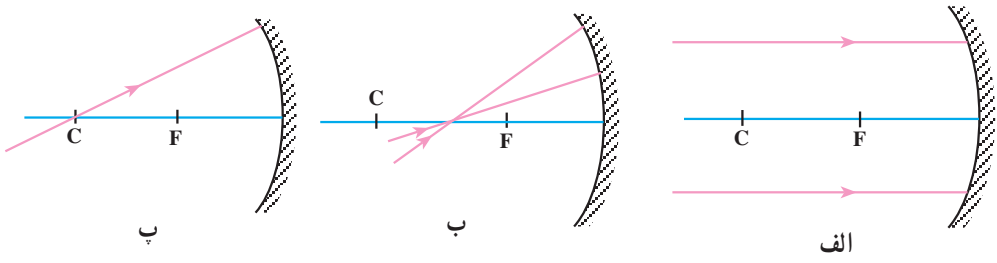
ب : تصویر آن با مداد بر هم عمود باشند.

زاویه‌ی بین راستای مداد و سطح آینه را در هر مورد اندازه بگیرید و نتیجه را به کلاس گزارش کنید.



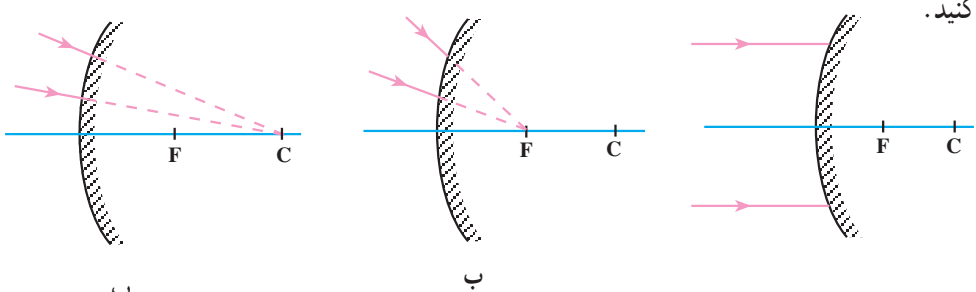
شکل ۴ــ۳۲

۳ــ در شکل‌های (۴ــ۳۳) مسیر نور را پس از تابش به آینه، با رسم، کامل کنید.



شکل ۴ــ۳۳

۴ــ در هر یک از شکل‌های (۴ــ۳۴) پرتوهای بازتاب را برای هر یک از پرتوهای تابش رسم کنید.



الف ب پ

شکل ۴ــ۳۴

۵ــ شخصی در مقابل آینه‌ی تخت قائمی ایستاده است :

الف : اگر این شخص ۵۰cm به آینه نزدیک شود چند سانتی‌متر به تصویرش نزدیک می‌شود؟

ب : اگر این شخص در جای خود ساکن بماند و فاصله‌ی آینه از او ۱۰cm زیاد شود، تصویر او نسبت به تصویر اولیه چقدر جابه‌جا می‌شود؟

۶ــ الف : جسمی در فاصله‌ی ۱۸ سانتی‌متری آینه‌ی مقعری به شعاع ۲۴ سانتی‌متر قرار داده شده است. فاصله‌ی تصویر تا آینه و نوع تصویر را مشخص کنید.

ب : شکل را با فاصله‌های داده شده برای جسم و فاصله‌ی کانونی رسم کنید و فاصله‌ی تصویر تا آینه را با خط‌کش اندازه بگیرید و آن را با عدد به‌دست آمده از راه محاسبه مقایسه کنید.

۷ــ الف : جسمی مقابل یک آینه‌ی محدب که فاصله‌ی کانونی آن ۱۰ سانتی‌متر است قرار دارد. اگر فاصله‌ی جسم تا آینه ۲۰ سانتی‌متر باشد، فاصله‌ی تصویر تا آینه را حساب کنید.

ب : اگر طول جسم ۴ سانتی‌متر باشد طول تصویر چقدر است؟

پ : شکل را با توجه به فاصله‌های داده شده رسم کنید و پس از آن با اندازه‌گیری فاصله‌ی تصویر تا آینه و اندازه‌گیری طول تصویر (با خط‌کش) آن‌ها را با عددهای به‌دست‌آمده در بند الف و ب مقایسه کنید و نتیجه را بنویسید.

۸ــ تحقیق کنید که :

الف : چرا در پیچ جاده‌ها آینه نصب می‌کنند؟

ب : این آینه از چه نوعی است؟

پ : معمولاً دندان‌پزشک‌ها برای دیدن دندان‌ها در داخل دهان از آینه‌ی کوچک دسته‌داری استفاده می‌کنند. این آینه از چه نوعی است؟ چرا؟

۹ــ در یک آینه‌ی مقعر، فاصله‌ی جسم تا آینه ۱۵cm است. اگر تصویر نسبت به جسم مستقیم

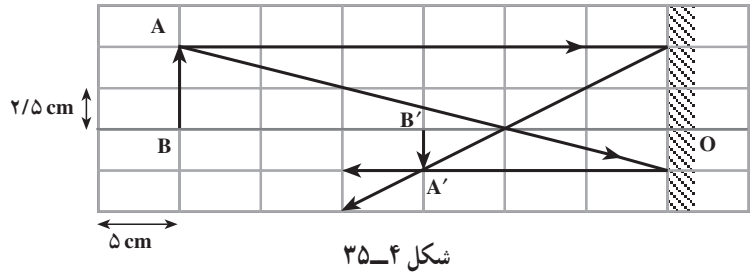
و فاصله‌ی آن تا آینه ۲۰cm باشد، فاصله‌ی کانونی و شعاع این آینه چقدر است؟

۱۰ــ با توجه به شکل ۴ــ۳۵

الف : اندازه‌ی تصویر و جسم را مشخص نمایید.

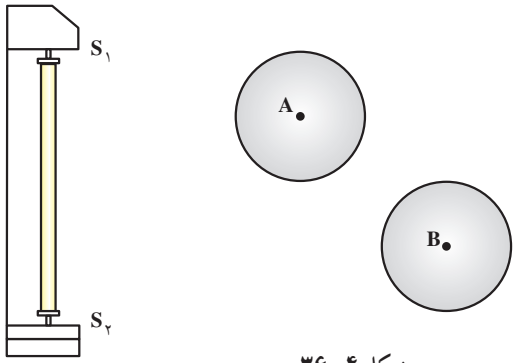
ب : نوع آینه را تعیین کنید.

پ : فاصله‌ی کانونی آینه را با توجه به فاصله‌های جسم و تصویر از آینه به‌دست آورید. و با اندازه‌ی آن بر روی شکل مقایسه نمایید.



شکل ۴ــ۳۵

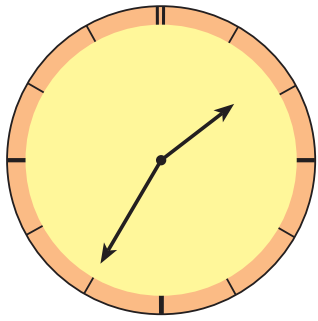
۱۱ــ توپ‌های کدر A و B را مطابق شکل ۴ــ۳۶ جلوی یک لامپ مهتابی روشن (S_1S_2) قرار داده‌ایم. با رسم پرتوهایی که از لامپ به دیوار (پرده) می‌رسند، نقاط کاملاً تاریک را مشخص نمایید.



شکل ۴ــ۳۶

۱۲ــ آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوانید، کانون آینه‌ی مقعر را مشخص کنید.

۱۳ــ تصویر صفحه‌ی ساعت در یک آینه‌ی تخت مطابق شکل ۴ــ۳۷ است. اگر به‌طور مستقیم به ساعت نگاه کنیم، ساعت ..... را نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۳۷