نور هندسی

Geometric Optics

«نور هندسی» شاخه‌ای از فیزیک است که به بررسی رفتار نور به کمک «پرتوهای نور» می‌پردازد و سعی دارد قوانین حاکم بر آن‌ها را شناسایی کند. «پرتو» یک مفهوم انتزاعی و یک ابزار برای مدل کردن رفتار نور در حدود روزمره و در حد فیزیک کلاسیک است که به وسیله‌ی آن‌ها می‌توان انتشار نور در محیط‌های مختلف را توضیح داد. پرتوها در یک محیط، همواره به خط راست منتشر می‌شوند، در هنگام عبور از یک محیط و ورود به محیط دیگر شکسته می‌شوند. ممکن است در ضمن برخورد به یک جسم، جذب شوند، بازتاب شوند و ممکن است یک پرتو به دو بخش تقسیم شود و هر بخش از آن رفتاری مجزا از خود نشان دهد. مثلاً ممکن است بخشی از آن جذب شود و بخش دیگر آن عبور نماید یا...

در یک تقسیم بندی می‌توان اجسام را نسبت به رفتارشان در مقابل پرتوهای نور، به سه گروه تقسیم کرد:

۱. اجسام کدر (جذب کننده): این اجسام بخش عمده‌ای از نور را جذب می‌نمایند و بخش بسیار اندکی را بازتاب می‌دهند.

۲. اجسام آینه‌ای (بازتاب کننده): این اجسام، بیشتر پرتوها را بازتاب کرده و قسمت اندکی را جذب می‌نمایند.

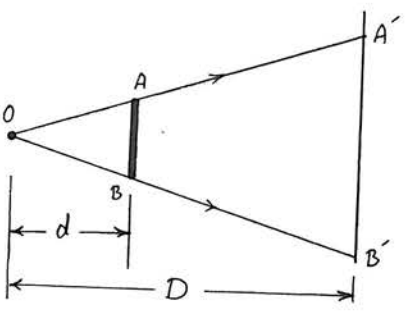
۳. اجسام شفاف (عبور دهنده)، قسمت اصلی پرتوهای برخورد کننده به این اجسام از آن‌ها عبور می‌کند، هر چند جذب و بازتاب نیز در آن‌ها صورت می‌گیرد.

در ادامه، به بررسی پدیده‌هایی که با نورهندسی قابل توضیح هستند می‌پردازیم:

تشکیل سایه:

هنگامی که یک جسم کدر در مقابل چشمه‌ی نقطه‌ای قرار می‌گیرد، بخشی از پرتوها را جذب می‌نماید و باعث ایجاد سایه می‌شود. تشکیل سایه را در ۳ وضعیت بررسی می‌کنیم:

الف - جسم کدر به موازات پرده:



شکل مقابل نحوه‌ی تشکیل سایه روی پرده را نشان می‌دهد. در این حالت با توجه قضیه‌ی تالس در هندسه می‌توان نوشت:

$$AB \parallel A'B' \Rightarrow \frac{AB}{A'B'} = \frac{OA}{OA'} = \frac{OB}{OB'} = \dots$$

SanatiSharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

بنابراین اگر فاصله‌ی جسم کدر تا چشمه‌ی نقطه‌ای را با d و فاصله‌ی پرده تا چشمه را با D نمایش دهیم، خواهیم داشت:

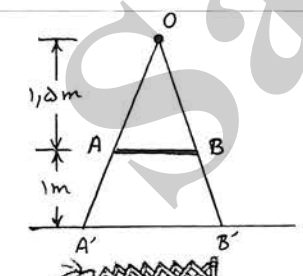
$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{D}{d}$$

مثال ۱ـ یک جسم کدر دایره‌ای به موازات یک دیوار و در فاصله‌ی ۶۰ cm آن قرار دارد. چشمه‌ی نقطه‌ای را در چه فاصله‌ای از جسم کدر قرار دهیم تا ابعاد سایه‌ی ایجاد شده، سه برابر ابعاد جسم باشد؟

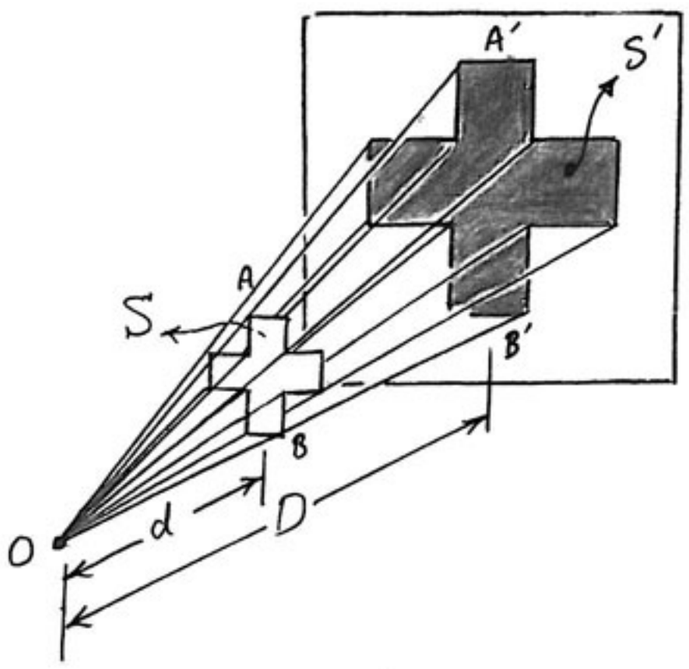
مثال ۲ـ جسم کدری در فاصله‌ی ۴۰ سانتی‌متری منبع نور نقطه‌ای قرار دارد و از آن سایه‌ای به طول ۳۰ cm برروی پرده‌ای که به موازات جسم قرار دارد، تشکیل می‌شود. جسم کدر را ۲۰ cm به پرده نزدیک می‌کنیم. طول سایه چند سانتی‌متر تغییر می‌نماید؟ (فاصله‌ی منبع نور تا پرده ثابت است)

مثال ۳ـ جسم کدری وسط فاصله‌ی میان یک چشمه‌ی نقطه‌ای نور و یک پرده، و به موازات آن قرار دارد. اگر فاصله‌ی میان جسم کدر و پرده را با جابه‌جا کردن جسم، ۲۵٪ افزایش دهیم، قطر سایه چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟

مثال ۴ـ در شکل مقابل، منبع نور نقطه‌ای را چند سانتی‌متر پایین ببریم تا قطر سایه، سه برابر قطر سایه در این حالت شود؟



SanatiSharif.ir
شبکه‌ی طراحی توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir



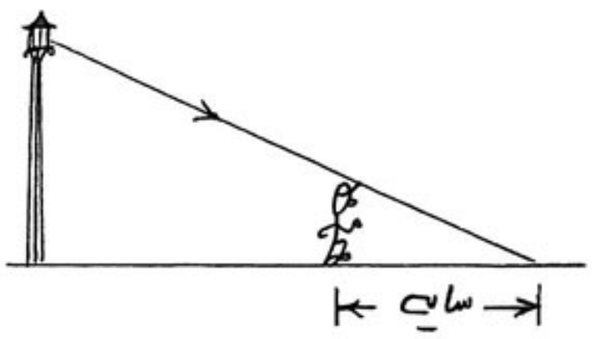
⚠ **نکته :** وقتی دو شکل به لحاظ هندسی با یکدیگر متشابه باشند ، نسبت مساحت های آن دو شکل، مربع نسبت اضلاع یا ابعاد دو جسم خواهد بود. لذا اگر مساحت سایه‌ی جسم بر روی پرده را با S' و مساحت جسم را با S نشان دهیم ، خواهیم داشت :

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{D}{d} = \sqrt{\frac{S'}{S}}$$

مثال ۵ - صفحه‌ی کدری به موازات یک دیوار و بین دیوار و چشمه‌ی نقطه ای نور قرار دارد و مساحت سایه‌ی آن $\frac{4}{9}$ برابر مساحت جسم است . اگر فاصله‌ی دیوار و جسم $50\,cm$ باشد، فاصله‌ی چشمه‌ی نور تا دیوار چند متر است ؟

ب - جسم کدر عمود بر پرده :

در این حالت - که شکل مقابل آن را نمایش می دهد - رابطه‌ی خاصی وجود ندارد و باید با توجه به قضایای هندسه مانند تالس و تشابه و... مجهولات مورد نظر را به دست آورد.



مثال ۶ - ارتفاع چراغ برق خیابانی تا سطح زمین $6\,m$ است و میله ای عمودی به طول $1\,m$ در فاصله‌ی ۱۰ متری از پای چراغ نصب شده است. طول سایه‌ی میله روی زمین افقی، چند متر است ؟

مثال ۷ - چراغی در ارتفاع ۴ متری نصب شده و شخصی که قدش $180\,cm$ است ، از پای چراغ در مسیر مستقیم و افقی با سرعت ثابت $55\,cm/s$ حرکت می کند.

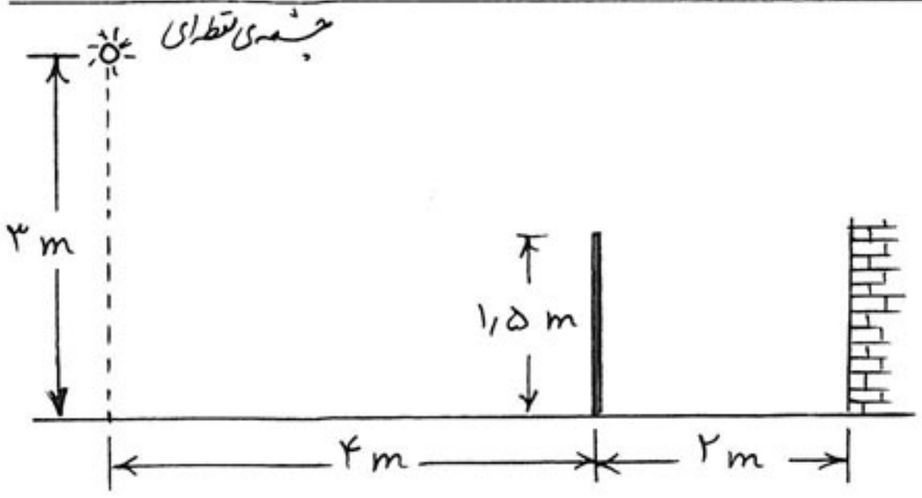
الف - سرعت حرکت سایه‌ی سر این شخص چقدر است ؟

ب - سرعت افزایش طول سایه‌ی این شخص را به دست آورید.

SanatiSharif.ir

مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

مثال ۸ـ درشکل مقابل، طول سایه‌ی میله روی دیوار چند متر است ؟



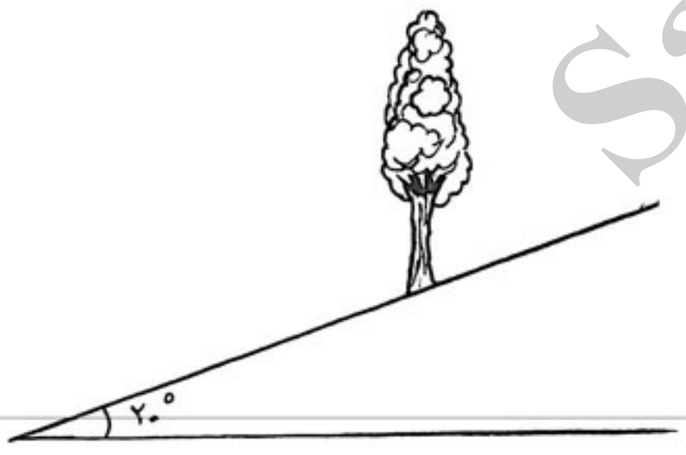
مثال ۹ـ ارتفاع تیرقائمی ۳ m است. درلحظه‌ای که امتداد اشعه‌ی خورشید با راستای قائم زاویه‌ی 37° می‌سازد، طول سایه‌ی تیر روی سطح افقی چند متر است ؟

مثال ۱۰ـ هلی کوپتری با سرعت ثابت ۱۵m/s درراستای قائم به طرف بالا حرکت می‌کند و امتداد پرتوهای خورشید با سطح زمین، زاویه‌ی 37° می‌سازد. سرعت حرکت سایه‌ی هلی کوپتر روی زمین چند متر بر ثانیه است ؟

پ ـ جسم کدر و پرتو، زاویه‌ی خاصی ندارند !

در چنین وضعیتی، حل مساله تبدیل به حل یک مساله‌ی هندسه می‌شود و باید آن را با رسم شکل و کمک گرفتن از قضایای هندسه حل کرد.

مثال ۱۱ـ مطابق شکل درختی به طول ۶٫۸ m به طور عمودی برروی یک سطح شیبدار با زاویه‌ی شیب 20° قرار دارد. درلحظه‌ای که پرتوهای خورشید با راستای افق زاویه‌ی 70° می‌سازند، طول سایه‌ی درخت چند متر است ؟

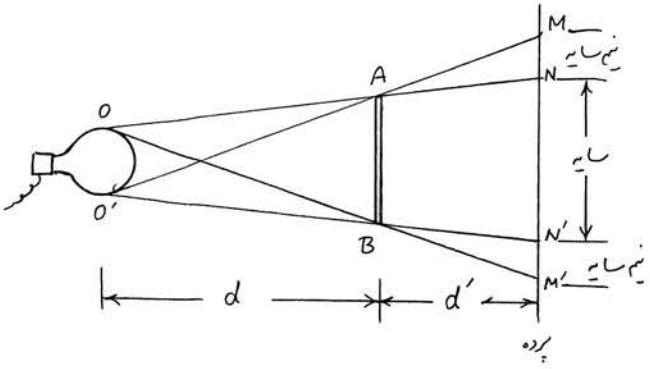


(مساله دو جواب دارد)

$\sin 20^\circ = 0/34$; $\sin 50^\circ = 0/76$

SanatiSharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

تشکیل نیم سایه



هنگامی که جسم کدری مقابل یک چشمه‌ی گسترده‌ی نور قرار می‌گیرد، هر نقطه از چشمه بر روی پرده سایه ایجاد می‌کند و مناطقی نیز توسط آن روشن می‌شود. بنابراین بر روی پرده، ناحیه‌هایی ایجاد می‌شود که توسط تمام نقاط چشمه نور روشن می‌شود و به عبارت دیگر، نور تمام نقاط چشمه به آن می‌رسد، این ناحیه، روشنایی کامل دارد. به همین ترتیب، مناطقی ایجاد می‌شود که سایه‌ی مشترک است و نور هیچ نقطه‌ای از چشمه‌ی نور به آن نمی‌رسد، این منطقه را سایه می‌نامیم.

بخش دیگری نیز در اطراف ناحیه‌ی سایه به وجود می‌آید که توسط قسمتی از نقاط چشمه روشن می‌شود که آن را نیم‌سایه می‌نامند. بنابراین اگر ناظری در محل تشکیل نیم سایه قرار گیرد، فقط قسمتی از چشمه‌ی نور را مشاهده می‌نماید که مقدار آن، به محل ناظر وابسته است.

در مواردی که جسم کدر به موازات پرده و به طور متقارن نسبت به چشمه قرار گرفته باشد، با توجه به روابط هندسی می‌توان نوشت:

$$\hat{OO'B} \sim \hat{N'M'B} \Rightarrow \frac{OO'}{M'N'} = \frac{d}{d'} \quad \text{یا} \quad \hat{OO'A} \sim \hat{MNA} \Rightarrow \frac{OO'}{MN} = \frac{d}{d'}$$

و در نتیجه به کمک روابط بالا می‌توان پهنای نیم سایه را تعیین کرد. برای تعیین قطر سایه نیز از قضیه‌ی تالس در مثلث‌های $OM'N$ یا $O'MN'$ کمک می‌گیریم:

$$\hat{OM'N}: AB \parallel M'N \Rightarrow \frac{AB}{M'N} = \frac{d}{d+d'}$$

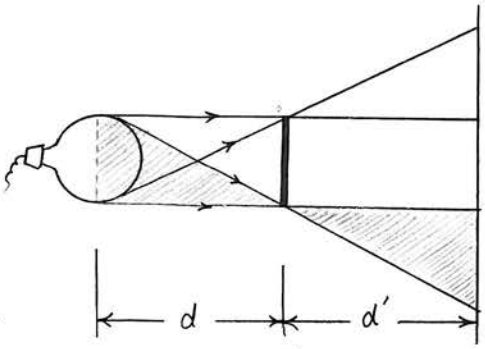
از رابطه‌ی فوق، قطر سایه و پهنای نیم سایه یعنی $M'N$ را می‌توان به دست آورد و با معلوم بودن پهنای نیم سایه، قطر سایه تعیین می‌شود.

مثال ۱۲ـ جسم کدری به قطر ۲۰cm در فاصله‌ی ۴۰ سانتی متری از یک چشمه‌ی گسترده به قطر ۱۰cm قرار دارد. اگر فاصله‌ی جسم کدر تا پرده ۶۰cm باشد،

الف) قطر سایه‌ی جسم چند سانتی متر است؟

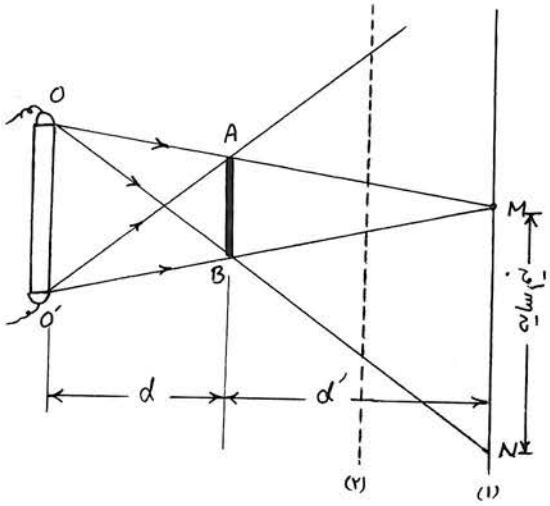
ب) پهنای نیم سایه را به دست آورید (جسم کدر و چشمه‌ی نور، هم محور هستند)

SanatiSharif.ir
مرکز فرهنگی و آموزشی صنعتی شریف
www.sanatisharif.ir



⚠ **نکته :** اگر ابعاد جسم کدر با ابعاد چشمه‌ی نور یکسان باشد، قطر سایه نیز با آنها برابر خواهد بود و برای تعیین پهنای نیم سایه، از همان روشی که قبلاً گفته شد می‌توان استفاده کرد.

⚠ **نکته :** گاهی اوقات ممکن است ابعاد چشمه‌ی نور، بزرگتر از ابعاد جسم کدر باشد، در چنین وضعیتی برای آنکه سایه ایجاد شود، فاصله‌ی پرده تا چشمه‌ی نور نمی‌تواند از مقدار مشخصی که بستگی به ابعاد جسم کدر و چشمه‌ی نور دارد، بیشتر باشد. بنابراین در شکل مقابل اگر بخواهیم سایه به حداقل ممکن (صفر) برسد، داریم :



$$\frac{AB}{OO'} = \frac{d'}{d+d'}$$

از سوی دیگری توان شعاع نیم سایه را از تشابه دو مثلث $OO'B$ و BMN، تعیین کرد:

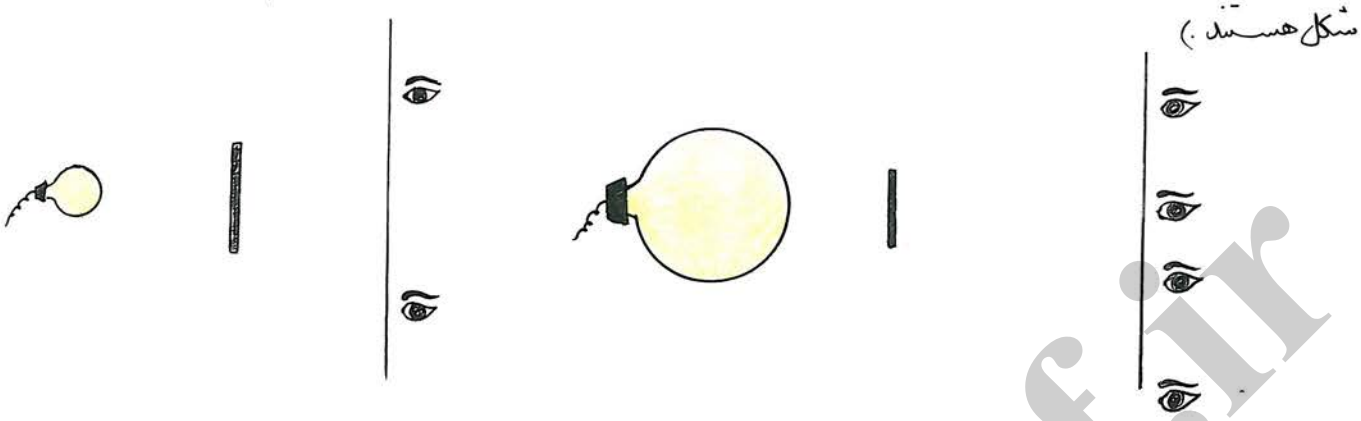
$$\frac{OO'}{MN} = \frac{d}{d'}$$

مثال ۱۳ـ قرص کدری به قطر D، بین یک پرده و یک چشمه‌ی گسترده‌ی نور به قطر $\frac{3}{2}D$ قرار دارد. پرده را آنقدر جابه‌جا می‌کنیم تا قطر سایه به صفر برسد. در این حالت، قطر نیم سایه‌ی قرص کدر، چند برابر قرص کدر است ؟

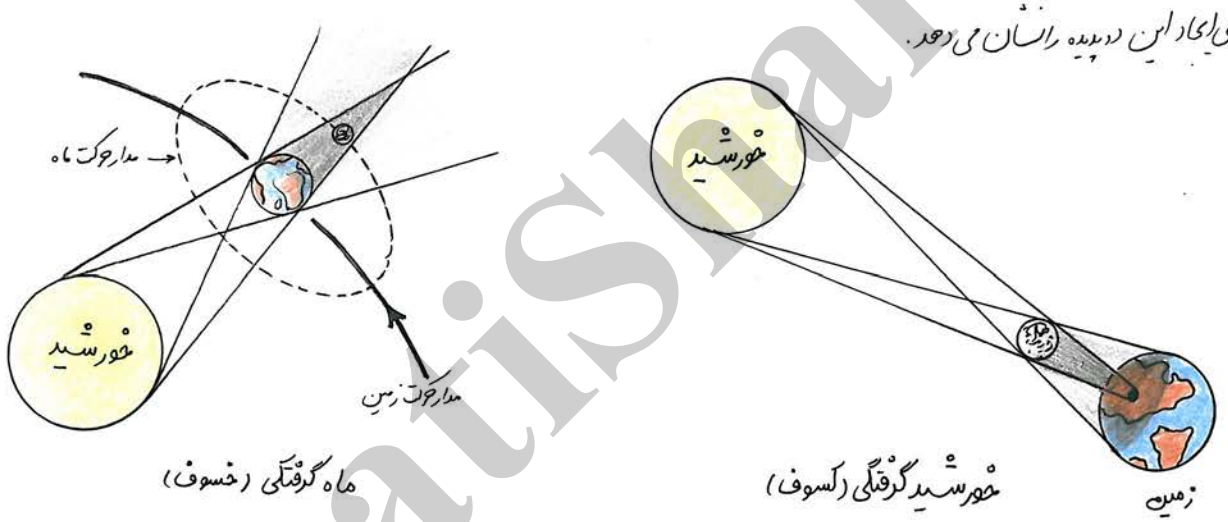
مثال ۱۴ـ در مثال قبل اگر پرده را به قرص کدر نزدیک کنیم به گونه‌ای که فاصله‌ی میان آنها نصف شود، قطر سایه و پهنای نیم سایه را تعیین کنید.

SanatiSharif.ir
www.sanatisharif.ir

مثال ۱۵. در شکل‌های زیر، ناظرها هرکدام چشمه‌ی نور را چگونه مشاهده می‌کنند؟ (چشمه‌ی نور و جسم‌ها کره، هردو دایره‌ای شکل هستند.)



⚠ **نکته:** خسوف (ماه گرفتگی) و کسوف (خورشید گرفتگی)، نمونه‌هایی از کاربرد سایه و نیم سایه در زندگی روزمره است. شکل‌های زیر، به طور ساده نحوه‌ی ایجاد این دو پدیده را نشان می‌دهد.



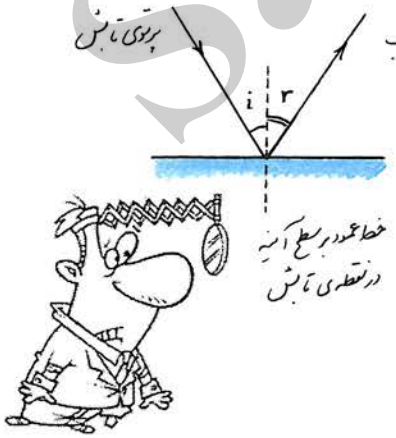
بازتاب نور:

رفتار پرتوهای نور هنگام بازتاب از سطوح صیقلی به گونه‌ای است که می‌توان قوانین زیر را در مورد آنها صادق دانست:

۱. پرتوی تابش، پرتوی بازتاب و خط عمود بر سطح بازتاب کننده در نقطه‌ی تابش هر سه در یک صفحه قرار دارند.

۲. زاویه‌ی تابش با زاویه‌ی بازتاب برابر است یعنی:

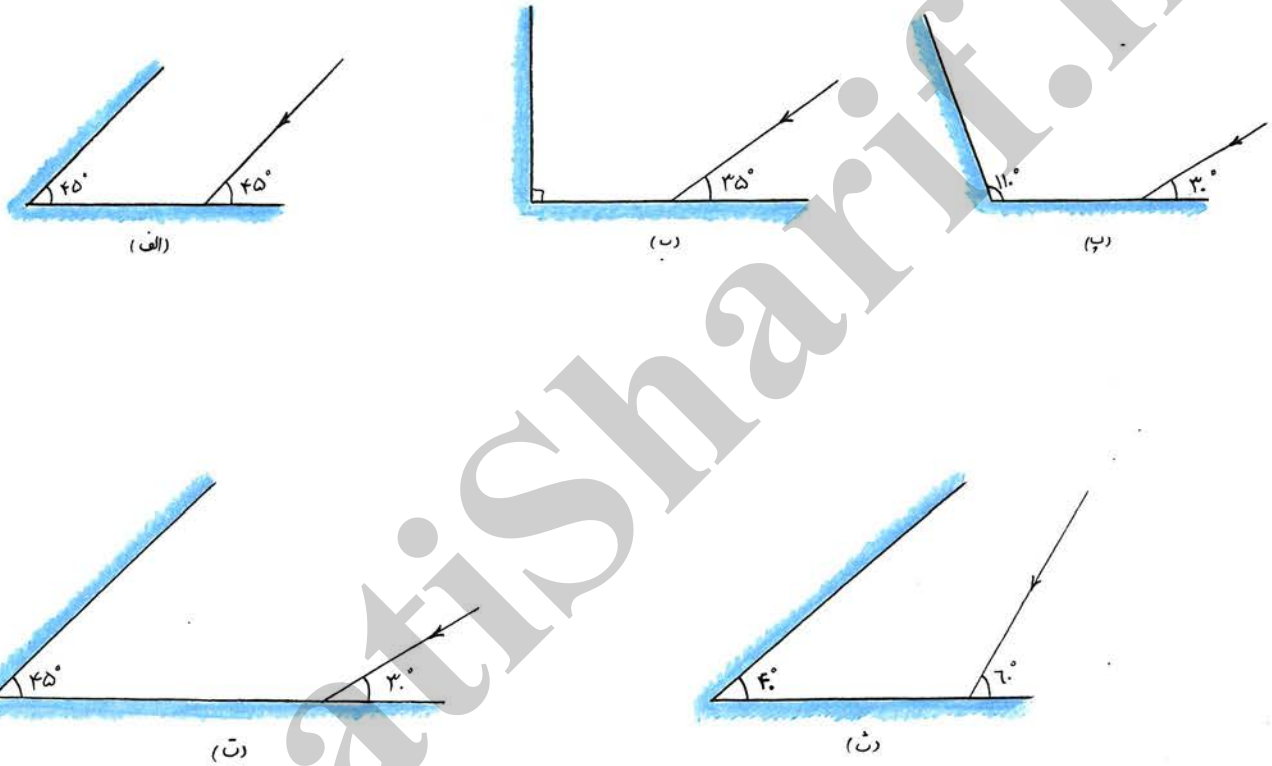
$$\hat{i} = \hat{r}$$



SanatiSharif.ir
www.sanatisharif.ir

مثال ۱۶ـ یک پرتوی نور به آینه‌ی تختی برخورد می‌کند و زاویه‌ای که پرتوی تابش با پرتوی بازتاب می‌سازد، ۶ برابر زاویه‌ی بین پرتوی بازتاب و سطح آینه است. زاویه‌ی تابش چند درجه است؟

مثال ۱۷ـ در هرکدام از شکل‌های زیر، مسیر پرتو را تا هنگام خروج از آینه‌ها به دقت رسم کنید.

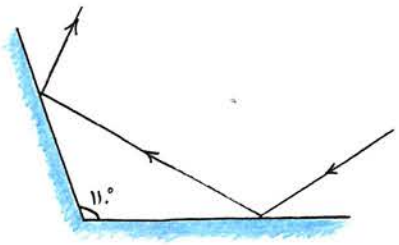


⚠ **نکته:** هنگامی که یک پرتو به یک یا چند آینه برخورد کرده، بازتاب می‌شود، نسبت به امتداد اولیه‌اش منحرف می‌گردد. برای تعیین زاویه‌ی انحراف، زاویه‌ی میان امتداد پرتوی تابش اولیه و بازتاب نهایی را تعیین می‌نماییم.

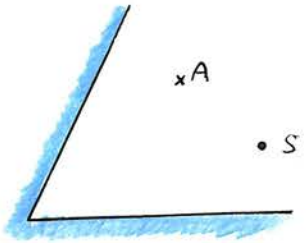
مثال ۱۸ـ در هرکدام از شکل‌های مثال ۱۷، زاویه‌ی انحراف پرتو را تعیین کنید.

SanatiSharif.ir
مرکز تحقیقات کامپیوتری علوم اسلامی
www.sanatisharif.ir

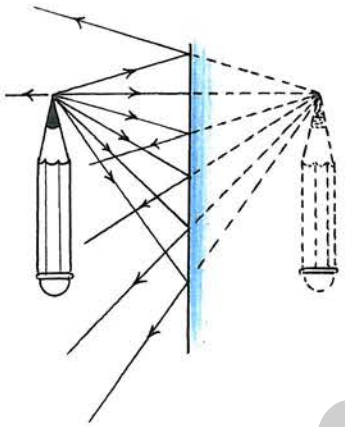
مثال ۱۹ـ در شکل مقابل مسیر پرتوی نور هنگام بازتاب از دو آینه که با یکدیگر زاویه‌ی ۱۱۰° می‌سازند نشان داده شده است. زاویه‌ی انحراف پرتو چند درجه است؟



مثال ۲۰ـ در شکل مقابل پرتوی از چشمه‌ی نقطه‌ای S رسم کنید که پس از بازتاب از دو آینه، از نقطه‌ی A بگذرد.

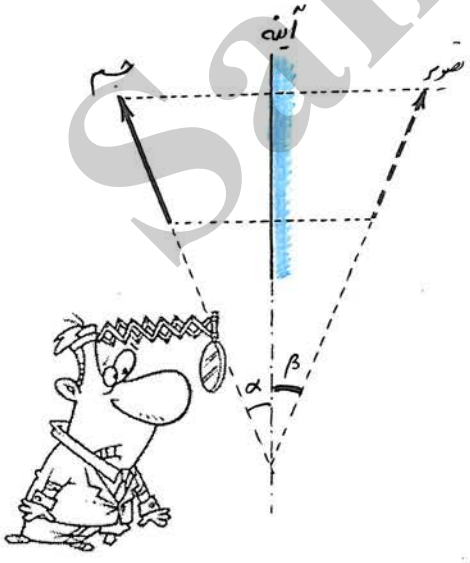


تشکیل تصویر در آینه‌ی تخت:



وقتی جسمی در مقابل یک آینه‌ی تخت قرار می‌گیرد، هر نقطه از آن مانند یک چشمه‌ی نقطه‌ای عمل می‌کند و از آن، تعدادی شماری پرتو می‌تابد. این پرتوهای واگرا، پس از بازتاب از آینه نیز واگرا مانند و امتداد پرتوهای بازتاب یکدیگر را در نقطه‌ای قطع می‌کنند. این نقطه محل تشکیل تصویر نقطه‌ی مورد نظر خواهد بود.

بدین ترتیب می‌توان تصویر کل جسم را در آینه‌ی تخت به دست آورد. تصویر در آینه‌ی تخت، دارای ویژگی‌های زیر است:



۱. تصویر مجازی است، یعنی از امتداد پرتوهای بازتاب، و در درون آینه تشکیل می‌شود.

۲. تصویر نسبت به جسم، مستقیم است.

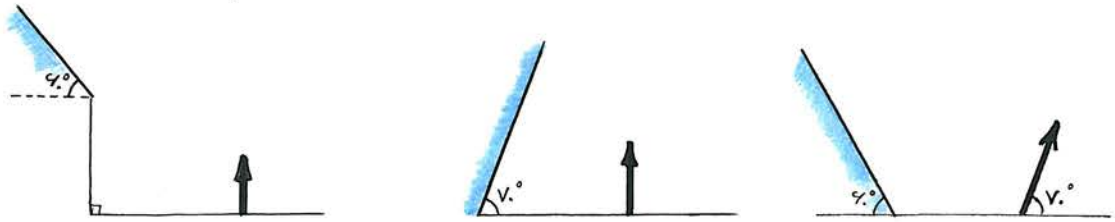
۳. طول تصویر با طول جسم برابر است.

۴. فاصله‌ی جسم تا آینه با فاصله‌ی تصویر تا آینه برابر است.

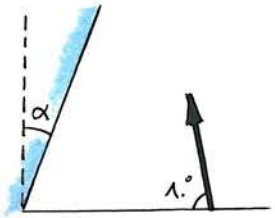
۵. امتداد راستای جسم، امتداد آینه و امتداد راستای تصویر یکدیگر را در نقطه‌ای روی آینه قطع می‌کنند و در این صورت $\alpha = \beta$ است.

Sanatisharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

مثال ۲۱ ـ در هرکدام از شکل‌های زیر، زاویه‌ی میان امتداد تصویر جسم و آینه را تعیین کنید.



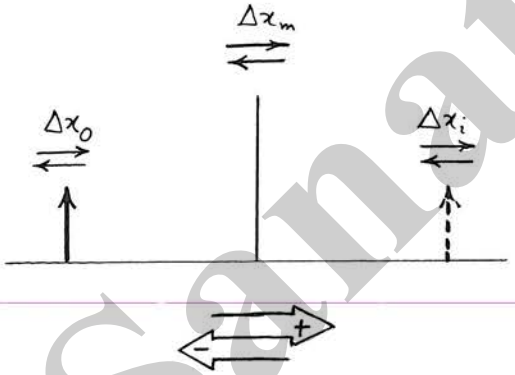
مثال ۲۲ ـ در شکل مقابل هنگامی که زاویه‌ی α را 10° افزایش می‌دهیم، امتداد جسم و تصویر بر هم عمود می‌شوند. α چند درجه است؟



⚠ **نکته:** تصویر در آینه‌ی تخت دارای وارون جانبی دارد. یعنی سمت راست جسم، سمت چپ تصویر خواهد بود.

مثال ۲۳ ـ عقربه‌های یک ساعت در وضعیتی قرار دارند که تصویر آن در آینه، ساعت ۴:۲۰ را نشان می‌دهد. ساعت چند است؟

انتقال آینه‌ی تخت:



جسمی را در نظر می‌گیریم که مقابل یک آینه‌ی تخت قرار دارد و تصویری از آن در آینه تشکیل شده است. اگر جسم به اندازه‌ی Δx_0 و آینه به اندازه‌ی Δx_m جابه‌جا شود، تصویر به اندازه‌ی Δx_i جابه‌جا خواهد شد و در این صورت اگر برای جابه‌جایی‌ها "علامت" در نظر بگیریم، داریم:

$$\Delta x_m = \frac{\Delta x_i + \Delta x_0}{2}$$

مثال ۲۴ ـ جسمی در مقابل یک آینه‌ی تخت قرار دارد و تصویر آن در آینه تشکیل شده است. اگر جسم به اندازه‌ی $2\,m$ و آینه به اندازه‌ی $3\,m$ در خلاف جهت یکدیگر حرکت کنند، تصویر چند متر جابه‌جا می‌شود؟

SanatiSharif.ir
گنجینه طراحی توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

مثال ۲۵ـ توسط یک آینه تخت از جسمی که درمقابل آن قرار دارد، تصویری تشکیل داده‌است. جسم در امتداد عمود بر آینه ۸.cm از آینه دور می‌شود. آینه را چند سانتی‌متر و درچه جهتی جابه‌جا کنیم تا تصویر به محل اولیه‌اش منتقل شود؟

⚠ **نکته:** باتوجه به آنکه $V = \frac{dx}{dt}$ است، می‌توان نتیجه گرفت اگر جسم، آینه و تصویر به‌ترتیب با سرعت‌های V_0، V_m و V_i حرکت کنند، رابطه‌ی زیر بین آنها برقرار است:

$$V_m = \frac{V_i + V_0}{2}$$

⚠ **نکته:** سرعت و جابه‌جایی، کمیت‌های نسبی هستند. بنابراین می‌توان مثلاً سرعت جسم نسبت به آینه، سرعت تصویر نسبت به آینه یا... را نیز مورد بررسی قرار داد. همانگونه که از مکانیک می‌دانیم، اگر سرعت جسم A نسبت به B را بخواهیم به دست آوریم، داریم:

$$V_{A,B} = V_A - V_B$$

بنابراین می‌توان سرعت جسم نسبت به تصویر یا آینه را نیز به صورت زیر تعیین کرد:

سرعت جسم نسبت به آینه $V_{om} = V_o - V_m$ سرعت جسم نسبت به تصویر $V_{oi} = V_o - V_i$

مثال ۲۶ـ شخصی درمقابل آینه قرار دارد. اگر شخص با سرعت V و آینه با سرعت $\frac{V}{2}$ به طرف یکدیگر حرکت کنند،

الف) تصویر جسم با چه سرعتی جابه‌جا می‌شود؟

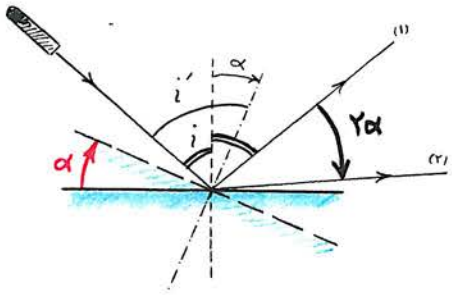
ب) تصویر با چه سرعتی به آینه نزدیک می‌شود؟

مثال ۲۷ـ جسمی در فاصله‌ی ۲ متری یک آینه تخت قرار گرفته. اگر جسم و آینه هریک به اندازه‌ی ۳۰.cm به هم نزدیک شوند، فاصله‌ی جسم تا تصویرش در این حالت چند متر است؟

مثال ۲۸ـ جسمی با سرعت $4.0 cm/s$ به یک آینه‌ی تخت نزدیک می‌شود و جهت سرعت آن با سطح آینه زاویه‌ی ۳۰° می‌سازد. سرعت انتقال تصویر نسبت به جسم چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟

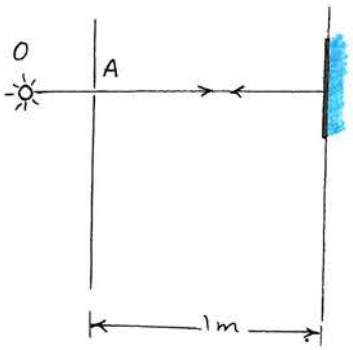
SanatiSharif.ir
تبلیغ فارغ از توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

دوران آینه‌ی تخت :

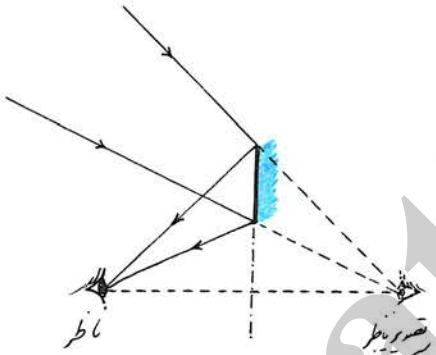


می‌توان نشان داد اگر با ثابت ماندن پرتوی تابش، آینه‌ی تخت را به اندازه‌ی α درجه دوران دهیم، زاویه‌ی تابش به اندازه‌ی α درجه تغییر می‌کند و به $i' = i \pm \alpha$ تبدیل می‌شود و در اینصورت، پرتوی تابش، نسبت به حالت قبل به اندازه‌ی 2α دوران می‌یابد.

مثال ۲۹- مطابق شکل پرتوهای نور منبع O از روزنه‌ی کوچک A عبور می‌کند و به سطح یک آینه‌ی تخت که به موازات سطح پرده قرار دارد برخورد می‌کند. اگر آینه را به اندازه‌ی $18/5^\circ$ بچرخانیم، پرتوی بازتاب درچه فاصله‌ای از نقطه‌ی A به پرده برخورد می‌کند؟



میدان دید در آینه‌ی تخت :



بخشی از فضای مقابل آینه که ناظری می‌تواند اجسام موجود در آن فضا را به کمک آینه مشاهده کند، میدان دید آینه گفته می‌شود.

برای تعیین محدوده‌ی میدان دید در آینه کافی است ابتدا محل تصویر ناظر در آینه را بدست آورده، سپس از آن جا خطوطی به لبه‌های آینه وصل کرده و ادامه دهیم.

مثال ۳۰- شخصی مقابل آینه‌ی تخت قائمی ایستاده است. فاصله‌ی شخص از آینه $50\,cm$ و طول آینه $60\,cm$ است.

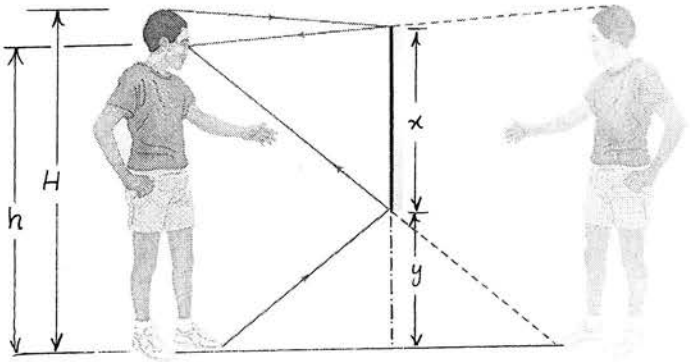
الف) شخص حداقل در چه فاصله‌ای از ساختمانی به ارتفاع $30\,m$ قرار گیرد تا بتواند بالا و پایین ساختمان را در آینه ببیند؟

ب) فاصله‌ی چشم شخص تا زمین $150\,cm$ است. فاصله‌ی پایین آینه تا زمین باید چند سانتی‌متر باشد؟

SanatiSharif.ir
مرکز آموزش و پژوهش علمی کاربردی صنعتی شریف
www.sanatisharif.ir

مثال ۳۱ـ شخصی در فاصله‌ی ۱ متر از یک آینه‌ی تخت به مساحت $۴۰۰cm^۲$ ایستاده است. این شخص چه مساحتی از دیوار پشت سرش و به فاصله‌ی ۲ متر از خودش را می‌تواند در آینه ببیند؟

⚠ نکته: حداقل طول آینه برای آنکه وقتی شخصی در مقابل آن ایستاده، بتواند به طور کامل خود را در آن ببیند، نصف طول قد شخص است. این مقدار به فاصله‌ی شخص تا آینه بستگی ندارد. بنابراین،



$$x = \frac{H}{۲}$$

در این حالت باید آینه در فاصله‌ای برابر با نصف فاصله‌ی چشم شخص تا زمین نصب شده باشد!

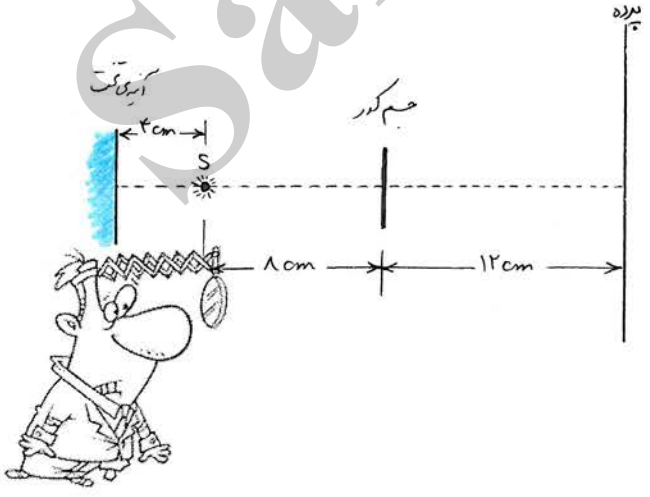
$$y = \frac{h}{۲}$$

مثال ۳۲ـ شخصی به طول قامت ۱۸۰cm در مقابل یک آینه‌ی تخت قائم قرار دارد و به طور کامل خود را در آینه مشاهده می‌کند. فاصله‌ی چشمان این شخص تا بالای سر او ۱۸cm است.

الف) حداقل طول آینه و فاصله‌ی آینه تا زمین را تعیین کنید.

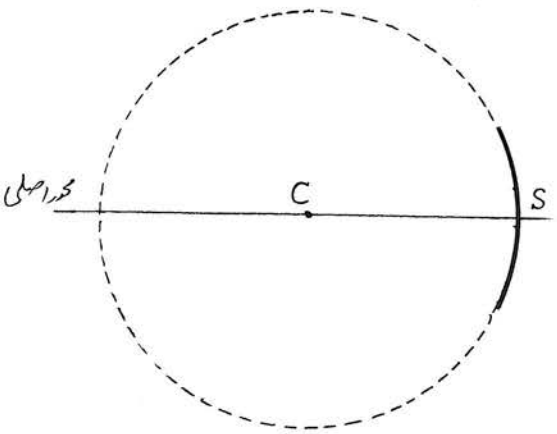
ب) اگر شخص فاصله‌اش تا آینه را دو برابر کند، چند درصد از قد خود را می‌بیند؟

مثال ۳۳ـ در شکل مقابل، قطر سایه و پهنای نیمسایه را تعیین کنید.



SanatiSharif.ir
مشاوره طراحی توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

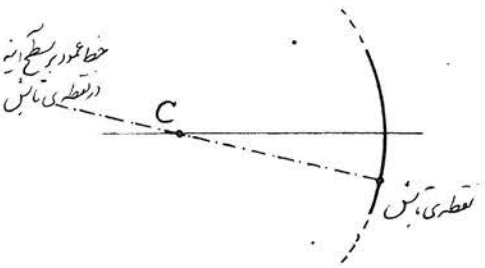
آینه های کُروی :



هر آینه‌ی کروی بخشی از یک سطح کروی است که قسمت داخلی یا خارجی آن می تواند بازتاب کننده باشد.

- **مرکز انحنای آینه** : مرکز کره‌ای که آینه از آن ساخته شده است را مرکز انحنای آینه می نامند و معمولاً با C نمایش می دهند.
- **راس آینه** : کوتاه‌ترین فاصله‌ی آینه را راس آن می نامند و با S نمایش می دهند.
- **محور اصلی آینه** : خطی که از مرکز انحنا و راس آینه می گذرد، محور اصلی آینه نام دارد.

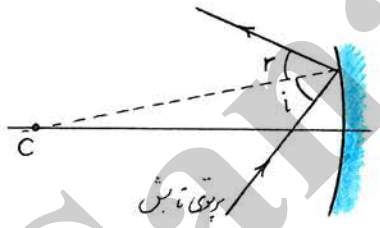
نکته : قوانین تابش و بازتاب نور، در آینه های کروی نیز صادق است. در آینه‌های کروی، خط عمود بر سطح آینه در نقطه تابش، شعاعی از کره‌ی سازنده‌ی آینه است که از نقطه‌ی تابش می گذرد. به بیان دیگر برای رسم خط عمود، کافی است نقطه‌ی تابش را به مرکز انحنای آینه متصل نماییم.



- **شعاع (انحنای) آینه** : شعاع کره‌ای که آینه از آن ساخته شده است را شعاع انحنای آینه می نامند و معمولاً با R نمایش می دهند. $R = CS$

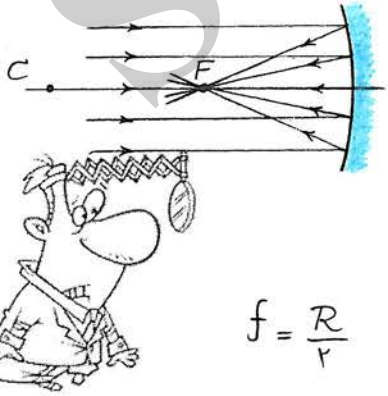
آینه‌های کروی برحسب آنکه سطح داخلی یا خارجی آنها بازتاب کننده باشد، به دو گروه آینه های مقعر (کاو) و آینه های محدب (کوژ) تقسیم می شوند که به بررسی آنها می پردازیم.

۱. آینه‌ی مقعّر (کاو) :



در این نوع آینه، سطح داخلی بازتاب کننده است و اگر پرتوی دلخواهی به سطح آینه برخورد نماید، برطبق قوانین بازتاب، رفتار کرده و بازتابیده می شود.

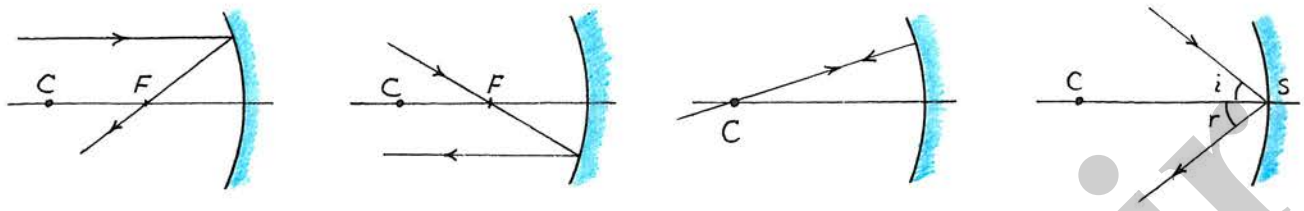
- **کانون آینه‌ی مقعر** : هرگاه یک دسته پرتوی موازی محور اصلی آینه‌ی مقعر به آن بتابد، پرتوها به گونه ای بازتاب می شوند که یکدیگر را در نقطه ای واقع بر محور اصلی آینه قطع می کنند. این نقطه را کانون اصلی آینه‌ی مقعری نامند و با F نمایش می دهند. اگر شعاع انحنای آینه به اندازه‌ی کافی بزرگ باشد، F وسط پاره خط CS قرار دارد و در این صورت داریم:



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

SanatiSharif.ir
مرکز آموزش و دانلود رایگان صنعتی شریف
www.sanatisharif.ir

✓ پرتوهای خاص در آینه‌ی مقعر: هرچند مسیر بازتاب تمامی پرتوها را می‌توان به کمک قوانین تابش نور رسم کرد، اما تعدادی از پرتوهای خاص هستند که کاربرد بیشتری دارند.



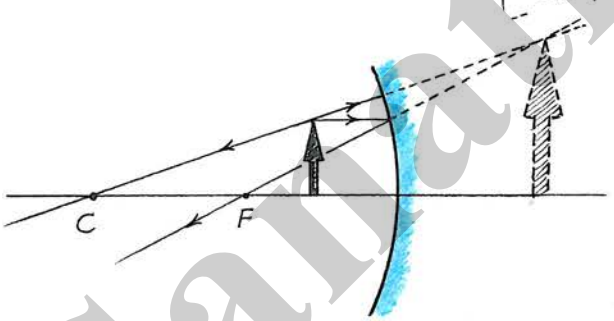
✓ تشکیل تصویر در آینه‌ی مقعر:

هنگامی که جسمی در مقابل آینه‌ی مقعر قرار می‌گیرد، هر نقطه‌اش مانند یک چشمه‌ی نقطه‌ای نور عمل می‌کند و از آن، تعدادی نهایی پرتو خارج می‌شود و برخی از آن‌ها به آینه برخورد کرده، بازتاب می‌شوند. پرتوهای بازتاب (یا امتداد آن‌ها) یکدیگر را در نقطه‌ای قطع می‌کنند که محل تشکیل تصویر است. به این ترتیب می‌توان تصویر کل جسم را به دست آورد.

برای اجسامی که عمود بر محور اصلی قرار دارند، و در مقابل آینه‌های با شعاع انحنای زیاد قرار گرفته‌اند، می‌توان نشان داد تصویر نیز عمود بر محور اصلی ایجاد می‌شود.

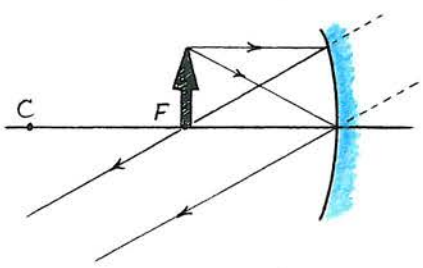
ویژگی‌های تصویر، به محل قرارگرفتن جسم بستگی دارد و در ادامه، حالت‌های مختلف را بررسی می‌کنیم:

۱. جسم در فاصله‌ی کانونی:



در این حالت، تصویر مجازی، نسبت به جسم مستقیم و بزرگ‌تر از جسم است. هرقدر جسم به آینه نزدیک‌تر باشد، تصویر نیز کوچک‌تر شده و به آینه نزدیک می‌شود و هرقدر جسم از آینه دورتر رود و به کانون نزدیک شود، تصویر بزرگ‌تر شده و در فاصله‌ی بسیار دور (بی‌نهایت) تشکیل می‌شود.

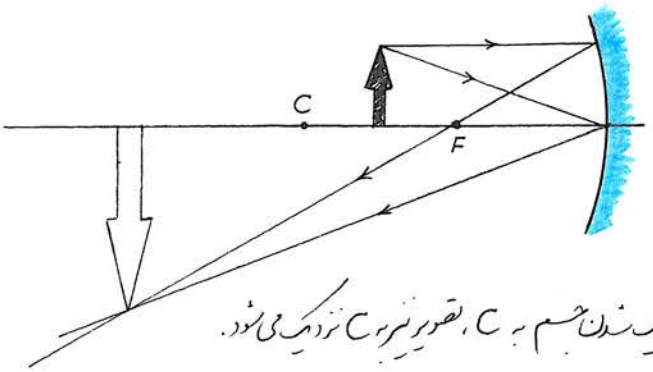
۲. جسم روی کانون:



در این حالت، یک دسته پرتوی موازی تشکیل خواهد شد و تصویری از جسم در آینه ایجاد نمی‌شود.

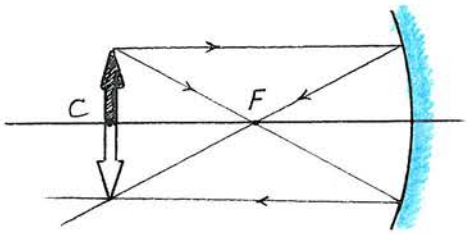
SanatiSharif.ir
مدیریت طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

۳. جسم بین کانون و مرکز انحنای آینه :



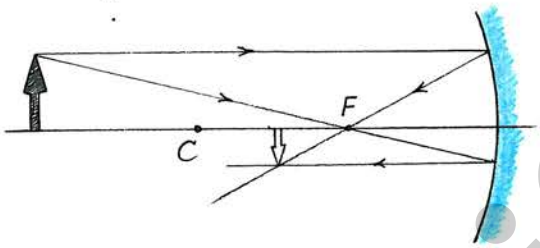
در این حالت، تصویر حقیقی، نسبت به جسم وارونه و بزرگتر از جسم است و در فاصله‌ای خارج از مرکز انحنای آینه قرار می‌گیرد ($q > R$). هرقدر جسم به کانون نزدیکتر باشد، تصویر آن دورتر و اندازه‌ی آن بزرگتر است و با نزدیک شدن جسم به C، تصویر نیز به C نزدیک می‌شود.

۴. جسم روی مرکز انحنای آینه :



در این حالت، تصویر حقیقی، نسبت به جسم وارونه و هم اندازه‌ی جسم است و روی مرکز انحنای آینه تشکیل می‌شود.

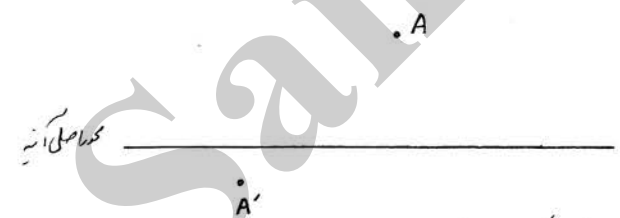
۵. جسم خارج از مرکز انحنای آینه :



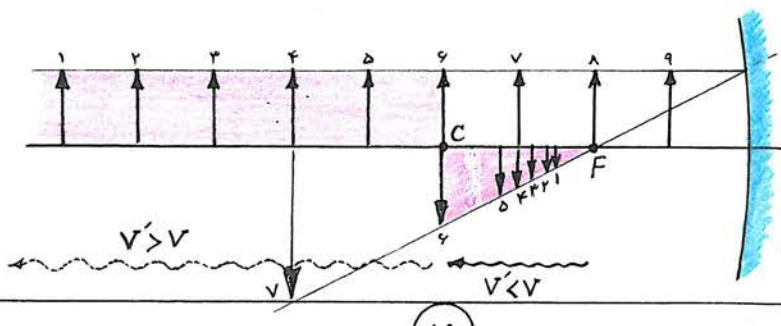
در این حالت، تصویر حقیقی، نسبت به جسم وارونه و کوچکتر از جسم است و در فاصله‌ای بین مرکز انحنای آینه و کانون تشکیل می‌شود. هرقدر جسم فاصله‌اش تا آینه بیشتر شود، تصویر نیز کوچکتر شده و به سمت کانون آینه تغییر مکان می‌دهد.

⚠ **نکته :** هر نقطه از جسم، تصویر آن نقطه و مرکز انحنای آینه (C) همواره بر یک خط راست قرار دارند.

مثال ۳۴- در شکل مقابل، نقطه‌ی A′ تصویر نقطه‌ی A در آینه‌ی مقعر است. محل آینه، مرکز آینه و کانون آینه را تعیین کنید.

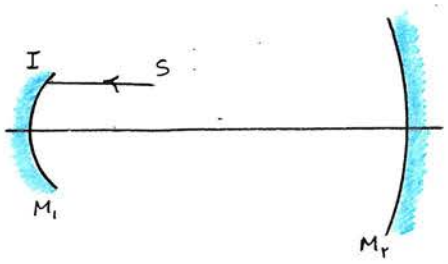


⚠ **نکته :** اگر جسمی با سرعت ثابت V از فاصله‌ی بسیار دور به طرف آینه‌ی تخت حرکت کند، تصویر آن با سرعت V' جابه‌جا خواهد شد و داریم :



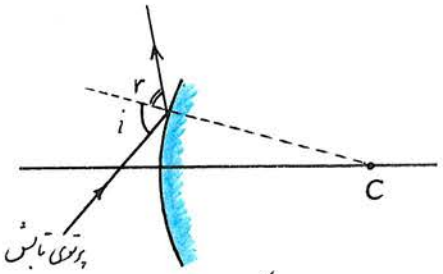
Sanatisharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

مثال ۳۵- درشکل مقابل، پرتوی نور SI پس از بازتاب از دو آینه، بر روی خودش بازمی‌گردد. اگر فاصله‌ی کانونی آینه‌ها $f_1 = 10\ cm$ و $f_2 = 20\ cm$ باشد، فاصله‌ی دو آینه از یکدیگر چند سانتی‌متر است؟

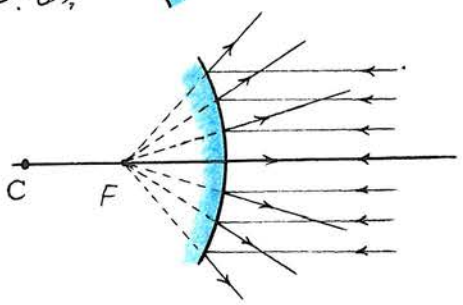


۲. آینه‌ی محدب (کوژ):

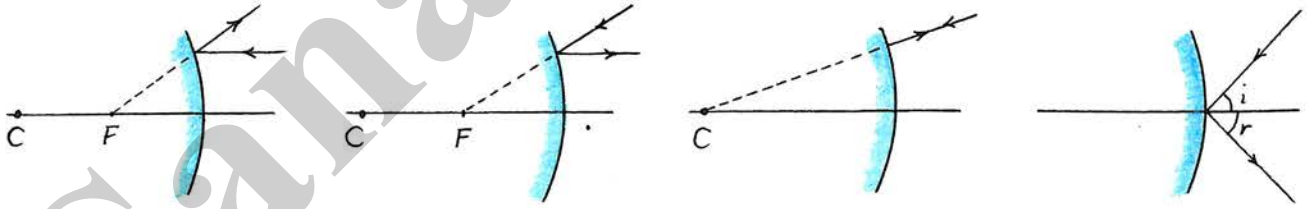
در این نوع آینه، سطح خارجی بازتاب کننده است و اگر پرتوی دلخواهی به سطح آینه برخورد نماید، بر طبق قوانین بازتاب رفتار کرده و بازتابیده می‌شود.



✓ **کانون آینه‌ی محدب:** هرگاه یک دسته پرتو موازی محور اصلی آینه‌ی محدب به آن بتابد، پرتوها به گونه‌ای بازتاب می‌شوند که امتداد آنها یکدیگر را در نقطه‌ای واقع بر محور اصلی آینه قطع می‌کنند. این نقطه‌ی مجازی" کانون اصلی آینه‌ی محدب است که آن را با F نمایش می‌دهند. اگر شعاع انحنای آینه به اندازه‌ی کافی بزرگ باشد، F وسط پاره‌خط CS قرار دارد.



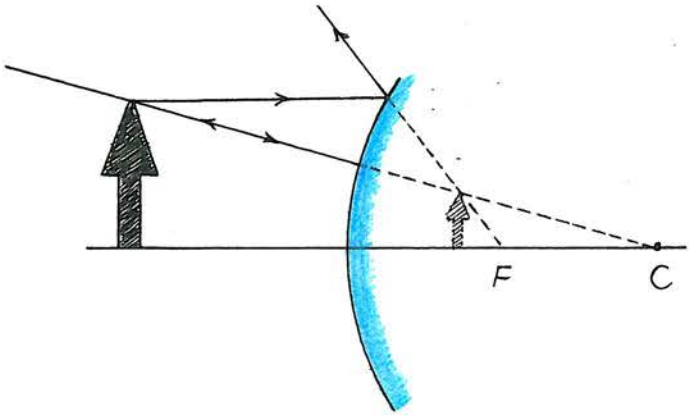
✓ **پرتوهای خاص در آینه‌ی محدب:** در آینه‌ی محدب نیز برخی از پرتوها هستند که دارای ویژگی خاصی می‌باشند و کاربرد فراوانی دارند.



✓ **تشکیل تصویر در آینه‌ی محدب:**

در اینجا نیز هر نقطه از تصویر، از امتداد پرتوهای بازتاب شده از هر نقطه‌ی جسم تشکیل می‌شود. برای اجسام باریکی که عمود بر محور اصلی آینه‌ی محدب قرار دارند، تصویر نیز عمود بر محور اصلی تشکیل می‌شود.

SanatiSharif.ir
مدیریت طرح و توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

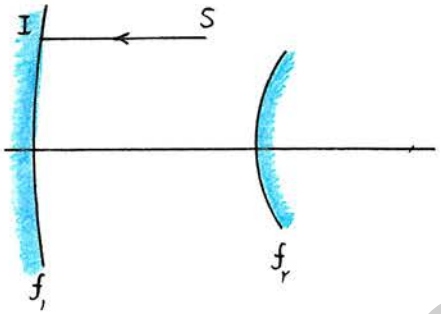


در آینه‌های محدب، تصویر همواره مجازی، نسبت به جسم مستقیم و کوچکتر از جسم است و همواره در فاصله‌ی بین کانون آینه و خود آینه تشکیل می‌شود.

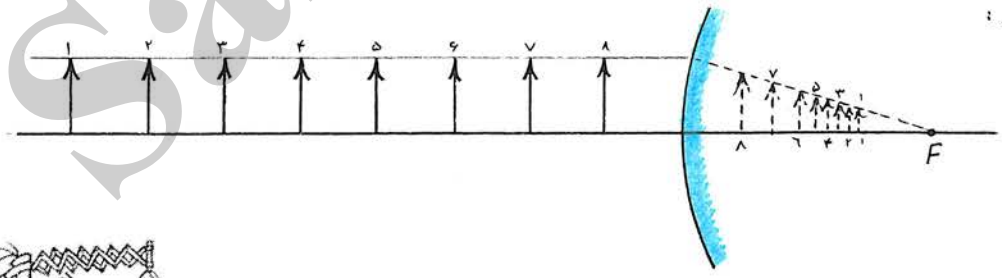
هرقدر جسم به آینه نزدیک‌تر شود، تصویر نیز به آینه نزدیک می‌شود و بزرگ‌تر می‌شود و هرقدر جسم از آینه دورتر شود، تصویر کوچک‌تر شده و به کانون آینه نزدیک می‌شود.

مثال ۳۶- قطر دهانه‌ی آینه‌ی محدبی $5\,cm$ است. یک دسته پرتوی موازی با محور اصلی آینه به آن می‌تابد و بر دیواری به فاصله‌ی $1{,}8\,m$ از آینه و عمود بر محور اصلی آن قرار دارد، لکه‌ای روشن به قطر $0{,}5\,m$ ایجاد می‌شود. شعاع انحنای آینه چند سانتی‌متر است؟

مثال ۳۷- در شکل مقابل، پرتوی SI که موازی محور اصلی مشترک دو آینه است، بعد از بازتاب از دو آینه، بر روی خودش بازمی‌گردد. اگر فاصله‌ی کانونی آینه‌های مقعر و محدب به ترتیب f_1 و f_2 باشد، فاصله‌ی میان دو آینه را تعیین نمایید.

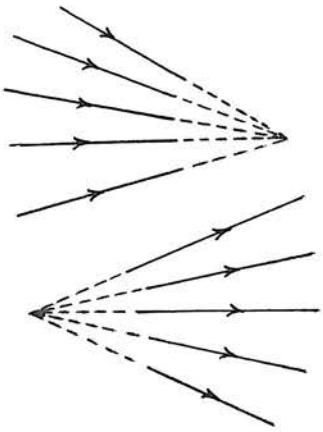


⚠ **نکته:** اگر جسمی با سرعت ثابت V از فاصله‌ی بسیار دور به طرف آینه‌ی محدب حرکت کند، تصویر آن با سرعتی کمتر از V از کانون، به طرف آینه حرکت خواهد کرد.



⚠ **نکته:** محل هر نقطه از جسم، محل تصویر آن در آینه و مرکز انحنای آینه، در اینجا نیز همواره بر روی یک خط راست قرار دارند.

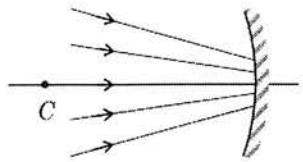
Sanatisharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

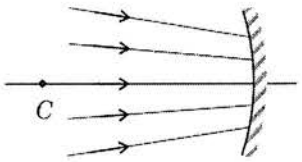


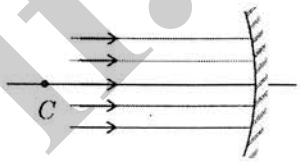
نکته: هرگاه یک دسته پرتو، به سمت یک نقطه حرکت کنند و یکدیگر را در آن نقطه قطع نمایند، دسته پرتوها را همگرا می نامند. این پرتوها می توانند تصویر حقیقی از یک جسم تشکیل دهند.

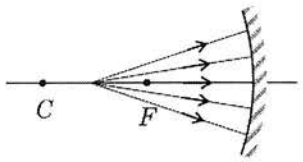
به همین ترتیب اگر یک دسته پرتو به گونه ای باشد که همه ی آنها از یک نقطه خارج شده باشند، این دسته پرتو، واگرا نامیده می شود. پرتوهای واگرا، از جسم حقیقی یا تصویر مجازی ساطع می شوند!

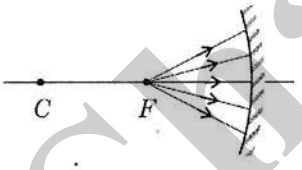
مثال ۳۸- در هرکدام از شکل های زیر، ابتدا مسیر پرتوهای بازتاب را رسم نمایید و سپس بیان کنید که پرتوهای بازتاب، همگرا، واگرا یا موازی هستند.

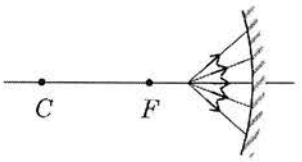


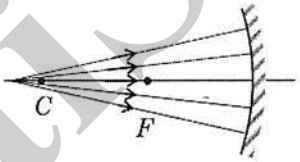


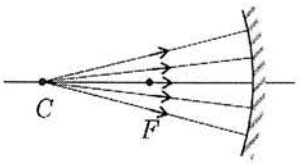


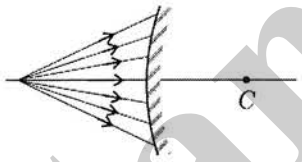


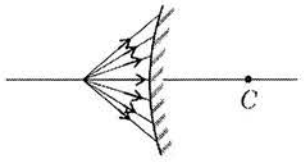


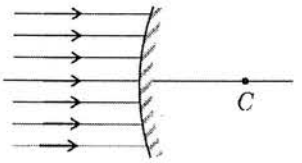


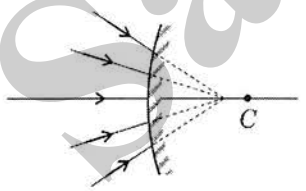


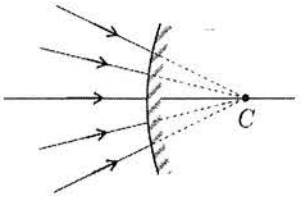


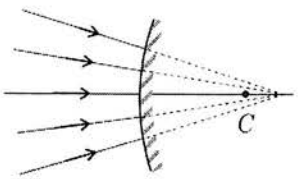


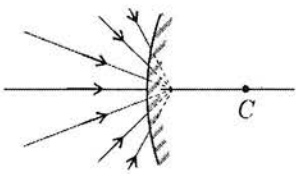


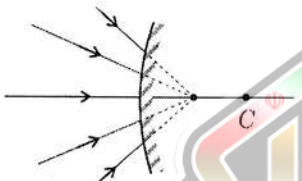






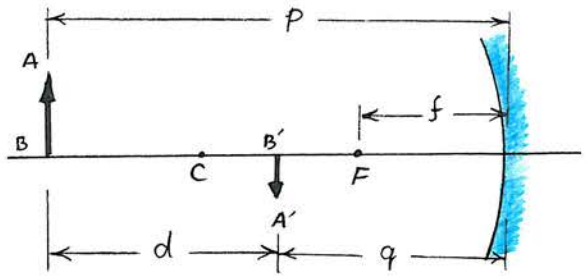






SanatiSharif.ir
تصویری از فرم توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

روابط ریاضی در آینه های کروی :



اگر جسم کوچکی به طول AB در فاصله‌ی p از یک آینه‌ی کروی به شعاع انحنای R قرار گیرد و از آن تصویری به طول A'B' در فاصله‌ی q از آینه تشکیل شود، خواهیم داشت :

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f} \qquad |f|=\frac{R}{2}$$

$$m=\frac{|q|}{p}=\frac{A'B'}{AB} \qquad d=|p-q|$$

در این روابط ، m بزرگنمایی (خطی) و d فاصله‌ی میان جسم و تصویر است.

⚠ **نکته :** هنگام استفاده از روابط ریاضی آینه‌های کروی ، از قرارداد حقیقی ، مثبت و مجازی ، منفی است بهره می‌گیریم. بنابراین

- تصویر حقیقی $q>0$ — مجازی $q<0$
- آینه مقعر $f>0$ — محدب $f<0$

مثال ۳۹- جسم کوچکی به طول ۳ cm در مقابل یک آینه‌ی محدب به شعاع انحنای ۴۰ cm قرار دارد. اگر فاصله‌ی میان جسم و آینه ۲۰ cm باشد، طول تصویر چند سانتی‌متر است؟

مثال ۴۰- آینه‌ای کروی از جسمی که مقابل آن قرار دارد، تصویری ایجاد کرده که نسبت به جسم مستقیم است و در فاصله‌ی ۳۰ cm از آینه قرار دارد. اگر طول تصویر دو برابر طول جسم باشد، نوع آینه و شعاع انحنای آن را بیابید.

SanatiSharif.ir
مدیریت طرح و توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

⚠ **نکته:** اگر فاصله‌ی جسم تا آینه‌ی کروی، $p=n|f|$ باشد، در این صورت $q=\frac{\mp p}{n\pm 1}$ است، و $m=\frac{1}{|n\pm 1|}$ خواهد بود.

در رابطه‌ی بالا، علامت‌های بالایی مربوط به آینه‌ی محدب و علامت‌های پایینی مربوط به آینه‌ی مقعر است.

مثال ۴۱ ـ جسمی در فاصله‌ی $3f$ از آینه‌ی مقعری به فاصله‌ی کانونی f قرار دارد. مطلوبست:

الف) فاصله‌ی تصویر تا آینه.

ب) بزرگنمایی آینه در این حالت.

پ) فاصله‌ی جسم تا تصویر.

مثال ۴۲ ـ جسمی در فاصله‌ی $\frac{R}{2}$ از یک آینه‌ی محدب به شعاع انحنای R قرار دارد. بزرگنمایی آینه در این حالت چند است؟

⚠ **نکته:** اعداد طلایی زیر هنگام حل مسائل آینه‌های کروی مفید هستند!!

	آینه‌ی مقعر							آینه‌ی محدب		
					C		F			
p:	$\frac{8}{2}f$	$\frac{7}{2}f$	$\frac{6}{2}f$	$\frac{5}{2}f$	$\frac{4}{2}f$	$\frac{3}{2}f$	$\frac{2}{2}f$	$\frac{1}{2}f$	$\frac{1}{2}f$	$\frac{2}{2}f$	$\frac{3}{2}f$
q:	$\frac{8}{6}f$	$\frac{7}{5}f$	$\frac{6}{4}f$	$\frac{5}{3}f$	$\frac{4}{2}f$	$\frac{3}{1}f$	—	$\frac{1}{-1}f$	$\frac{1}{-3}f$	$\frac{2}{-4}f$	$\frac{3}{-5}f$
m:	$\frac{2}{6}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{2}{1}$	—	$\frac{2}{1}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{2}{5}$

مثال ۴۳ ـ جسمی در مقابل یک آینه‌ی مقعر قرار دارد و طول تصویر حقیقی آن، $\frac{2}{3}$ طول جسم است. جسم را $30\,cm$ جابه‌جا می‌کنیم. مشاهده می‌شود که تصویر در حالت جدید، نصف تصویر در حالت قبل شده است. فاصله‌ی کانونی آینه را تعیین کنید.

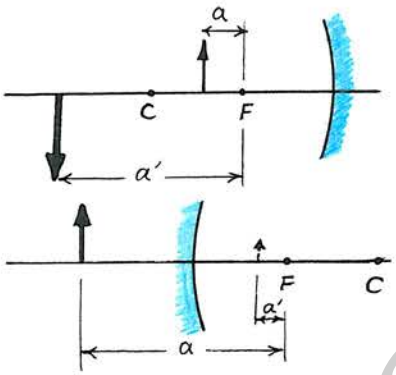
SanatiSharif.ir
مرکز ملی پرورش استعدادهای درخشان
www.sanatisharif.ir

مثال ۴۴ـ جسمی در فاصله‌ی ۲۰ سانتی‌متری یک آینه‌ی کروی قرار دارد و تصویر آن در فاصله‌ی ۶۰cm از جسم تشکیل شده است.

الف) نوع آینه و بزرگنمایی آن در این حالت را تعیین کنید.

ب) فاصله‌ی کانونی آینه را بیابید.

مثال ۴۵ـ جسمی در مقابل یک آینه‌ی مقعر قرار دارد. هنگامی که جسم را ۵cm از آینه دور می‌کنیم، تصویر آن ۱۰cm به آینه نزدیک شده و طول تصویر، هم اندازه‌ی طول جسم می‌شود. شعاع انحنای آینه چند سانتی‌متر است؟



⚠ **نکته:** در آینه‌های کروی، اگر فاصله‌ی جسم و تصویر تا کانون آینه را به ترتیب با a و a' نشان دهیم، می‌توان نوشت:

$$m = \frac{f}{a} = \frac{a'}{f}$$

مثال ۴۶ـ جسمی در فاصله‌ی ۴cm از کانون یک آینه‌ی کروی قرار دارد و تصویر حقیقی آن در فاصله‌ی ۹cm از کانون آینه تشکیل شده است. فاصله‌ی کانونی آینه و بزرگنمایی آینه در این حالت را تعیین کنید.

مثال ۴۷ـ جسمی به فاصله‌ی R (شعاع آینه) از یک آینه کروی قرار دارد. جسم را چقدر از آینه دور کنیم تا بزرگنمایی، نصف حالت قبل شود؟

SanatiSharif.ir
مشاوره طراح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

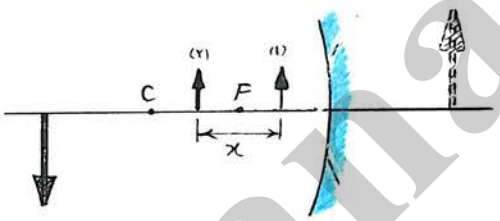
⚠ **نکته :** با معلوم بودن بزرگنمایی در آینه‌های کروی و مشخص بودن فاصله‌ی میان جسم و تصویر، می‌توان فاصله‌ی کانونی را از رابطه‌ی زیر به‌دست آورد :

$$|f| = \frac{m \cdot d}{|m^2 - 1|}$$

مثال ۴۸ - فاصله‌ی میان جسم و تصویر مجازی آن در یک آینه‌ی کروی ۴۰ cm و طول تصویر، نصف طول جسم است. نوع آینه و شعاع انحنای آن را بیابید.

مثال ۴۹ - جسمی در مقابل یک آینه‌ی کروی به شعاع انحنای ۳۰ cm قرار دارد. تصویر حقیقی آن در فاصله‌ی ۴۰ cm از جسم تشکیل شده است. طول تصویر چند برابر طول جسم است ؟

⚠ **نکته :** اگر جسمی در مقابل آینه‌ای مقعر در فاصله‌ی کانونی قرار داشته باشد، طول تصویر بزرگتر از طول جسم خواهد شد و اگر بزرگنمایی را در این حالت با m نمایش دهیم، داریم $m > 1$. اگر جسم را به اندازه‌ی x از آینه دور کنیم و در مکانی قرار دهیم که بزرگنمایی مجدداً برابر m شود، می‌توان نشان داد رابطه‌ی زیر برای تعیین شعاع انحنای آینه (R) قابل استفاده است :



$$R = m \cdot x$$

در چنین وضعیتی تصویر به اندازه‌ی $m.R$ (یا به اندازه‌ی $m^2 x$) جابه‌جا می‌شود و اگر فاصله‌ی جسم تا آینه در دو حالت را به ترتیب با p و p' نمایش دهیم، $p + p' = R$ است.

مثال ۵۰ - جسمی در مقابل یک آینه مقعر قرار دارد و طول تصویر آن ۳ برابر طول جسم است. جسم را ۲۵cm از آینه دور می‌کنیم. بزرگنمایی در این حالت مجدداً ۳ می‌شود.

الف) شعاع انحنای آینه چند سانتی متر است ؟

SanatiSharif.ir
مدیری فارم توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

ب) تصویر در این مدت چند سانتی متر جابه جا شده است ؟

⚠ **نکته :** اگر بزرگنمایی آینه برای حالتی که جسم در موقعیت (۱) قرار دارد، m_1 باشد و با جابه جا کردن جسم به اندازه ی x، بزرگنمایی آینه، m_2 شود، می توان فاصله ی کانونی آینه را از رابطه ی زیر تعیین کرد :

$$x = \left| \frac{1}{m_2} \pm \frac{1}{m_1} \right| \cdot |f|$$

در این رابطه، علامت $-$ زمانی به کار می رود که تصویر در دو حالت حقیقی یا در دو حالت مجازی باشد.

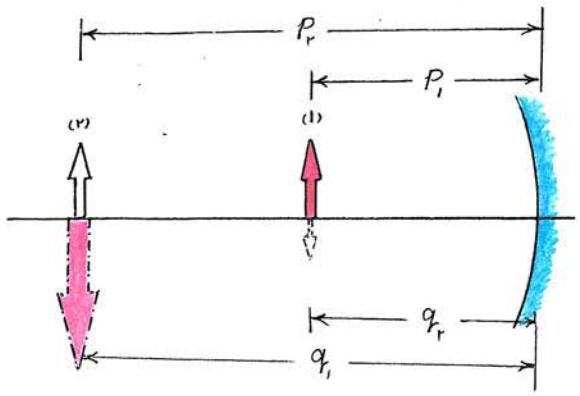
علامت $+$ زمانی استفاده می شود که در یکی از حالت ها، تصویر حقیقی و در یک حالت تصویر مجازی باشد.

مثال ۵۱ - جسمی در مقابل یک آینه ی محدب قرار دارد و بزرگنمایی آینه در این حالت $\frac{2}{3}$ است. جسم را ۳۰ cm از آینه دور می کنیم. طول تصویر $\frac{1}{3}$ طول جسم می شود. شعاع انحنای آینه چند سانتی متر است ؟

مثال ۵۲ - جسمی در فاصله ی کانونی یک آینه ی مقعر قرار دارد و طول تصویر آن $\frac{5}{2}$ برابر طول جسم است. جسم را ۲۴ سانتی متر از آینه دور می کنیم، طول تصویر نصف طول جسم می شود. شعاع انحنای آینه چند سانتی متر است ؟

مثال ۵۳ - جسمی مقابل یک آینه ی مقعر قرار دارد و طول تصویر مجازی آن ۳ برابر طول جسم است. وقتی جسم را ۱۰ cm به آینه نزدیک می کنیم، طول تصویر $\frac{3}{2}$ برابر طول جسم می شود. شعاع انحنای آینه را بیابید.

SanatiSharif.ir
مشاوره طراحی توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir



⚠ **نکته :** در آینه‌ی محدب در حالتی که جسم خارج از فاصله‌ی کانونی قرار دارد، تصویر حتماً حقیقی است. در چنین وضعیتی اگر جسم را در محل تصویر قرار دهیم، تصویر جدید در محل قبلی جسم تشکیل می‌شود. بزرگنمایی در این حالت، معکوس بزرگنمایی در حالت قبل است. یعنی

$$m_2 = \frac{1}{m_1}$$

به عبارت دیگری توان نتیجه گرفت اگر بزرگنمایی در حالت نخست، m باشد، طول تصویر جدید، m^2 برابر طول تصویر در حالت قبل خواهد بود.

مثال ۵۴ - فاصله‌ی جسمی از تصویر حقیقی‌اش ۳۰ cm است. اگر جسم را در محل تصویر قرار دهیم، طول تصویر $\frac{1}{4}$ حالت قبل می‌شود. فاصله‌ی کانونی آینه چند سانتی‌متر است؟

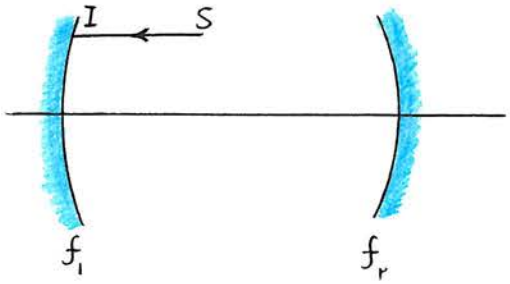
⚠ **نکته :** اگر جسمی که در مقابل آینه قرار دارد، با سرعت v_p از نقطه‌ای در فاصله‌ی p از آینه بگذرد، تصویر جسم با سرعت $v_q = -m^2 . v_p$ حرکت خواهد کرد که در این رابطه، $m = \frac{|q|}{p}$ بزرگنمایی آینه در لحظه‌ی مورد نظر است.

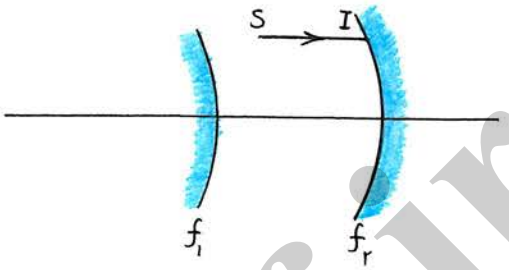
مثال ۵۵ - جسمی با سرعت ثابت ۲۰ cm/s بر روی محور اصلی آینه‌ی محدبی، به آینه نزدیک می‌شود. در لحظه‌ای که جسم در فاصله‌ی f از آینه قرار دارد، سرعت تصویر چقدر است؟

مثال ۵۶ - یک نقطه‌ی نورانی با سرعت ثابت ۱۰ cm/s بر روی محور اصلی آینه‌ی مقعری از آینه دور می‌شود. در لحظه‌ای که این نقطه‌ی نورانی در فاصله‌ی $3f$ از آینه قرار دارد، سرعت حرکت تصویر چند cm/s است؟

SanatiSharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

مثال ۵۷ - درهرکدام ازشکل‌های زیر، فاصله‌ی میان دوآینه را برحسب فاصله‌ی کانونی آینه ها به گونه‌ای تعیین کنید که پرتوی تابیده به آینه ، بر روی خودش بازگردد.





SanatiSharif.ir

www.sanatisharif.ir

شکست نور:

می دانیم سرعت نور در خلاء بیشترین مقدار ممکن برای سرعت است. این سرعت بیشینه را معمولاً با c نمایش می دهند و به طور تقریبی، مقدار آن را $3\times10^{8}\ m/s$ یا $3...\ km/h$ در نظر می گیرند. سرعت نور در سایر محیط های شفاف مانند هوا، آب، روغن و... از این مقدار کمتر خواهد بود. بنابراین اگر سرعت انتشار نور در این محیط های شفاف را با V نشان دهیم، $V<c$ است.

از سوی دیگر، علت شکست نور هنگام عبور از یک محیط به محیط دیگر، تغییر سرعت نور است لذا ضریبی به نام ضریب شکست برای هر محیط شفاف، به صورت زیر تعریف می شود:

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

با توجه به این رابطه، به سادگی معلوم می شود $n\geqslant 1$ است و همچنین ضریب شکست محیط خلاء (یا هوا) برابر با ۱ می باشد.

مثال ۶۰ـ ضریب شکست الماس ۲٫۵ است. سرعت نور در الماس چند کیلومتر بر ثانیه است؟

نکته: ضریب شکست نسبی محیط شفاف ۲ نسبت به محیط شفاف ۱ به صورت زیر تعریف می شود:

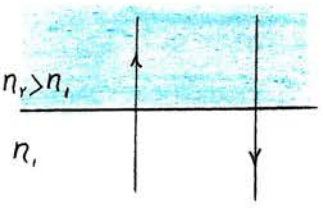
$$n_{2,1}=\frac{n_2}{n_1}$$

و با توجه به تعریف ضریب شکست یک محیط شفاف ($n=\frac{c}{V}$) می توان نوشت:

$$\frac{n_2}{n_1}=\frac{V_1}{V_2}$$

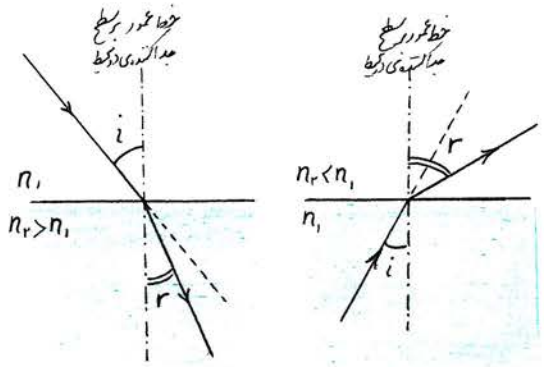
مثال ۶۱ـ ضریب شکست شیشه نسبت به آب $\frac{9}{8}$ و ضریب شکست الماس نسبت به شیشه $\frac{8}{5}$ است. نسبت سرعت نور در آب به سرعت نور در الماس را بیابید.

نکته: هر قدر ضریب شکست یک محیط شفاف بیشتر باشد، اصطلاحاً آن محیط را غلیظ تر و هر قدر ضریب شکست یک محیط شفاف کمتر باشد، آن محیط را رقیق تر می نامند.



نکته: برای پرتویی که به طور عمود، به سطح جداکننده ی دو محیط شفاف می تابد، شکست نور رخ نمی دهد و پرتو به مسیر خود روی خط راست ادامه می دهد.

SanatiSharif.ir
تجربی طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir



⚠ **نکته:** هنگامی که یک پرتو به طور مایل، به سطح جداکننده‌ی دو محیط شفاف تابیده می‌شود، هنگام عبور از این سطح، تغییر مسیر می‌دهد...

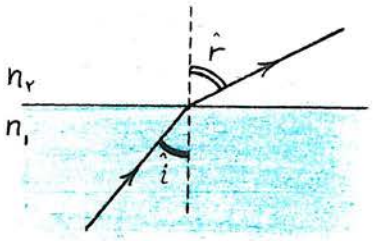
① اگر از محیط رقیق وارد محیط غلیظ می‌شود، پس از شکست، به خط عمود بر سطح جدا کننده‌ی دو محیط در نقطه‌ی تابش، نزدیک‌تر خواهد شد و $\hat{r} < \hat{i}$ است.

② اگر از محیط غلیظ وارد محیط رقیق می‌شود، پس از شکست، از خط عمود بر سطح جدا کننده‌ی دو محیط در نقطه‌ی تابش، دورتر خواهد شد و $\hat{i} < \hat{r}$ است.

در چنین وضعیتی، پرتوی نور از راستای قبلی خود به اندازه‌ی $\hat{D} = |\hat{i} - \hat{r}|$ منحرف می‌شود.

قانون اسنل ـ دکارت:

برطبق این قانون، نسبت سینوس زاویه‌ی تابش (زاویه‌ای که پرتوی تابش با خط عمود بر سطح جداکننده‌ی دو محیط می‌سازد) به سینوس زاویه‌ی شکست (زاویه‌ی پرتوی شکست با خط عمود بر سطح جداکننده‌ی دو محیط) مقداری ثابتی است. این مقدار ثابت، ضریب شکست نسبی محیط دوم نسبت به محیط اول است. بنابراین می‌توان نوشت:



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

و با توجه به آنچه قبلاً در مورد ضریب شکست نسبی دو محیط گفته شد، می‌توان نتیجه گرفت:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{V_1}{V_2}$$

⚠ **نکته:** در بسیاری از موارد، مناسب‌تر است که رابطه‌ی اسنل ـ دکارت را به صورت زیر به کار بریم:

$$\sin \hat{i} \times n_1 = \sin \hat{r} \times n_2$$

مثال ۶۲ـ مطابق شکل پرتوی نوری از هوا وارد محیط شفافی می‌شود که سرعت نور در آن $1,225 \times 10^5 \ km/s$ است.

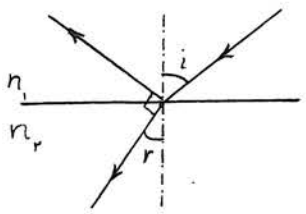
الف) ضریب شکست محیط شفاف را بیابید.

ب) پرتو ضمن ورود، چند درجه منحرف شده است؟

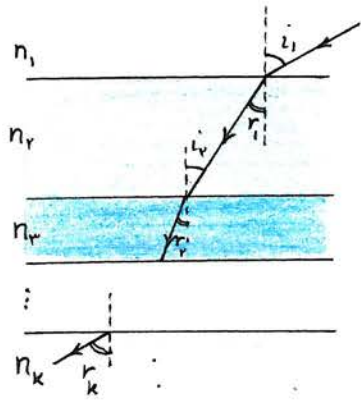
SanatiSharif.ir
مدیریت محترم توانمند عدالت آموزشگاه
www.sanatisharif.ir

مثال ۶۳ـ در شکل مقابل، بخشی از پرتوی تابش از سطح جداکننده‌ی دو محیط بازتاب می‌کند و بخشی از آن وارد محیط شفاف می‌شود. اگر پرتوی بازتاب و پرتوی شکست برهم عمود باشند، نشان دهید:

$$\tan i = \frac{n_2}{n_1}$$



نکته: با توجه به رابطه‌ای که برای اسنل ـ دکارت بیان شد می‌توان نتیجه گرفت اگر یک پرتوی نور، از چند سطح هوازی بگذرد و از محیط‌های شفاف مختلف عبور نماید، می‌توان رابطه‌ی زیر را در هر محیط دلخواه به کار برد! یعنی:

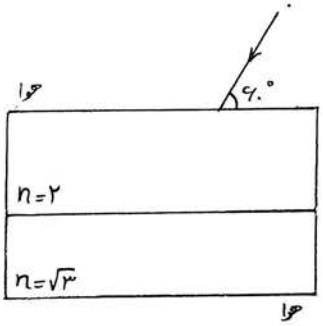


$$\sin i_1 \times n_1 = \sin i_2 \times n_2 = \dots = \sin i_k \times n_k$$

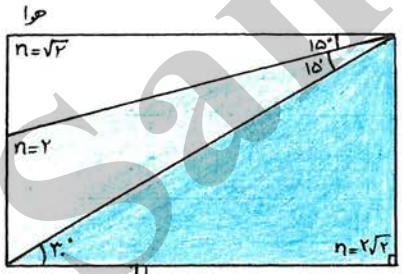
$$i_1 = r_2 \;;\; i_2 = r_3 \;;\; i_3 = r_4 \;;\; \dots$$

مثال ۶۴ـ در شکل مقابل مسیر پرتوی نور تا هنگام خروج از جسم‌های شفاف را رسم کنید.

$\sin 14.5^\circ = .25 \quad ; \quad \sin 17^\circ \simeq \frac{\sqrt{3}}{6}$

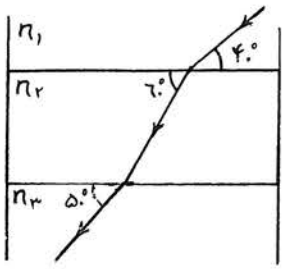


مثال ۶۵ـ در شکل مقابل، مسیر پرتوی نور تا هنگام خروج از جسم شفاف را رسم کنید و زاویه‌ی انحراف را تعیین کنید.

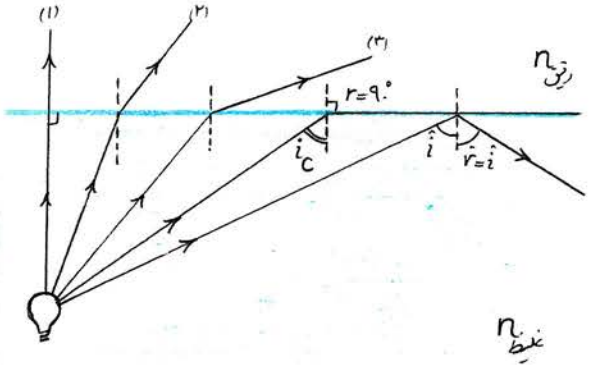


SanatiSharif.ir
مقری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

مثال ۶۶ - در شکل مقابل، رابطه‌ی میان ضریب شکست سه محیط شفاف را تعیین نمایید.



زاویه‌ی حدّ و بازتاب کلّی :



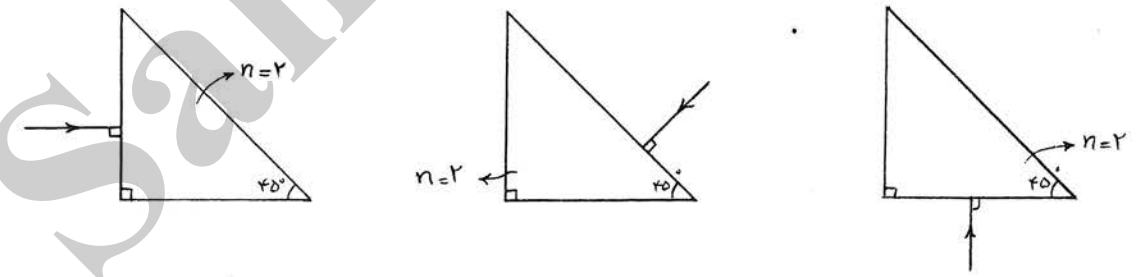
پرتوهای نوری را که از یک لامپ واقع در محیط غلیظ منتشر می‌شوند را در نظر می‌گیریم ...

- اگر پرتویی به صورت عمودی به سطح جداکننده‌ی دو محیط بتابد، بدون شکست، وارد محیط رقیق می‌شود (پرتوی ۱)
- هر قدر زاویه‌ی تابش بیشتر باشد، زاویه‌ی شکست نیز افزایش می‌یابد و به تدریج به سطح جداکننده‌ی دو محیط نزدیک می‌شود. (پرتوهای ۲ و ۳)
- به ازای یک زاویه‌ی تابش خاص - که به آن **زاویه‌ی حد** گفته می‌شود - پرتوی شکست مماس بر سطح جداکننده‌ی دو محیط خارج می‌شود و در این صورت، $r=۹۰^\circ$ است. زاویه‌ی حد برای پرتویی که از محیطی غلیظ وارد یک محیط رقیق می‌شود را می‌توان از رابطه‌ی زیر تعیین کرد:

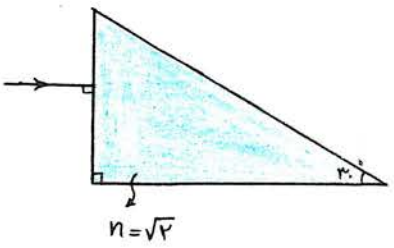
$$\sin i_c \times n_{غلیظ} = \sin ۹۰^\circ \times n_{رقیق} \quad \Rightarrow \quad \sin i_c = \frac{n_{رقیق}}{n_{غلیظ}}$$

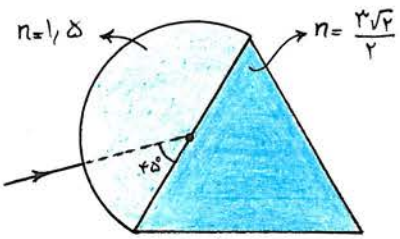
- اگر زاویه‌ی تابش، بیش از زاویه‌ی حد باشد، پرتوی تابیده شده نمی‌تواند از مرز جداکننده‌ی سطوح شفاف عبور کند. در این حالت سطح جداکننده‌ی دو محیط همانند یک آینه‌ی تخت عمل می‌کند و پرتو را با همان زاویه بازتاب می‌نماید. این پدیده را **بازتاب کلی** می‌نامند.

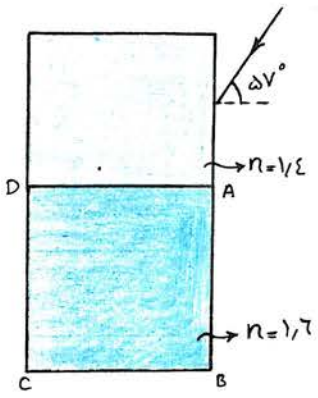
مثال ۶۷ - در هرکدام از شکل‌های زیر، مسیر پرتو تا هنگام خروج از جسم شفاف را رسم کنید.



Sanatisharif.ir
میزبان فارم توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir







$\sin ۴۵^\circ = ۰/۷$

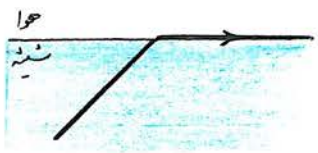
$\sin ۵۷^\circ = ۰/۸۴$

ABCD مربع است.

مثال ۶۸ - درهرکدام ازشکل‌های مثال ۶۷ ، زاویه‌ی انحراف پرتو را تعیین کنید.

SanatiSharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

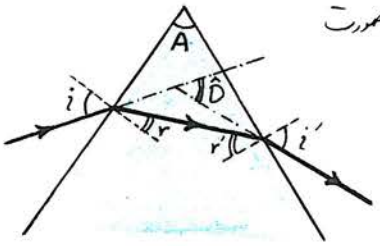
مثال ۶۹ـ مطابق شکل پرتوی نوری با زاویه‌ی حد، به سطح جداکننده‌ی شیشه و هوای تابد.



روی سطح شیشه، یک لایه‌ی آب می‌ریزیم. پرتوی خروجی از شیشه، نسبت به حالت قبل چند درجه منحرف می‌شود؟ $n_{شیشه}=\frac{3}{2}$ ، $n_{آب}=\frac{4}{3}$ ، $\sin^{-1}\frac{3}{4}=48,6^\circ$

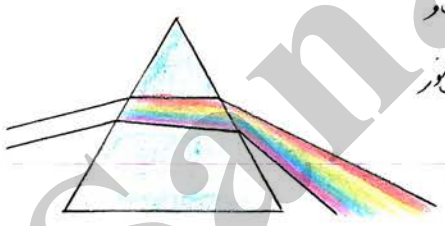
مثال ۷۰ـ پرتوی نوری از هوا وارد تیغه‌ای شفاف به ضریب شکست ۲ می‌شود. اگر زاویه‌ی تابش این پرتو را از 0° تا 90° تغییر دهیم، بیش‌ترین زاویه‌ای که این پرتو در موقع شکست از راستای تابش منحرف می‌شود چند درجه است؟

نکته: هنگامی که یک پرتوی نور وارد منشوری با زاویه‌ی راس A می‌شود، اگر بازتاب کلی در آن صورت نگیرد، برای آن می‌توان نوشت:



$$A=r+r' \qquad D=i+i'-A$$

نکته: ضریب شکست مواد شفاف مختلف برای نورهای با بسامدهای مختلف، متفاوت است و افزایش بسامد نور، سبب افزایش ضریب شکست محیط شفاف می‌شود. بنابراین مثلاً برای طیف نور مرئی داریم:



$$n_{بنفش}>n_{آبی}>n_{سبز}>n_{زرد}>n_{نارنجی}>n_{قرمز}$$

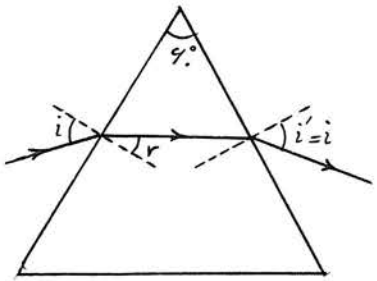
و از آن‌جا که سرعت نور با ضریب شکست رابطه‌ی معکوس دارد، خواهیم داشت:

$$V_{بنفش}<V_{آبی}<V_{سبز}<V_{زرد}<V_{نارنجی}<V_{قرمز}$$

این امر سبب می‌شود که نور سفید، هنگام عبور از منشور، به نورهای تشکیل دهنده‌ی آن تجزیه شود. تجزیه‌ی نور به دسته‌ی منشور را پاشیدگی نور می‌نامند.

SanatiSharif.ir
میزبان فرم توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

مثال ۷۱ـ ضریب شکست منشور نشان داده شده در شکل مقابل $\sqrt{2}$ است.

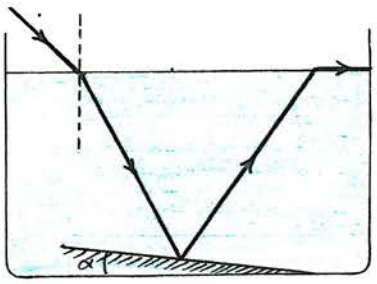


الف) زاویه‌ی r چند درجه است؟

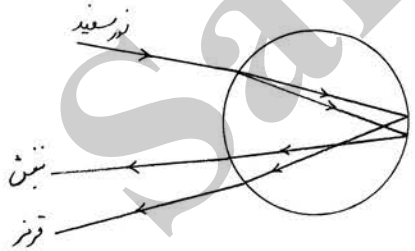
ب) زاویه‌ی i چند درجه است؟

مثال ۷۲ـ کف استخری دو لامپ آبی و قرمز قرار دارد. اگر از بالا نگاه کنیم، کدام لامپ بالاتر به نظر می‌رسد؟ چرا؟

مثال ۷۳ـ کف ظرفی که محتوی مایعی به ضریب شکست $\sqrt{2}$ است، یک آینه‌ی تخت قرار داده‌ایم. پرتوی نوری تحت زاویه‌ی 45° از هوا وارد این ظرف می‌شود. با توجه به مسیر نشان داده شده در شکل، زاویه‌ی α را تعیین کنید.



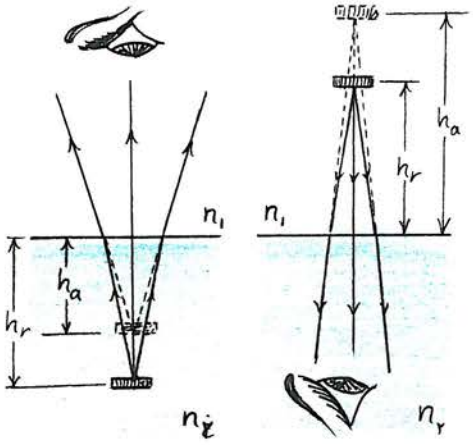
نکته: هنگامی که پرتوهای نور خورشید به قطره‌های باران می‌تابد، درون قطره‌ی باران شکسته شده و به نورهای تشکیل دهنده‌ی آن تجزیه می‌شود. این پرتوها درون قطره، بازتاب کلی می‌کنند و مطابق شکل، از آن خارج می‌شوند.



بنابراین هنگامی که از سطح زمین به یک رنگین کمان نگاه می‌کنیم، ترکیب رنگ‌های آن به صورت شکل مقابل دیده می‌شود.

SanatiSharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

عُمق ظاهری و عُمق واقعی :



اگر ناظری از یک محیط شفاف به جسمی که در محیط شفاف دیگری قرار دارد، نگاه کند، جسم را در محل واقعی خود مشاهده نخواهد کرد.

اگر ناظر از محیط رقیق‌تر جسم را ببیند، آن را بالاتر از محل واقعی خود خواهد دید و اگر ناظر از محیط غلیظ‌تر جسم را مشاهده نماید، آن را دورتر از محل واقعی خود می‌بیند.

اگر عمق ظاهری (یا ارتفاع ظاهری) را با h_a و عمق (یا ارتفاع واقعی) را با h_r نمایش دهیم و ناظر تقریباً به طور عمودی به سطح جداکننده‌ی دو محیط نگاه نماید، در این صورت می‌توان نوشت:

$$\frac{h_a}{h_r} = \frac{n_{\text{محل ناظر}}}{n_{\text{محل جسم}}}$$

مثال ۷۴ـ منبعی به عمق ۹m از مایعی پر شده است. هنگامی که در راستای قائم به آن نگاه می‌کنیم، کف منبع را ۳m بالاتر از جای واقعی‌اش می‌بینیم. ضریب شکست مایع را بیابید.

مثال ۷۵ـ یک پرنده در ارتفاع ۳m بالای دریاچه‌ای در حال پرواز است و تقریباً به طور عمودی به یک ماهی که در عمق ۴متری در حال شنا کردن است نگاه می‌کند.

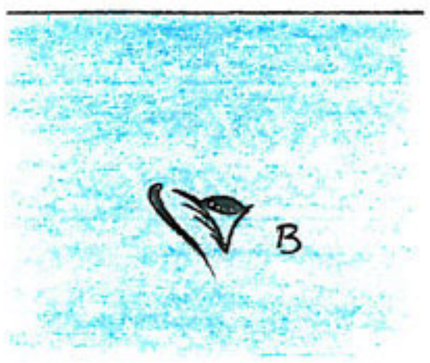
الف) پرنده ماهی را در چه فاصله‌ای از خود می‌بیند؟

ب) ماهی پرنده را در چه فاصله‌ای از خود می‌بیند؟

پ) اگر فاصله‌ی ظاهری میان آنها از دید پرنده، H_b و از دید ماهی H_f باشد، نسبت $\frac{H_b}{H_f}$ را بیابید.

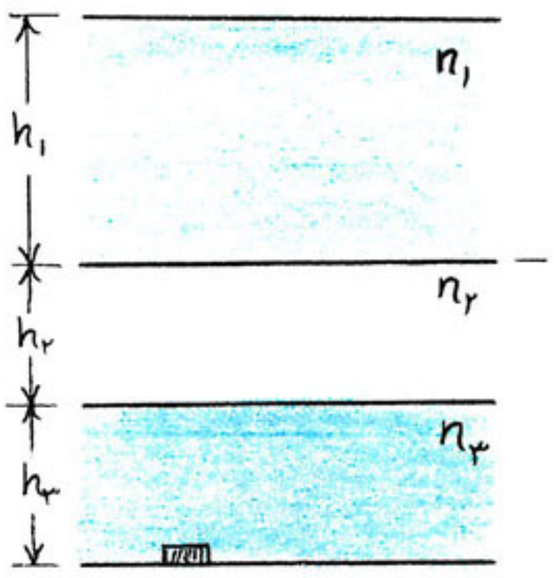
SanatiSharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

⚠ **نکته :** در شکل مقابل اگر ناظر A ، ناظر B را در فاصله‌ی H_A از خود و ناظر B ، ناظر A را در فاصله‌ی H_B از خود مشاهده نماید، می‌توان نشان داد :



$$\frac{H_A}{H_B} = \frac{n_{\text{محل ناظر A}}}{n_{\text{محل ناظر B}}}$$

مثال ۷۶ـ نکته‌ی فوق را ثابت کنید.



⚠ **نکته :** اگر همانند شکل، تعدادی جسم شفاف بر روی هم قرار داشته باشند، عمق ظاهری را برای ناظری که از هوا به آنها مجموعه نگاه می‌کند، می‌توان از رابطه‌ی زیر به دست آورد :

مثال ۷۷ـ نکته‌ی فوق را ثابت کنید.

Sanatisharif.ir

مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

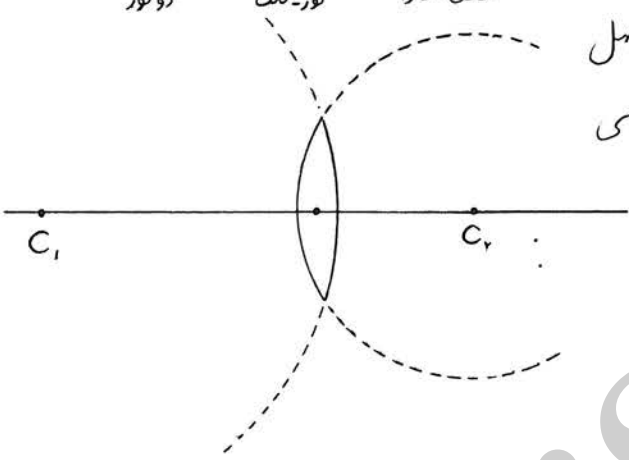
عدسی ها:

هر عدسی، یک محیط شفاف است که با توجه به انحنای سطوح خارجی آن پرتوی نور را هنگام ورود یا خروج از آن، از مسیر اصلی خود منحرف می سازد.

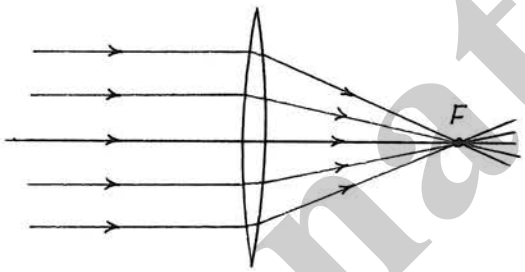
عدسی ها معمولاً به دو صورت عدسی های همگرا و عدسی های واگرا مورد استفاده قرار می گیرند.

۱. عدسی همگرا:

بخش میانی این عدسی ها ضخیم تر از طرفین آن است و معمولاً به صورت های مقابل مورد استفاده قرار می گیرد.

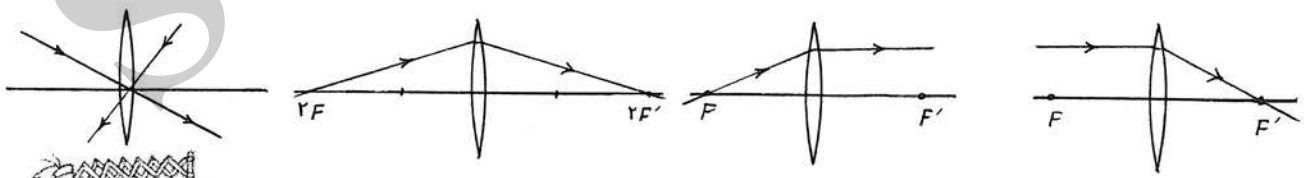


- محور اصلی عدسی: خطی که مرکزهای دو سطح کروی در یک عدسی را به هم وصل می کند (یا از مرکز سطح خمیده گذشته و بر سطح تخت عمود است) محور اصلی عدسی نامیده می شود.
- مرکز نوری: نقطه ای میانی عدسی، واقع بر محور اصلی را مرکز نوری عدسی می نامند.
- کانون: هرگاه یک دسته پرتوی موازی محور اصلی یک عدسی همگرا به آن بتابد، پرتوها پس از شکست یکدیگر را در نقطه ای واقع بر محور اصلی این عدسی قطع می کنند که آن را کانون عدسی می نامند و با F نمایش می دهند.



هر عدسی همگرا، دو کانون دارد که فاصله ی آنها تا مرکز نوری عدسی با یکدیگر برابرند، هر چند شعاع انحنای طرفین عدسی یکسان نباشد.

- پرتوهای خاص در عدسی همگرا: همانند آنچه در مورد آینه ها گفته شد، در اینجا نیز تعدادی از پرتوهای خاص هستند که کاربرد بیشتری دارند.

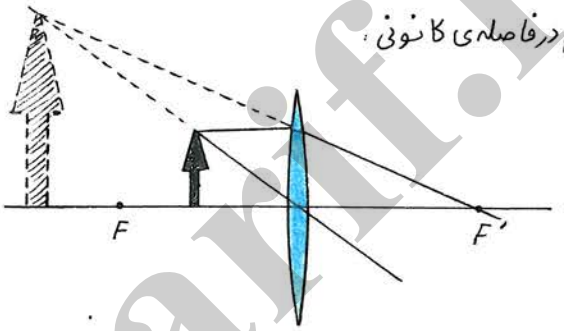


SanatiSharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

تشکیل تصویر در عدسی همگرا : برای تعیین محل تشکیل تصویر جسمی که مقابل یک عدسی همگرا قرار دارد، از هر نقطه‌ی آن باید پرتوهایی به عدسی تابانید و با تعیین مسیر حرکت آنها تا هنگام خروج از عدسی، محل تشکیل تصویر مورد نظر را به دست آورد و همین کار را برای سایر نقاط جسم تکرار نمود. اما با توجه به آنکه می دانیم تصویر هر جسم نازک عمود بر محور اصلی عدسی، عمود بر محور اصلی باقی می ماند، رسم دو پرتو از بالاترین نقطه‌ی جسم، برای تعیین محل تصویر کافی است.

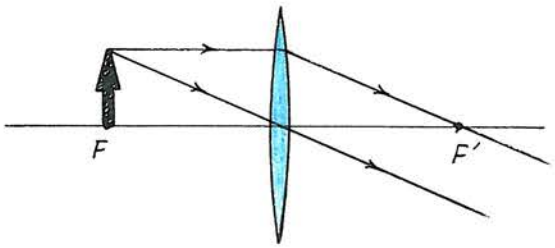
در عدسی همگرا، ویژگی های تصویر، به محل قرارگرفتن آن بستگی دارد، لذا حالت های زیر را در نظر می گیریم:

۱. جسم در فاصله‌ی کانونی:



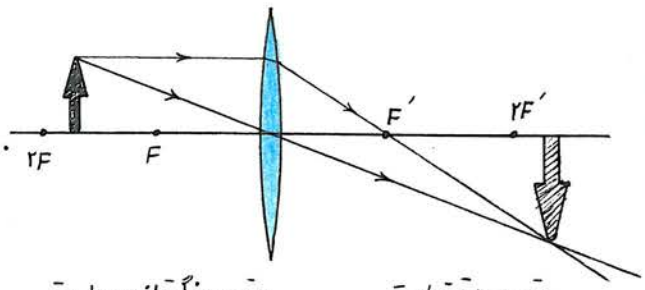
- تصویر مجازی است.
- تصویر بزرگتر از جسم است.
- تصویر نسبت به جسم مستقیم است.
- تصویر در همان طرف جسم قرار دارد و دورتر از جسم است.

۲. جسم روی کانون:



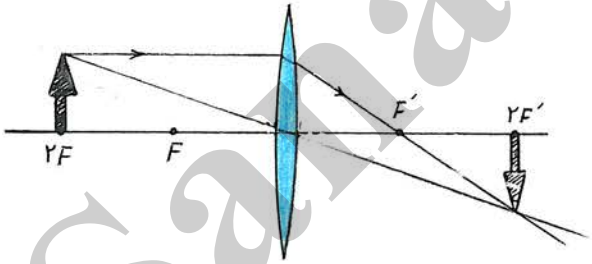
- تصویری تشکیل نمی شود!

۳. جسم بین F و ۲F:



- تصویر حقیقی است.
- تصویر بزرگتر از جسم است.
- تصویر نسبت به جسم وارونه است.
- تصویر دورتر از ۲F′ تشکیل می‌شود.

۴. جسم روی ۲F:

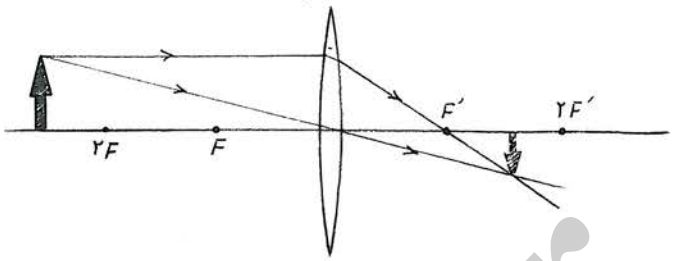


- تصویر حقیقی است.
- تصویر هم اندازه‌ی جسم است.
- تصویر نسبت به جسم وارونه است.
- تصویر روی ۲F′ تشکیل می‌شود

SanatiSharif.ir

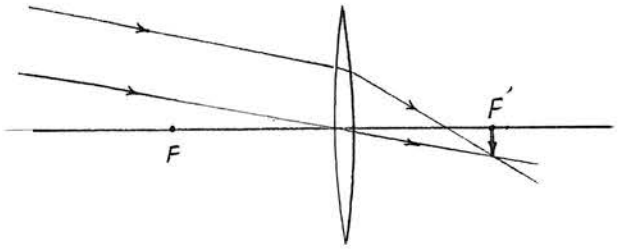
میزبانی طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

۵. جسم خارج از ۲F :

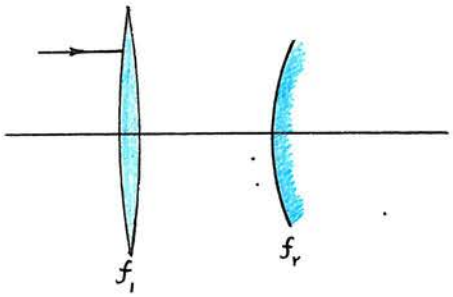


• تصویر حقیقی است.
• تصویر کوچکتر از جسم است
• تصویر نسبت به جسم وارونه است.
• تصویر بین F′ و ۲F′ تشکیل می‌شود.

۶. جسم در بینهایت

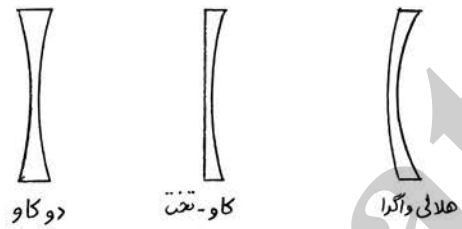


مثال ۷۸ - در شکل مقابل فاصله‌ی میان آینه و عدسی چقدر باشد تا پرتوی S I که موازی محور اصلی مشترک آینه و عدسی تابیده، برروی خودش بازگردد ؟



۲. عدسی واگرا :

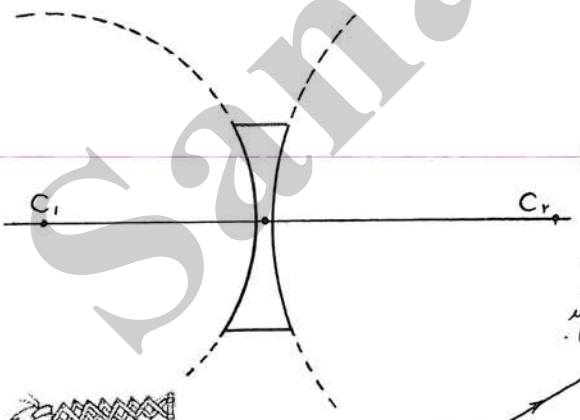
بخش میانی این عدسی ها نازک‌تر از طرفین آن است و معمولاً به شکل های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد.



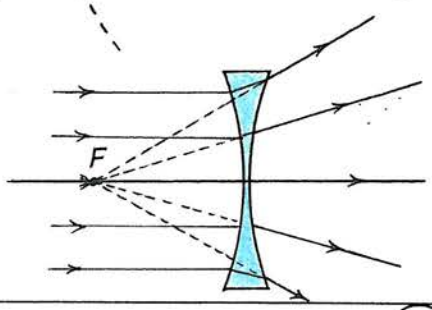
✓ محور اصلی عدسی : خطی که از مرکزهای دو سطح کروی می گذرد (یا از مرکز سطح خمیده گذشته بر سطح تخت عمود است) را محور اصلی عدسی می نامند.

✓ مرکز نوری : نقطه‌ی میانی عدسی واقع بر محور اصلی را مرکز نوری می نامند.

✓ کانون : هرگاه یک دسته پرتوی موازی محور اصلی عدسی واگرا به آن بتابد، پرتوها به گونه ای شکست می یابند و از عدسی می گذرند که امتداد پرتوهای شکست، یکدیگر را در نقطه ای واقع بر محور اصلی قطع می کنند. این نقطه را کانون عدسی واگرا می نامند.

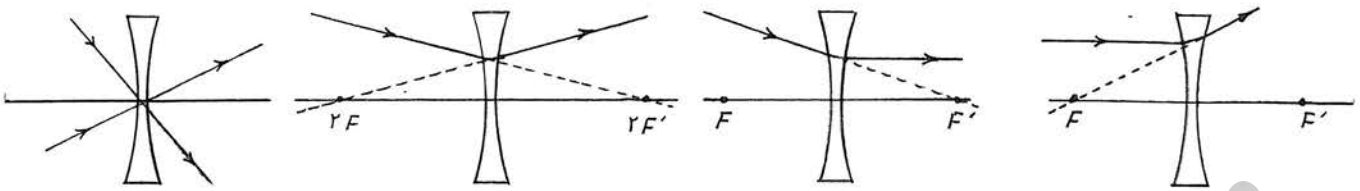


هر عدسی واگرا، دو کانون مجازی دارد که فاصله‌ی هر دوی آنها تا مرکز نوری با هم برابر است. هر چند شعاع انحنای طرفین عدسی با هم یکسان نباشد.

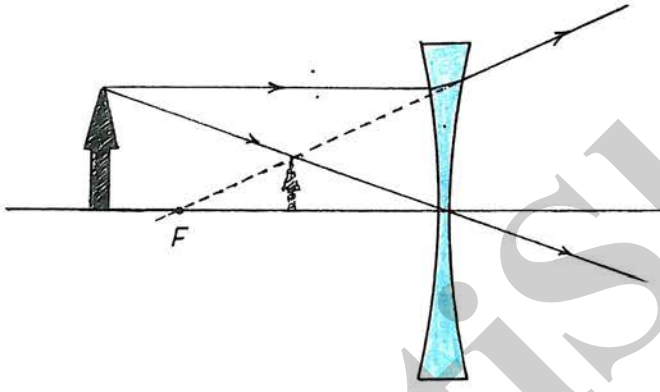


SanatiSharif.ir
میزبان فارم توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

✓ پرتوهای خاص در عدسی واگرا : در اینجا نیز تعدادی از پرتوهای خاص هستند که کاربرد بیشتری دارند.

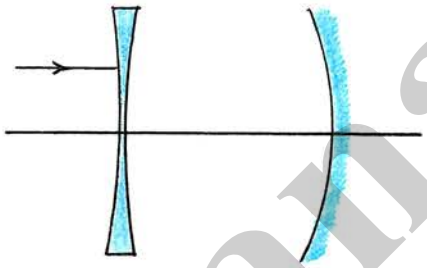


✓ تشکیل تصویر در عدسی واگرا : در اینجا نیز شبیه آنچه در مورد آینه ها و عدسی همگرا گفته شد، می توان با رسم حداقل دو پرتو محل تشکیل تصویر را تعیین کرد. در اینجا نیز اگر جسم عمود بر محور اصلی باشد، تصویر نیز عمود بر محور اصلی تشکیل می شود.



- تصویر مجازی است.
- تصویر کوچکتر از جسم است.
- تصویر نسبت به جسم مستقیم است.
- تصویر در طرف جسم و در فاصله‌ی کانونی تشکیل می شود.

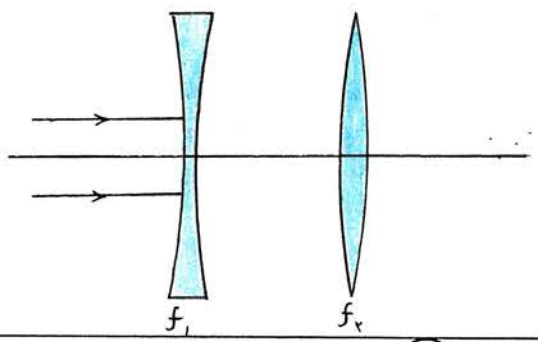
مثال ۷۹ـ در شکل مقابل فاصله‌ی میان آینه و عدسی چقدر باشد تا پرتوی SI که موازی محور اصلی مشترک آینه و عدسی تابیده، بر روی خودش بازگردد؟



مثال ۸۰ـ مطابق شکل، دسته پرتویی به ضخامت ۷ موازی محور اصلی مشترک دو عدسی می تابد.

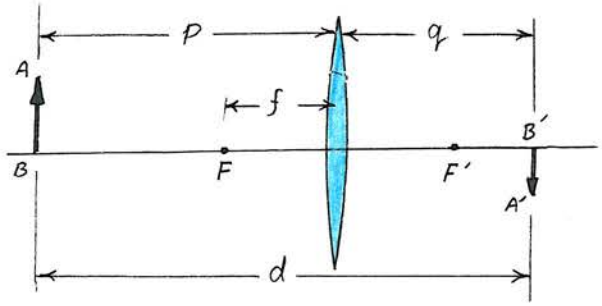
الف) فاصله‌ی میان دو عدسی چقدر باشد که دسته پرتو موازی محور اصلی خارج شود؟

ب) در این حالت ضخامت دسته پرتوی خروجی را بیابید.



SanatiSharif.ir

روابط ریاضی در عدسی:



اگر جسم کوچکی به طول AB، عمود بر محور اصلی یک عدسی و در فاصله‌ی p از عدسی قرار داشته باشد و از آن تصویری به طول A'B' در فاصله‌ی q از عدسی تشکیل شود، در این صورت می‌توان نوشت:

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}$$

$$d=|p+q|$$

$$m=\frac{A'B'}{AB}=\frac{|q|}{p}$$

⚠ **نکته:** در اینجا نیز هنگام استفاده از روابط بالا، از قرارداد حقیقی، مثبت و مجازی، منفی است بهره می‌گیریم. بنابراین:

- تصویر حقیقی $q>0$ ، عدسی همگرا $f>0$
- تصویر مجازی $q<0$ ، عدسی واگرا $f<0$

مثال ۸۱ ـ جسمی به طول ۴cm در فاصله‌ی ۳۰cm از یک عدسی همگرا به فاصله‌ی کانونی ۲۰cm قرار دارد. محل، نوع و اندازه‌ی تصویر را به دست آورید.

مثال ۸۲ ـ جسمی در فاصله‌ی ۴۰ سانتی‌متری یک عدسی واگرا به فاصله‌ی کانونی ۴۰cm قرار دارد. طول تصویر چند برابر طول جسم است؟

⚠ **نکته:** قدرت یک عدسی در همگرا یا واگرا کردن پرتوهای تابشی موازی به عدسی را توان عدسی می‌نامند. هر قدر توان یک عدسی بیشتر باشد، پرتوهای تابشی، زودتر به هم می‌رسند (یا از هم دورتر می‌شوند) بنابراین فاصله‌ی کانونی عدسی کمتر خواهد بود. از این رو می‌توان نوشت:

$$D=\frac{100}{f_{(cm)}}$$ دیوپتر

SanatiSharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

مثال ۸۳ ـ جسمی را در فاصله‌ی ۲۴ سانتی‌متری عدسی همگرایی به فاصله‌ی کانونی ۱۶cm قرار می‌دهیم. اگر جسم ۸cm از عدسی دورتر شود، تصویرش نسبت به عدسی چگونه جابه‌جا می‌شود؟

مثال ۸۴ ـ جسمی در فاصله‌ی ۲۰ سانتی‌متری از یک عدسی قرار دارد و تصویر مجازی آن در فاصله‌ی ۴cm از عدسی تشکیل شده است. جسم را چند سانتی‌متر به عدسی نزدیک کنیم تا تصویر آن در فاصله‌ی ۲٫۵cm از عدسی تشکیل شود؟

مثال ۸۵ ـ یک عدسی همگرا به فاصله‌ی کانونی f از جسمی که در فاصله‌ی $3f$ از آن قرار دارد، تصویری تشکیل داده است. جسم را حداقل چند f به عدسی نزدیک کنیم تا بزرگنمایی عدسی در این حالت، ۲ برابر بزرگنمایی در حالت اول شود؟

مثال ۸۶ ـ یک عدسی از جسمی که در فاصله‌ی ۴۰ سانتی‌متری عدسی قرار دارد، تصویری مستقیم و به اندازه‌ی $\frac{1}{3}$ طول جسم تشکیل داده است. توان عدسی چند دیوپتر است؟

⚠ **نکته:** در عدسی‌ها اگر فاصله‌ی میان جسم و تصویر آن را با d و بزرگنمایی را با m نمایش دهیم، فاصله‌ی کانونی عدسی را می‌توان از رابطه‌ی زیر تعیین کرد:

$$|f| = \frac{m \cdot d}{(m \pm 1)^2}$$

در این رابطه، علامت + مربوط به حالتی است که تصویر حقیقی باشد و علامت − زمانی به کار می‌رود که تصویر مجازی باشد.

SanatiSharif.ir
مرجع فرم و نمونه سوالات آموزشی
www.sanatisharif.ir

مثال ۸۷ـ نکته‌ی قبل را ثابت کنید.

مثال ۸۸ـ عدسی همگرایی از یک جسم بر روی یک پرده تصویری تشکیل داده است. اگر فاصله‌ی جسم از پرده ۸۰cm و طول تصویر ۳ برابر طول جسم باشد، توان عدسی چند دیوپتر است؟

مثال ۸۹ـ یک عدسی از جسم کوچکی که مقابل آن قرار دارد تصویری تشکیل داده که نسبت به جسم مستقیم است و در فاصله‌ی ۶۰cm از جسم قرار دارد. اگر طول جسم ۳ برابر طول تصویر باشد، فاصله‌ی کانونی عدسی چند سانتی متر است؟

مثال ۹۰ـ اگر فاصله‌ی تصویر از عدسی همگرا در حالی که جسم در ۲۰ سانتی متری عدسی است و حالتی که جسم در ۸۰ سانتی متری آن است، برابر باشد، فاصله‌ی کانونی عدسی چند سانتی متر است؟

مثال ۹۱ـ حداقل فاصله‌ی میان جسم و تصویر حقیقی آن در یک عدسی ۸۰ سانتی متر است. اگر جسمی را در فاصله‌ی ۱۰ سانتی متری این عدسی قرار دهیم، طول تصویر آن چند برابر طول جسم خواهد شد؟

SanatiSharif.ir

مرکز مدارس دولتی سازمان آموزش
www.sanatisharif.ir

⚠ **نکته:** اگر یک عدسی از جسمی که در مقابل آن قرار دارد تصویری با بزرگنمایی m ایجاد نماید، می‌توان نوشت:

$$p = (1 \pm \frac{1}{m})f \qquad q = \pm(m \pm 1)f$$

که در این رابطه‌ها، علامت‌های + مربوط به حالت‌هایی است که تصویر حقیقی باشد و علامت‌های − مربوط به تصویرهای مجازی می‌باشد.

مثال ۹۲- جسمی در مقابل یک عدسی قرار دارد و تصویری از آن تشکیل می‌شود که نسبت به جسم مستقیم و طول آن $\frac{1}{3}$ طول جسم است. فاصله‌ی کانونی عدسی، چند برابر فاصله‌ی میان جسم و تصویر است؟

⚠ **نکته:** اگر جسمی که مقابل یک عدسی قرار دارد را به اندازه‌ی x جابه‌جا نماییم و بزرگنمایی از m_1 به m_2 تبدیل شود، می‌توان فاصله‌ی کانونی عدسی را از رابطه‌ی زیر تعیین کرد:

$$x = \left|\frac{1}{m_1} \pm \frac{1}{m_2}\right| \times |f|$$

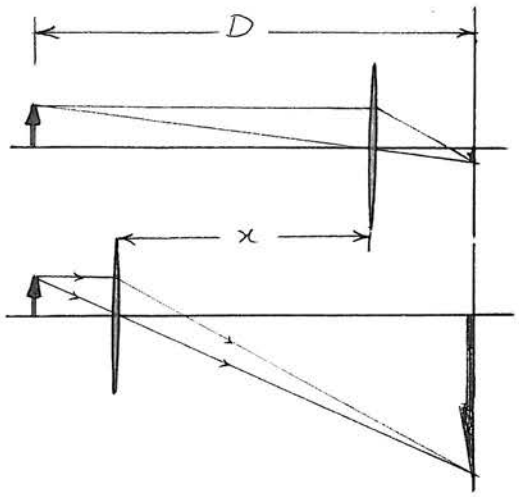
در این رابطه، علامت − زمانی به کار می‌رود که تصویر در دو حالت، حقیقی یا مجازی باشد.

علامت + زمانی استفاده می‌شود که یک بار تصویر حقیقی و بار دیگر تصویر مجازی باشد.

مثال ۹۳- طول تصویر یک جسم در یک عدسی واگرا، $\frac{1}{6}$ طول آن است. اگر جسم را $9\,cm$ به عدسی نزدیک کنیم، طول تصویر $\frac{1}{3}$ طول جسم می‌شود. توان عدسی چند دیوپتر است؟

مثال ۹۴- جسمی به فاصله‌ی $8.0\,cm$ از یک عدسی همگرا قرار دارد و تصویری با بزرگنمایی ۳ ایجاد شده است. جسم را چند سانتی‌متر جابه‌جا کنیم تا مجدداً بزرگنمایی ۳ شود.

SanatiSharif.ir
مشاوره طراحی توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir



⚠ **نکته :** در حالت‌های خاصی که فاصلی میان جسم و تصویر (جسم و پرده) مقدار ثابت D است ، دو مکان برای عدسی وجود دارد که تصویر واضحی از جسم برروی پرده تشکیل می‌شود. در اینصورت داریم :

$$x = \sqrt{D^2 - 4fD}$$

و بزرگنایی در دو حالت عبارتست از :

$$m_1 = \frac{d-x}{d+x} \quad ; \quad m_2 = \frac{d+x}{d-x}$$

مثال ۹۵- شمع روشنی در ۲۰۰ سانتی‌متری یک پرده‌ی قائم قرار دارد. یک عدسی همگرا بین شمع و پرده به اندازه‌ی ۴۰cm جابه‌جا می‌کنیم و در دو حالت ، تصویر واضحی از جسم برروی پرده تشکیل می‌شود.

الف) فاصله‌ی کانونی عدسی چند سانتی‌متر است ؟

ب) تصویر حالت دوم چند برابر تصویر حالت اول است ؟

ابزارهای نوری :

۰ چشم :

✓ عدسی چشم ، یک عدسی همگرا است که فاصله‌ی کانونی آن می‌تواند تغییر کند.

✓ مردمک چشم دریچه‌ای است که با تغییر قطر آن ، شدت نور عبوری تنظیم می‌شود.

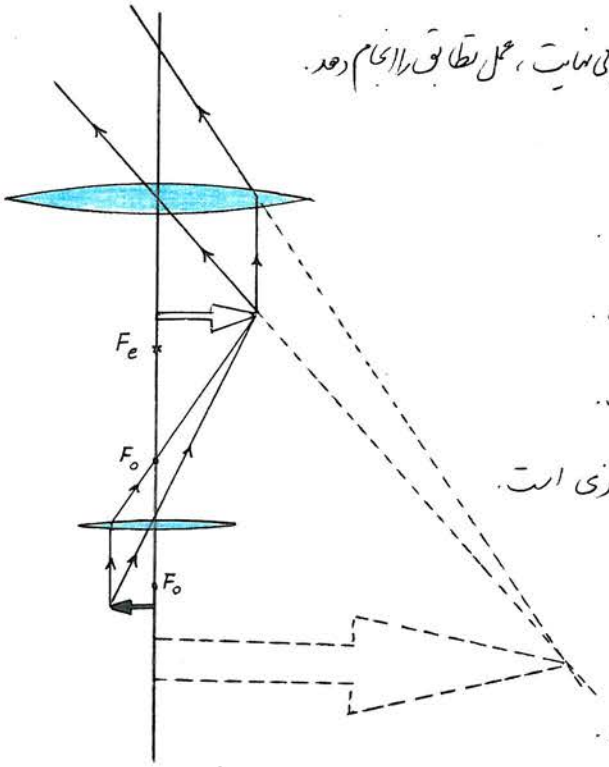
✓ هنگامی که ماهیچه‌های مژگانی در حال استراحت هستند ، عدسی بزرگترین فاصله‌ی کانونی خود را دارد و تصویر اجسام دور را روی شبکیه می‌اندازد.

✓ تغییر فاصله‌ی کانونی چشم برای ایجاد تصویر در شبکیه را تطابق می‌گویند.

SanatiSharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

✓ یک چشم سالم می‌تواند برای فاصله‌های از حدود ۲۵ cm تا بی‌نهایت، عمل تطابق را انجام دهد.

۲. میکروسکوپ:



✓ ساختمان اصلی میکروسکوپ از دو عدسی همگرا تشکیل شده است.

✓ فاصله‌ی کانونی عدسی شیئی در حدود چند میلی‌متر است.

✓ فاصله‌ی کانونی عدسی چشمی در حدود چند سانتی‌متر است.

✓ تصویر نهایی در میکروسکوپ، از جسم بزرگتر، وارونه و مجازی است.

۳. دوربین نجومی:

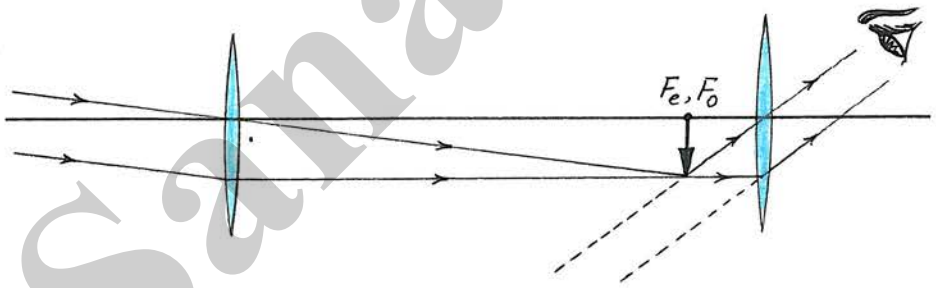
✓ ساختمان اصلی دوربین نجومی از دو عدسی همگرا تشکیل شده است.

✓ فاصله‌ی کانونی عدسی شیئی در حدود متر است.

✓ فاصله‌ی کانونی عدسی چشمی در حدود سانتی‌متر است.

✓ تصویر نهایی در دوربین نجومی مجازی، وارونه و کوچکتر از جسم است.

✓ معمولاً دوربین را طوری تنظیم می‌کنند که کانون‌های دو عدسی بر یکدیگر منطبق شود. بنابراین طول لوله‌ی دوربین نجومی، برابر مجموع فاصله‌های کانونی عدسی‌های آن است. یعنی $L = f_e + f_o$



SanatiSharif.ir