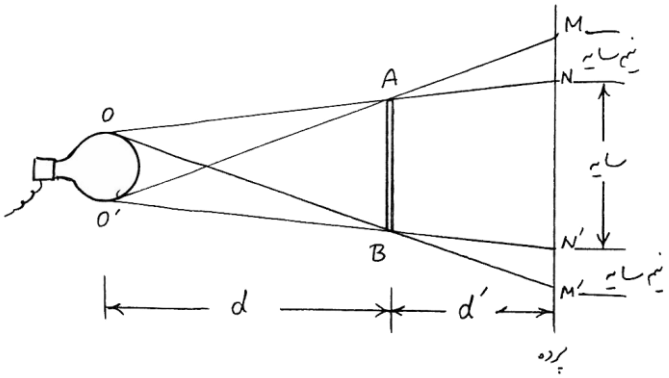
۱-۳. تشکیل نیم سایه



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 می‌شوند. 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 می نامیم.

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

شکل ۱-۵: نیم‌سایه، به صورت یک نوار محو در اطراف سایه تشکیل می‌شود.

نکته: در عمل مرز بین سایه، نیم‌سایه و قسمت روشن، واضح و مشخص نیست؛ یعنی در ناحیه‌ی نیم‌سایه، هر قدر به طرف قسمت روشن حرکت کنیم، به تدریج شدت نور افزایش می‌یابد؛ به گونه‌ای که وقتی به ناحیه‌ی روشن می‌رسیم، بیشینه‌ی شدت نور را خواهیم داشت. در واقع می‌توان گفت قسمت هاله‌ی اطراف سایه، همان نیم‌سایه‌ی تشکیل شده از چشمه‌ی نور گسترده است.

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

$$\overset{\Delta}{OO'M} \sim \overset{\Delta}{AA'M} \Rightarrow \frac{OO'}{AA'} = \frac{d}{d'} \quad \text{یا} \quad \overset{\Delta}{OO'N} \sim \overset{\Delta}{BB'N} \Rightarrow \frac{OO'}{BB'} = \frac{d}{d'}$$

بنابراین در این حالت می‌توان پهنای نیم‌سایه را از رابطه‌ی زیر تعیین کرد:

$$\frac{OO'}{AA' = BB'} = \frac{d}{d'} \qquad (۳-۱)$$

برای تعیین قطر سایه، از قضیه‌ی تالس در مثلث‌های $OA'B$ یا $O'AB'$ کمک می‌گیریم:

$$\overset{\Delta}{OA'B} : MN \,||\, A'B \Rightarrow \frac{MN}{A'B} = \frac{d}{d+d'} \qquad (۴-۱)$$

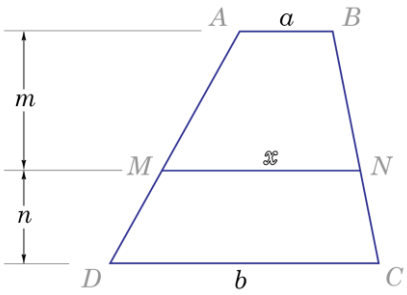
Sanatisharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

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

نکته: با توجه به یکی از قضایای هندسی می‌توان نشان داد اگر در ذوزنقه‌ی $ABC1$، خط MN موازی CD باشد و این خط، ساق‌های چهارضلعی را به نسبت m و n تقسیم کند، داریم:

$$x=\frac{na+mb}{m+n}$$

از این قضیه می‌توان برای تعیین قطر ناحیه‌ی سایه، به طور مستقیم استفاده کرد.



شکل ۱-۷: یک قضیه کاربردی از هندسه!

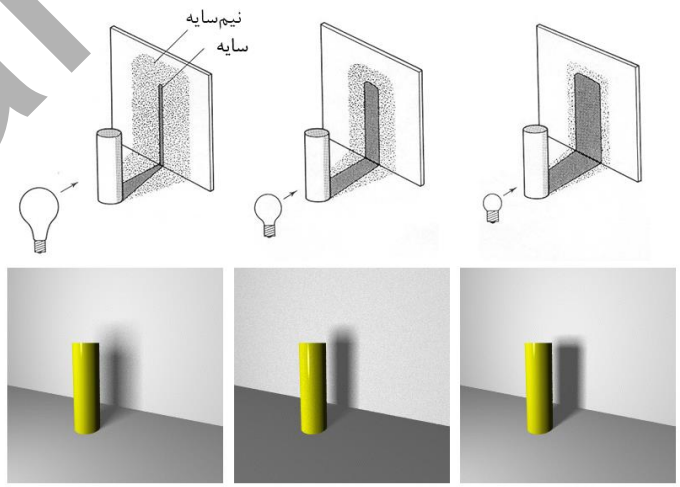
مثال ۱۲

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

الف) قطر سایه‌ی جسم چند سانتی‌متر است؟

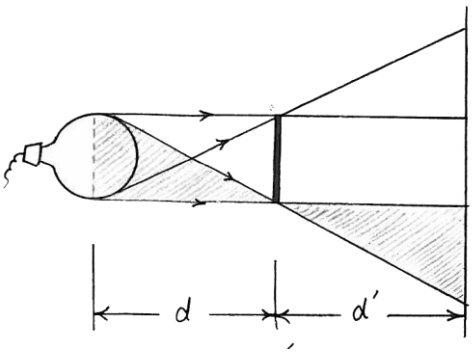
ب) پهنای نیم سایه را به دست آورید (جسم کدر و چشمه‌ی نور، هم محور هستند).

نکته: با جابه‌جا شدن محل جسم کدر، محل چشمه‌ی گسترده و محل تشکیل سایه یا تغییر ابعاد جسم کدر و چشمه‌ی نور گسترده، ابعاد سایه و پهنای نیم‌سایه نیز تغییر خواهد کرد. برای تعیین نحوه‌ی چگونگی این تغییرات، بهترین و مطمئن راه آن است که یک شکل ساده و اغراق آمیز در دو حالت رسم شود!!



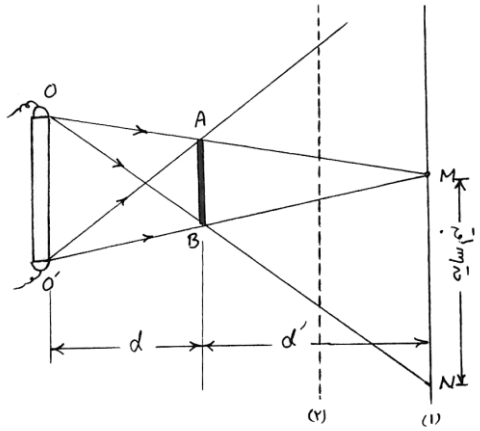
شکل ۱-۷: افزایش قطر چشمه‌ی گسترده سبب می‌شود که قطر سایه کاهش و پهنای نیم‌سایه افزایش یابد.

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 قبلا گفته شد می‌توان استفاده کرد.

در اینصورت جابه‌جایی چشمه‌ی نور گسترده، جسم کدر یا پرده، تاثیری بر ابعاد سایه ایجاد نمی‌کند و فقط موجب تغییر پهنای نیم‌سایه خواهد شد.



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 مشخّصی که بستگی به ابعاد جسم کدر و چشمه‌ی نور دارد، بیشتر باشد. در شکل مقابل اگر بخواهیم سایه به حداقل ممکن (صفر) برسد، داریم:

$$\frac{AB}{OO'}=\frac{d'}{d+d'} \qquad (۵-۱)$$

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

$$\frac{OO'}{MN}=\frac{d}{d'} \qquad (۶-۱)$$

بدیهی است که در چنین وضعیتی اگر $d'<x$ باشد، سایه و نیم‌سایه تشکیل می‌شود و نحوه‌ی تعیین ابعاد آنها، شبیه حالت‌های گذشته است.

از سوی دیگر اگر $d'>x$ باشد، دیگر سایه وجود ندارد و در ناحیه‌ی مرکزی نیز یک نیم‌سایه تشکیل می‌شود که به آن اصطلاحاً نیم‌سایه‌ی حلقوی می‌گوییم؛ زیرا چشمه‌ی نور، کروی و جسم کدر به صورت دایره باشد، هنگامی که شخصی در این ناحیه قرار گیرد، اطراف چشمه‌ی گسترده را مشاهده می‌کند، ولی مرکز چشمه‌ی نور را نمی‌تواند مشاهده نماید و در اینصورت منبع نور به شکل یک حلقه‌ی نورانی دیده می‌شود.

مثال ۱۳

قرص کدری به قطر D، بین یک پرده و چشمه‌ی گسترده نور به قطر $\frac{۳}{۲}D$ 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؟

Sanatisharif.ir

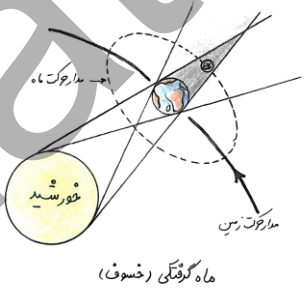
مثال ۱۴

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.

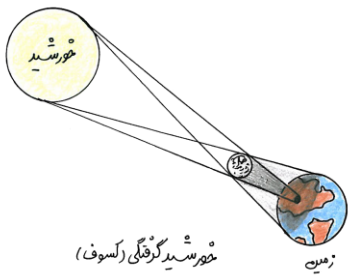
مثال ۱۵

در شکل‌های زیر، ناظرها هر کدام چشمه‌ی نور را چگونه مشاهده می‌کنند؟ (چشمه‌ی نور و جسم کدر، هر دو دایره‌ای شکل هستند.)

نکته: خسوف (ماه گرفتگی) و کسوف (خورشید گرفتگی)، نمونه هایی از کاربرد سایه و نیم سایه در زندگی روز مره است. به طور ساده نحوه‌ی ایجاد این دو پدیده را نشان می‌دهد.



ماه گرفتگی (خسوف)



خورشید گرفتگی (کسوف)

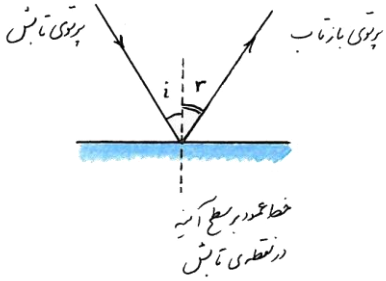
۱-۴. باز تاب نور

رفتار پرتوهای نور هنگام باز تاب 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 باز تاب کننده در نقطه‌ی تابش هر سه در یک صفحه قرار دارند.

۲) زاویه‌ی تابش با زاویه‌ی باز تاب برابر است. یعنی:

$$\hat{i} = \hat{r} \qquad (۷-۱)$$



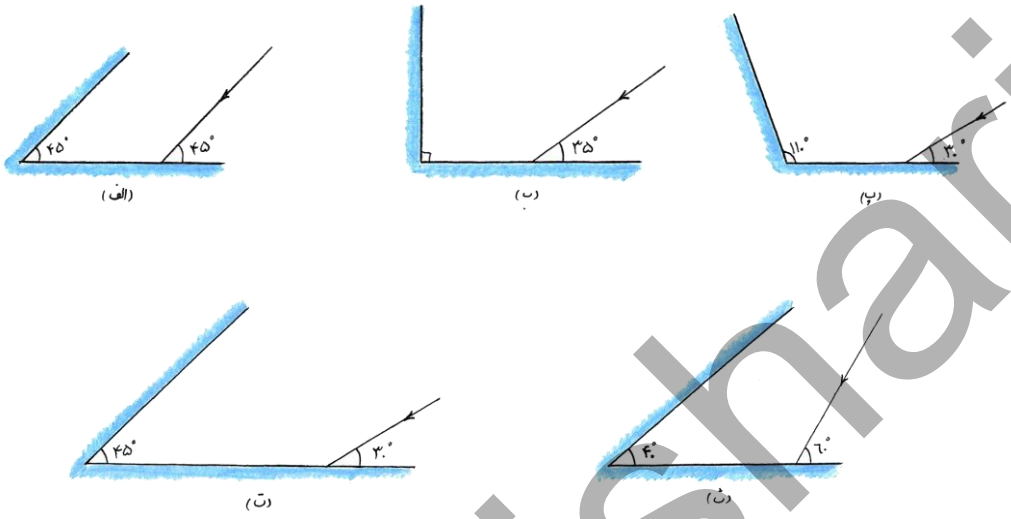
Sanatisharif.ir

مثال ۱۶

یک پرتوی نور به 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 ۱۷

در هر کدام از شکل‌های زیر مسیر پرتو را تا هنگام خروج از آینه‌ها به دقّت رسم کنید.



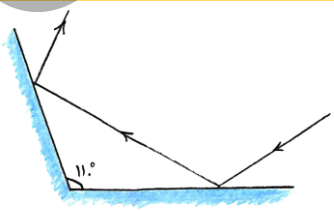
نکته: هنگامی‌که یک پرتو به یک چند آینه برخورد کرده، بازتاب می‌شود. نسبت به امتداد اولیه‌اش منحرف می‌گردد. برای تعیین زاویه‌ی انحراف، زاویه‌ی میان امتداد پرتوی تابش اولیّه و بازتاب نهایی را تعیین می‌نماییم.

مثال ۱۸

در هر کدام از شکل‌های مثال ۱۷، زاویه‌ی انحراف پرتو را تعیین کنید.

مثال ۱۹

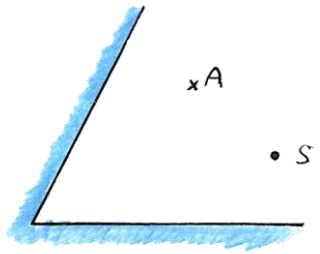
در شکل مقابل مسیر پرتوی نور هنگام بازتاب از دو آینه که با یکدیگر زاویه‌ی ۱۱۰° می‌سازند، نشان داده شده است. زاویه‌ی انحراف پرتو چند درجه است؟



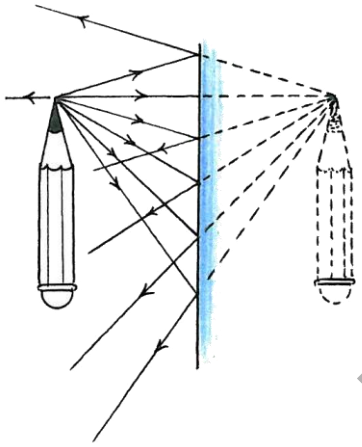
Sanatisharif.ir

مثال ۲۰

در شکل مقابل پرتویی از چشمه‌ی نقطه‌ای S رسم کنید که پس از بازتاب از دو آینه، از نقطه‌ی A بگذرد.

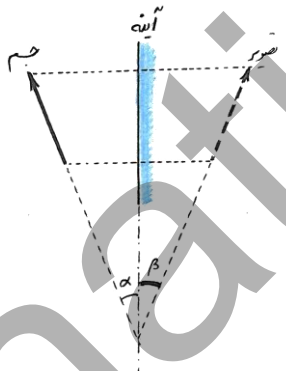


تشکیل تصویر در آینه‌ی تخت:



وقتی جسمی در مقابل یک آینه‌ی تخت قرار می‌گیرد، هر نقطه از آن مانند یک چشمه‌ی نقطای عمل می‌کند و از آن، تعداد بی‌شماری پرتو می‌تابد. این پرتوهای واگرا، پس از بازتاب از آینه نیز واگرا می‌مانند و امتداد پرتوهای باز تاب 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 ویژگی‌ها ی زیر است:



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

۲- تصویر نسبت به جسم، مستقیم است.

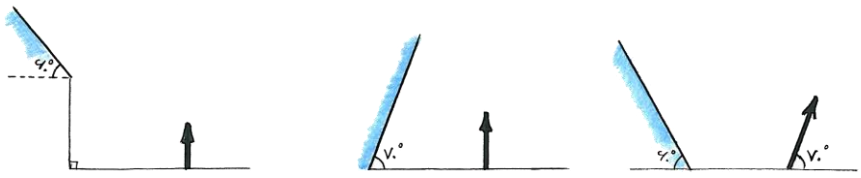
۳- طول تصویر با طول جسم برابر است.

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.

مثال ۲۱

در هر کدام از شکل‌های زیر، زاویه‌ی میان امتداد تصویر جسم و آینه را تعیین کنید.



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