۲ شکست نور و عدسی

۲-۱. شکست نور

می‌دانیم سرعت نور در خلأ، بیش‌ترین مقدار ممکن برای سرعت است. این سرعت بیشینه را معمولا با c نمایش می‌دهند و به طور تقریبی، مقدار آن را $۳۰۰۰۰۰\frac{\text{km}}{\text{h}}$ یا $۳\times۱۰^{۸}\frac{\text{m}}{\text{s}}$ در نظر می‌گیرند. اگر سرعت نور در سایر محیط‌های شفّاف را با v نشان دهیم، $v<c$ است.

از سوی دیگر، علّت شکست نور هنگام عبور از یک محیط به محیط دیگر، تغییر سرعت نور است؛ لذا ضریبی به نام ضریب شکست برای محیط شفّاف، به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$n=\frac{c}{v} \qquad (۱-۲)$$

با توجّه به این رابطه، به سادگی معلوم می‌شود $n\geq ۱$ است و هم‌چنین ضریب شکست محیط خلأ (یا هوا) برابر با ۱ می‌باشد.

مثال ۱

ضریب شکست الماس ۲/۵ است. سرعت نور در الماس چند کیلومتر بر ثانیه است؟

Sanatisharif.ir

نکته: ضریب شکست نسبی محیط شفّاف ۲ نسبت به محیط شفّاف ۱ را با نماد $n_{۲,۱}$ نشان می‌دهیم و به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$n_{۲,۱}=\frac{n_۲}{n_۱} \qquad (۲-۲)$$

و با توجّه به تعریف ضریب شکست یک محیط شفّاف ($n=\frac{c}{v}$) می‌توان نوشت:

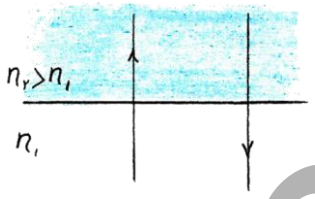
$$\frac{n_۲}{n_۱}=\frac{V_۱}{V_۲} \qquad (۲-۳)$$

مثال ۲

ضریب شکست شیشه نسبت به آب $\frac{۹}{۸}$ و ضریب شکست الماس نسبت به شیشه $\frac{۸}{۵}$ است. نسبت سرعت نور در آب به سرعت نور در الماس را بیابید.

نکته: هر قدر ضریب شکست یک محیط شفّاف بیش‌تر باشد، اصطلاحاً آن محیط را غلیظ‌تر و هر قدر ضریب شکست یک محیط شفّاف کم‌تر باشد، آن محیط را رقیق‌تر می‌نامیم.

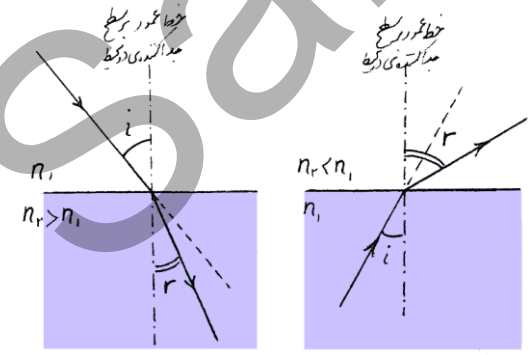
نکته: برای پرتویی که به طور عمود، به سطح جداکننده‌ی دو محیط شفّاف می‌تابد، شکست نور رخ نمی‌دهد و پرتو به مسیر خود روی خطّ راست ادامه می‌دهد.



نکته: هنگامی که یک پرتو به‌طور مایل، به سطح جداکننده‌ی دو محیط شفّاف تابیده می‌شود، هنگام عبور از این سطح، تغییر مسیر می‌دهد و ...

۱. 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.

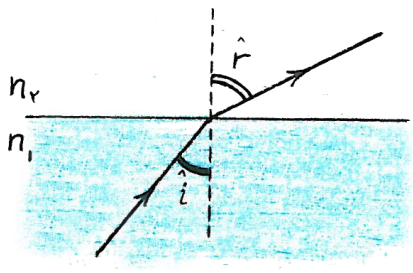
۲. اگر از محیط غلیظ وارد محیط رقیق می‌شود، پس از شکست، از خط عمود بر سطح جدا کننده‌ی دو محیط در نقطه‌ی تابش، دورتر خواهد شد و $\hat{r}>\hat{i}$ است.



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

Sanatisharif.ir

قانون اسنل ـ دکارت



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

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

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

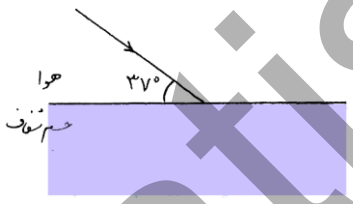
$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} \qquad (۴-۲)$$

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

$$\sin i \times n_1 = \sin r \times n_2 \qquad (۵-۲)$$

مثال ۳

وارد محیط شفّافی مطابق شکل پرتوی نوری از هوا وارد محیط شفّافی می‌شود که سرعت نور در آن $۲/۲۵\times۱۰^{۵}\ \frac{km}{s}$ است.



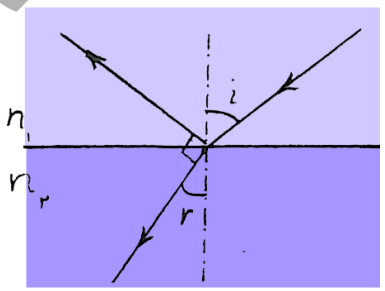
الف) ضریب شکست محیط شفّاف را بیابید.

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

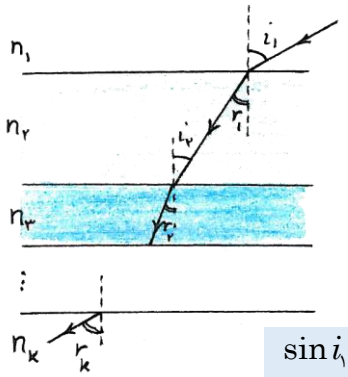
مثال ۴

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

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



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



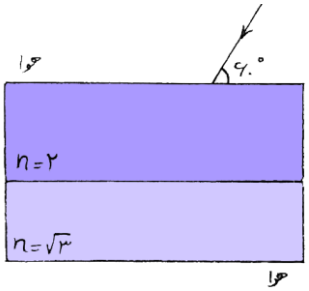
نکته: با توجّه به رابطه‌ای که برای اسنل ـ دکارت بیان شد (رابطه‌ی ۵-۲)، می‌توان نتیجه گرفت اگر یک پرتوی نور، از چند سطح موازی بگذرد و از محیط‌های شفّاف مختلف عبور نماید، برای تعیین زاویه‌های شکست، کافی است رابطه‌ی ۲-۵ را بین هر دو محیط دلخواه به کار برد! یعنی:

$$\sin i_1 \times n_1 = \sin i_2 \times n_2 = \cdots = \sin i_k \times n_k \qquad (۶-۲)$$

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

مثال ۵

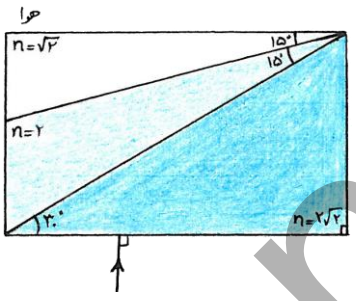
در شکل مقابل مسیر پرتوی نور تا هنگام خروج از جسم‌های شفّاف را رسم کنید.



$$\sin ۱۴/۵^\circ = ۰/۲۵ \;\; ; \;\; \sin ۱۷^\circ = \frac{\sqrt{۳}}{۶}$$

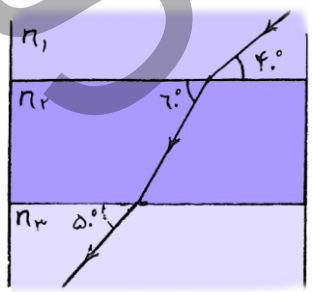
مثال ۶

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



مثال ۷

در شکل مقابل، رابطه‌ی میان ضریب شکست سه محیط شفّاف را تعیین نمایید.

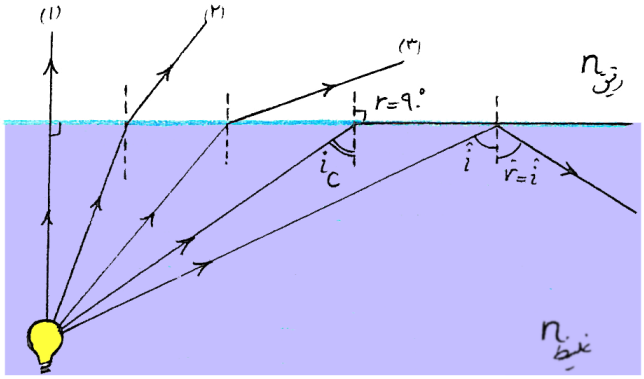


Sanatisharif.ir

زاویه‌ی حدّ و بازتاب کلّی:

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

- اگر پرتویی به‌صورت 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 به‌تدریج به سطح جداکننده‌ی دو محیط نزدیک می‌شود. (پرتوهای ۲ و ۳)
- به ازای یک زاویه‌ی تابش خاص ـ که به آن زاویه‌ی حد گفته می‌شود ـ پرتوی شکست، مماس بر سطح جداکننده‌ی دو محیط خارج می‌شود و در این‌صورت، $r=۹۰^\circ$ است. زاویه‌ی حدّ برای پرتویی که از محیطی غلیظ وارد یک محیط رقیق می‌شود را می‌توان از رابطه‌ی زیر تعیین کرد:

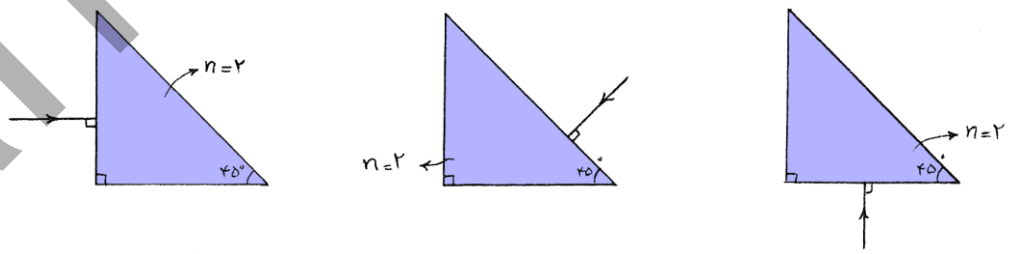
$$\sin i_C \times n_{غلیظ} = \sin ۹۰ \times n_{رقیق}$$

$$\sin i_C = \frac{n_{رقیق}}{n_{غلیظ}} \qquad (۷-۲)$$

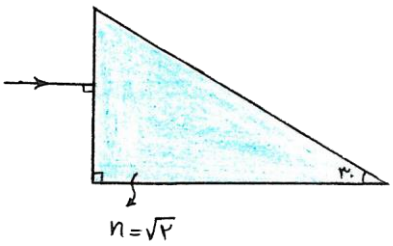
- اگر زاویه‌ی تابش، بیش از زاویه‌ی حدّ باشد، پرتوی تابیده شده نمی‌تواند از مرز جداکننده‌ی سطوح شفّاف بگذرد. در این حالت سطح جدا کننده‌ی دو محیط همانند یک آینه‌ی تخت عمل می‌کند و پرتو را با همان زاویه بازتاب می‌نماید. این پدیده را بازتاب کلّی می‌نامند.

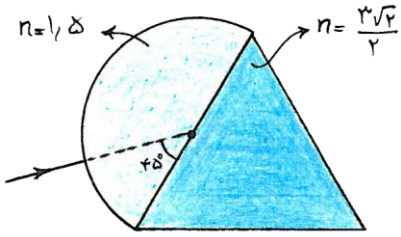
مثال ۸

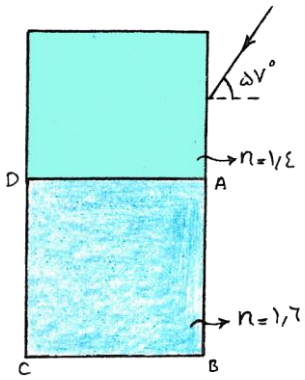
در هر کدام از شکل‌های زیر، مسیر پرتو تا هنگام خروج از جسم شفّاف را رسم کنید.



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







$\sin ۴۵^\circ = ۰/۷$

$\sin ۵۷^\circ = ۰/۸۴$

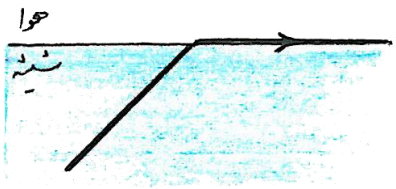
ABCD مربع است.

مثال ۹

در هر کدام از شکل‌های مثال ۸، زاویه‌ی انحراف پرتو را تعیین کنید.

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

مثال ۱۰



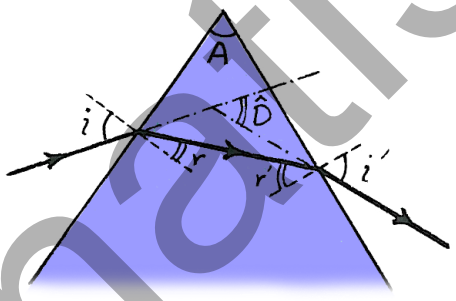
مطابق شکل پرتوی نوری با زاویه‌ی حد، به سطح جداکننده‌ی شیشه و هوا می‌تابد. روی سطح شیشه، یک لایه‌ی آب می‌ریزیم. پرتوی خروجی از شیشه، نسبت به حالت قبل چند درجه منحرف می‌شود؟

$n_{\text{آب}}=\frac{۴}{۳}$ ، $n_{\text{شیشه}}=\frac{۳}{۲}$ و $\sin^{-۱}\frac{۳}{۴}=۴۸/۶^\circ$

مثال ۱۱

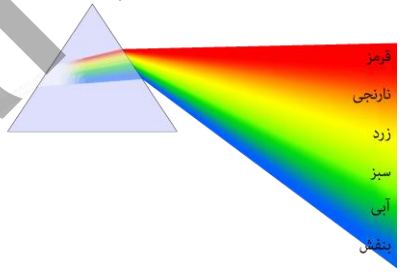
پرتوی نوری از هوا وارد تیغه‌ای شفّاف به ضریب شکست ۲ می‌شود. اگر زاویه‌ی تابش این پرتو را از ۰° تا ۹۰° تغییر دهیم، بیش‌ترین زاویه‌ای این پرتو در موقع شکست از راستای تابش منحرف می‌شود چند درجه است؟

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



$$D=i+i'-A$$
$$A=r+r' \qquad (۸-۲)$$

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



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

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

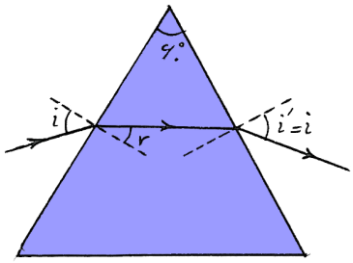
$$v_{\text{بنفش}}<v_{\text{آبی}}<v_{\text{سبز}}<v_{\text{زرد}}<v_{\text{نارنجی}}<v_{\text{قرمز}}$$

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

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

مثال ۱۲

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



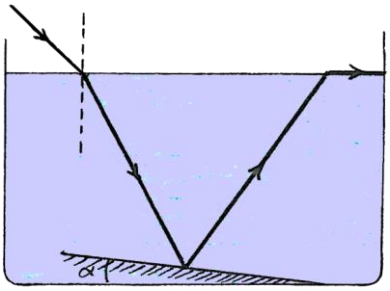
الف) زاویه‌ی r چند درجه است؟

ب) زاویه‌ی i چند درجه است؟

مثال ۱۳

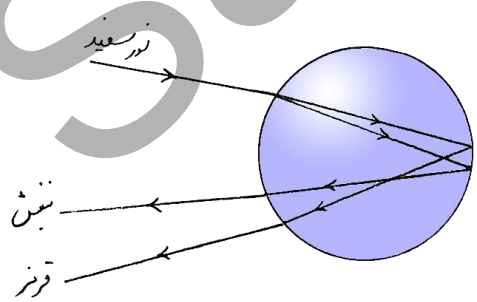
کف استخری دو لامپ آبی و قرمز قرار دارد. اگر از بالا نگاه کنیم، کدام لامپ بالاتر به نظر می‌رسد؟ چرا؟

مثال ۱۴



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 توجّه به مسیر نشان داده شده در شکل، زاویه‌ی α را تعیین کنید.

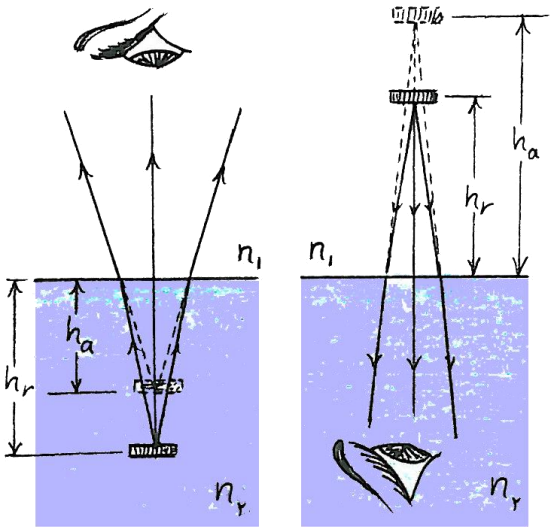
نکته: هنگامی‌که پرتوهای نور خورشید به قطرهای باران می‌تابد، درون قطره‌ی باران شکسته شده و به نورهای تشکیل دهنده‌ی آن تجزیه می‌شود. این پرتوها درون قطره بازتاب کلی می‌کنند و مطابق شکل، از آن خارج می‌شوند.



بنابراین هنگامی‌که از سطح زمین به یک رنگین‌کمان نگاه می‌کنیم، ترکیب رنگ‌های آن به‌صورت شکل مقابل دیده می‌شود.

Sanatisharif.ir

عمق ظاهری و عُمق واقعی:



اگر ناظری از یک محط 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، آن‌را بالاتر از محل واقعی خود خواهد دید و اگر ناظر از محیط غلیظ‌تر جشم را مشاهده نماید، آن‌را 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 به‌طور عمودی به سطح جداکننده‌ی دو محیط نگاه نماید. در این‌صورت می‌توان نوشت:

$$\frac{h_a}{h_r}=\frac{n_{\text{محل ناظر}}}{n_{\text{محل جسم}}} \qquad (۹-۲)$$

مثال ۱۵

منبعی به عمق ۱۸۰cm از مایعی پر شده است. هنگامی‌که در راستای قائم به آن نگاه می‌کنیم، کف منبع را ۶۰cm بالاتر از جای واقعی‌اش می‌بینیم. ضریب شکست مایع را بیابید.

مثال ۱۶

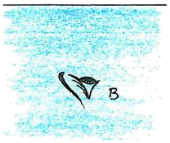
یک پرنده در ارتفاع ۳m بالای دریاچه‌ای در حال پرواز است و تقریباً به‌طور عمودی به یک ماهی که در عمق ۴ متری در حال شنا کردن است نگاه می‌کند.

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

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

پ) اگر فاصله‌ی 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

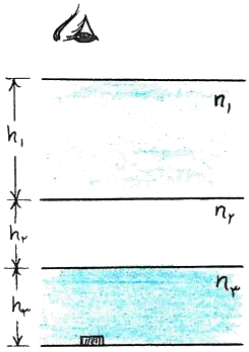


نکته: در شکل مقابل اگر ناظر A، ناظر B را در فاصله‌ی H_B از خود مشاهده نماید، می‌توان نشان داد:

$$\frac{H_A}{H_B}=\frac{n_{\text{محل ناظر A}}}{n_{\text{محل ناظر B}}} \qquad (۱۰-۲)$$

مثال ۱۷

نکته 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 انتهای مجموعه نگاه می‌کند، می‌توان از رابطه‌ی زیر به‌دست آورد:

$$\frac{h_{\text{ظاهری}}}{n_{\text{محل ناظر}}}=\frac{h_1}{n_1}+\frac{h_2}{n_2}+\frac{h_3}{n_3} \qquad (۱۱-۲)$$

مثال ۱۸

نکته‌ی فوق را ثابت کنید:

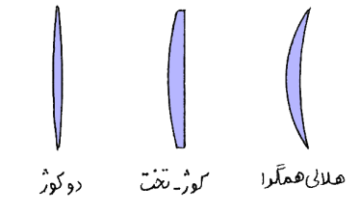
Sanatisharif.ir

۲-۲. عدسی‌ها

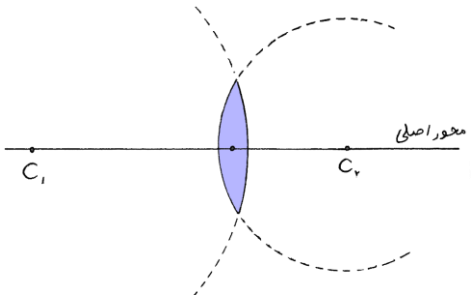
هر عدسی یک محیط شفاف است که با توجّه به انحنای سطوح خارجی آن پرتوی نور را هنگام ورود یا خروج آن بار مسیر اصلی خود منحرف می‌سازد. عدسی‌ها معمولاً به دو صورت عدسی‌های همگرا و عدسی‌های واگرا مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱. عدسی همگرا

بخش میانی این عدسی‌ها ضخیم‌تر از طریق آن است. معمولاً به‌صورت‌های مقابل مورد استفاده قرار می‌گیرد.

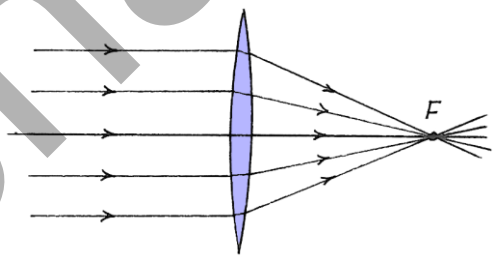


محور اصلی عدسی: خطی که مرکزهای دو سطح کروی در یک عدسی را به‌هم وصل می‌کنند (یا از مرکز سطح خمیده گذشته و بر سطح تخت عمود است.) محور اصلی عدسی نامیده می‌شود.



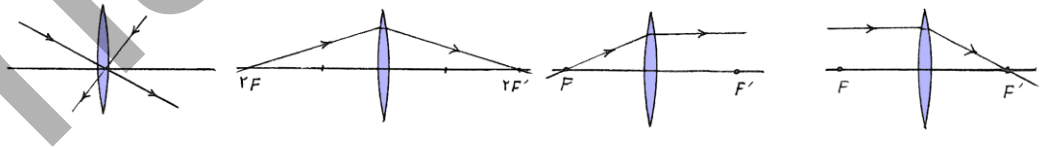
مرکز نوری: نقطه‌ی میانی عدسی، واقع بر محور اصلی را مرکز نوری عدسی می‌نامند.

کانون: هرگاه یک دسته پرتوی موازی محور اصلی یک عدسی همگرا به آن بتابد، پرتوها پس از شکست یکدیگر را در نقطه‌ای واقع بر محور اصلی قطع می‌کنند که آن را کانون عدسی می‌نامند و با F نمایش می‌دهند.



هر عدسی همگرا، دو کانون دارد که فاصله‌ی آن‌ها تا مرکز نوری عدسی با یکدیگر برابر است، هر چند شعاع انحنای طرفین عدسی یکسان نباشد.

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

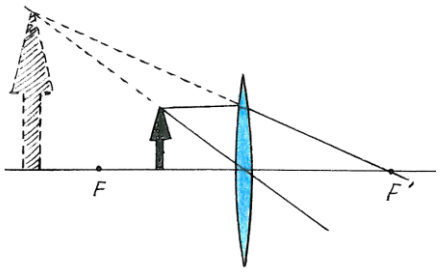


تشکیل تصویر در عدسی همگرا: برای تعیین محل تشکیل تصویر جسمی که مقابل یک عدسی همگرا قرار دارد، از هر نقطه‌ی آن باید پرتوهای عدسی تابانید و با تعیین مسیر حرکت آن‌ها تا هنگام خروج از عدسی، محل تشکیل تصویر مورد نظر را به‌دست آورد و همین کار را برای سایر نقاط جسم نیز تکرار نمود. امّا با توجّه به آن‌که می‌دانیم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

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

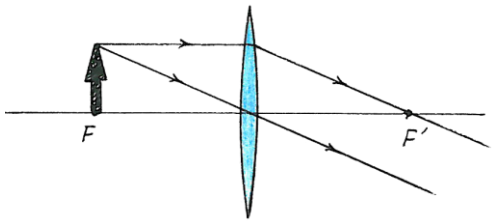
در عدسی همگرا، ویژگی‌های تصویر، به محل قرار گرفتن آن نسبت به عدسی بستگی دارد، لذا حالت‌های زیر را در نظر می‌گیریم:

۱. جسم در فاصله‌ی کانونی



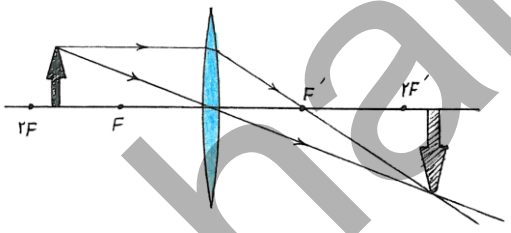
- ✓ تصویر مجازی است.
- ✓ تصویر بزرگ‌تر از جسم است.
- ✓ تصویر نسبت به جسم مستقیم است.

۲. جسم روی کانون



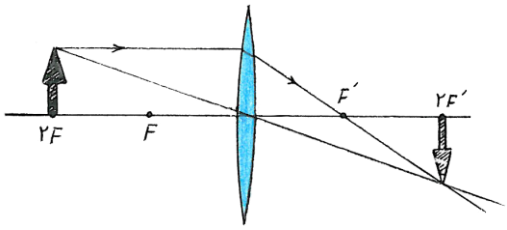
- ✓ تصویری تشکیل نمی‌شود.

۳. جسم بین F و $۲F$



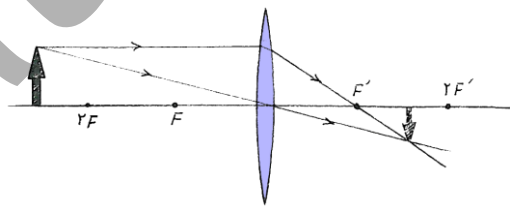
- ✓ تصویر حقیقی است.
- ✓ تصویر بزرگ‌تر از جسم است.
- ✓ تصویر نسبت به جسم وارونه است.
- ✓ تصویر دورتر از $۲F'$ تشکیل می‌شود.

۴. جسم روی $۲F$



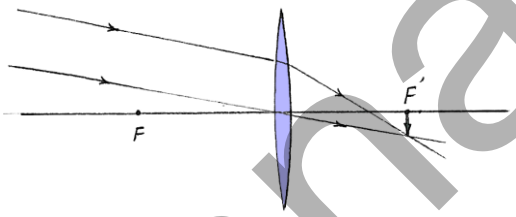
- ✓ تصویر حقیقی است.
- ✓ تصویر اندازه‌ی جسم است.
- ✓ تصویر نسبت به جسم وارونه است.
- ✓ تصویر روی $۲F'$ تشکیل می‌شود.

۵. جسم خارج از $۲F$



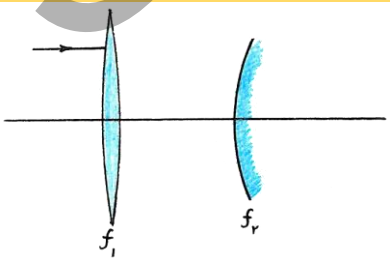
- ✓ تصویر حقیقی است.
- ✓ تصویر کوچکتر از جسم است.
- ✓ تصویر نسبت به جسم وارونه است.
- ✓ تصویر بین F', F' و $۲F'$ تشکیل می‌شود.

۶. جسم در بینهایت



مثال ۱۹

در شکل مقابل فاصله‌ی میان آینه و عدسی چه‌قدر باشد تا پرتوی SI که موازی محور اصلی مشترک آینه و عدسی تابیده، بر روی خودش باز گردد؟

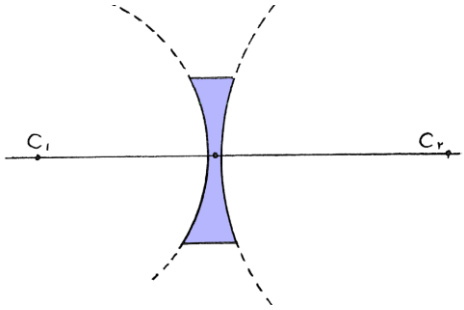


Sanatisharif.ir

۲. عدسی واگرا:

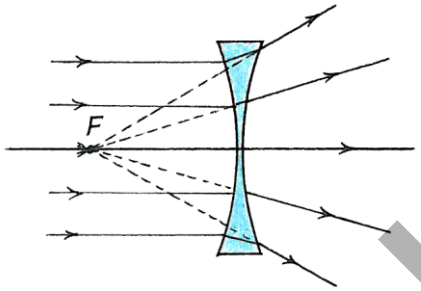
بخش میانی این عدسی‌ها نازک‌تر از طرفین آن است و معمولاً به شکل‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

محور اصلی عدسی: خطّی که از مرکزهای دو سطح کروی می‌گذرد (یا از مرکز سطح خمیده گذشته و بر سطح تخت عمود است) را محور اصلی عدسی می‌نامند.

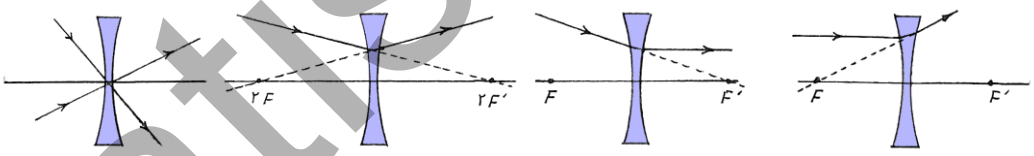


مرکز نوری: نقطه‌ی میانی عدسی واقع بر محور اصلی را مرکز نوری می‌نامند.

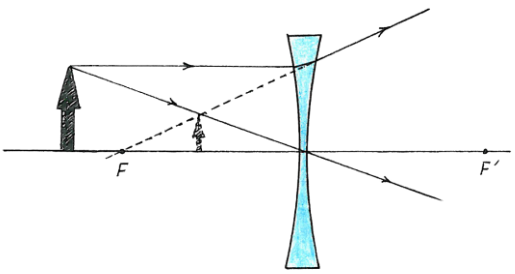
کانون: هرگاه یک دسته پرتوی موازی محور اصلی عدسی واگرا به آن بتابد، پرتوها به گونه‌ای شکست می‌یابند و از عدسی می‌گذرند که امتداد پرتوهای شکست، یکد یگر را در نقطه‌ای واقع بر محور اصلی قطع می‌کنند. این نقطه را کانون عدسی واگرا می‌نامند. هر عدسی واگرا، دو کانون مجازی دارد که فاصله‌ی هر دوی آن‌ها تا مرکز نوری با هم برابر است. هر چند شعاع انحنای طرفین عدسی با هم یکسان نباشد.



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 ورود آینه‌ها و عدسی همگرا گفته می‌شد، می‌توان با رسم حدّاقل دو پرتو محلّ تشکیل تصویر را تعیین کرد. در این‌جا نیز اگر جسم عمود بر محور اصلی باشد، تصویر نیز عمود بر محور اصلی تشکیل می‌شود.

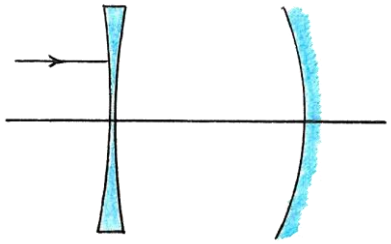


- ✓ تصویر مجازی است.
- ✓ تصویر کوچک‌تر از جسم است.
- ✓ تصویر نسبت به جسم مستقیم است.
- ✓ تصویر در طرف جسم و در فاصله‌ی کانونی تشکیل می‌شود.

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

مثال ۲۰

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 باز گردد؟

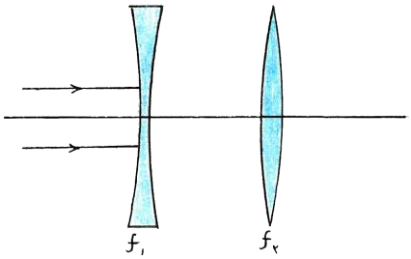


مثال ۲۱

مطابق شکل، دسته پرتویی به ضخامت w موازی محور اصلی مشترک دو عدسی می‌تابد.

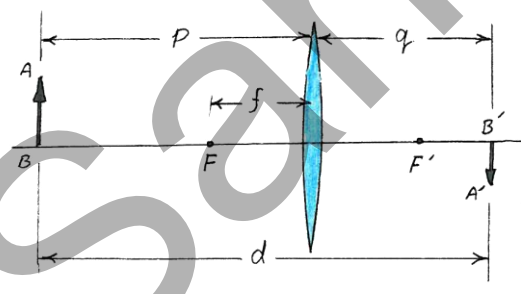
الف) فاصله‌ی میان دو عدسی چه‌قدر باشد که پرتو موازی محور اصلی خارج شود؟

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



روابط ریاضی در عدسی

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



$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f} \qquad (۱۲-۲)$$

$$m=\frac{|q|}{p}=\frac{A'B'}{AB} \qquad (۱۳-۲)$$

$$d=|p+q| \qquad (۱۴-۲)$$

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

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

Sanatisharif.ir

مثال ۲۲

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

مثال ۲۳

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

نکته: قدرت 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 دور می‌شوند) بنابراین فاصله‌ی کانونی عدسی کم‌تر خواهد بود. از این رو می‌توان نوشت:

$$D = \frac{۱۰۰}{f} \qquad (۱۵-۲)$$

در این رابطه، f فاصله‌ی کانونی عدسی بر حسب سانتی‌متر (cm) و D توان عدسی برحسب دیوپتر (d) است.

مثال ۲۴

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؟

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

مثال ۲۵

جسمی در فاصله‌ی ۲۰ سانتی‌متری از یک عدسی قرار دارد و تصویرمجازی آن در فاصله‌ی $4\,cm$ از عدسی تشکیل شده است. جسم را چند سانتی‌متر به عدسی نزدیک کنیم تا تصویر آن در فاصله‌ی $2/5\,cm$ از عدسی تشکیل شود؟

مثال ۲۶

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 اوّل شود؟

مثال ۲۷

یک عدسی از جسمی که در فاصله‌ی ۴۰ سانتی‌متری‌قراردارد، 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:

$$|f| = \frac{m.d}{(m \pm 1)^2} \qquad (۱۶-۲)$$

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

Sanatisharif.ir

مثال ۲۸

نکته‌ی قبل را ثابت کنید.

مثال ۲۹

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

مثال ۳۰

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 سانتی‌متر است؟

مثال ۳۱

اگر فاصله‌ی تصویر از عدسی همگرا در حالی که جسم در ۲۰ سانتی‌متری عدسی است و حالتی که جسم در ۸۰ سانتی‌متری آن است، برابر باشد، فاصله‌ی کانونی عدسی چند سانتی‌متر است؟

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

مثال ۳۲

حداقل فاصله‌ی میان جسم و تصویر حقیقی آن در یک عدسی ۸۰ سانتی‌متر است. اگر جسمی را در فاصله‌ی ۱۰ سانتی‌متری این عدسی قرار دهیم، طول تصویر آن چند برابر طول جسم خواهد شد؟

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

$$p=\left(1\pm\frac{1}{m}\right)f \qquad (۱۷-۲)$$

$$q=\pm\left(m\pm1\right)f \qquad (۱۸-۲)$$

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

مثال ۳۳

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:

$$x=\left|\frac{1}{m_1}\pm\frac{1}{m_2}\right|\times|f| \qquad (۱۹-۲)$$

در این رابطه، علامت - زمانی به‌کار می‌رود که تصویر در دو حالت، حقیقی یا مجازی باشد.
علامت + زمانی استفاده می‌شود که یک‌بار تصویر حقیقی و بار دیگر تصویر مجازی باشد.

Sanatisharif.ir

مثال ۳۴

طول تصویر یک جسم در یک عدسی واگرا، $\frac{۱}{۶}$ طول آن است. اگر جسم را $۹\,cm$ به عدسی نزدیک کنیم، طول تصویر $\frac{۱}{۳}$ طول جسم می‌شود. توان عدسی چند دیوپتر است؟

مثال ۳۵

جسمی به فاصله‌ی $۸۰\,cm$ 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.

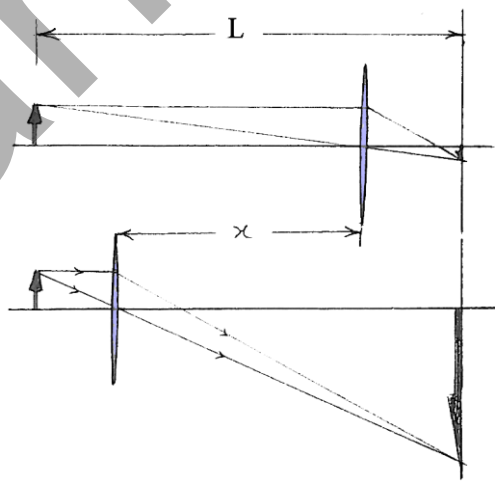
نکته: در حالت‌های خاصی که فاصله‌ی میان جسم و تصویر(جسم و پرده) مقدار ثابت L است، دو مکان برای عدسی وجود دارد که تصویر واضحی از جسم بر روی پرده تشکیل می‌شود. در این‌صورت:

$$x = \sqrt{L^۲ - ۴fL} \qquad (۲۰-۲)$$

و بزرگ‌نمایی در دو حالت عبارتست از:

$$m_۲ = \frac{L+x}{L-x}$$

$$m_۱ = \frac{L-x}{L+x} \qquad (۲۱-۲)$$



Sanatisharif.ir

مثال ۳۶

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

الف) فاصله‌ی کانونی عدسی چند سانتی‌متر است؟

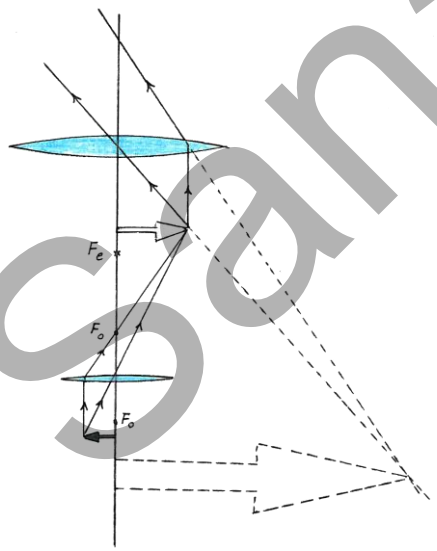
ب) تصویر حالت دوّم چند برابر تصویر حالت اوّل است؟

ابزارهای نوری

۱. چشم:

- عدسی چشم، یک عدسی همگرا است که فاصله‌ی کانونی آن می‌تواند تغییر کند.
- مردمک چشم دریچه‌ای است که با تغییر قطر آن، شدّت نور عبوری تنظیم می‌شود.
- هنگامی که ماهیچه‌های نرگانی 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 شبکیّه را تطابق می‌گویند.
- یک چشم سالم می‌تواند برای فاصله‌هایی از حدود ۲۵cm 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:

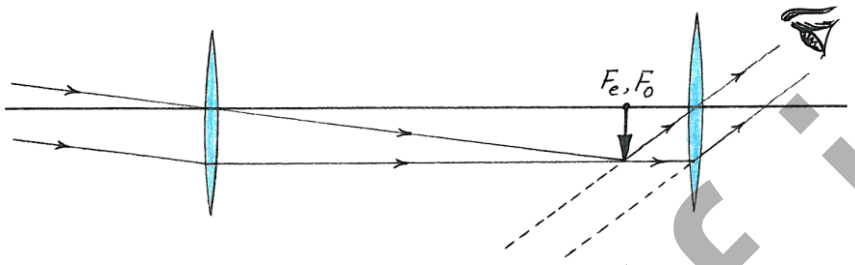
- ساختمان اصلی دوربین نجومی از دو عدسی همگرا تشکیل شده است.
- فاصله‌ی کانونی عدسی شیئی در حدود متر است.
- فاصله‌ی کانونی عدسی چشمی در حدود سانتی‌متر است.

Sanatisharif.ir

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

❖ معمولا دوربین را طوری تنظیم می‌کنند که کانون‌های دو عدسی بر یکدیگر منطبق شود. بنابراین طول لوله‌ی دوربین نجومی، برابر مجموع فاصله‌ی کانونی‌های عدسی‌های آن است. یعنی

$$L = f_e + f_o$$



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