جمع‌بندی طلایی فیزیک

مؤلف: پیمان طلوعی

مؤلف: پیمان طلوعی

نور: صورتی از انرژی است که به صورت موجی و ذره‌ای ظاهر می‌شود.

پرتو نور: باریکه بسیار نازک نور است.

انواع دسته پرتوهای نور:



۱. موازی

۲. همگرا

۳. واگرا

اجسام از لحاظ عبور نور:

۱. شفاف

۲. نیمه شفاف

۳. کدر

انواع چشمه نور:

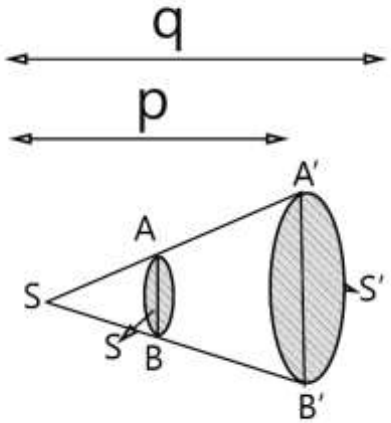
۱. نقطه‌ای ← فقط سایه تشکیل می‌دهد.

۲. گسترده ← علاوه بر سایه، نیم سایه هم تشکیل می‌دهد.

قضیه: نور به خط راست منتشر می‌شود.

تشکیل سایه و نیم‌سایه – وجود مرز مشخص بین سایه و نیم‌سایه – پدیده‌هایی مانند خورشید گرفتگی (کسوف) و ماه‌گرفتگی (خسوف) نشان می‌دهند که نور به خط راست منتشر می‌شود.

تشکیل سایه حاصل از چشمه نقطه‌ای نور:



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

$$\frac{s'}{s} = \left(\frac{q}{p}\right)^{۲}$$

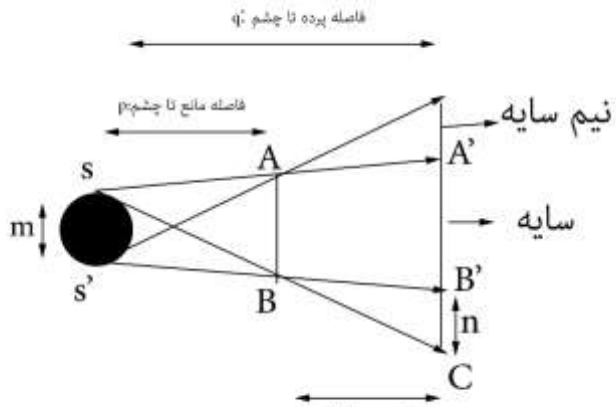
$A'B'$: طول (قطر) سایه

AB : طول (قطر)مانع

s': مساحت سایه

s: مساحت مانع

تشکیل سایه و نیم سایه حاصل از چشم گسترده نور:

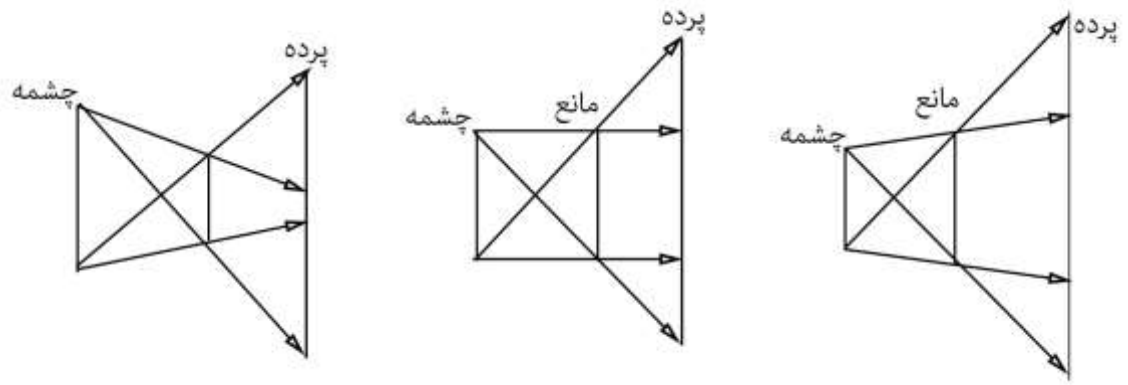


$$\frac{A'B'+n}{AB}=\frac{q}{p}$$

$$\frac{m}{n}=\frac{p}{d}$$

که در آن m پهناش چشم و n پهنای نیم سایه است.

برحسب ابعاد چشم و جسم کدر سه حالت زیر را داریم:



توجه داشته باشیم که حرکت چشمه و پرده را همواره هم جهت و حرکت مانع و پرده را همواره مختلف‌الجهت بگیریم:

نکته: در هر سه حالت فوق با صرف نظر از ابعاد چشم و مانع هرگاه پرده به مانع نزدیک و یا چشمه از مانع دور شود ابعاد نیم سایه همواره کاهش می‌یابد.

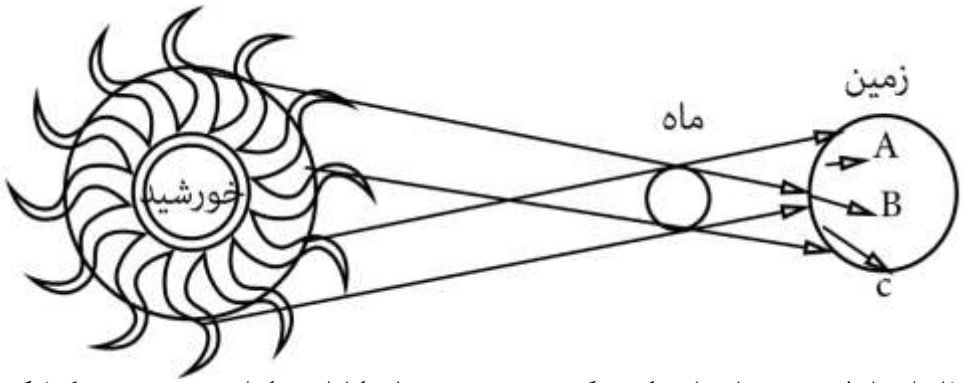
خورشید گرفتگی (کسوف):

هرگاه ماه و خورشید و زمین در یک راستا باشند و ماه بین زمین و خورشید واقع شود.

برای ناظر A خورشید گرفتگی جزئی است.

برای ناظر B خورشید گرفتگی کامل است.

برای ناظر C خورشید گرفتگی جزئی است.

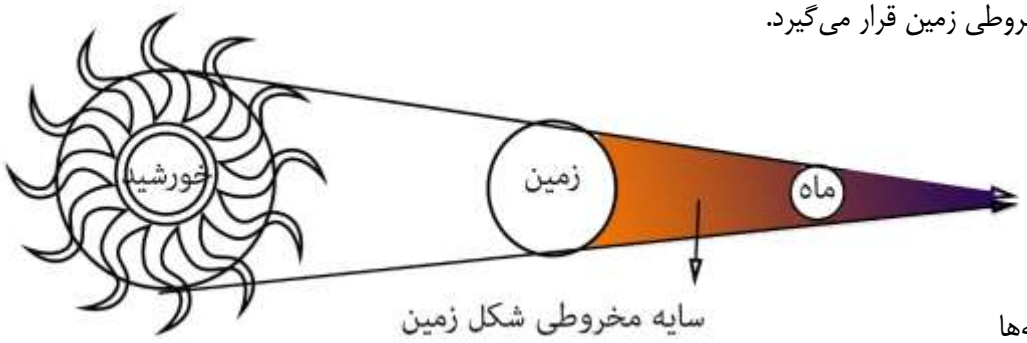


نکته: هرگاه فاصله ماه از زمین چنان باشد که دیگر بر روی زمین سایه کامل تشکیل نشود خورشید گرفتگی حلقه‌ای خواهیم داشت.



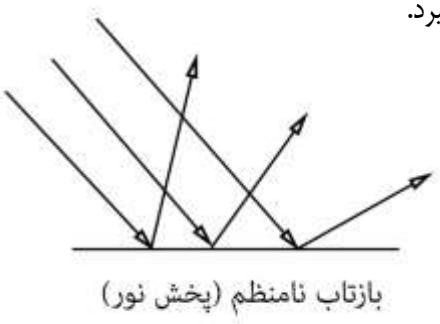
ماه‌گرفتگی (خسوف):

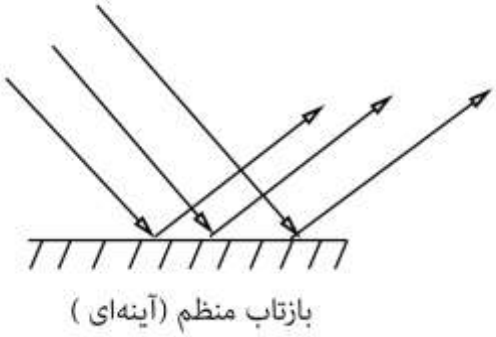
هرگاه ماه و زمین و خورشید در یک راستا باشند و زمین بین ماه و خورشید واقع شود، در اینصورت ماه در سایه مخروطی زمین قرار می‌گیرد.



آینه‌ها

بازتاب: برگشت نور از سطح اشیا را بازتاب می‌گویند و با توجه به جنس سطح به دو صورت منظم و نامنظم صورت می‌گیرد.

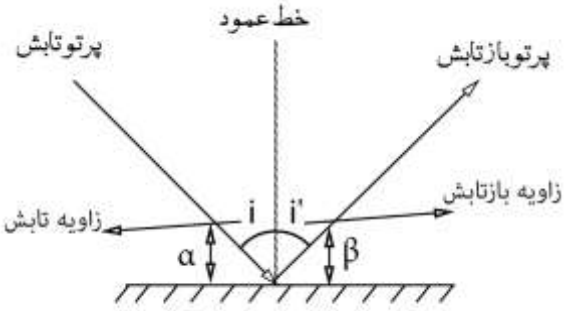

بازتاب نامنظم (پخش نور)


بازتاب منظم (آینه‌ای)

قوانین بازتاب:

در بازتاب از هر سطحی چه صاف و چه ناصاف

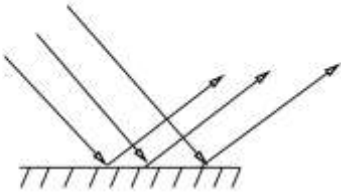
۱. همواره زاویه تابش (i) با زاویه بازتابش (i') برابر است.



۲. پرتو تابش و پرتو بازتابش و خط عمود هر سه در یک صفحه‌اند.

نکته ۱: در بازتاب از هر سطحی $\leftarrow i = i'$

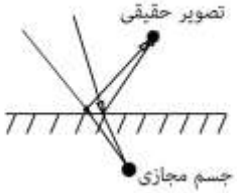
نکته ۲: زاویه بین پرتو تابش با پرتو بازتابش برابر است با $2i$



نکته ۳: $\begin{cases} i + \alpha = ۹۰ \\ i' + \beta = ۹۰ \end{cases} \xrightarrow{i=i'} \alpha = \beta$

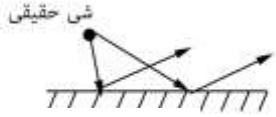
آینه تخت:

هر سطح صاف و صیقلی را آینه تخت می‌گویند.



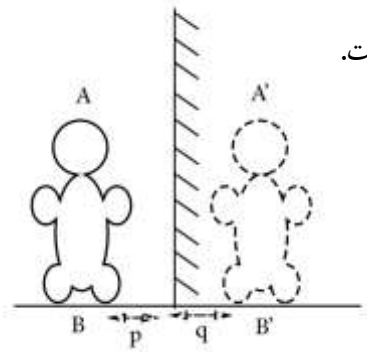
نکته ۱: هرگاه دسته پرتو موازی به آینه تخت بتابد موازی برمی‌گردد.

نکته ۲: هرگاه دسته پرتو همگرا به آینه تخت بتابد همگرا برمی‌گردد.



نکته ۳: هرگاه دسته پرتو واگرا به آینه تخت بتابد واگرا می‌گردد.

ویژگی‌های تصویر در آینه تخت:



۱. مجازی است یعنی در پشت آینه تشکیل می‌شود و نمی‌توان آن را روی پرده انداخت.

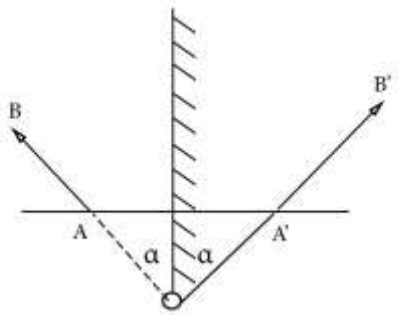
۲. مستقیم است.

۳. طول تصویر با طول جسم برابر است . $A'B' = AB$

۴. فاصله تصویر تا آینه (q) با فاصله جسم تا آینه (p) برابر است. $(q = p)$

۵. تصویر برگردان جانبی دارد.

۶. زاویه بین جسم و تصویرش در آینه تخت همواره ۲ برابر زاویه‌ای است که جسم (امتداد جسم) با سطح آینه می‌سازد.



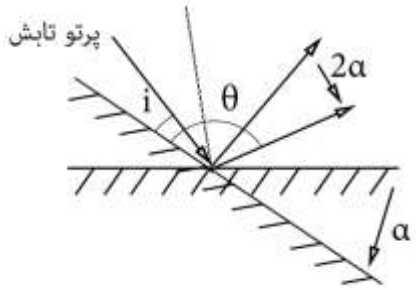
$$\theta = ۲\,\alpha$$

نکته: تصویر ساعت در آینه تخت + ساعت = ۱۱/۶۰

دوران آینه تخت:

هرگاه با شرط ثابت ماندن پرتو تابش آینه تخت را به اندازه α درجه دوران دهیم پرتو بازتابش به اندازه 2α درجه و در جهت دوران آینه دوران می‌کند، که بعد از دوران زاویه بین پرتو تابش اولیه و بازتابش از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$\theta = 2(i \pm \alpha)$$



که در آن θ زاویه پرتو تابش با بازتابش

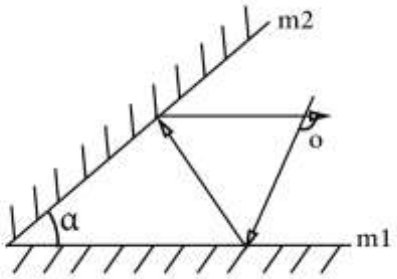
i زاویه تابش و α زاویه دوران آینه می‌باشد.

+ دوران ساعت‌گرد آینه

– دوران پادساعت‌گرد آینه

آینه‌های متقاطع:

در شکل زیر آینه‌ها را آینه‌های متقاطع می‌گویند. هرگاه پرتو پس از تابش به آینه M_1 و بازتاب از آن به آینه M_2 بتابد زاویه انحراف برابر خواهد شد با:



۱. اگر : $\alpha < 90^\circ \rightarrow O = 2\alpha$

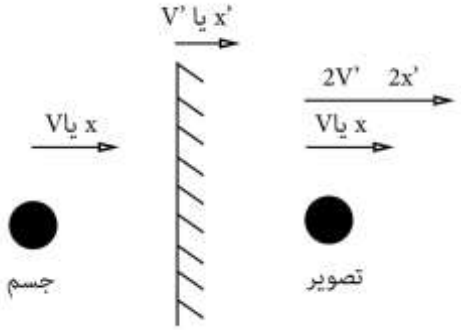
۲. اگر: $\alpha = 90^\circ \rightarrow O = 180^\circ$ (پرتو بازتاب از M_2 و پرتو تابش به M_1 با هم موازی می‌شوند.)

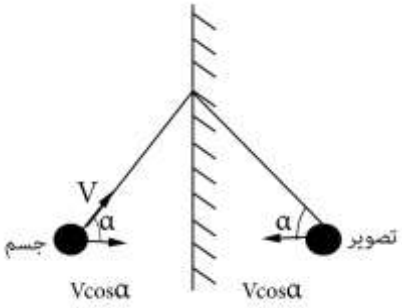
۳. اگر: $\alpha > 90^\circ \rightarrow O = 360 - 2\alpha$

توجه بسیار مهم: زاویه انحراف به زاویه تابش بر سطح آینه M_1 بستگی ندارد.

نکته: اگر پرتوی نوری تحت زاویهٔ α به یکی از دو آینه تخت متقاطع که با هم زاویه α می‌سازند بتابد، منطبق برخوردش بازتاب می‌شود.

سرعت و جابجایی جسم و تصویر در آینه تخت:





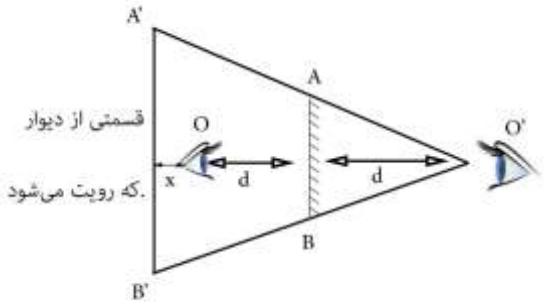
نکته: جسم با سرعت V با زاویه α مطابق شکل به آینه ساکن نزدیک می‌شود

سرعت تصویر نسبت به آینه = $V\cos\alpha$

سرعت تصویر نسبت به جسم =$2V\cos\alpha$

میدان دید در آینه‌های تخت:

فضایی است در جلوی آینه تخت که برای ناظر قابل رؤیت باشد، وسعت میدان دید در آینه به نوع آینه، مساحت آن و فاصله ناظر از آینه وابسته است.



$$\widehat{O'A'B'} \sim \widehat{OA'B}$$

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{2d+x}{d}$$

$A'B'$ قطر میدان دید، AB قطر آینه

$$\frac{S'}{s} = \left(\frac{2d+x}{d}\right)^2$$

S' مساحت میدان دید و s مساحت آینه

d: فاصله شخص تا آینه

d': فاصله تصویر شخص تا آینه

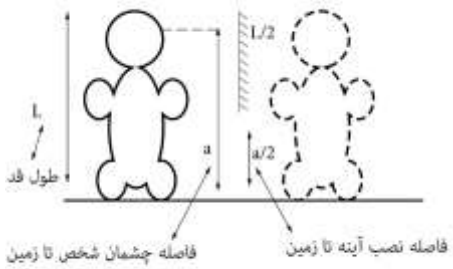
x: فاصله شخص تا دیوار پشت سرش

نکته ۱: با نزدیک شدن به آینه تخت میدان دید افزایش و با دور شدن از آینه میدان دید کاهش می‌یابد.

نکته ۲: قسمتی که از دیوار پشت سر می‌بینیم هم‌شکل آینه خواهد بود.

نکته ۳: اگر زاویه چشم با دور سر آینه تغییر کند (چشم به موازات سطح آینه بالا و پایین رود) قسمتی که در آینه دیده می‌شود عوض می‌شود اما مقدار میدان دید تغییر نمی‌کند.

نکته ۴: حداقل طول آینه تخت برای اینکه شخص به طول قد L بتواند تمام قد خودش را در آینه ببیند برابر $\frac{L}{2}$ است و این موضوع بستگی به فاصله شخص تا آینه ندارد.



نکته: از لحاظ میدان دید ← آینه مقعر > آینه تخت > آینه محدب

تفاوت آینه‌ها و عدسی‌ها و وجه اشتراک آن‌ها:

۱) حرکت جسم و تصویری در آینه‌ها پیوسته مختلف‌الجهت ولی در عدسی‌ها پیوسته هم‌جهت می‌باشد.

۲) در آینه‌ها هرگاه جسم و تصویر در یک طرف باشند نوع تصویر حقیقی و هرگاه در طرفین آینه باشند نوع تصویر مجازی است ولی در عدسی‌ها هرگاه جسم و تصویر در یک طرف باشند نوع تصویر مجازی و هرگاه در طرفین عدسی باشند نوع تصویر حقیقی است.

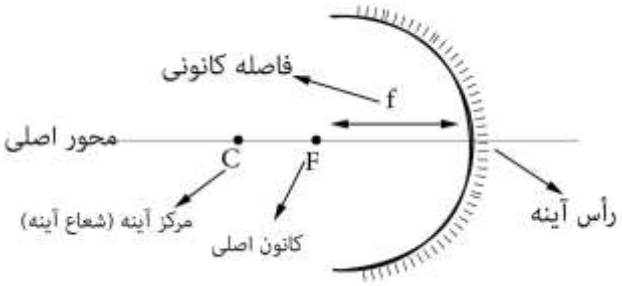
توجه: ویژگی‌های تصویر در آینه کاو (مقعر) به مانند عدسی همگرا (محدب) می‌باشد. ویژگی‌های تصویر در آینه کوژ (محدب) به مانند عدسی واگرا (مقعر) می‌باشد.

عدسی همگرا ≡ آینه کاو

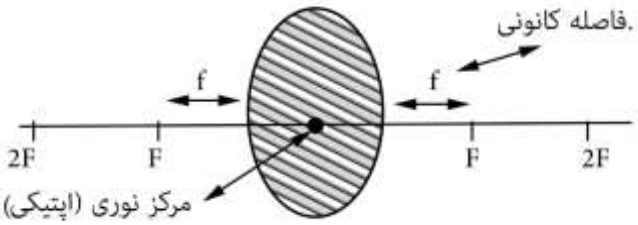
عدسی واگرا ≡ آینه کوژ

آینه مقعر (کاو):

آینه‌ای است که سطح داخلی آن بازتاب‌کننده نور می‌باشد و خاصیت همگرایی دارد و کانون آن حقیقی (در جلوی آینه) می‌باشد. ($f > 0$)

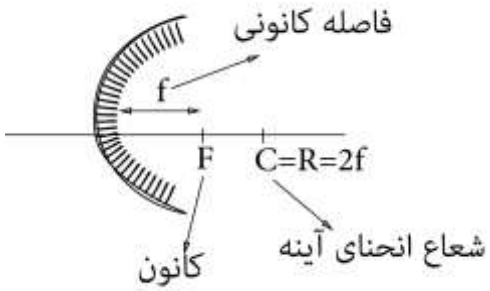


عدسی همگرا:

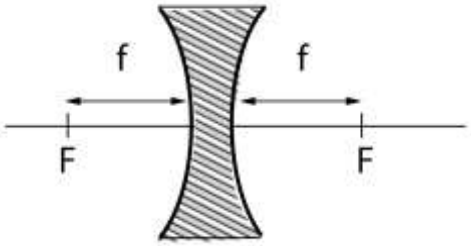


آینه محدب:

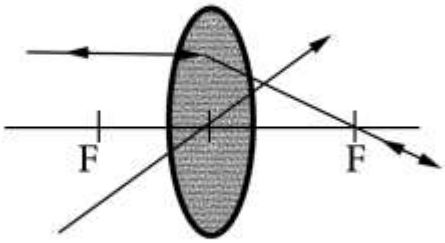
آینه‌ای است که سطح خارجی آن بازتاب‌کننده نور است خاصیت واگرایی دارد و کانون آن مجازی است. ($f < 0$)

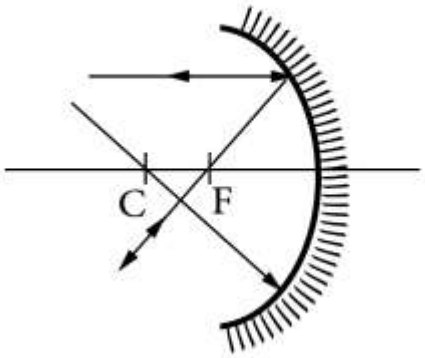


عدسی واگرا:

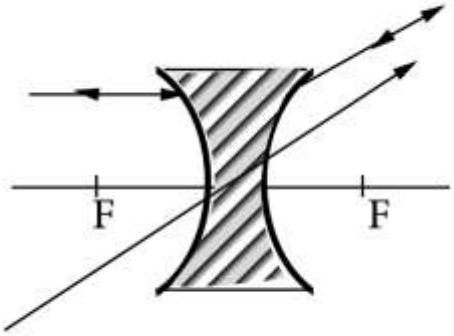


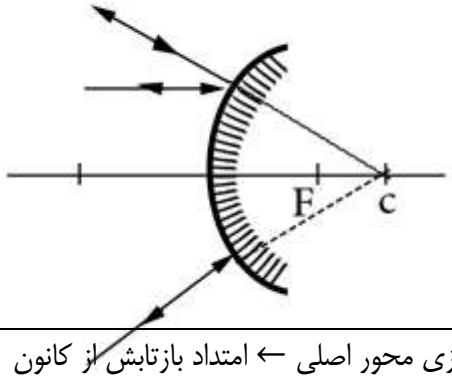
رسم پرتوهای تابش – بازتابش در آینه‌ها و تابش – شکست در عدسی‌ها





تابش موازی محور اصلی ← شکست از کانون	تابش موازی محور اصلی ← بازتابش از کانون
تابش از کانون ← شکست موازی محور اصلی	تابش از کانون ← بازتابش موازی محور اصلی
تابش از مرکز نوری ← بدون شکست عبور از مرکز نوری	تابش از مرکز ← بازتابش روی خودش





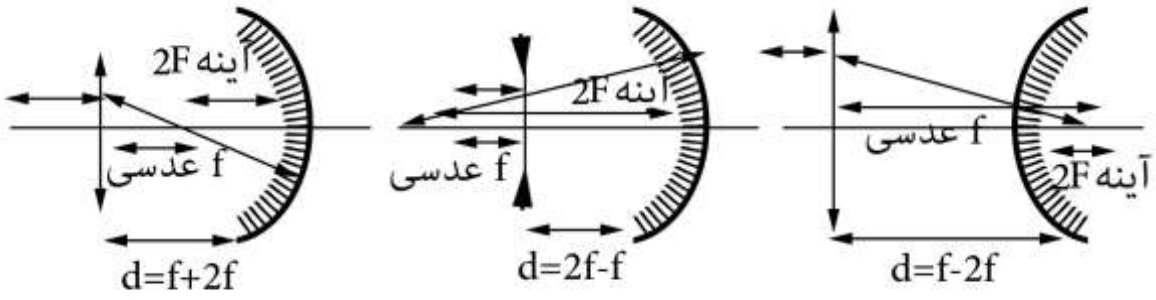
تابش موازی محور اصلی ← تعداد شکست از کانون	تابش موازی محور اصلی ← امتداد بازتابش از کانون
امتداد تابش از کانون ← شکست موازی محور اصلی	امتداد تابش از کانون ← بازتابش موازی محور اصلی
تابش از مرکز نوری ← بدون شکست عبور از مرکز نوری	امتداد تابش از مرکز ← بازتابش روی خودش

تکنیک یک عدسی و یک آینه:

فاصله بین یک آینه و یک عدسی برای آنکه اگر یک پرتو نوری موازی با محور اصلی به عدسی بتابد، پس از انعکاس از آینه بر روی خودش برگردد از رابطه مقابل به دست می‌آید.

$$d = \left| f_{\text{عدسی}} + ۲f_{\text{آینه}} \right|$$

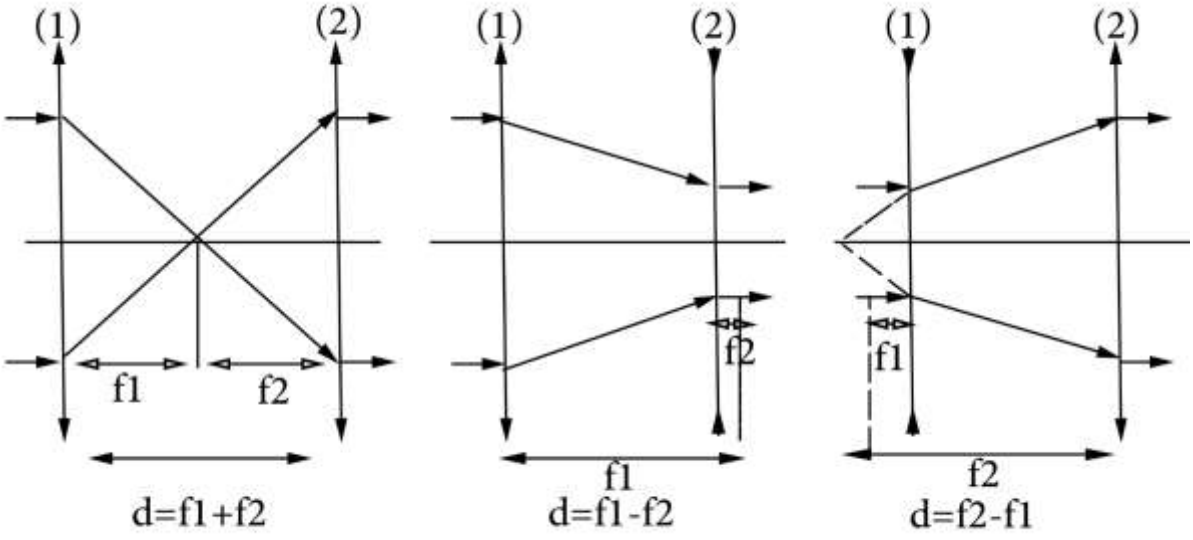
توجه: برای آینه مقعر و عدسی همگرا فاصله کانونی + و برای آینه محدب و عدسی واگرا فاصله کانونی – می‌باشد.



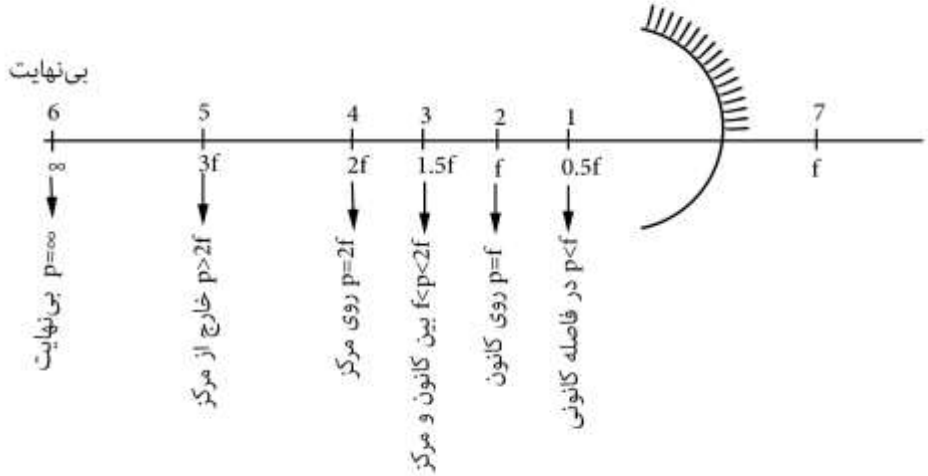
تکنیک دو عدسی: فاصله بین دو عدسی برای آنکه اگر یک دسته پرتو نوری، موازی به یک عدسی برخورد کند و پرتوی خروجی از عدسی دیگر نیز موازی باشد برابر است با

$$d = |f_1 + f_2|$$

توجه : اگر عدسی همگرا بود باید فاصله کانونی آن را + و اگر واگرا بود فاصله کانونی آن را – در نظر می‌گیریم.



تکنیک طلایی شماره‌گذاری در آینه کاو و عدسی همگرا:



نکته طلایی ۱: عدد جسم + عدد تصویر = ۸

نکته ۲: از عدد مربوط به محل جسم و محل تصویر هرکدام که بزرگ‌تر باشد بزرگ‌تر و سریع‌تر است.

نکته ۳: حداقل فاصله بین جسم و تصویر حقیقی در آینه کاو برابر $\Delta_{min}=0$ و در عدسی همگرا برابر $\Delta_{min}=4f$ می‌باشد.

نکته ۴: هرگاه با جابجایی جسم مقابل ابزارهای نوری قد تصویر رفته‌رفته بزرگ‌تر شود نوع حرکت تصویر تندشونده و هرگاه قد تصویر رفته رفته کوچک‌تر شود نوع حرکت تصویر کند شونده است.

و یا به‌عبارت‌دیگر:

- هرگاه جسم به کانون ابزارهای نوری نزدیک شود ← نوع حرکت تصویر تند شونده
- هرگاه جسم از کانون ابزارهای نوری دور شود ← نوع حرکت تصویر کند شونده

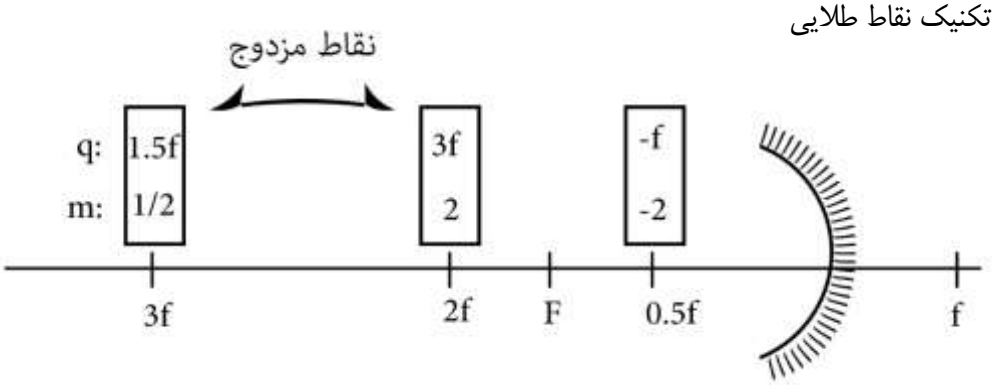
نکته ۵: نقاط مزدوج

هرگاه در مقابل آینه کاو ویژگی عدسی همگرا جسم را به محل تصویر حقیقی‌اش منتقل کنیم تصویر نیز به محل جسم منتقل می‌شود ولی بزرگنمایی برعکس می‌شود.

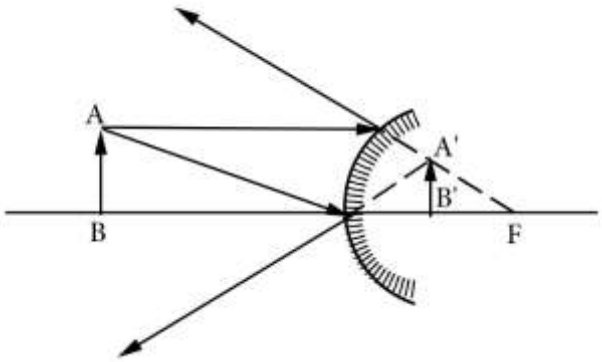
در نقاط مزدوج: $m_1 \times m_2 = 1$ یا $m_2 = \frac{1}{m_1}$

توجه: نقاط مزدوج فقط برای تصاویر حقیقی تعریف می‌شود.

نکته ۶: تکنیک نقاط طلایی



تصویر در آینه کوژ (محدب) و عدسی واگرا:



ویژگی‌های تصویر:

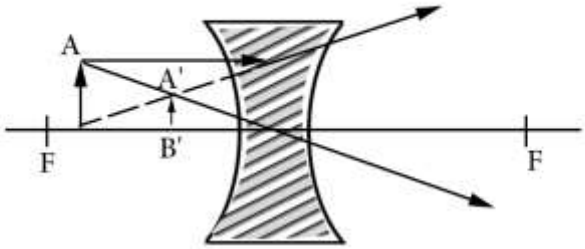
۱. مجازی

۲. مستقیم

۳. کوچک‌تر $(m \leq ۱)$

۴. در فاصله کانونی

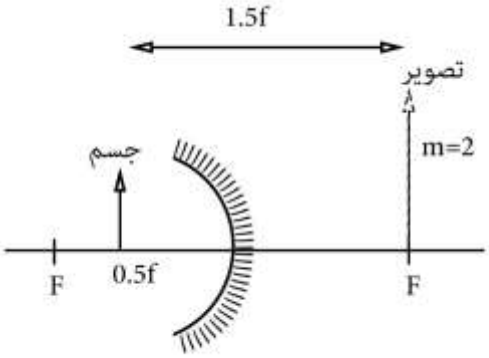
۵. حداکثر فاصله تصویر تا آینه یا عدسی برابر فاصله کانونی آینه یا عدسی می‌باشد.

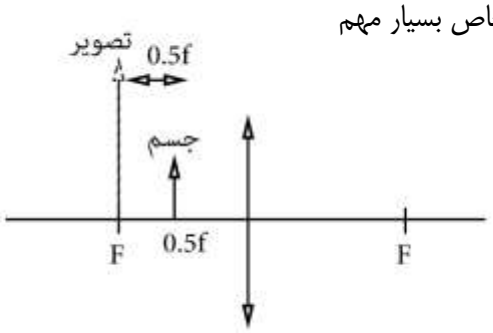


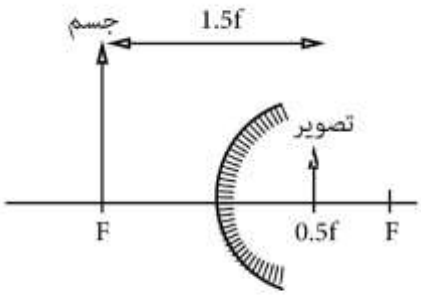
نکته:

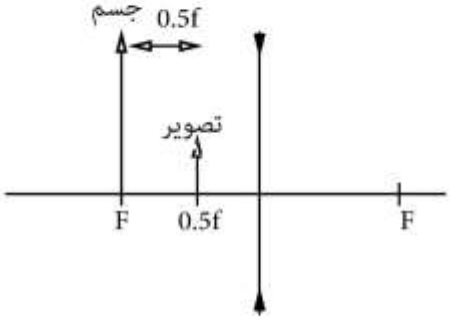
- اگر: $p = f \rightarrow q = \frac{f}{۲}, m = \frac{۱}{۲}$
- اگر: $p = \infty \rightarrow q_{max} = f$

حالات خاص بسیار مهم









فرمول‌ها و روابط آینه‌ها و عدسی‌ها

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

که در آن + اول در تصاویر حقیقی استفاده می‌شود و + نهایی منظور آینه کاو و عدسی همگرا است و – اول تصاویر مجازی و منفی دوم آینه کوژ و عدسی واگراست.

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

رابطه سریع:

$$p = nf \text{ یا } \frac{p}{f} = n \rightarrow \begin{cases} m = \frac{۱}{|۱ - n|} \, , q = \frac{nf}{|۱ - n|} \\ m = \frac{۱}{n + ۱} \, , q = \frac{nf}{n + ۱} \end{cases}$$

که در آن $m = \frac{۱}{|۱-n|}$ در آینه کاو و عدسی همگرا (تصاویر بزرگ) و $m = \frac{۱}{n+۱}$ در آینه کوژ و عدسی واگرا (تصاویر کوچک) استفاده می‌شود.

نکات مهم آینه‌ها و عدسی‌ها

تکنیک $m\Delta$: در ابزارهای نوری (آینه‌ها و عدسی‌ها) هرگاه فاصله جسم تا تصویرش Δ و بزرگنمایی m و فاصله کانونی f باشد داریم:

$$\text{در عدسی‌ها} : f = \frac{m\Delta}{(m \pm ۱)^۲} \qquad \text{در آینه‌ها}: f = \frac{m\Delta}{|m^۲ - ۱|}$$

که + برای تصاویر حقیقی و – برای تصاویر مجازی (ذره‌بین و عدسی واگرا) استفاده می‌شود.

تکنیک Δp: هرگاه با جابه‌جایی جسم مقابل ابزارهای نوری(آینه‌ها و عدسی‌ها) به اندازه ΔP، بزرگنمایی از $m_۱$ به $m_۲$ برسد خواهیم داشت:

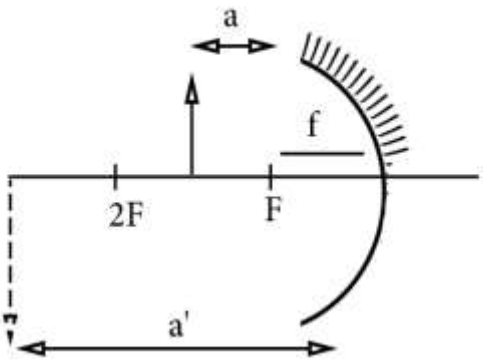
$$\text{جابه‌جایی جسم} : \Delta P = f \left| \frac{۱}{m_۱} \pm \frac{۱}{m_۲} \right|$$

$$\text{جابه‌جایی تصویر}: \Delta q = f \left| m_۱ \pm m_۲ \right|$$

+ هرگاه نوع تصویر عوض شود.

– هرگاه نوع تصویر عوض نشود.

تکنیک نیوتن: در ابزارهای نوری (آینه‌ها و عدسی‌ها) هرگاه فاصله جسم تا کانون را با a و فاصله تصویر تا کانون a' و فاصله کانونی f باشد داریم:

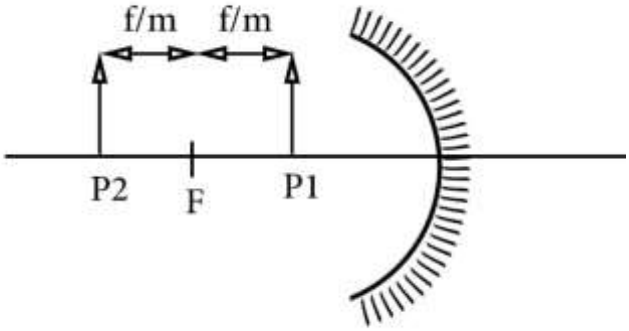


$$f^2 = aa' \text{ یا } f = \sqrt{aa'}$$

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

توجه: در عدسی همگرا کانون شیء در طرف شیء و کانون در طرف تصویر است ولی در عدسی واگرایی موضوع برعکس می‌باشد.

تکنیک بزرگنمایی‌های برابر: دو آینه کاو و عدسی همگرا در فواصل مساوی و متقارن حول f دو تصویر بزرگ‌تر از جسم با یک بزرگنمایی تشکیل می‌شود.

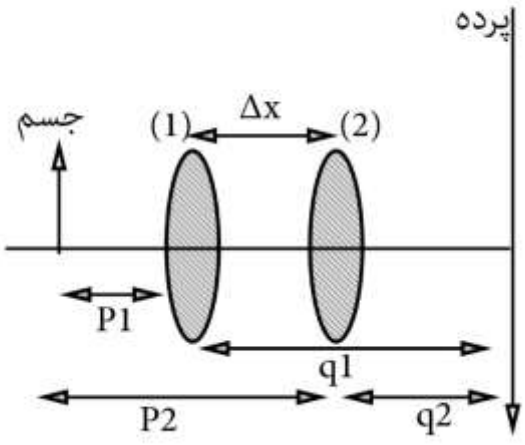


$$\begin{cases} P_1 = f - \frac{f}{m} \\ P_2 = f + \frac{f}{m} \end{cases}$$

تکنیک دو تصویر در عدسی همگرا:

یک عدسی همگرا با فاصله کانونی f در دو حالت می‌تواند از یک جسم حقیقی تصویر حقیقی روی پرده‌ای به فاصله L از جسم تشکیل می‌دهد یکی بزرگ‌تر با بزرگنمایی m_1 و دیگری کوچک‌تر با بزرگنمایی m_2

که هرگاه فاصله بین دو وضعیت عدسی را با Δx نشان دهیم داریم:



$$\Delta x = L\sqrt{1 - \frac{4f}{L}}$$

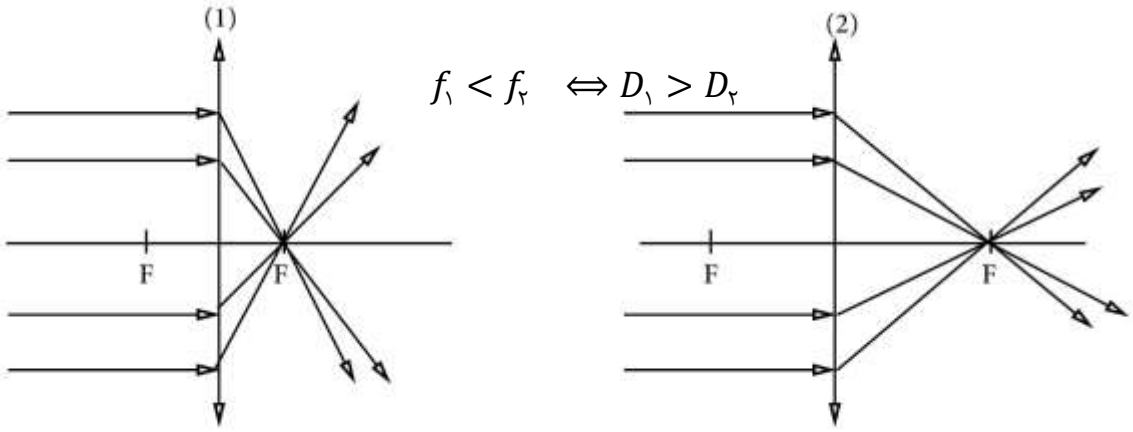
$$m_1 \times m_2 = 1$$

در بین دو حالت $\begin{cases} P_1 = q_2 \\ P_2 = q_1 \end{cases}$

توان عدسی (نمره عینک) توانایی یک عدسی را در جمع کردن پرتوهای نورانی توان عدسی می‌گویند که برابر عکس فاصله کانونی است.

$$D = \frac{۱}{f(m)} \text{ یا } D = \frac{۱۰۰}{f(cm)}$$

که در آن D توان و f فاصله کانونی است.

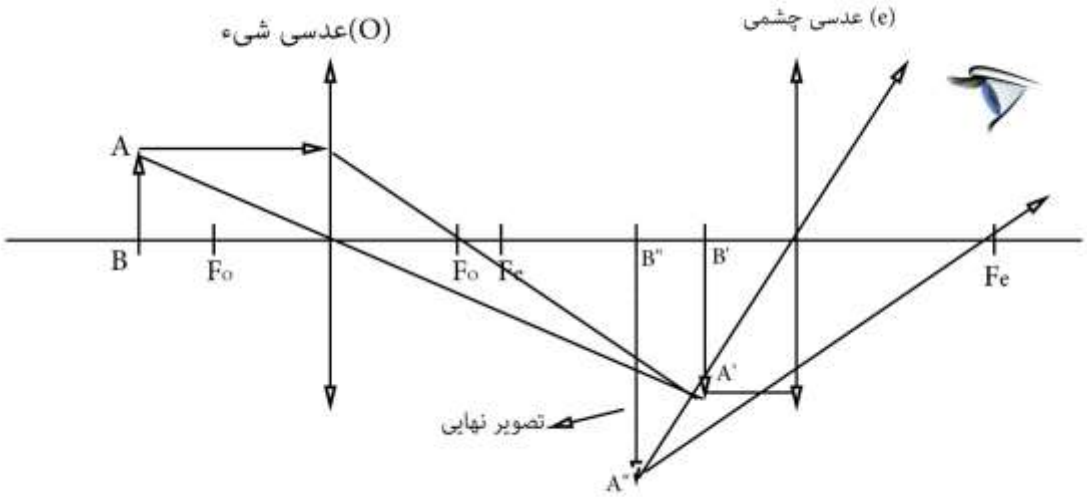


$$f_۱ < f_۲ \iff D_۱ > D_۲$$

نکته: توان برای عدسی‌های همگرا + و برای عدسی‌های واگرا – است.

دستگاه‌های نوری:

۱. میکروسکوپ ← ساختمان اصلی میکروسکوپ دو عدسی همگرای هم محور است. یک عدسی شیء (با فاصله کانونی حدود چند mm) و دیگری عدسی چشمی (با فاصله کانون حدود چند cm)



نکات برجسته میکروسکوپ:

۱) در میکروسکوپ $f_e > f_o \leftrightarrow D_o > D_e$

۲) تصویری که عدسی شیای تشکیل می‌دهند حقیقی – وارونه – بزرگ‌تر و در فاصله کانونی عدسی چشمی می‌باشد.

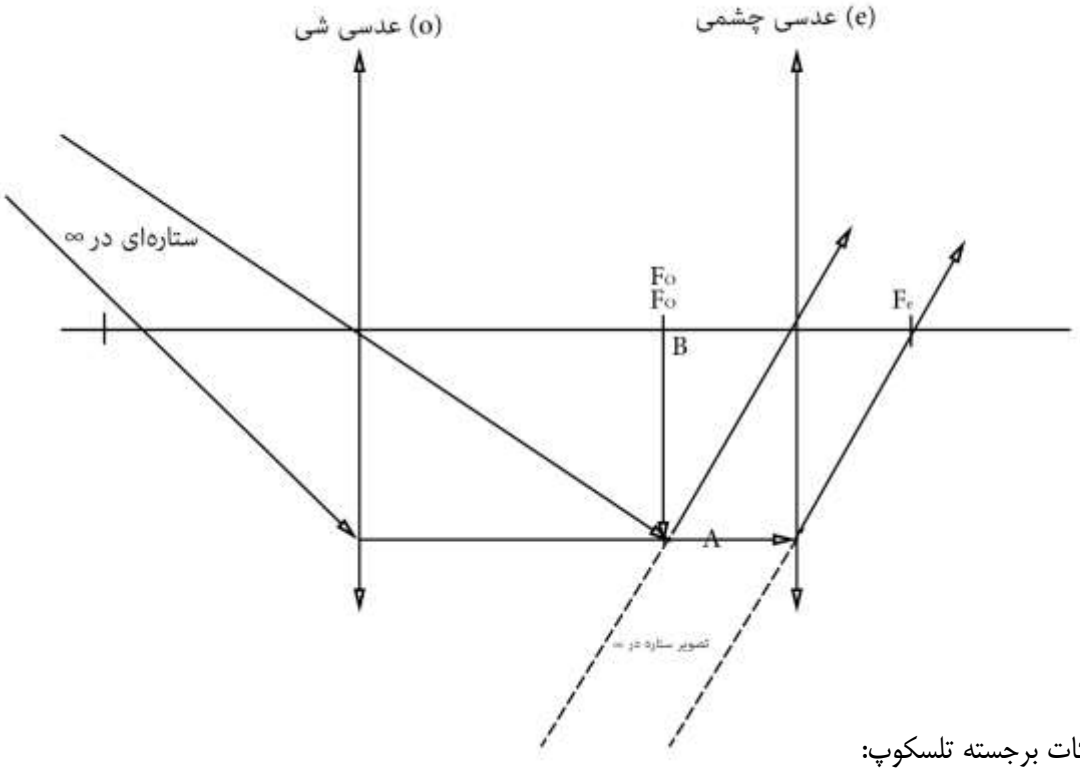
۳) تصویر نهایی در میکروسکوپ نسبت به شیء مجازی –وارون و بزرگ‌تر می‌باشد.

۴) بزرگنمایی نهایی میکروسکوپ : $m_{\text{نهایی}} = m_o \times m_e$ یا $\frac{A"B"}{AB} = \frac{A"B"}{A'B'} \times \frac{A'B'}{AB}$

۵) روابط مربوط به عدسی‌های میکروسکوپ

$$\begin{cases} \frac{1}{p_o} + \frac{1}{q_o} = \frac{1}{f_o} \leftarrow \text{در عدسی شیء} \\ \frac{1}{p_e} - \frac{1}{q_e} = \frac{1}{f_e} \leftarrow \text{در عدسی چشمی} \end{cases}$$

۲. تلسکوپ (دوربین نجومی): این وسیله نیز مانند میکروسکوپ از دو عدسی همگرای هم محور درست شده است. یکی عدسی شیء با فاصله کانونی حدود متر (m) و دیگری عدسی چشمی با فاصله کانونی حدود چند سانتی متر (cm)



نکات برجسته تلسکوپ:

۱) $f_o > f_e \rightarrow D_e > D_۲$

۲) تصویر نهایی در تلسکوپ مجازی – وارون و کوچک‌تر از شیء است.

۳) طول لوله دوربین نجومی = $L = f_o + f_e$

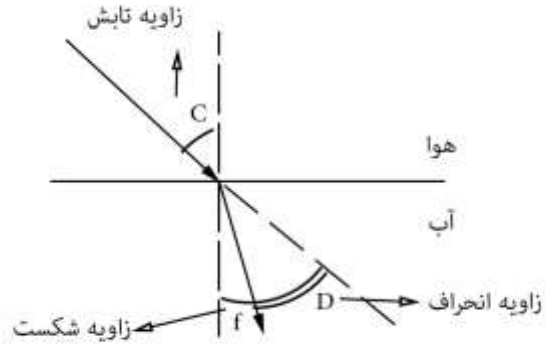
۴) اگر به هر نحوی فاصله دو عدسی تغییر کند به طوری که فواصل کانونی بر هم منطبق نشوند تصویر کوچک‌تر دیده می‌شود.

۵) بزرگنمایی دوربین نجومی نشانگر قدرت تفکیک آن است.

$$m = \frac{\theta_e}{\theta_o} \text{ یا } m = \frac{f_o}{f_e}$$

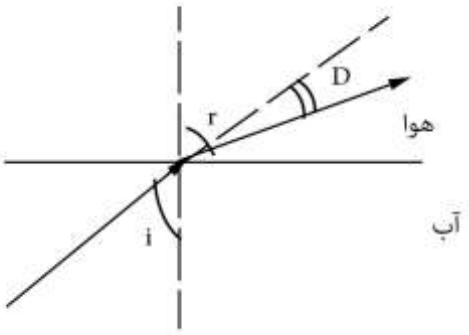
شکست نور

وقتی نور به طول مایل از یک محیط شفاف وارد محیط شفاف دیگری می‌شود هنگام عبور از سطح جداکننده دو محیط مسیر آن تغییر می‌کند، این پدیده را شکست نور می‌گویند.

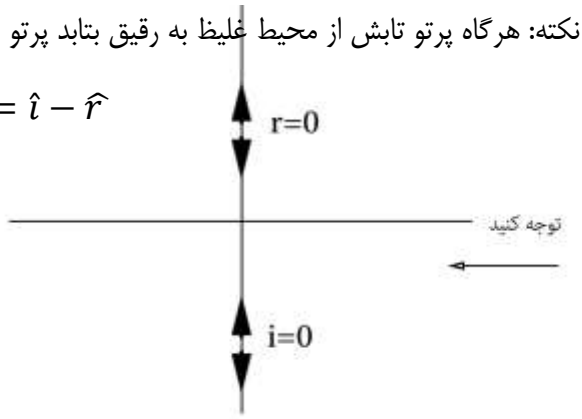


نکته: هرگاه پرتو تابش از محیط رقیق به غلیظ بتابد پرتو شکست به خط عبور نزدیک می‌شود.

نکته: هرگاه پرتو تابش از محیط غلیظ به رقیق بتابد پرتو شکست از خط عبور دور می‌شود.



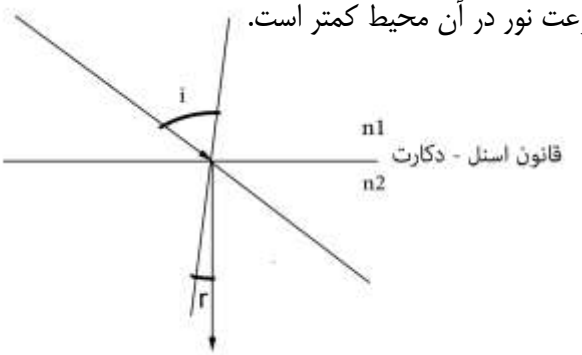
$$\hat{i} > \hat{r} \ , \hat{D} = \hat{i} - \hat{r}$$



نکته: علت شکست نور تغییر سرعت نور در دو محیط است.

$$n = \frac{c}{v} \to n \propto \frac{1}{V} \text{ یا } \frac{n_2}{n_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} : \text{ضریب شکست}$$

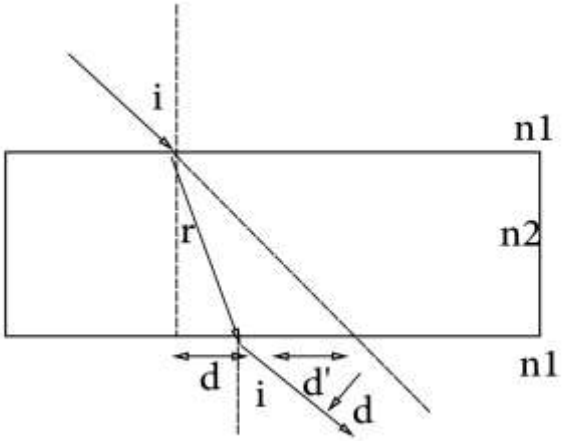
نکته: هرچه محیطی ضریب شکستش بیشتر باشد محیط غلیظتر و سرعت نور در آن محیط کمتر است.



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

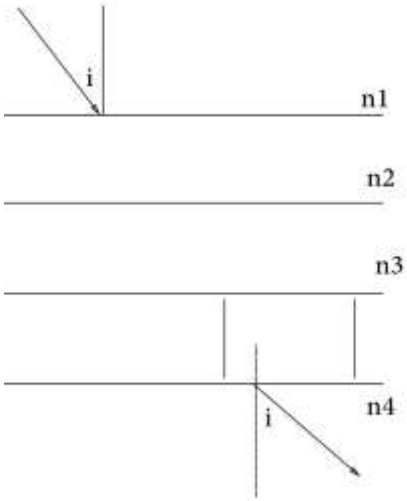
تیغه متوازی‌السطوح:

نکته: هرگاه محیط طرفین تیغه یکسان باشد زاویه خروجی از تیغه $\widehat{i'}$ با زاویه ورودی به تیغه $\hat{i}$ برابر است یعنی پرتوهای خروجی و ورودی موازی‌اند. $\widehat{i'} = \hat{i}$



$$d = e \tan r$$

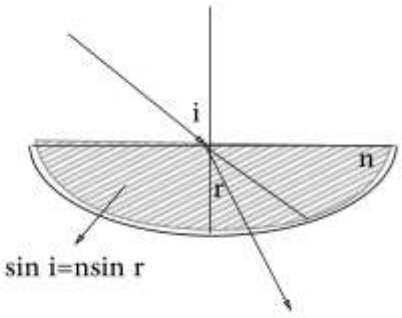
$$d' = e\,(\tan i - \tan r)$$



نکته: اگر چند تیغه مطابق شکل باشند بدون توجه به تیغه‌های میانی داریم:

$$n_1 \sin i = n_4 \sin i'$$

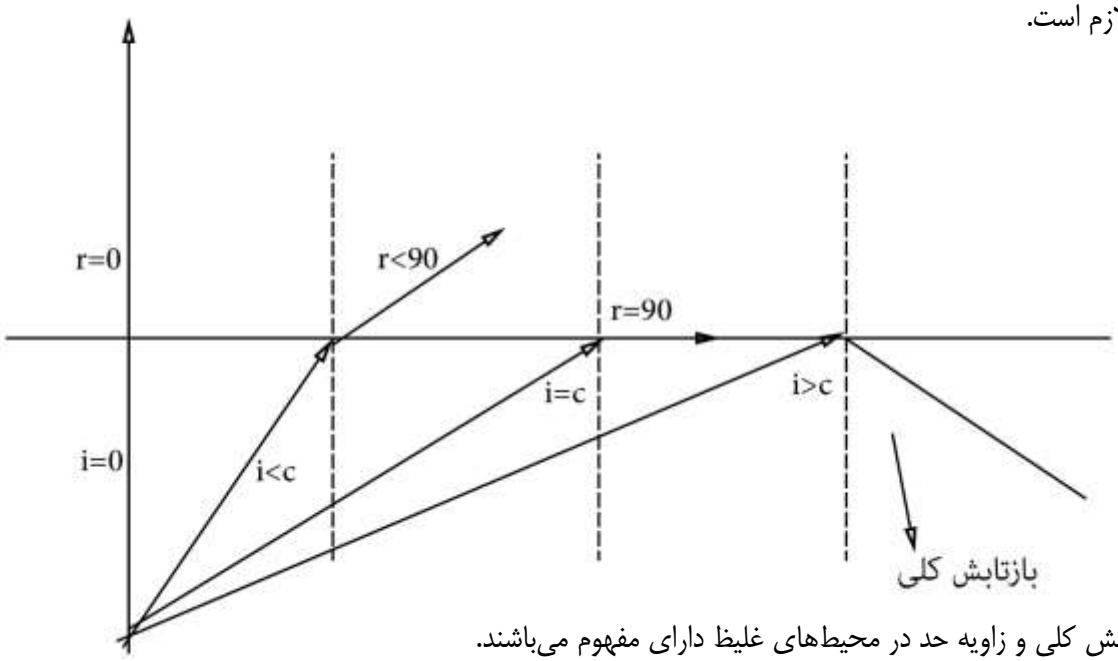
نکته: هرگاه پرتو به مرکز تیغه شیشه‌ای بتابد پرتو شکست به سطح نیم‌دایره‌ای شیشه‌ای عمود می‌شود و بدون انحراف خارج می‌شود.



زاویه انحراف $D = i - r$

زاویه حد – بازتابش کلی:

پرتو تحت هر شرایطی از محیط رقیق وارد محیط غلیظ می‌شود ولی برای ورود پرتو از محیط غلیظ به محیط رقیق شرایطی لازم است.



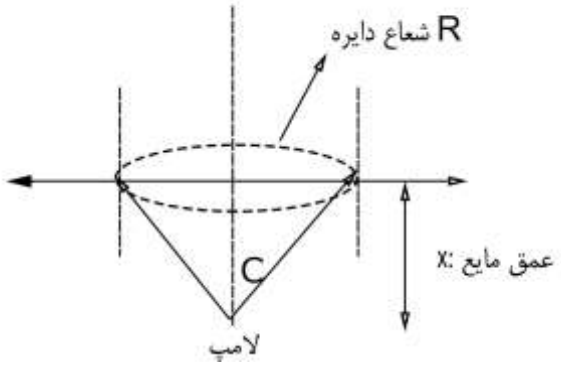
نکته: بازتابش کلی و زاویه حد در محیط‌های غلیظ دارای مفهوم می‌باشند.

نکته: رابطه زاویه حد با ضریب شکست:

$$\sin c = \frac{\text{ضریب شکست محیط رقیق}}{\text{ضریب شکست محیط غلیظ}}$$

اگر محیط رقیق هوا باشد $n = ۱ \rightarrow \sin c = \frac{۱}{n} \rightarrow \begin{cases} n = ۲ \leftrightarrow c = ۳۰^\circ \\ n = \sqrt{۲} \leftrightarrow c = ۴۵^\circ \\ n = \frac{۲\sqrt{۳}}{۳} \leftrightarrow c = ۶۰^\circ \end{cases}$

نکته: اگر لامپ کوچکی در عمق x از مایعی که زاویه حد آن نسبت به هوای c می‌باشد قرار داشته باشد و ناظری به طور تقریباً عمودی به مایع نگاه کند قرص روشنی در سطح آب می‌بیند که شعاع آن از رابطه $R = x \tan c$ به دست می‌آید.



عمق ظاهری- عمق واقعی:

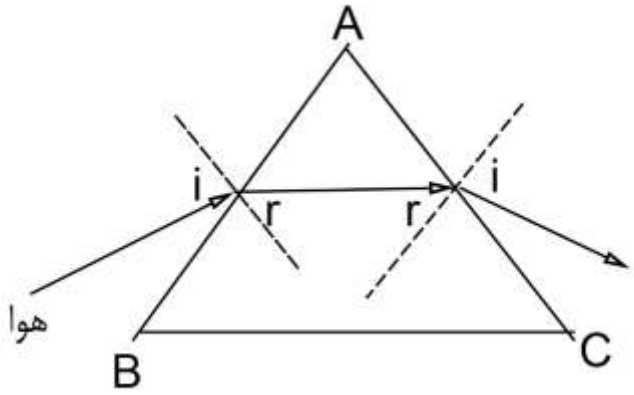
هرگاه از محیط رقیق به جسم واقع در محیط غلیظ نگاه کنیم جسم را نزدیک‌تر و بزرگ‌تر می‌بینیم.

و هرگاه از محیط غلیظ به جسم واقع در محیط رقیق نگاه کنیم جسم را دورتر و کوچک‌تر می‌بینیم.

نکته کلیدی: ضریب شکست آب $n = \frac{۴}{۳}$ است یعنی اینکه ما عمق ۴ متری آب را (عمق واقعی) در عمق ۳ متری (عمق ظاهری) می‌بینیم.

نکته: هرگاه دو لامپ با رنگ‌های مختلف و هم عمق در زیر مایعی واقع باشند آن لامپ بالاتر دیده می‌شود که ضریب شکست رنگ مربوط به آن از دیگری بیشتر باشد.

منشور:



در وجه AB : $\sin i = ns$

در وجه AC : $n \sin r' = \sin i'$

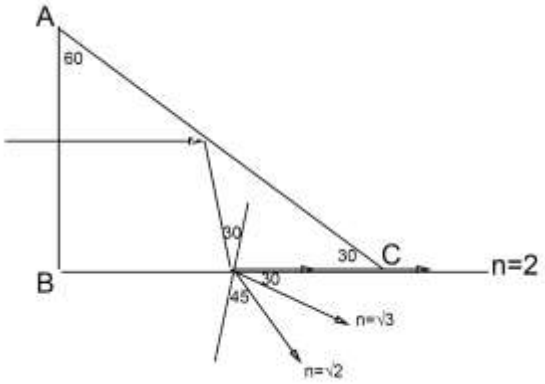
نکته:

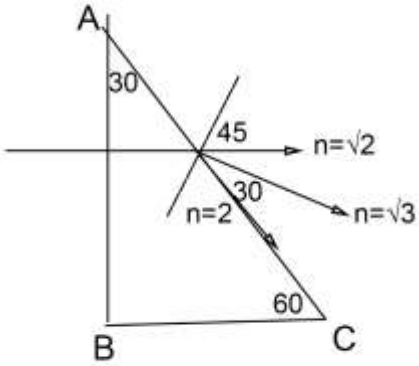
$$\hat{A} = \hat{r} + \hat{r'}$$

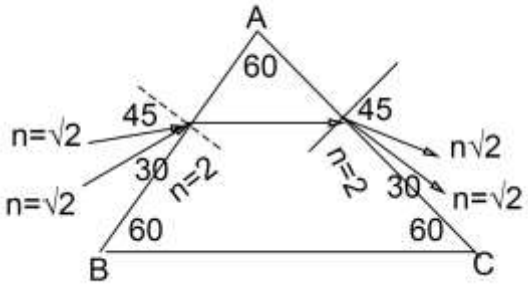
زاویه انحراف:

$$D = i + i' - \hat{A}$$

نکته: مسیر حرکتی نور در برخی از منشورهای معروف:







منشور بازتابش کلی:

