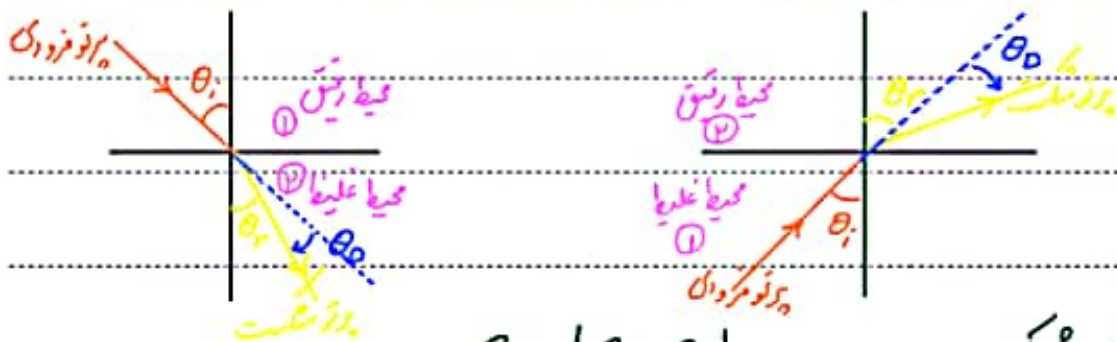


هنگامی که نور به طور مایل از مرز مشترک دو ماده شفاف می‌گذرد، از مسیر مستقیم منحرف می‌شود. به این پدیده، شکست نور گفته می‌شود. مواد شفاف مانند هوا، آب و شیشه، دارای غلظت‌های متفاوت هستند. همین امر سبب می‌شود که وقتی نور از یک محیط به محیط دیگر وارد شود، سرعت آن تغییر کرده و همین تغییر سرعت باعث انحراف در مسیر حرکت و شکست نور شود. محیطی را که نور از آن می‌تابد، محیط اول (محیط تابش) و محیطی که نور به آن وارد می‌شود را محیط دوم (محیط شکست) می‌گویند. خطی که در نقطه تابش بر مرز دو محیط عمود است، (خط عمود) نام دارد. در ادامه، زاویه بین پرتو تابش و خط عمود را (زاویه تابش θ_i) و زاویه بین پرتو شکست و خط عمود را (زاویه شکست θ_r) می‌گیریم. مشاهده می‌شود که وقتی نور از محیط رقیق (غلظت کم) وارد محیط غلیظ (غلظت زیاد) شود، پرتو نوری شکند و به خط عمود نزدیک می‌شود. و برعکس هنگامی که نور از محیط غلیظ وارد محیط رقیق شود، پرتو نوری شکند و از خط عمود دور می‌شود. زاویه بین امتداد پرتو شکست و امتداد پرتو فرودی را (زاویه انحراف θ_D) می‌نامیم.



با توجه به شکل‌ها، ملاحظه می‌شود که $\theta_D = |\theta_i - \theta_r|$

مثال: باریکه نوری از زیر آب، با زاویه 38° به سطح آب برخورد و با زاویه 14° انحراف وارد هوا می‌شود، زاویه شکست را حساب کنید و یقین کنید پرتو نور در هوا چه زاویه‌ای با سطح آب می‌سازد؟

حل: چون آب نسبت به هوا، محیط غلیظ‌تری است پس نور وقتی از آب وارد هوا شود، می‌شکند و از خط عمود دور می‌شود.

یعنی $\theta_r > \theta_i$ بنابراین: $\theta_D = |\theta_i - \theta_r| = \theta_r - \theta_i \rightarrow 14 = \theta_r - 38 \rightarrow$

$\theta_r = 14 + 38 = 52^\circ$

زاویه بین پرتو شکست و سطح آب برابر است با: $90 - \theta_r = 90 - 52 = 38^\circ$ - زاویه پرتو با سطح

اگر پرتو نوری به طور عمود بر مرز دو محیط شفاف بتابد، زاویه‌های تابش و شکست هر دو صفر هستند و نور بدون انحراف از مرز می‌گذرد. قبلاً بیان شد که وقتی نور از یک محیط وارد محیط دیگری شود، سرعت آن تغییر می‌کند و علت شکست نور همین تغییر سرعت است. هر چه ماده شفاف غلیظ‌تر باشد، سرعت نور در آن کمتر است. سرعت نور در خلأ و هوا بیشترین مقدار را دارد و برابر $C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ است. سرعت نور در هر محیط شفاف دیگر، کمتر از C است. ضرب شکست: ضرب شکست هر محیط شفاف برابر است با نسبت سرعت نور در هوا (C) به سرعت نور در آن محیط شفاف (۷).

$$n = \frac{C}{v} \quad \text{ضرب شکست}$$

مثال: ضرب شکست در یک مایع شفاف $n = 1.25$ است. سرعت نور در این مایع چقدر است؟

حل: $n = \frac{C}{v} \rightarrow v = \frac{C}{n} \rightarrow v = \frac{3 \times 10^8}{1.25} = 2.4 \times 10^8 \text{ m/s}$

ضرب شکست هوا را برابر ۱ در نظر می‌گیرند. برای دو محیط شفاف با ضرایب شکست n_1 و n_2 ، بین سرعت نور در دو محیط و ضرایب شکست رابطه: $\frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1}$ برقرار است. نسبت ضرب شکست‌های دو محیط را ضرب شکست نسبی می‌گویند.

مثال: ضرب شکست آب $n_{\text{آب}} = 1.33$ و ضرب شکست شیشه $n_{\text{شیشه}} = 1.5$ است. الف) سرعت نور در آب و شیشه چقدر است؟ ب) نسبت سرعت نور در شیشه به آب چقدر است؟

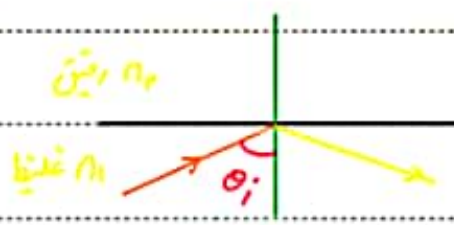
حل: $n = \frac{C}{v} \rightarrow v = \frac{C}{n} \rightarrow v_1 = \frac{C}{n_1} = \frac{3 \times 10^8}{1.33} = 2.25 \times 10^8 \text{ m/s}$

$v_2 = \frac{C}{n_2} = \frac{3 \times 10^8}{1.5} = 2 \times 10^8 \text{ m/s}$ سرعت در شیشه

رابطه الف می‌دهد که سرعت نور در شیشه کمتر از سرعت نور در آب است.

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1.33}{1.5} = \frac{11}{12}$$

زاویه حد: اگر نور از محیط غلیظ به محیط رقیق وارد شود، پرتو نوری شکند و از خط عمود دور می‌شود. یعنی $\theta_i > \theta_r$ هستی که زاویه تابش θ_i به مقداری برسد که زاویه شکست θ_r برابر 90° شود. در این حالت پرتو شکست روی مرز جدایی دو محیط قرار می‌گیرد. به زاویه تابش در این حالت، زاویه حد گفته می‌شود و آنرا با θ_c نشان می‌دهند. بازتاب کلی: در تابش از محیط غلیظ به محیط رقیق، اگر زاویه تابش بزرگتر از زاویه حد باشد $\theta_i > \theta_c$ ، پرتو نوری وارد محیط رقیق نمی‌شود و به درون محیط غلیظ بازتاب می‌شود. این پدیده را بازتاب کلی نام دارند.

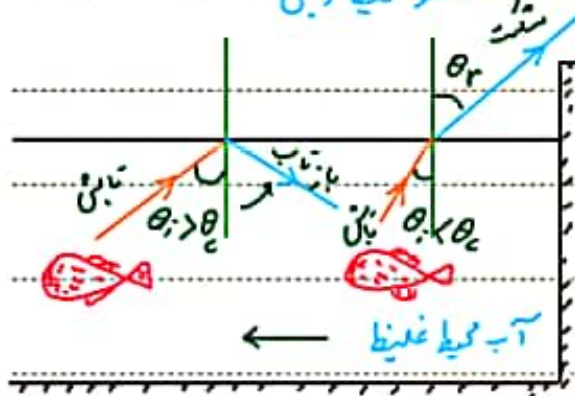


$\theta_i > \theta_c$ بازتاب کلی

$\theta_i = \theta_c$ زاویه حد $n_1 > n_2$

مثال: اگر در کنار یک استخر ماهی ایستاده باشیم و به یک ماهی در زیر آب نگاه کنیم، ما حده می‌شویم که وقتی ماهی از ما دور شود، در یک فاصله معین، ناگهان از نظر ناپدید می‌گردد. علت این پدیده را توضیح دهید.

هوای محیط و قی



حل: علت این امر بازتاب کلی نور است. به این صورت که:

برای دیده شدن ماهی زیر آب، باید پرتوهای نور از ماهی به

چشم ما برسد. وقتی ماهی نزدیک است، پرتو نوری که

از ماهی به طرف ما می‌آید، به خط عمود نزدیک است و در این

حالت زاویه تابش کوچک بوده ($\theta_i < \theta_c$) و نور می‌تواند

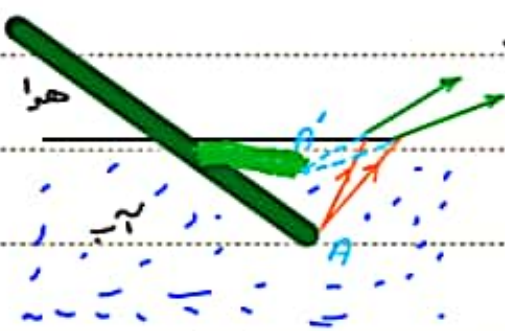
از آب (غلیظ) وارد هوا (رقیق) شده و به چشم ما برسد. وقتی ماهی دور می‌شود، زاویه تابش بزرگ

شده و هنگامی که از زاویه حد بیشتر شود ($\theta_i > \theta_c$) بازتاب کلی اتفاق افتاده و نور نمی‌تواند وارد هوا

شود و در نتیجه ماهی دیده نمی‌شود.

چند اثر از پدیده شکست نور:

۱- شکسته دیده شدن میله در آب: وقتی قسمتی از یک میله وارد آب شود، به نظر می‌رسد که میله در محل ورود، شکسته



شده است. این امر به علت شکسته شدن پرتوهای نوری است که

از آب وارد هوای سبک‌تر و از خط عمود دور شده و به نظر می‌رسد

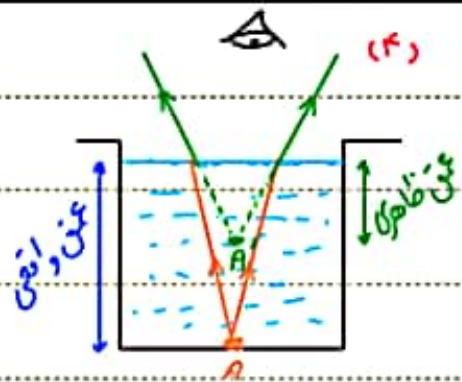
بخش زیر آب تغییر مکان داده و میله در نقطه مرزی (سطح آب)

شکسته است.

۲- عین ظاهری: وقتی از بالا (هوا) به درون ظرفی که از مایع شفاف پر شده، نگاه کنیم به علت شکست نور در سطح

مایع، کف ظرف، مقداری بالاتر از محل واقعی آن دیده می‌شود.

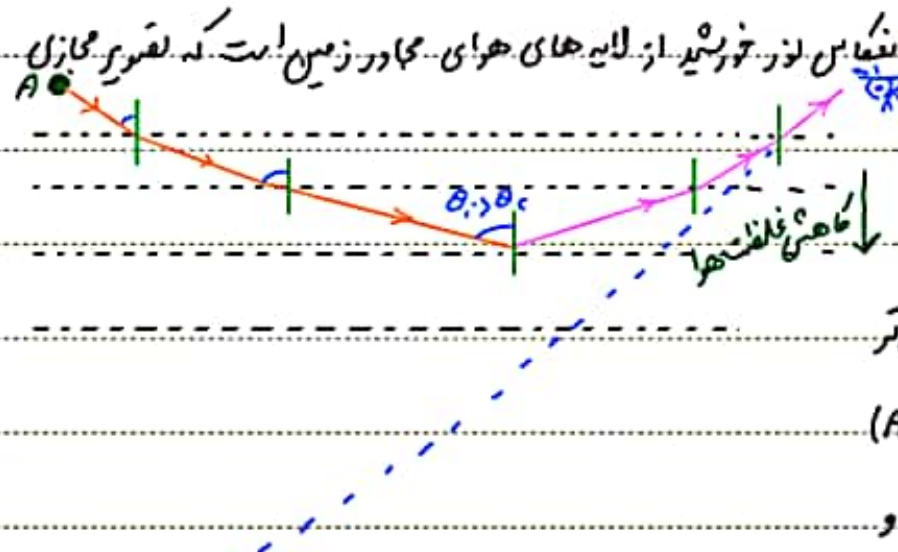
در ت هده عمن ظاهري، اينكه كنف ظرف چه مقدار بالاتر ديده شود به دو عامل بستني دارد:



الف، ارتفاع مايع درون ظرف: هرچه ارتفاع مايع درون ظرف بيستر باشد، كنف ظرف بالاتر ديده مي شود.

ب، غلظت مايع: هرچه مايع غليظ تر باشد (ضريب شكست بيستر است)، كنف ظرف بالاتر ديده مي شود.

۳- مرآب: در بيان دي گرم يا در روز دي گرم سال در جاده ها، كاخ ها به نظري رسد كه در فاصله هاي دور، سطح زمين را آبد فراكرفته است. علت اين پديده، انقراض نور خورشيد از لايه هاي هواي مجاور زمين است كه تصوير مجازي از آسمان را نشاني مي دهد. در واقع لايه هاي



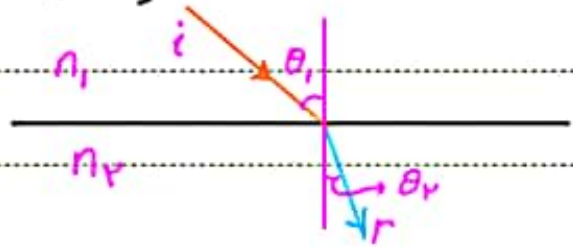
هواي مجاور زمين از سطح زمين گرمايي گيرند و در اثر انقباض ط، از لايه هاي بالاتري خود، رقيق تر مي شوند. پرتو نوري كه از يك نقطه فرضي (مثلاً A) پايي مي آيد، از محيط غليظ به رقيق وارد شده و

در اثر شكست، از خط عمود دور مي شود. اين اعراض تا جائي ادامه مي يابد كه دريكي از لايه ها، زاويه تابش كز زاويه حدي بيستر شده و بازتاب كلي اتفاق مي افتد و در نتيجه پرتو نوري منعكس شده و تصوير مجازي نقطه A ايجاد مي شود.

تصويري كه در پديده مرآب ديده مي شود، معمولاً وارونه و بلندتر از جرم است. قانون اسنل - دكارت:

بنابرا بيان شده كه پرتو نوري در عبور از مرز دو محيط شفاف با غلظت هاي متفاوت، دچار شكست مي شود و مير حرکت آن تغيير مي كند. اين تغيير را بناك حرکت به دليل تغيير سرعت نور در دو محيط است، اگر ضايب شكست دو محيط با

n_1 و n_2 نشان داده شود و پرتو هاي تابش و شكست با θ_1 و θ_2 و زواياي تابش و شكست نسبت به خط عمود بر مرز حدي دو محيط با θ_1 و θ_2 (يا θ_i زاويه تابش، θ_r زاويه شكست) بيان شوند در اين صورت، طبق قانون اسنل - دكارت، خواهيم داشت:



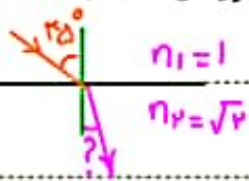
$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_r$$

طبق این رابطه، مت‌هده می‌شود که اگر $n_1 < n_2$ باشد $\leftarrow \theta_1 > \theta_2$ یعنی نور از محیط رقیق وارد محیط غلیظ می‌شود، می‌شکند و به خط عمود نزدیک می‌شود. اگر $n_1 > n_2$ باشد $\leftarrow \theta_1 < \theta_2$ یعنی وقتی نور از محیط غلیظ وارد محیط رقیق می‌شود، می‌شکند و از خط عمود دور می‌شود. همچنین در موردی که نور از محیط غلیظ به محیط رقیق وارد می‌شود، اگر زاویه تابش به حد معینی برسد، زاویه شکست برابر 90° خواهد بود و در این صورت $\sin 90 = 1$ بنابراین:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad \text{و} \quad \sin \theta_1 = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{زاویه } \theta_1$$

هنگامی که زاویه حد است $(\theta_1 = \theta_c)$ ، برای $\theta_1 > \theta_c$ بازتاب کلی اتفاق می‌افتد.

مثال: پرتو نوری با زاویه 45° نسبت به خط عمود به سطح مایع شفاف به ضریب شکست $\sqrt{2}$ برخورد می‌کند (ضریب شکست هوا برابر ۱ است). زاویه شکست چقدر است؟

$$\sin 45 = \frac{\sqrt{2}}{2}$$


حل: طبق رابطه اسنل $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$

$$1 \sin 45 = \sqrt{2} \sin \theta_2 \rightarrow \sin \theta_2 = \frac{\sin 45}{\sqrt{2}} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\sqrt{2}} \rightarrow \sin \theta_2 = \frac{1}{2} \rightarrow \theta_2 = 30^\circ$$

مثال: پرتو نوری با زاویه تابش 30° از یک محیط شفاف وارد هوا ($n=1$) می‌شود. اگر زاویه شکست 40° باشد، ضریب شکست محیط شفاف چقدر است؟

حل: طبق رابطه اسنل $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ خواهیم داشت:

$$n_1 \left(\frac{1}{2} \right) = 1 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \rightarrow n_1 = \sqrt{3}$$

مثال: پرتو نوری از داخل یک مایع شفاف به سطح آنزاد مایع - هوا برخورد می‌کند. اگر به ازای زاویه تابش 53° بازتاب بازتاب کلی اتفاق بیفتد، ضریب شکست مایع شفاف چقدر است؟

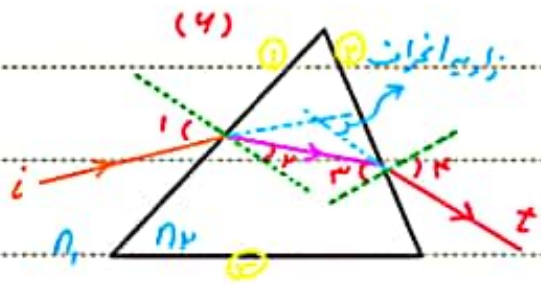
حل: با توجه به رابطه مربوط به بازتاب کلی $\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$ و چون محیط دوم هوا ($n_2=1$) است:

$$\sin 53 = \frac{1}{n} \rightarrow n = \frac{1}{\sin 53} = \frac{1}{0.8} = \frac{10}{8} = 1.25$$

عبور نور از منشور:

هنگامی که پرتو نور به یک وجه منشور برخورد می‌کند، هنگام ورود به منشور، می‌شکند و به خط عمود نزدیک می‌شود و هنگام خروج از منشور، می‌شکند و از خط عمود دور می‌شود. بنابراین پرتو نور با دو بار شکست از منشور عبور می‌کند. این امر سبب می‌شود که انحراف زیادی در مسیر پرتو اولیه ایجاد شود.

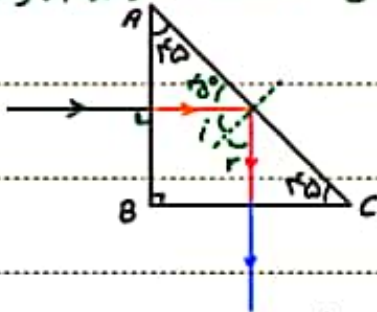
اگر زاویه ۴۳° در مثل رود و از زاویه حدی بیشتر باشد،



پرتو نوری از وجه دوم خارج نمی شود، بلکه بازتاب

کرده و از وجه سوم خارج می شود.

مثال: در مثل مقابل یک منشور تمام الزاویه با دو زاویه ۴۵° قرار دارد که زاویه حدی آن ۴۲° است. اگر نور بطور عمود بر



یک وجه تمام (AB). بتایید، مسیر پرتو فردی چگونه است!

پرتو فردی بطور عمود بر وجه AB وارد می شود. بنابراین بدون شکست وارد

منشور می شود. در برخورد به وجه AC، با توجه به مثل، زاویه تابش برابر

۴۵° است که از زاویه حدی (۴۲°) بیشتر است. بنابراین پرتو از وجه AC خارج نمی شود بلکه بازتاب کلی اتفاق می افتد.

زاویه بازتاب برابر ۴۵° است و در این حالت پرتو بصورت عمود به وجه BC می رسد و بدون شکست از این

وجه خارج می شود.

منشور مثال بالا به منشور بازتاب کلی معروف است و کاربردهای گوناگونی دارد از جمله در ساخت پریسکوپ و

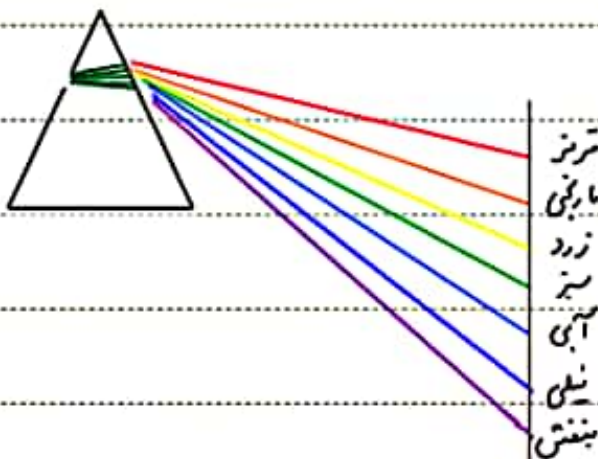
دوربین های شکاری و ...

پاشیدگی نور: هنگامی که یک باریکه نور لغیند به یک منشور بتایید، رنگ های موجود در آن از هم جدایی شوند، به این پدیده،

پاشیدگی نور یا تجزیه نور گفته می شود. مجموعه رنگ های ایجاد شده را طیف نور می گویند.

علت تجزیه نور توسط منشور این است که ضریب شکست منشور برای رنگ های مختلف متفاوت است و در واقع ضریب شکست

تابع طول موج است. مقدار ضریب شکست برای نور قرمز کم تر و هر چه به بنفش نزدیک شویم، ضریب شکست افزایش می یابد.



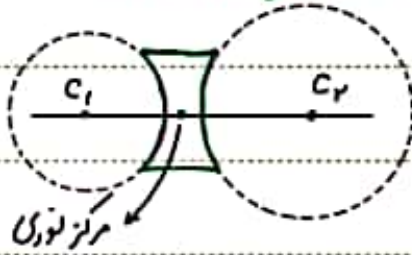
اختلاف در مقدار ضریب شکست. نفاذ مربوط به

منشور نیست، بلکه در هر ماده شفاف به جز هوا،

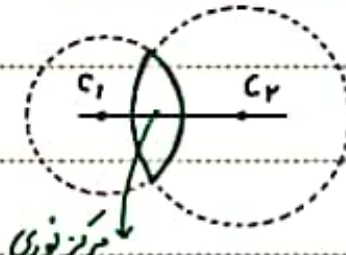
ضریب شکست برای رنگ های مختلف نور، فرق می کند.

(۷)

عدسی های کروی: هر عدسی کروی، قطعه ای از یک ماده شفاف است که دارای دو یا یک سطح کروی است.



عدسی دوکاو



عدسی دوکونو

خط C_1C_2 که مرکز دو سطح کروی را بهم وصل می کند، محور اصلی و نقطه میانی عدسی را مرکز نوری می گویند.

عملکرد عدسی ها به دلیل شکست نور است و چون ضخامت عدسی در وسط و لبه ها باهم تفاوت دارد، میزان انحراف نور در نقاط مختلف، فرق می کند. در عدسی های معمولی که ماده آنها از محیط غلیظ تر است، نور هنگام عبور از عدسی، همیشه به طرف ضخیم منحرف می شود.

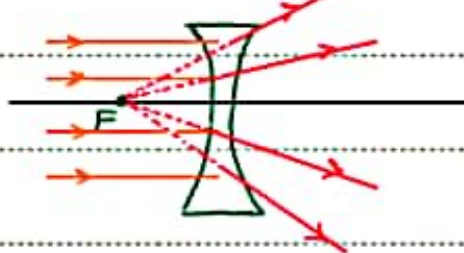
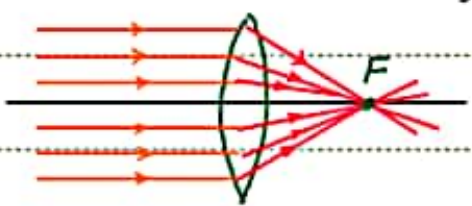
عدسی ها به دو دسته تقسیم می شوند: (۱) عدسی هگزا یا کونو یا محدب که وسط عدسی از لبه ها ضخیم تر است.

(۲) عدسی واگرا یا کاو یا مقعر که وسط آن از لبه ها نازک تر است.

اگر یک دسته پرتو نوری موازی با محور اصلی به یک عدسی محدب برخورد کند، پس از شکست در یک نقطه روی محور اصلی به هم می رسند، به این نقطه کانون عدسی گفته می شود. فاصله کانون عدسی تا مرکز نوری عدسی را فاصله کانونی (f) می گویند.

در یک عدسی مقعر، پرتوهای موازی با محور اصلی پس از عبور از عدسی از هم دور می شوند. طوری که امتداد آنها از یک نقطه می گذرد که همان کانون است. بنابراین برای عدسی محدب، کانون حقیقی است و برای عدسی مقعر، کانون مجازی می باشد.

نماد کلی برای عدسی محدب به صورت $\uparrow$ و برای عدسی مقعر به صورت $\downarrow$ است.



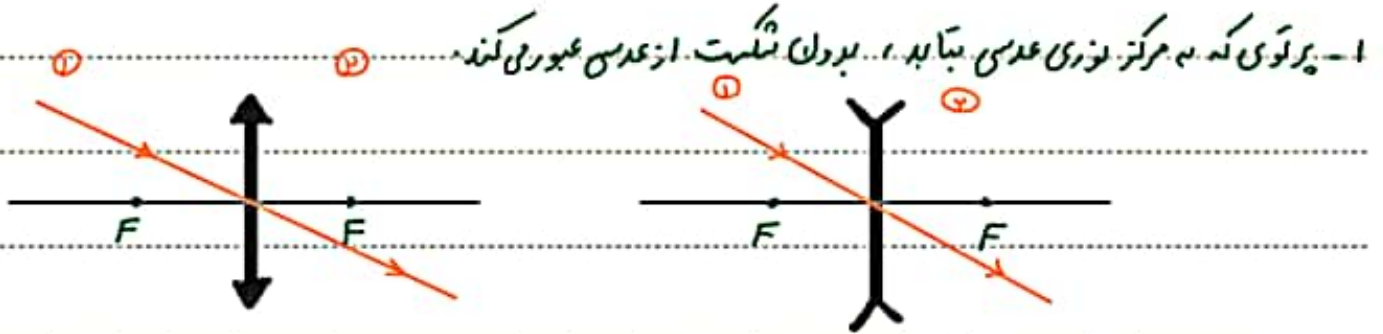
باید توجه داشت که هر عدسی دارای دو کانون است که در دو طرف آن قرار دارند. فاصله کانونی دو طرف عدسی یکسان است.

بر اساس اینکه نور از کدام طرف به عدسی بتابد، همواره از یکی از کانون ها استفاده می شود.

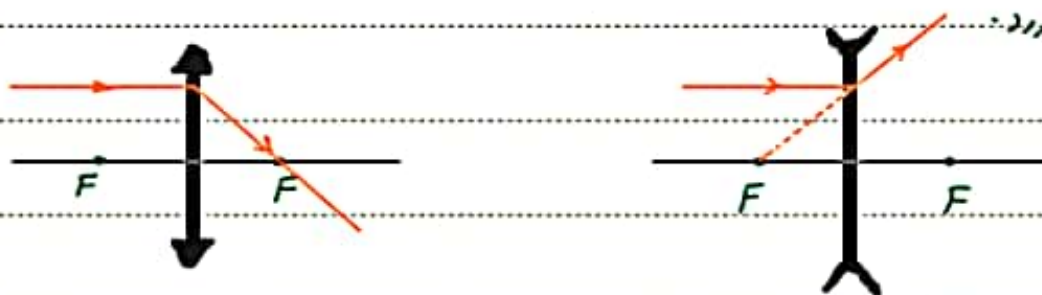
پرتوهای خاص در عدسی ها:

من به آنچه که در آینه ها از پرتوهای خاص برای بررسی تصاویر حاصل از یک جسم استفاده می شود، در عدسی ها نیز از پرتوهای

خاصی استفاده می شود... عموماً آن سمت از عدسی که پرتو نوری به عدسی می تابد را طرف اول و سمتی که پرتو شکست یافته در آن است طرف دوم می گویند. پرتوهای خاصی که عموماً مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از:



۲- پرتوهای که موازی با محور اصلی به عدسی بتابد، پس از عبور از عدسی، از کانون می گذرند. در عدسی واکرا، ابعاد پرتوها از کانون اول می گذرد.



۳- پرتوهای که از کانون گذشته (عدسی محدب) یا امتداد آن از کانون دوم گذشته (عدسی مقعر) و به عدسی برخورد کنند، پس از عبور از عدسی به موازات محور اصلی حرکت خواهند کرد.



ویژگی های تصویر در عدسی ها:

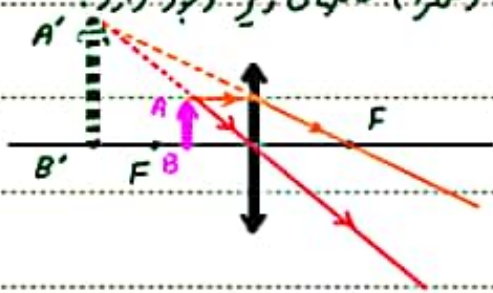
در عدسی ها، تصویر از پرتوهای عبور کرده از عدسی یا از امتداد آنها ایجاد می شود. اکثر پرتوهای عبور کرده در طرف دوم، همگرا باشند، تصویر حقیقی بوده و در طرف دوم تشکیل می شود (می توان تصویر را روی پرده تشکیل داد). اما اکثر پرتوهای عبور کرده واکرا باشند، تصویر مجازی و در طرف اول خواهد بود (نمی توان تصویر را روی پرده ایجاد کرد). نحوه پیدا کردن تصویر:

در عدسی ها نیز مانند آینه ها، جسم را عمود بر محور اصلی در نظر گرفته و یک مرکز را روی محور اصلی قرار می دهیم و تصویر

(۹)

نقطه انته‌ای دیگر جسم را به کمک دوپرتو بدست می آوریم. برای عدسی محدب (هگرا) حالت‌های زیر وجود دارد:

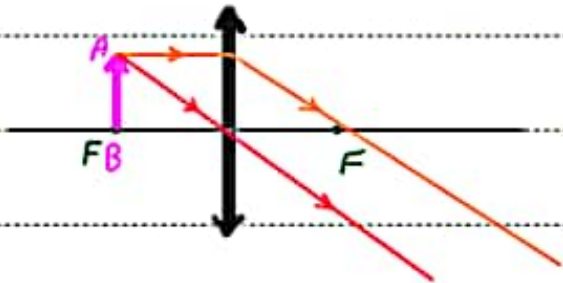
۱- جسم در فاصله کانونی:



تصویر: مجازی - مستقیم - بزرگتر - در طرف اول

کاربرد: ذره بین و عینک و ...

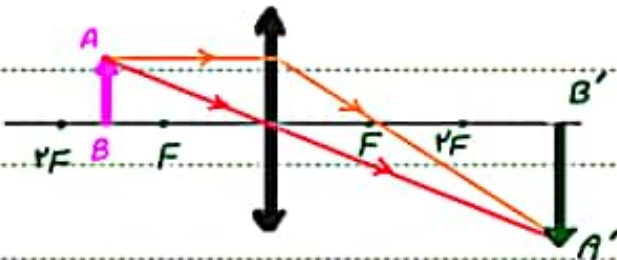
۲- جسم روی کانون:



تصویر: بسیار بزرگ - در بینهایت - حقیقی یا مجازی

کاربرد: نورافکن و ...

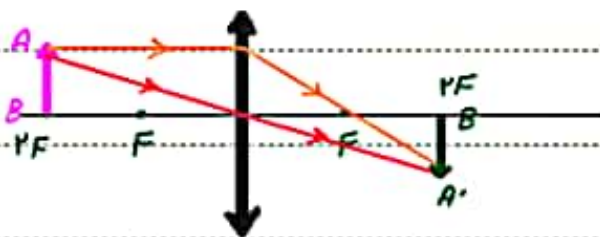
۳- جسم بین F و ۲F:



تصویر: حقیقی - وارونه - بزرگتر - دورتر از ۲F

کاربرد: پروژکتور و ...

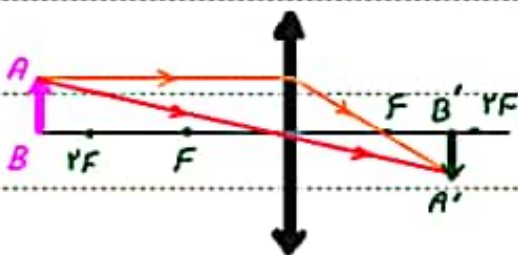
۴- جسم روی ۲F:



تصویر: حقیقی - وارونه - هم اندازه با جسم - روی ۲F

کاربرد: دستگاه فتوکپی و ...

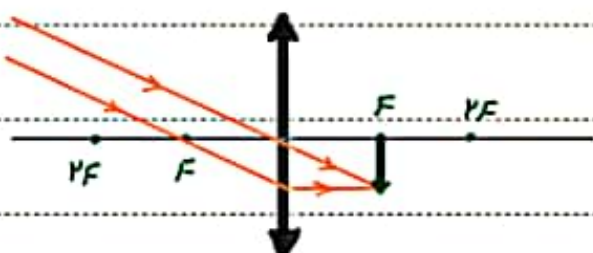
۵- جسم دورتر از ۲F:



تصویر: حقیقی - وارونه - کوچکتر - بین F و ۲F

کاربرد: دوربین عکاسی و ...

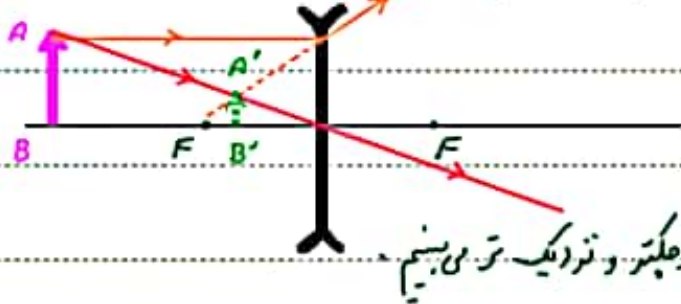
۶- جسم در بینهایت (دسته پرتوهای با هم):



تصویر: حقیقی - وارونه - بسیار کوچک - روی کانون

کاربرد: تلسکوپ و ...

در عدسی مقعر، جسم در هر فاصله ای از عدسی باشد، برای تصویر فقط یک حالت وجود دارد:



تصویر: مجازی - مستقیم - کوهچتر - در فاصله کانونی

کاهبرد: عینک های نزدیک بینی.

در واقع از بیست عدسی و اگر به هر جسم نگاه کنیم، آنرا کوهچتر و نزدیک تر می بینیم.

نوعه داشته باشد که:

۴. در عدسی ها نیز مانند آینه ها، تصویرهای مجازی، مستقیم هستند و لذا در حقیقت، وارونه اند.

۵. در عدسی ها وقتی تصویر مجازی است، جسم و تصویر در یک طرف عدسی قرار دارند و در تصویر حقیقی، جسم و تصویر در طرف عدسی هستند.

روابط ریاضی در عدسی ها:

فرمول مربوط به عدسی ها، مانند فرمول اصلی آینه ها است. یعنی:

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

p = فاصله جسم تا عدسی q = فاصله تصویر تا عدسی f = فاصله کانونی عدسی است.

مقادیر فوق برای حقیقی + و برای مجازی - است.

بزرگنمایی (m) هم مثل قبل تعریف می شود.

$$m = \frac{\text{طول تصویر}}{\text{طول جسم}} = \frac{A'B'}{AB} = \left| \frac{q}{p} \right|$$

مثال: فاصله کانونی یک عدسی محدب 10 cm است. جسم به طول 24 cm را در فاصله 50 cm از عدسی و عمود بر محور قرار می دهیم.

الف) نوع تصویر و فاصله آن تا عدسی (ب) فاصله شعاع تا تصویر آن (ج) اندازه تصویر چقدر است!

حل: $f = 10 \text{ cm}$, $p = 50 \text{ cm}$, $AB = 24 \text{ cm}$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \rightarrow \frac{1}{50} + \frac{1}{q} = \frac{1}{10} \rightarrow \frac{1}{q} = \frac{1}{10} - \frac{1}{50} = \frac{5-1}{50} = \frac{4}{50} \rightarrow q = \frac{50}{4} = 12.5 \text{ cm}$$

چون $q > 0$ پس تصویر حقیقی است.

ب) چون تصویر حقیقی است بنابراین جسم و تصویر در طرف عدسی هستند و در نتیجه فاصله آنها برابر است با:

$$\text{فاصله جسم تا تصویر} = p + q = 50 + 12.5 = 62.5 \text{ cm}$$

$$m = \frac{q}{p} = \frac{A'B'}{AB} \rightarrow m = \frac{12.5}{50} = \frac{A'B'}{24} \rightarrow A'B' = \frac{24 \times 12.5}{50} = 6 \text{ cm}$$

ج

(11)

مسئله: مداری به طول 20 cm ، در فاصله 30 cm از یک عدسی قرار دارد. تصویر مستقیم به طول 12 cm تشکیل شده است. فاصله تصویر تا عدسی، نوع عدسی و فاصله کانونی آن را پیدا کنید.

$$m = \frac{q}{p} = \frac{A'B'}{AB} \rightarrow m = \frac{12}{30} = \frac{q}{30} \rightarrow q = \frac{30 \times 12}{30} = 12\text{ cm}$$

چون تصویر مستقیم است پس باید مجازی باشد و چون تصویر از جسم کوچکتر است پس عدسی باید مقعر باشد.

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \rightarrow \frac{1}{30} + \frac{1}{12} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{12+30}{30 \times 12} = \frac{42}{360} \rightarrow f = \frac{360}{42} = 8.57\text{ cm}$$

مسئله: در مقابل یک عدسی مقعر به فاصله کانونی 15 cm جسمی در فاصله 75 cm از عدسی قرار گرفته است. اندازه تصویر چند برابر جسم است؟

حل: چون عدسی مقعر است پس فاصله کانونی منفی است.

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \rightarrow \frac{1}{75} + \frac{1}{q} = \frac{1}{-15}$$

$$\frac{1}{q} = -\frac{1}{15} - \frac{1}{75} = \frac{-5-1}{75} = \frac{-6}{75} \rightarrow q = -\frac{75}{6} = -12.5\text{ cm}$$

$$m = \frac{A'B'}{AB} = \left| \frac{q}{p} \right| \rightarrow m = \frac{12.5}{75} = \frac{1}{6} = \frac{A'B'}{AB} \rightarrow A'B' = \frac{1}{6} AB$$

مسئله: یک عدسی از جسمی به طول 15 cm ، تصویر مستقیم به طول 5 cm تشکیل داده است. اگر فاصله تصویر تا جسم 40 cm باشد، نوع و فاصله کانونی عدسی را تعیین کنید.

حل: چون تصویر مستقیم (مجازی) و کوچکتر از جسم است، پس عدسی مقعر (واگرا) است. و تصویر به عدسی ترکیب تر است.

در این حالت فاصله تصویر تا جسم برابر $p - q = 40$ است.

$$m = \frac{A'B'}{AB} = \frac{q}{p} \rightarrow \frac{q}{p} = \frac{5}{15} = \frac{1}{3} \rightarrow p = 3q$$

$$p - q = 40 \rightarrow 3q - q = 40 \rightarrow 2q = 40 \rightarrow q = \frac{40}{2} = 20\text{ cm} \text{ و } p = 3q = 3(20) = 60\text{ cm}$$

چون عدسی مقعر است و تصویر مجازی پس q منفی است.

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \rightarrow \frac{1}{60} + \frac{1}{-20} = \frac{1}{f} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1-3}{60} = \frac{-2}{60} \rightarrow f = \frac{60}{-2} = -30\text{ cm}$$