پیش‌آزمون مقدماتی

مرحله مقدماتی

پایه نهم

انسان برای این‌که بتواند جسمی را ببیند باید از آن جسم، پرتوهای نوری به چشم برسد. بنابراین جسم باید یا تولید کننده نور باشد، یا این‌که پرتوهای نوری که به جسم می‌رسد، را بازتاب کند. براین اساس اجسام را به دو دسته منیر و غیرمنیر طبقه‌بندی می‌کنند.

۱.جسم منیر یا چشمه‌نوری: هر جسمی که از خود نور منتشر می‌کند.
۲.جسم غیرمنیر: هر جسمی که از خود نوری نداشته باشد. جسم‌های غیرمنیر، نوری را که از چشمه‌های نور به آن‌ها تابیده می‌شود به طرف چشم ما باز می‌تابانند و ما آن‌ها را می‌بینیم.

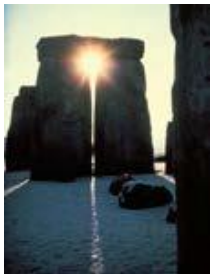
انواع چشمه‌های نوری

۱. چشمه نوری گسترده: یک جسم نورانی مانند خورشید، لامپ روشن
۲.چشمه‌نور نقطه‌ای: وقتی یک چشمه‌نور، بسیار کوچک باشد یا فاصله از آن در حدی باشد که مانند یک نقطه به نظر برسد. مانند یک ستاره، یک لامپ روشن در فاصله چند صدمتری

در حالت کلی چشمه‌های نوری که ابعاد آن در مقایسه با فاصله آز آن ناچیز باشد، یک چشمه نـور نقطـه‌ای اسـت. از یـک چشمه نور، پرتوهای بی‌شمار نور، به صورت شعاع‌های یک کره به همه‌ی جهـات محـیط منتشـر مـی‌شـود، ایـن پرتوهـا را پرتوهای شعاعی می‌نامیم.

انتشار نور

وقتی نور از شکاف میان یک یا چند جسم کدر عبور می‌کند، مسیر نور روی زمین، باریکه نوری تشکیل می‌دهـد. هرچـه عرض شکاف کمتر باشد، باریکه نوری که تشکیل می‌شود، نازک‌تر خواهد بود.

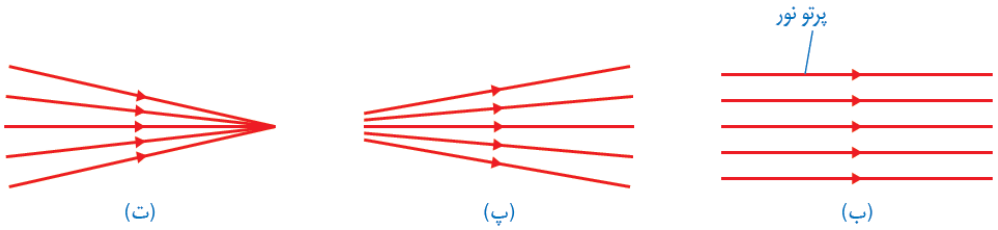


مسیر نوری که از شکاف بین دو سنگ گذشته، روی زمین باریکه نور تشکیل داده است.

نازک‌ترین باریکه نوری را که بتوان تصور کرد، پرتو نور نامیده می‌شود. هر باریکه نور در عمل از تعداد بی‌شماری پرتو نور موازی تشکیل شده است.

انواع پرتوهای نورانی

۱.دسته پرتوهای موازی (شکل ب)
۲. دسته پرتوهمگرا (شکل ت)
۳.دسته پرتو واگرا(شکل پ)



چند دلیل مشخص برای این‌که اثبات شود نور در خط راست منتشر می‌شود.

- **تشکیل سایه**
- **خورشیدگرفتگی**
- **ماه‌گرفتگی**
- **عبور از لابه‌لای شاخ و برگ درختان**

روی شکل چند پرتو فرضی نور را با خط راست و پیکانی روی آن، که جهت انتشار نور را مشخص می‌کند، نشان داده شده است.

آموزش تکمیلی:

در مورد انتشار نور چندین نظریه وجود دارد که در ادامه آورده شده است:

نظریات اولیه:

نیوتن بر این باور بود که نور، برای انتشار به محیط مادی احتیاج دارد و چون خلا را نمی‌توانست عاری از ماده بداند آن‌جا را ماده ناشناخته‌ای به نام اتر معرفی می‌کرد و چگونگی انتشار را همان مکانیزم انتشار صوت می‌دانست. بعد از تولد ماهیت موجی نور این نظریه نقض شد. چون موج نوری در محیط خلا در غیاب ماده انتشار می‌یابد. اما نیوتون دریافته بود که همیشه نور به خط مستقیم انتشار می‌یابد.

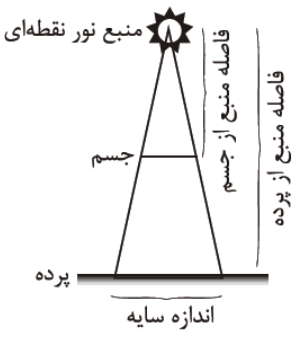
نظریات مدرن:

با پیشرفت الکترومغناطیس و ظهور شخصی چون ماکسول و ارائه نظریه الکترومغناطیسی نور دیگر لزوم وجود محیط مادی بطور کلی کنار گذاشته شد و ایشان از روی معادلات بنیادی خود جهت انتشار امواج الکترومغناطیسی را جهت انتشار نور معرفی کرد؛ که سازگاری کامل با پدیده‌های نوری داشت.

اما آلبرت انیشتین و پلانک که نور را به عنوان بسته‌های فوتونی پر انرژی در نظر گرفتند، اصول کلی انتشار نور در محیط-ها را نیز ارائه دادند و انتشار نور را از روی خاصیت موجی نور توجیه نمودند، زیرا این‌ها اصل مکملی نور را قبول داشتند و خاصیت ذره‌ای نور را برای توجیه برخی پدیده های کوانتومی رد نمی‌کردند.

اندازه طول سایه:

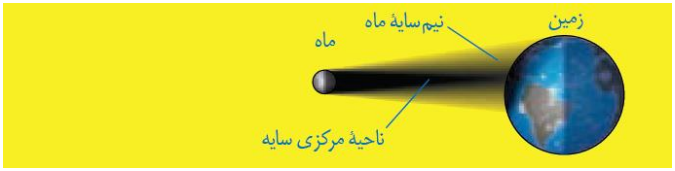
اندازه‌گیری طول سایه با کمک رسم



$$\frac{\text{اندازه جسم}}{\text{اندازه سایه}} = \frac{\text{فاصله جسم از منبع}}{\text{فاصله پرده از منبع}}$$

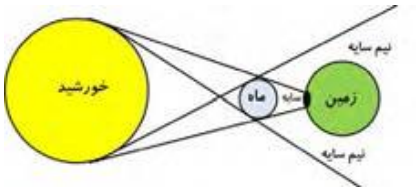
خورشیدگرفتگی یا کسوف

یکی از تماشایی‌ترین سایه‌ها را روی زمین وقتی می‌بینیم که ماه از فضای بین زمین و خورشید عبور کند و هرسه در یک راستا قرارگیرند. این حالت، خورشیدگرفتگی (کسوف) نامیده می‌شود. شکل زیر، هر چند با مقیاس مناسبی رسم نشده است، پدیده زیبای خورشیدگرفتگی را نشان می‌دهد.

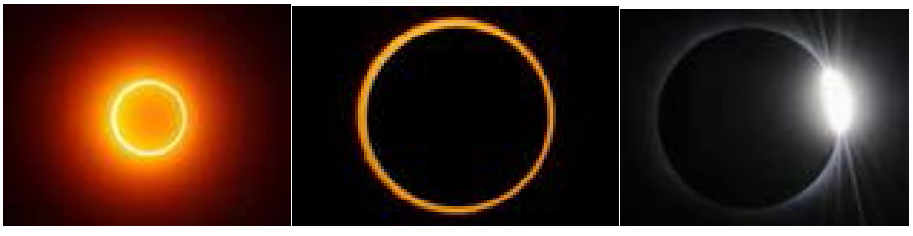


کسوف: مردمی که در ناحیه مرکزی سایه زندگی می‌کنند، هیچ نوری از خورشید به آن‌ها نمی‌رسد.

زمانی که ماه بین زمین و خورشید قرار می‌گیرد خورشیدگرفتگی اتفاق می‌افتد. درصورتی که مردم روی زمین در بخش سایه باشند، اصطلاحا خورشیدگرفتگی کامل را مشاهده می‌کنند. یعنی خورشید به طور کامل پشت ماه قرار می‌گیرد و هیچ نوری از خورشید به زمین نمی‌رسد. زمانی که خورشیدگرفتگی کامل است هوا به قدری تاریک می‌شود که ستاره‌ها در وسط روز قابل مشاهده می‌شوند.



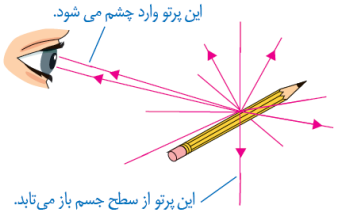
یکی از پدیده‌های بسیار زیبا در هنگام خورشیدگرفتگی نوارهای تاریک و روشنی هستند که با عرض ۱ الی ۲ سانتی‌متر، چند ثانیه قبل از اینکه خورشیدگرفتگی کامل شود و چند ثانیه پس از بازشدن خورشیدگرفتگی اتفاق می‌افتد. این نوارهای تاریک و روشن در همه‌جا و روی تمام سطوح دیده می‌شوند. علت این پدیده به تداخل امواج مربوط می‌شود که در سالهای آینده مطالعه خواهید کرد. اما پدیده فوق‌العاده زیبای دیگر در هنگام خورشیدگرفتگی پدیدار شدن حلقهٔ الماس است که هنگام باز شدن خورشید قابل مشاهده است. روی سطح ماه به علت برخورد شهاب سنگ‌های مختلف دره-های زیادی وجود دارد که یکی از این دره‌ها دقیقا در لبه ماه در راستای دید ما قرار دارد. به همین دلیل هنگام باز شدن خورشید نور آن ابتدا از این دره به چشم ما می‌رسد و درخشندگی بسیار زیادی هم دارد و چون در اطراف ماه هم یک هاله وجود دارد در این هنگام مانند یک حلقه الماس درخشنده دیده می‌شود. اما ممکن است مردم در بخش نیم‌سایه ماه قرار داشته باشند که در این صورت خورشیدگرفتگی را به صورت ناقص یا جزئی مشاهده می‌کنند. به این ترتیب که تمام خورشید پشت ماه قرار نمی‌گیرد و بخشی از آن در طی خورشیدگرفتگی قابل مشاهده است.



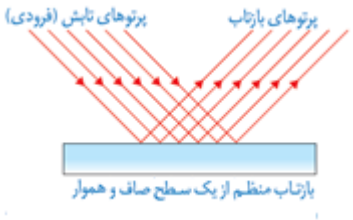
یکی از زیباترین خورشیدگرفتگی‌های جزئی خورشیدگرفتگی حلقوی است که به علت دور بودن ماه از سطح زمین هنگامیکه در مقابل خورشید قرار می‌گیرد، نمی‌تواند تمام سطح آن را پوشش دهد و نور از اطراف آن قابل مشاهده است. در این حالت چون خورشید مانند یک حلقه دیده می‌شود به خورشیدگرفتگی حلقوی معروف است.

بازتاب نور

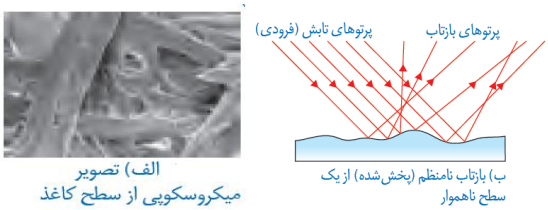
تا این‌جا آموختید که چشمه‌های نور مانند خورشید، لامپ روشن و شعله شمع به این دلیل دیده می‌شوند که نور ایجاد شده توسط آن‌ها به طور مستقیم به چشم ما می‌رسد؛ همچنین اجسام غیرمنیر هنگامی دیده می‌شوند که نور یک چشمه‌نور، مانند لامپ روشن از سطح آن‌ها برگردد و به چشم ما برسد. برگشت نور از سطح اجسام را بازتاب نور می‌نامند.



اگر سطح یک جسم، مانند آینه تخت، کاملا صاف و هموار باشد، همه پرتوهای موازی را که به آن می‌تابند به صورت پرتوهای موازی باز می‌تاباند. این بازتاب را بازتاب منظم می‌نامند.

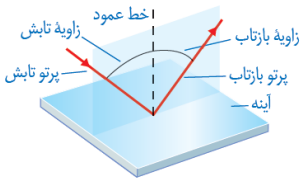


سطح بسیاری از اجسامی که در اطراف ما وجود دارند، ناصاف است. حتی اگر با میکروسکوپ، سطح یک ورقه کاغذ یا مقوا را مشاهده کنیم برخلاف تصور ما، بسیار ناهموار است؛ بنابراین وقتی یک دسته پرتو موازی نور به سطح صفحه می‌تابد در جهت‌های مختلف و به طور نامنظم باز می‌تابند، این بازتاب را بازتاب نامنظم می‌نامند.



قانون بازتاب نور

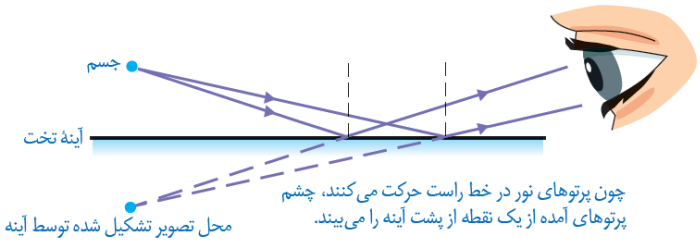
شکل روبرو بازتاب یک پرتو نور را از سطح یک آینه تخت نشان می‌دهد. خط عمود بر آینه در نقطه تابش با خط چین نشان داده شده است. زاویه بین پرتو تابش و خط عمود را زاویه تابش و زاویه بین پرتو بازتاب و خط عمود را زاویه بازتاب می‌نامند. برای تمامی سطوحی که نور را باز می‌تابانند از جمله آینه تخت، قانونی به نام قانون بازتاب نور وجود دارد. با انجام دادن آزمایش بالا به این نتیجه می‌رسیم که زاویه‌های تابش و بازتاب باهم برابرند. این نتیجه به قانون بازتاب نور موسوم است.



توجه: قانون بازتاب نور برای همه سطوح، حتی اگر بسیار ناهموار باشند، نیز برقرار است.

تصویر در آینه تخت

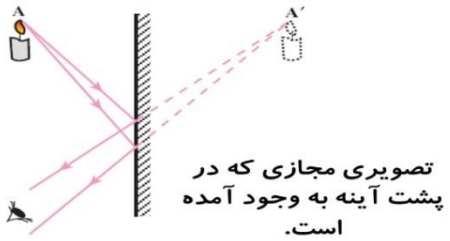
آیا تاکنون به این موضوع فکر کرده‌اید که تصویر یک جسم در آینه تخت، که سطحی صاف و صیقلی دارد، چگونه تشکیل می‌شود؟ وقتی جسمی مقابل یک آینه تخت قرار می‌گیرد، پرتوهای نور از هر نقطه آن به آینه می‌تابند. این پرتوها پس از بازتاب از آینه به چشم ما می‌رسند و سبب دیده شدن جسم در آینه می‌شوند. تصویری که در آینه تخت تشکیل می‌شود، شبیه جسم است و به نظر می‌رسد، پشت آینه قرار دارد. از آن‌جا که می‌دانیم پشت آینه چیزی نیست، می‌گوییم تصویر تشکیل شده در آینه تخت، تصویر مجازی است.



چگونگی تشکیل تصویر در آینهٔ تخت. برای سادگی تنها دو پرتو که از جسم به آینه تابیده و بازتاب یافته‌اند، نشان داده شده است.

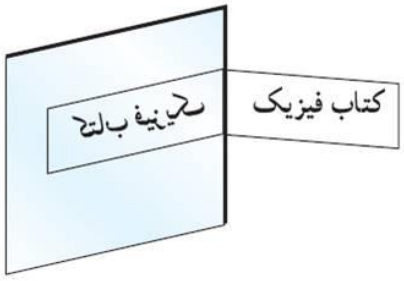
ویژگی‌های تصویر در آینه تخت:

۴. تصویر مجازی است. (تصویری که پرتوهای مجازی در پشت آینه به وجود می‌آید و فقط به علت بازتاب نور به وسیله آینه در پشت آینه به نظر می‌رسد. تصویر مجازی وجود خارجی ندارد و بر روی پرده تشکیل نمی‌شود.)



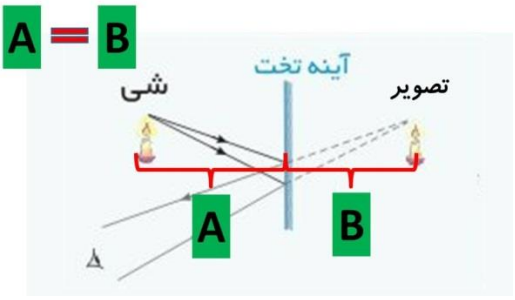
۵. تصویر هم‌اندازه‌ی جسم است.

۶. تصویر برگردون (وارون جانبی) است. (یعنی سمت راست جسم در تصویر سمت چپ است و بالعکس.)



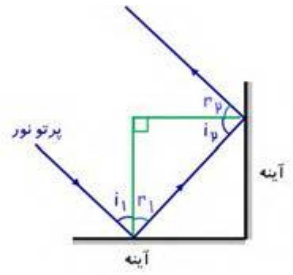
۷. تصویر مستقیم است. (یعنی بالاترین نقطه جسم بالاترین نقطه در تصویر و پایینی‌ترین نقطه در جسم پایین‌ترین نقطه در تصویر است.)

۸. فاصله جسم تا آینه با فاصله تصویر تا آینه برابر است.



آینه‌های عمود بر هم

اگر دو آینهٔ عمود بر هم داشته باشیم به راحتی اثبات می‌شود که پرتویی که به آینه اول برخورد می‌کند پس از بازتاب از آینه دوم موازی با پرتوی اولیه خارج می‌شود. (مطابق شکل زیر ثابت کنید) حال اگر سه آینه را دو به دو عمود بر هم قرار دهیم به طوریکه یک کنج قائم داشته باشیم هر پرتویی با هر زاویه‌ای به آن بتابانیم موازی با همان پرتو تابیده شده بازخواهد گشت. از این خاصیت در چراغ‌های ماشین‌ها و برخی وسایل شب‌نمای دوچرخه‌ها استفاده می‌شود؛ به همین دلیل است که شب هنگام زمانی که نور ماشین ما مثلاً به پشت یک ماشین که خاموش است می‌خورد به نظر می‌آید که چراغ‌هایش روشن هستند.



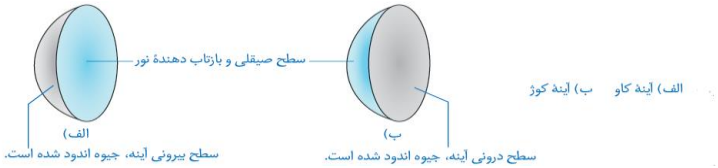
یکی دیگر از کاربردهایی که از این خاصیت به طور خلاقآن‌های استفاده شد در جنگ ایران و عراق بود. دولت وقت عراق موشک‌هایی از کشورهای غربی دریافت کرده بود که به این ترتیب کار می‌کردند که یک موشک از ارتفاع بسیار زیاد روی دریا رها می‌شد (ارتفاع زیاد برای این بود که هواپیمای حامل موشک از حمله ضد هوایی‌ها در امان باشد!). سپس موج مشخصی ارسال می‌شد و چون در دریا فقط یک ناو و یا دست‌ساخته‌های بشری از فلز بودند بازتاب آن‌ها نسبت به سطح دریا و یا موجودات احتمالی بسیار بیشتر بود. این موشک سنسورهایی داشت که به سمت بیشترین موج دریافتی حرکت می‌کرد که قاعدتا از یک ناو و یا کشتی بازتاب می‌شد. مهندسین ایرانی قایق‌های ساده‌ای را طراحی کردند که روی آن‌ها صفحات بزرگ فلزی عمود برهمی وجود داشت که بر اساس همین خاصیت ساده می‌توانست تمام موجی که به آن می‌رسد را بازتاب کند. با قرار دادن این قایق‌ها در کنار کشتی‌ها و یا ناوها چون بازتاب این قایق‌های ساده بیشتر بود موشک‌ها آن‌ها را به عنوان هدف در نظر می‌گرفتند و به آن‌ها برخورد می‌کردند و کشتی‌ها و ناوها به سلامت عبور می‌کردند.

آینه‌های کروی

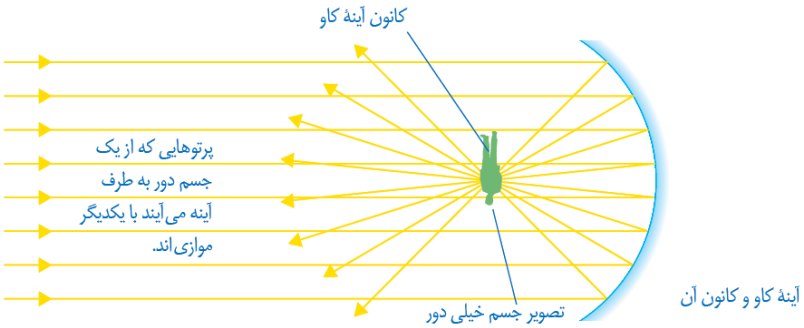
همان طور که دیدیم، آینه تخت، تصویری تشکیل می‌دهد که درست به همان اندازه جسم است. ولی در موارد زیادی لازم است، تصویر نسبت به جسم، بزرگ‌تر یا کوچک‌تر باشد.

آینه‌هایی که تصویری بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از جسم تشکیل می‌دهند، آینه کروی نامیده می‌شوند. سطح این آینه‌ها، قسمتی از سطح یک کره است. اگر سطح بیرونی یک پوسته کروی را با لایه نازکی از جیوه بپوشانیم، سطح درونی آن صیقلی و بازتاب دهنده نور خواهد بود.

در این صورت به آن، آینه مقعر یا کاو می‌گویند. همچنین اگر سطح درونی پوسته کروی را با لایه نازکی از جیوه بپوشانیم به آن، آینه محدب یا کوژ گفته می‌شود. در آینه‌های کوژ سطح بیرونی یا برآمده، صیقلی و بازتاب دهنده نور است.



اگر بخواهیم نتیجه آزمایش بالا را به کمک پرتوهای نور نشان دهیم، می‌توان گفت هرگاه جسمی در فاصله دوری از یک آینه قرار داشته باشد، پرتوهایی که از آن جسم به سطح آینه می‌تابند با یکدیگر موازی‌اند. این پرتوها پس از بازتاب از آینه کاو، همگرا می‌شوند و یکدیگر را در نقطه‌ای به نام کانون آینه قطع می‌کنند.

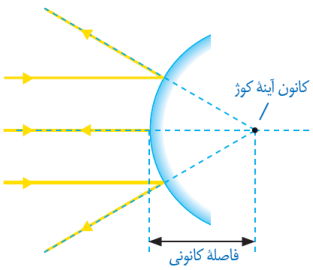


وقتی جسمی‌بین آینه و کانون آینه کاو باشد، همواره تصویری مجازی و بزرگ‌تر درآینه تشکیل می‌شود.

آینه‌های کاو کاربردهای فراوانی دارند. برای مثال دندان‌پزشکان برای دیدن لکه‌های دندان از آینه کاو استفاده می‌کنند. برای این کار، آینه را طوری پشت دندان‌ها قرار می‌دهند که دندان موردنظر در فاصله بین آینه و کانون آینه قرار گیرد. در این حالت تصویری مجازی و بزرگ‌تر از دندان در آینه تشکیل می‌شود. برای بررسی ویژگی‌های تصویر در آینه کاو، وقتی جسم خارج از کانون آینه قرار دارد، آزمایشی را که در ادامه آمده است، انجام دهید.

آینه‌های کوژ

وقتی پرتوهای موازی نور به سطح یک آینه کوژ بتابند، پس از بازتاب از آینه از یکدیگر دور یا واگرا می‌شوند. امتداد این پرتوها در پشت آینه یکدیگر را قطع می‌کنند. به این نقطه کانون مجازی آینه کوژ گفته می‌شود. فاصله کانون تا آینه، فاصله کانونی نامیده می‌شود.



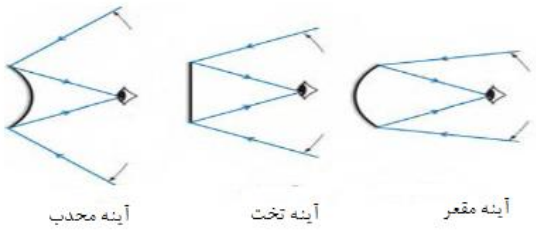
کانون در آینه‌های کوژ

آینه‌های کوژ اغلب در وسایل نقلیه استفاده می‌شوند؛ همچنین از این آینه‌ها در فروشگاه‌های بزرگ و پیچ تند جاده‌ها استفاده می‌شود

آموزش تکمیلی:

میدان دید

میدان دید در حقیقت فضایی از فضای مقابل آینه است که می‌توان آن را در یک آینه مشاهده کرد. بـه عنـوان مثـال در شکل بالا، سه تصویر در آینه‌های مختلف وجود دارد که هر کدام مقدار مشخصی از فضای مقابل خود را نشان می‌دهند. در حقیقت مطابق شکل میدان دید در یک آینه بالاترین و پایین‌ترین پرتویی است که به آینه برخورد می‌کند و به چشم شما می‌رسد. در این شکل به وضوح مشخص است که آینه‌هایی با اندازه‌های یکسان درصورتی کـه محـدب باشـند بیشـترین میدان دید و درصورتی-که مقعر باشند کمترین میدان دید را دارند.



پرتوهایی که به یک آینهٔ کروی می‌تابند بازتاب می‌شوند. آیا قاعده‌ای برای بازتاب پرتوها از آینه‌های کروی وجود دارد؟ اما قبل از آن باید به چند تعریف اشاره کنیم:

مرکز آینه: می‌دانیم که آینه‌های کروی یک قسمت از یک کره هستند که داخل یـا بیـرون آن خاصـیت بازتـابی دارنـد؛ بنابراین تمام آینه‌های کروی دارای یک مرکز می‌باشند که این مرکز، مرکز کرهٔاصلی است که از آن ساخته شـده اسـت. (نقطهC)

راس آینه: اگر آینه را روی زمین قرار دهیم در یک نقطه با سطح زمین تماس خواهد داشت که آن نقطه، راس آینه نـام دارد. (نقطهٔS)

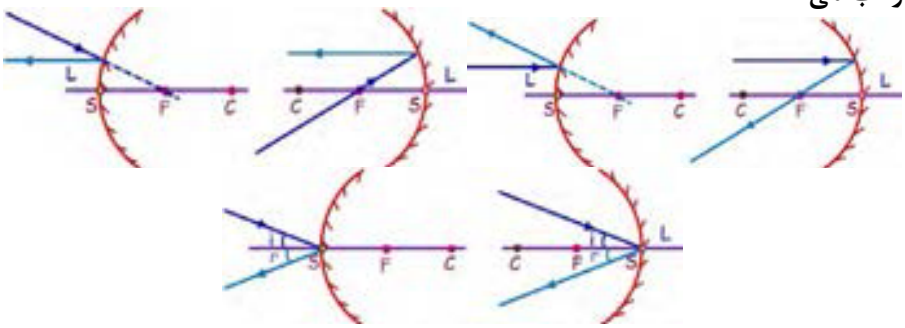
محور اصلی: اگر از مرکز آینه به راس آینه خطی را وصل کنیم محور اصلی نامیده می‌شود. (خطL)

کانون آینه: وسط مرکز آینه و رأس آینه روی محور اصلی کانون نامیده می‌شود.

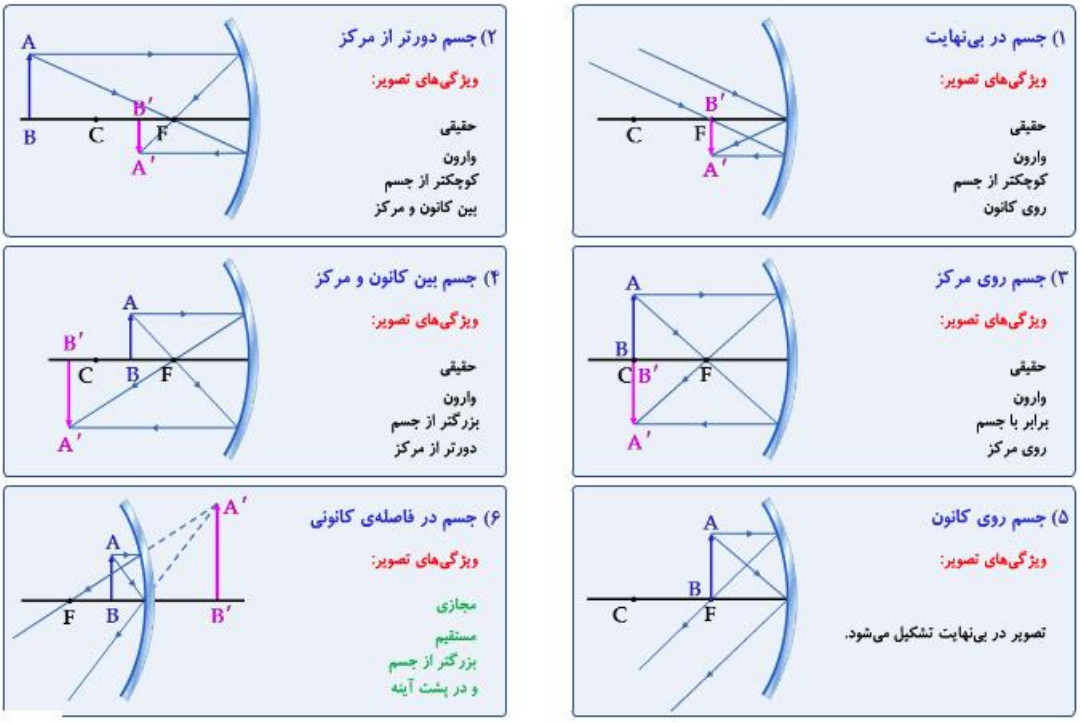
پرتوهای خاص

- **اگر یک پرتو موازی محور اصلی تابیده شود بازتاب آن از کانون می‌گذرد.**
- **اگر یک پرتو از کانون عبور کند و به آینه بتابد بازتاب آن موازی محور اصلی است.**
- **اگر یک پرتو از مرکز آینه عبور کند و به آینه بتابد روی خودش بازتاب می‌شود.**

•اگر یک پرتو به راس آینه بتابد با همان زاویه‌ای که نسبت به محور اصلی تابیده با همان زاویه نسبت به محور اصلی بازتاب می‌کند.



ویژگی‌های تصویر در آینه کاو(مقعر): در آینه مقعر ویژگی تصویر به مکان آن جسم در محور اصلی بستگی دارد. در ادامه در مکان‌های مختلف در مقابل آینه نحوه تشکیل تصویر جسم آورده شده است.



ویژگی‌های تصویر در آینه کوژ(محدب):

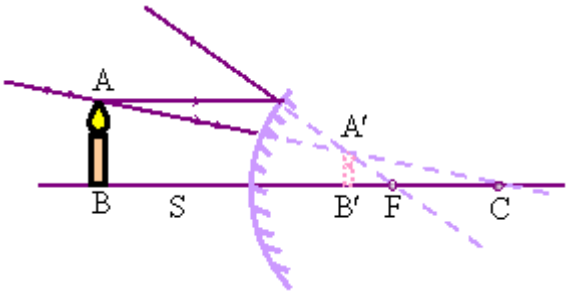
۱. تصویر مجازی است.

۲. تصویر کوچک‌تر از جسم است.

۳. تصویر برگردون (وارون جانبی) است.

۴.تصویر مستقیم است.

۵. تصویر از جسم به آینه نزدیک‌تر است.

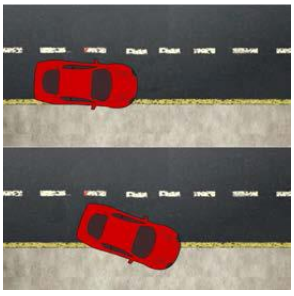


نور اگر از محیط رقیق وارد یک محیط غلیظ شود و یا برعکس درصورتی‌که زاویه ورودی عمود نباشد از مسیر مستقیم خود منحرف می‌شود و به عبارتی نور می‌شکند.

علت اصلی این اتفاق به این خاطر است که نور دارای سرعت‌های متفاوتی در هر محیط است و همین مساله باعث شکست نور می‌شود. برای این‌که این موضوع را بهتر درک کنید به مثال زیر دقت نمایید:

فرض کنید در یک اتوبان با سرعت زیاد درحال حرکت هستید که یکی از لاستیک‌های ماشین وارد جاده خاکی می‌شود، لاستیکی که وارد خاکی شده سرعتش نسبت به لاستیکی که در آسفالت است، کمتر می‌باشد. به این دلیل در زمان مساوی مسافت کمتری را نسبت به آن لاستیک طی می‌کند. به همین دلیل ماشین تغییر جهت می‌دهد و نسبت به مسیر اولیه زاویه پیدا می‌کند (درصورتی‌که سرعت خیلی زیاد باشد این اختلاف سرعت باعث واژگون شدن ماشین هم می‌شود.)

نور هم دقیقا چنین رفتاری را دارد و زمانی‌که از جایی که رقیق است و سرعت نور در آن‌جا زیاد است وارد جایی می‌شود که غلیظ است و سرعت نور در آن کم است در مسیر خود تغییر زاویه می‌دهد. حال هرچه اختلاف سرعت بین دو محیط بیشتر باشد انحراف نور هم بیشتر می‌شود.



آموزش تکمیلی:

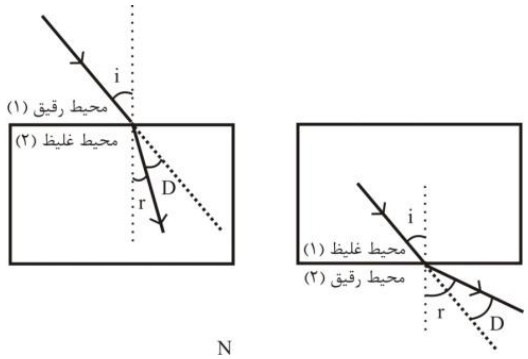
سرعت نور

تصور اولیه انسان از سرعت نور این بود که نور با سرعت بی‌نهایت حرکت می‌کند. اما اولین کسی که به طور جدی آزمایش‌هایی درباره سرعت نور انجام داد گالیله بود. او به همراه دستیارش شب‌هنگام راهی بیابان شدند و هرکدام از آن‌ها روی یک تپه ایستادند و با یک پارچه روی فانوس‌هایی که در دست داشتند، پوشاندند. طبق قرار از پیش تعیین شده قرار بود که ابتدا گالیله پارچه خود را از روی فانوس بردارد و دستیارش بلافاصله پس از دیدن نور چراغ، او نیز پارچه را از روی فانوس بردارد تا گالیله نور چراغ را ببیند و زمان رفت و برگشت را بدست بیاورد تا بتواند سرعت نور را محاسبه کند. اما علی‌رغم تلاش‌های زیاد و بالابردن فاصله دو تپه باز هم این زمان بسیار کم بود که درنهایت گالیله در جمع‌بندی خود از آزمایشش این‌گونه نوشت: «اگر سرعت نور بی‌نهایت نباشد، بسیار زیاد است». بعد از این تلاش‌های زیادی توسط دانشمندانی چون رومر، فیزو و دیگران انجام شد.

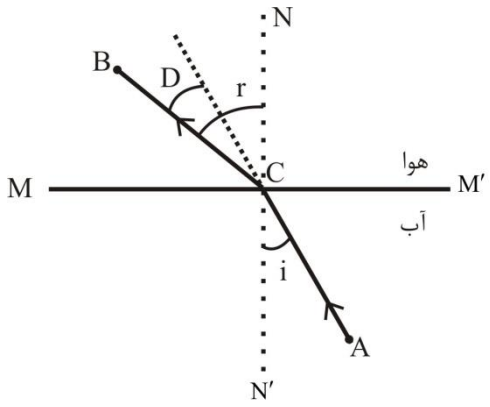
سرعت نور در محیط‌های شفاف مختلف یکسان نیست، به‌طوری‌که بیشترین سرعت آن در خلاء (یا تقریبا هوا) بوده و برابر ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه است. در محیط‌های دیگر مثل آب و شیشه و غیره سرعت نور کمتر از این مقدار است. لذا هنگامی‌که محیط حرکت نور از نظر غلظت تغییر می‌کند سرعت آن نیز تغییر می‌نماید و با افزایش غلظت سرعت کاهش پیدا می‌کند و برعکس. به این ترتیب علت شکست نور تغییر سرعت آن هنگام وارد شدن به محیط شفاف دوم است.

ماده‌شفاف	سرعت نور به کیلومتر
هوا	۳۰۰۰۰۰
آب	۲۲۵۰۰۰
شیشه	۲۰۰۰۰۰
الماس	۱۲۵۰۰۰

زاویه‌ای که پرتو تابش با خط عمود بر سطح جدا کننده‌ی دو محیط می‌سازد (i) را زاویه‌ی تابش و زاویه‌ای که پرتو شکست با خط عمود بر سطح جدا کننده‌ی دو محیط می‌سازد (r) را زاویه‌ی شکست می‌نامیم. اختلاف این دو زاویه، زاویه انحراف (D) نام دارد.



اگر محیط رقیق را هوا و محیط غلیظ را آب در نظر بگیریم خواهیم داشت:



مرز جدا کننده دو محیط شفاف: MM'

پرتو تابش: AC

پرتو شکست: CB

خط عمود بر مرز جدا کننده در نقطه تابش: NN'

زاویه تابش: i

زاویه شکست: r

زاویه انحراف (تفاوت زاویه تابش با زاویه شکست): D

ضریب شکست چیست؟

تعریف: نسبت سرعت نور در هوا به سرعت نور در یک محیط شفاف را ضریب شکست آن محیط می‌نامند و با نماد n نمایش می‌دهند.

اگر سرعت نور در هوا C و سرعت نور در محیط شفاف v باشد، داریم: هرقدر ضریب شکست ماده شفاف بیشتر باشد (n بزرگ‌تر باشد) نور بیشتر شکسته می‌شود یعنی زاویه انحراف بیشتر می‌شود و به همان میزان سرعت نور بیشتر کاهش پیدا می‌کند.

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

نکته۱: ضریب شکست هوا (خلا) برابر یک در نظر گرفته می‌شود.

نکته۲:هرگاه پرتو نور از محیط رقیق به محیط غلیظ وارد شود، به خط عمود نزدیک‌تر شده و $\hat{D} = \hat{i} - \hat{r}$ می‌شود و هرگاه پرتو نور از محیط غلیظ به محیط رقیق وارد شود، از خط عمود دورتر شده و $\hat{D} = \hat{r} - \hat{i}$ می‌شود.

نکته۳:در حالت کلی زاویه انحراف برابر است با $D = |i - r|$

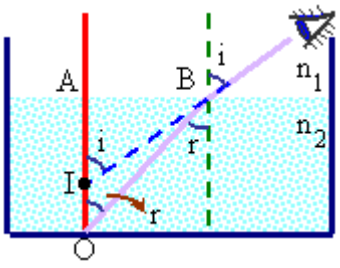
نکته۴: : اگر پرتو نور عمود بر سطح جدا کننده‌ی دو محیط تابیده شود، بدون شکسته شدن وارد محیط شفاف دیگر می‌شود.

بازگشت نور

وسیله‌ای که در بخش قبل ساخته‌اید را بردارید و نور را ابتدا به آب بتابانید، به طوری‌که از دود خارج شود. با زیاد کردن زاویه‌ی پرتوی تابش به سطح آب، زاویه‌ی خروجی در دود نیز زیاد می‌شود تا جایی که پرتوی خروجی مماس با سطح آب می‌شود. اگر زاویه‌ی پرتوی تابش را از این مقدار بیشتر کنیم دیگر نور از آب خارج نمی‌شود و کاملا داخل آب بازتابیده می‌شود. به این حالت **بازتابش کلی نور** می‌گوییم. همیشه وقتی نور از محیط غلیظ وارد محیط رقیق می‌شود درصورتی‌که زاویه‌ی پرتویی که به سطح جدایی دو محیط می‌خورد از یک مقدار مشخص بیشتر شود، نور وارد محیط رقیق نمی‌شود و داخل همان محیط برمی‌گردد.

عمق ظاهری و واقعی

حتما تا به حال از بالای یک استخر یا حوض آب به کف آن نگاه کرده‌اید. اگر دقت کرده باشید عمق آن استخر از آنچه که شما تصور می‌کنید کمتر به نظر می‌رسد. اگر تا به حال به این مساله توجه نکرده‌اید، دو لیوان یکسان بردارید و یکی را پر از آب و دیگری را خالی نگه دارید و از بالا به هر دو لیوان نگاه کنید به نظرتان عمق کدام لیوان کمتر است؟ علت این‌که ما عمق آب را در لیوان و یا استخر کمتر می‌بینیم به دلیل پدیده شکست نور است.



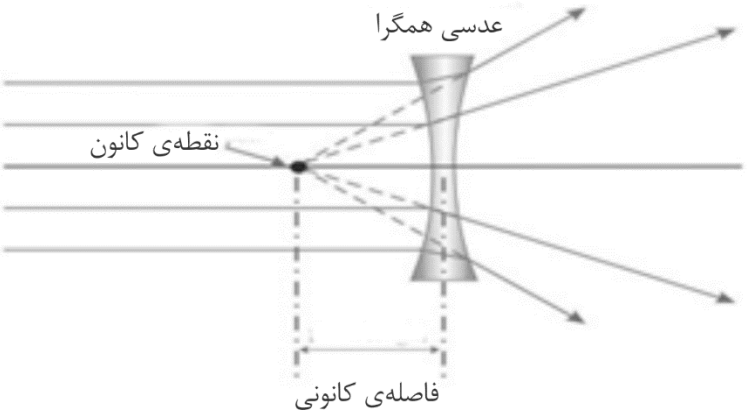
$$\frac{\text{عمق ظاهری}}{\text{عمق واقعی}} = \frac{v_2}{v_1}$$

اگر محیط دوم غلیظ باشد $(n_2 > n_1)$ عمق ظاهری کوچک‌تر از عمق واقعی خواهد بود و ناظری که در محیط رقیق قرار دارد جسم را در فاصله نزدیک‌تر در ناحیه غلیظ می‌بیند، اما اگر شرایط برعکس بود محیط دوم رقیق باشد $(n_2 < n_1)$ عمق ظاهری بزرگ‌تر از عمق واقعی خواهد بود.

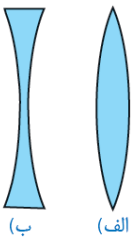
آموزش مفهومی:

عدسی‌ها یک وسیله نوری است که نور در عبور از آن می‌شکند پرتوها بعد ازشکست و عبور از عدسی به صورت همگرا و وگرا می‌شوند. به همین دلیل به دو نوع همگرا و واگرا دسته‌بندی کنند. عدسی‌ها از مواد شفافی مانند شیشه یا پلاستیک فشرده ساخته می‌شوند.

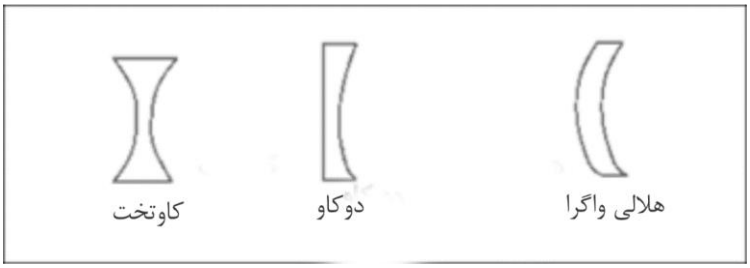
اگر پرتوهای موازی نور به عدسی تابانده شود، در نقطه‌ای روی محور اصلی عدسی به هم می‌رسند که به آن نقطه کانون عدسی می‌گویند و با حرف F نشان می‌دهند.



وقتی یک عدسی را با دستمان لمس می‌کنیم، ممکن است وسط آن ضخیم‌تر از لبه‌های آن باشد؛ به این نوع عدسی، عدسی همگرا می‌گویند (شکل الف). ولی اگر لبه‌های عدسی از وسط آن ضخیم‌تر باشد به آن عدسی واگرا گفته می‌شود (شکل ب).



عدسی‌های واگرا، لبه‌های ضخیمی دارد و به سه شکل هلالی واگرا، کاو تخت و دوکاو ساخته شده‌اند.



اصطلاحات مورد استفاده در عدسی‌ها

- **محور اصلی عدسی چیست؟**

محور اصلی عدسی خطی است که مرکز دو سطح عدسی می‌گذرد.

- **مرکز نوری عدسی چیست؟**

مرکز نوری عدسی نقطه‌ای میان عدسی است که روی محور اصلی قرار دارد و آن را با حرف C نشان می‌دهند.

- **مراکز انحنای عدسی کدام هستند؟**

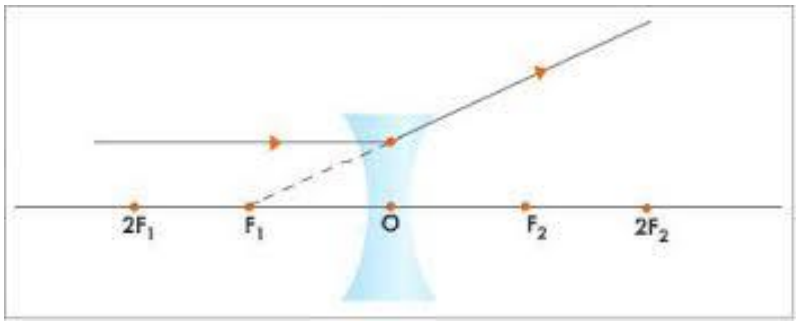
هر یک از دو سطح عدسی، قسمتی از یک کره کامل است. به مرکزهای این کره‌ها که روی محور اصلی عدسی قرار می‌گیرند، مراکز انحنای عدسی می‌گویند و آن حرف را با حرف C نشان می‌دهند و برابر با ۲F است.

- **فاصله کانونی چیست؟**

به فاصله بین کانون اصلی عدسی و مرکز نوری عدسی، فاصله کانونی می‌گویند.

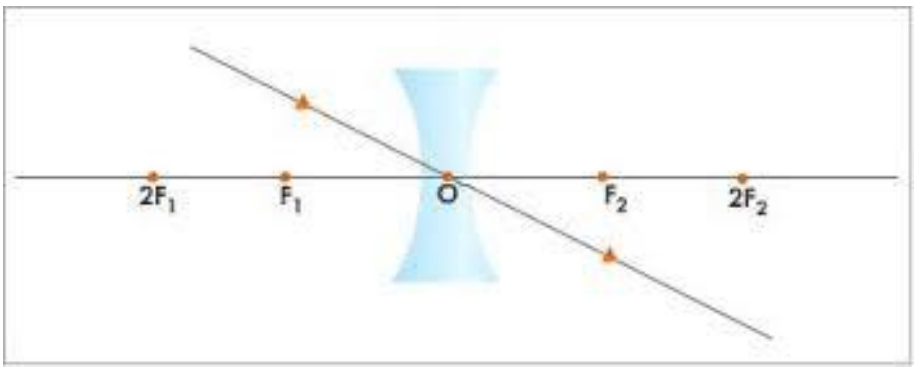
آموزش تکمیلی:

۱.اگر پرتو به موازات محور اصلی عدسی همگرا بتابد، امتداد پرتو شکست از کانون عدسی مقعر می‌گذرد.



۲.اگر امتداد پرتو ورودی از کانون اصلی عدسی بگذرد، پرتو شکست موازی با محور اصلی است.

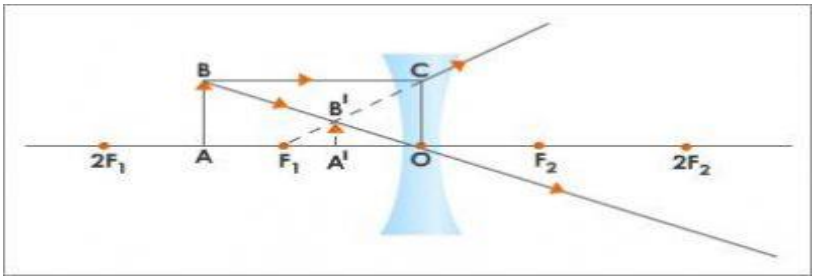
۳.اگر پرتو نور ورودی به مرکز نوری عدسی بتابد، بدون شکست از عدسی خارج می‌شود.



تصویر در عدسی واگرا یا مقعر:

تصویر در عدسی مقعر همیشه در سمت جسم و در فاصله کانونی است و دارای ویژگی‌های زیر می‌باشد:

- کوچک‌تر
- مستقیم
- مجازی



تنها زمانی در یک عدسی مقعر تصویر روی کانون عدسی تشکیل می‌شود که فاصله جسم از عدسی بسیار دور باشد یعنی جسم در بی‌نهایت قرار گرفته باشد.

کاربرد عدسی مقعر:

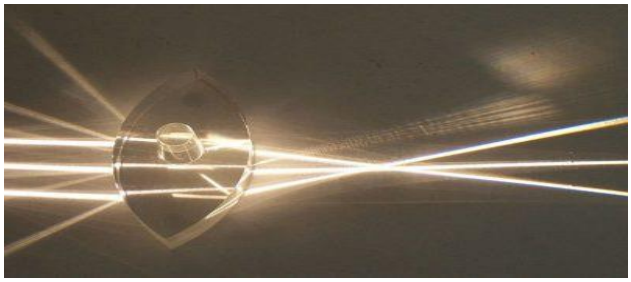
با توجه به ویژگی‌های تصویر در عدسی مقعر از آن در ساخت عینک افراد نزدیک‌بین استفاده می‌شود.

توان عدسی مقعر:

توان عدسی مقعر به معنای میزان واگرا کردن پرتوهای خروجی از عدسی است و با فاصله کانونی رابطه عکس دارد. در عدسی‌های واگرا هر چه کانون به عدسی نزدیک‌تر باشد، واگراکنندگی و توان عدسی بیشتر است.

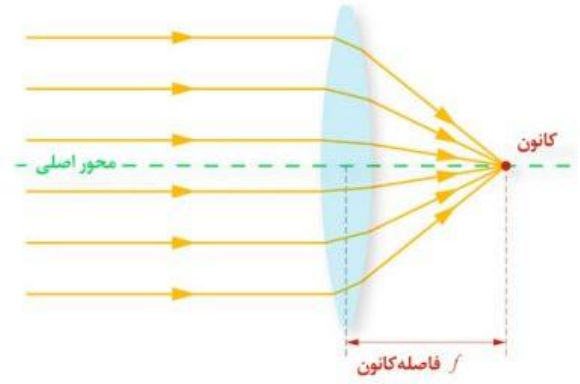
عدسی همگرا یا محدب

عدسی همگرا که با نام‌های کوژ و محدب نیز شناخته می‌شود، نوعی از عدسی است که پرتوهای نور را بعد از شکست، همگرا می‌کند یعنی پرتوهای خروجی از عدسی به هم نزدیک می‌شوند.



عدسی‌های همگرا، لبه‌های نازک دارد و به سه شکل هلالی، تخت و دو کوژ ساخته شده‌اند.

برای شناخت نحوه همگرایی در عدسی محدب، با قوانین رسم پرتوها در ادامه آشنا شویم:



رسم پرتو شکست در عدسی همگرا یا محدب:

نحوه پرتوهای شکست در عدسی همگرا به محل ورود پرتو بستگی دارد:

۱.اگر پرتو به موازات محور اصلی عدسی همگرا بتابد، پرتو شکست از کانون عدسی محدب می‌گذرد.

۲.اگر پرتو ورودی از کانون اصلی عدسی بگذرد، پرتو شکست موازی با محور اصلی است.

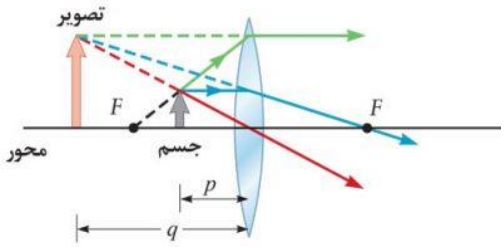
۳.اگر پرتو نور ورودی به مرکز نوری عدسی بتابد، بدون شکست از عدسی خارج می‌شود.

تصویر در عدسی همگرا یا محدب:

خصوصیت تصویر در عدسی همگرا یا محدب به فاصله جسم تا عدسی بستگی دارد که در این قسمت به حالت‌های مختلف آن می‌پردازیم.

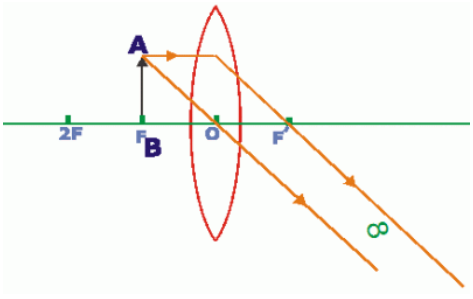
جسم در فاصله کانونی عدسی همگرا

اگر جسمی را در فاصله کانونی یک عدسی همگرا قرار دهیم، تصویر مجازی، مستقیم، بزرگ‌تر است و دورتر از عدسی در سمتی که جسم قرار دارد تشکیل می‌شود.



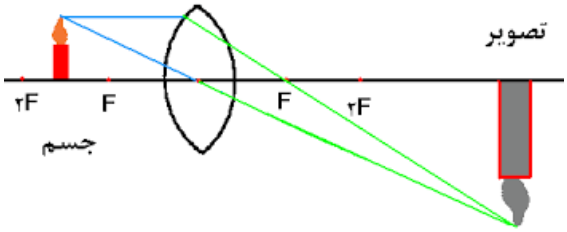
جسم روی کانون عدسی همگرا

اگر جسمی را روی کانون یک عدسی همگرا قرار دهیم، تصویر در بی‌نهایت و به صورت پرتوهای نور موازی تشکیل می‌شود.



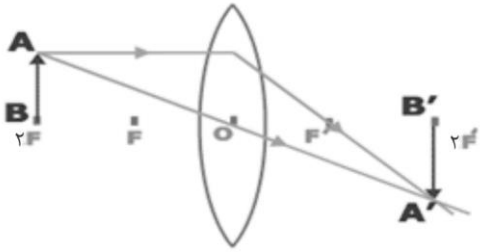
جسم بین کانون و مرکز انحنای عدسی همگرا

اگر جسمی را بین کانون و مرکز انحنای یک عدسی همگرا قرار دهیم، تصویر حقیقی، وارونه و بزرگ‌تر است و در طرف مقابل جسم و دورتر از مرکز انحنا تشکیل می‌شود



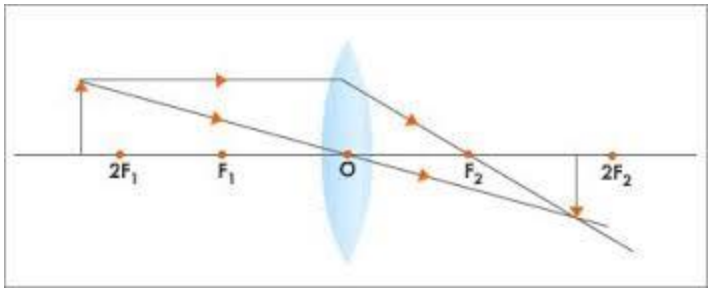
جسم روی مرکز انحنای عدسی همگرا

اگر جسمی را روی مرکز انحنای یک عدسی همگرا قرار دهیم، تصویر حقیقی، وارونه و هم‌اندازه جسم است و روی مرکز انحنای مقابل تشکیل می‌شود.



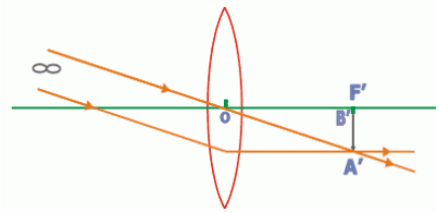
جسم خارج از مرکز انحنای عدسی همگرا

اگر جسمی را بیرون از مرکز انحنای عدسی همگرا قرار دهیم، تصویر حقیقی، وارونه و کوچک‌تر است و در سمت مقابل جسم، بین کانون و مرکز انحنای عدسی تشکیل می‌شود.



جسم در فاصله ای بسیار دور نسبت به عدسی همگرا

اگر جسمی را در فاصله بی نهایت نسبت به یک عدسی همگرا قرار دهیم، تصویر حقیقی، وارونه و کوچک‌تر است و در سمت مقابل روی کانون عدسی تشکیل می‌شود.



کاربرد عدسی همگرا یا محدب:

۱. عینک افراد دوربین

۲. عدسی چشمی و شیئی میکروسکوپ

۳. ساخت نورافکن‌ها

۴. ساخت پروژکتور

۵. ماشین فتوکپی

۶. دوربین عکاسی

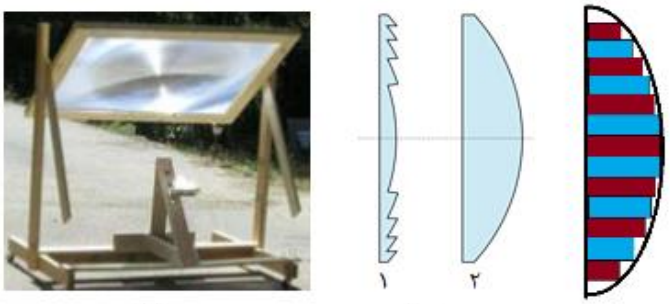
۷. ساخت تلسکوپ

توان عدسی محدب:

توان عدسی به معنای میزان همگرا کردن پرتوهای خروجی از عدسی است و با فاصله کانونی رابطه عکس دارد. در عدسی-های همگرا هر چه کانون به عدسی نزدیک‌تر باشد، همگرا کنندگی و توان عدسی بیشتر است.

عدسی فرنل

در یک عدسی مطابق شکل (۱) می‌توان بخش‌هایی مستطیل شکل را از عدسی جدا کرد. با این کار سطح عدسی از حالت انحنای ظاهری خارج می‌شود و به صورت دندان‌هایی در می‌آید و مطابق شکل (۲) می‌شود. در این حالت عدسی همچنان عملکرد قبلی خود را دارد؛ زیرا سطح خارجی عدسی که محل ورود یا خروج نور است تفاوتی نکرده و دارای زوایای قبلی می‌باشد؛ بنابراین می‌توانیم یک عدسی را به صورت تخت در بیاوریم و کارایی قبلی خود را نیز داشته باشد. به این نوع عدسی‌ها، عدسی‌های فرنل می‌گویند.



(ج) (ب) (الف)