۴ــ۱ــ انتشار نور

هنگام طلوع خورشید، بخشی از سطح زمین را که به طرف خورشید است، روشنایی فرا می‌گیرد. شب هنگام، چراغ روشنی را که در فاصله‌ی دوری از ما قرار دارد می‌بینیم. رسیدن نور خورشید به زمین و رسیدن نور چراغ روشن به چشم و دیده شدن آن از فاصله‌ی دور به سبب **انتشار نور** آن‌ها است. محیطی که نور از آن عبور می‌کند، محیط شفاف نامیده می‌شود.

پاسخ دهید!

۱ــ چرا از بیرون یک جعبه‌ی فلزی یا تخته‌ای، اشیای درون آن دیده نمی‌شود، اما درون یک ظرف شیشه‌ای از بیرون دیده می‌شود؟

۲ــ چند ماده‌ی شفاف و چند ماده‌ی غیرشفاف را که می‌شناسید نام ببرید.

چشمه‌ی نور گسترده و نقطه‌ای: یک شئ نورانی نظیر خورشید، چراغ روشن، شعله‌ی شمع و ... را چشمه‌ی نور گسترده می‌نامیم. اگر صفحه‌ای از مقوّا را که روی آن روزنه‌ی کوچکی ایجاد شده است در مقابل چراغ روشنی قرار دهیم، نور چراغ پس از گذشتن از روزنه منتشر می‌شود و روزنه مانند یک چشمه‌ی نور کوچک عمل می‌کند که آن‌را **چشمه‌ی نور نقطه‌ای** می‌نامیم. ستاره‌هایی که در فاصله‌ی بسیار دور قرار دارند، به‌صورت نقطه‌ی نورانی دیده می‌شوند یا چراغ روشنی که در فاصله‌ی دوری از ما قرار گرفته است نیز نمونه‌هایی از چشمه‌های نور نقطه‌ای هستند.

۴ــ۲ــ باریکه‌ی نور

برای بررسی رفتار نور به هنگام انتشار ابتدا باید با **باریکه‌ی نور** و **پرتو نور** آشنا شویم.

در شکل (۴ــ۱) مسیر نور را روی زمین، هنگام عبور از شکاف میان در و دیوار مشاهده می‌کنید.

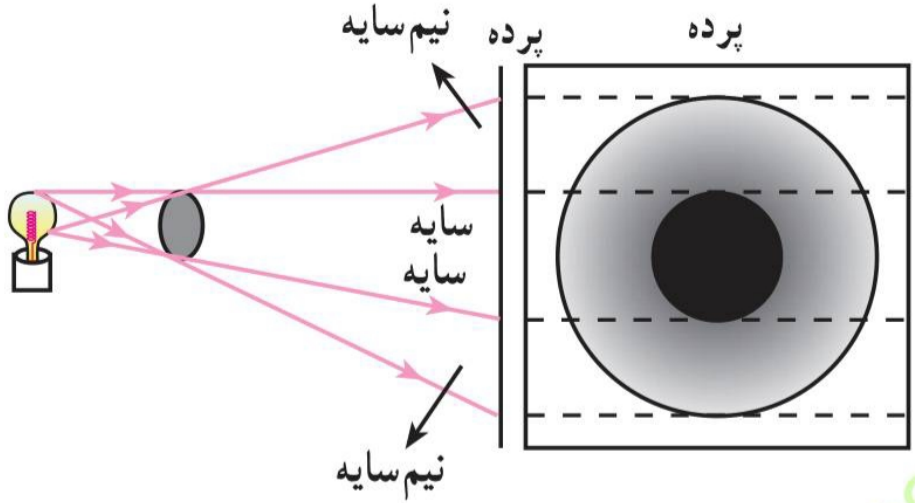
شکل ۴ــ۱ــ مسیر نوری که از شکاف گذشته است، روی زمین باریکه‌ی نور تشکیل داده است.

مسیر نوری که از شکاف گذشته است، روی زمین، یک **باریکه‌ی نور** را نشان می‌دهد. باریکه‌ی نور با پهنای بسیار کم را **پرتو نور** می‌نامیم. در واقع می‌توان گفت هر باریکه‌ی نور، شامل دسته‌ای از پرتوهای نور است.

با مشاهده‌ی باریکه‌ی نور می‌توانیم مسیر انتشار نور را تشخیص دهیم.

ts.blogfa.com

هرگاه روزنه را از مقابل چراغ برداریم، مرز سایه کاملاً مشخص نخواهد بود. در این وضع در اطراف سایه، ناحیه‌ای نیمه روشن ایجاد می‌شود که به آن **نیم‌سایه** می‌گوییم. شکل (۴ــ۴) چگونگی تشکیل سایه و نیم‌سایه را به وسیله‌ی یک چشمه‌ی نور گسترده نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۴ــ چگونگی تشکیل سایه و نیم‌سایه

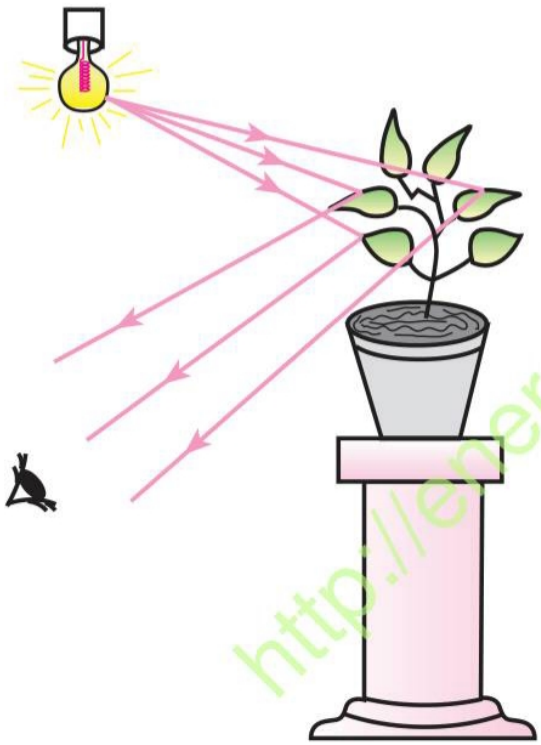
در شکل (۴ــ۴) فقط از تعداد محدودی از پرتوهای بیشماری که توسط لامپ گسیل می‌شود، برای نشان دادن چگونگی تشکیل سایه و نیم‌سایه استفاده شده است.

students.blogfa.com/

۴ــ۴ــ بازتاب نور

می‌دانیم که کره‌ی ماه از خود نوری ندارد، پس چرا شب‌ها سطح آن روشن است؟ اگر در یک شب تاریک به اتاقی وارد شوید که هیچ نوری به درون آن نمی‌تابد، آیا اشیای درون اتاق را می‌بینید؟ اگر چراغی در اتاق روشن کنید چه‌طور؟

دیده‌شدن اشیای درون اتاق، هنگامی که چراغ روشن می‌شود، به سبب انتشار نور در اتاق و بازگشت نور از سطح اشیا و رسیدن آن به چشم است. در شکل (۴ــ۵) بازگشت نور از روی اشیا نشان داده شده است. روشن دیده شدن ماه نیز مانند روشن دیده شدن اشیای درون اتاق زیر نور چراغ است. تابش نور خورشید بر سطح ماه و بازگشت نور از سطح آن سبب روشن دیده شدن ماه می‌شود.



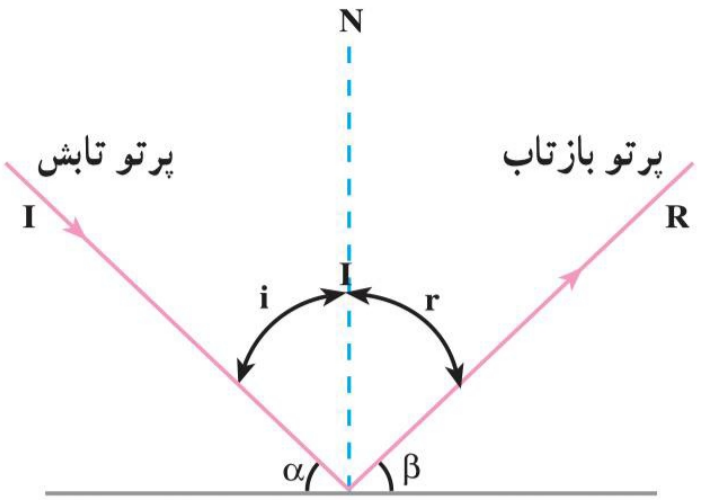
شکل ۴ــ۵ــ دیده‌شدن اشیا به سبب نوری است که پس از بازتاب از آن‌ها به چشم می‌رسد.

http://energy4students.blogfa.com/

بازگشت نور از سطح اجسام را **بازتاب نور** می‌نامیم. سطح‌های صیقلی نظیر ورقه‌های تمیز نیکلی یا نقره‌اندود، یا شیشه‌هایی که یک طرف آن‌ها جیوه‌اندود شده است، نظیر آینه‌ها، پدیده‌ی بازتاب را به‌خوبی نشان می‌دهند. بازتاب از این سطح‌ها را بازتاب آینه‌ای می‌نامند.

پرتو نوری که به سطح جسم می‌تابد **پرتو تابش** و پرتو بازگشته از سطح را **پرتو بازتاب** می‌نامند. نقطه‌ای را که نور به آن می‌تابد نقطه‌ی تابش، زاویه‌ی بین پرتو تابش و خط عمود بر سطح در نقطه‌ی برخورد نور را **زاویه‌ی تابش** (i) و زاویه‌ی بین خط عمود و پرتو بازتاب را **زاویه‌ی بازتاب** (r) می‌نامیم. در شکل(۴ــ۶) پرتوهای تابش و بازتاب، خط عمود بر سطح و زاویه‌های تابش و بازتاب نشان داده شده است. توجه کنید که زاویه‌ی تابش، متمم زاویه‌ی بین پرتو تابش و سطح آینه است و با توجه به شکل، داریم :

$$i + \alpha = ۹۰^\circ$$



شکل ۴ــ۶ــ بازتاب نور از سطح یک آینه

www.students.blogfa.com/

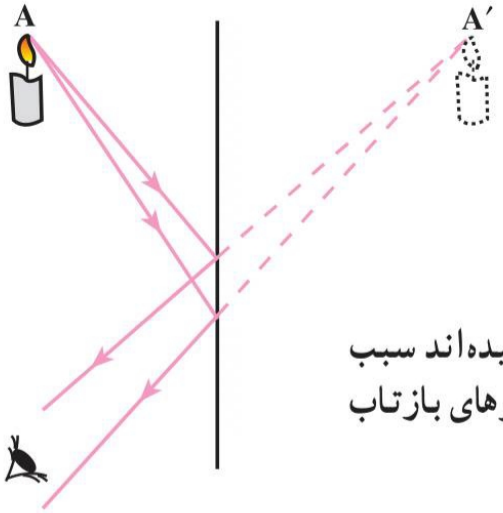
۴ــ۵ــ تصویر در آینه‌های تخت

آیا تاکنون تصویر درختان یا منظره‌های اطراف یک استخر آب یا برکه را در آب مشاهده کرده‌اید؟

http://energy4students.blog

آینه‌های معمولی را که سطح آن‌ها مسطح است آینه‌ی تخت می‌نامند. هنگامی که روبه‌روی آینه‌ای می‌ایستید خودتان را در آینه می‌بینید. مشاهده‌ی منظره‌های اطراف در سطح آب یک استخر،

دیده شدن اشیای مقابل آینه در آن، به سبب بازتاب نور از سطح آینه و رسیدن پرتوهای بازتاب به چشم است. آنچه در آینه دیده می‌شود **تصویر** شئ مقابل آینه است. شکل (۴ــ۱۰) چگونگی دیده شدن تصویر یک شئ (یک شمع) را در آینه‌ی تخت نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۱۰ــ پرتوهایی که از شئ به آینه تابیده‌اند سبب می‌شوند که مشاهده کننده شئ را در راستای پرتوهای بازتاب که به چشم رسیده‌اند ببیند.

هنگامی که یک شئ مقابل آینه قرار می‌گیرد از هر نقطه‌ی آن (نظیر نقطه‌ی A در شکل ۴ــ۱۰) پرتوهای نور به آینه می‌تابد، این پرتوها پس از بازتاب از سطح آینه به چشم بیننده می‌رسند. مثل این است که این پرتوها از A' به چشم می‌رسند. نقطه‌ی A' که محل به‌هم رسیدن پرتوهای بازتاب‌اند، تصویر نقطه‌ی A است. با این روش می‌توانیم، تصویر هر نقطه‌ی دیگری از شئ را به کمک حداقل دو پرتو که از آن نقطه به آینه می‌تابد مشخص کنیم.

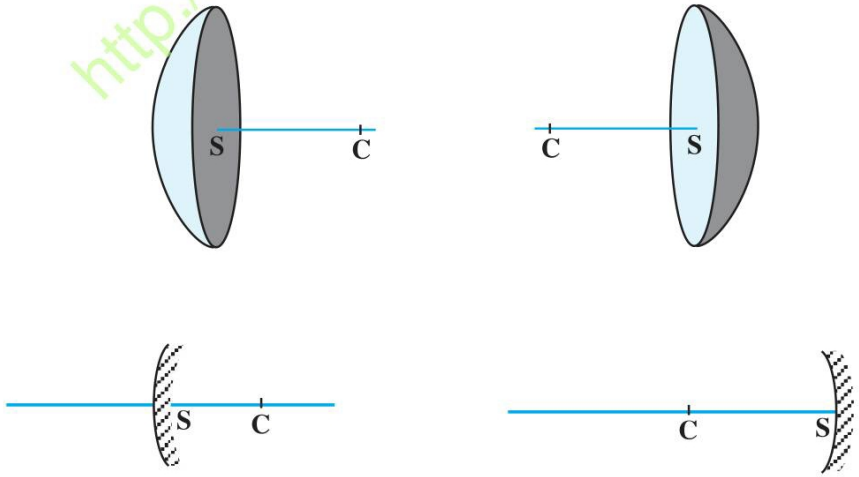
ergy4students.blogfa.com/

۴ــ۶ــ آینه‌های کروی

با آینه‌ی تخت و ویژگی‌های تصویر در آن آشنا شدید. برای پاره‌ای از کاربردهای علمی و تجربی، نوع دیگری از آینه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد که سطح آن‌ها خمیده است. نوع ویژه‌ای از این‌گونه سطح‌های خمیده، آینه‌های کروی است که در این بخش بررسی می‌شوند.

سطح آینه‌های کروی، بخشی از سطح یک کره است، یعنی تمام نقاط آن از یک نقطه به نام مرکز آینه (مرکز کره‌ای که آینه بخشی از آن است) به یک فاصله‌اند.

اگر سطح درونی کره صیقلی باشد آن را آینه‌ی کاو یا مقعر و اگر سطح برآمده‌ی آن صیقلی باشد، آن‌را آینه‌ی کوژ یا محدب می‌نامند. این آینه‌ها به‌صورت طرح‌وار در شکل (۴ــ۱۳) نشان داده شده‌اند.



الف ــ آینه‌ی مقعر ب ــ آینه‌ی محدب

شکل ۴ــ۱۳

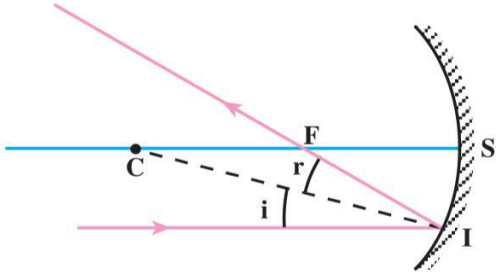
http://energy4students.blogfa.com/

مرکز ــ محور اصلی: مرکز کره‌ای را که آینه قسمتی از آن است، **مرکز آینه** (نقطه‌ی C) می‌نامند.

خطی که از مرکز آینه و وسط آینه (نقطه‌ی S) می‌گذرد، محور اصلی آینه نامیده می‌شود.

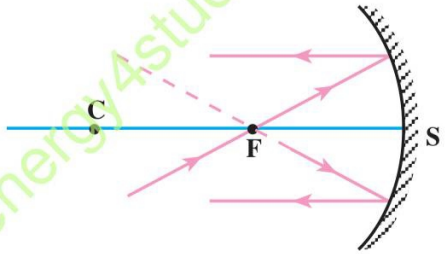
قانون‌های بازتاب نور در مورد آینه‌های کروی هم به کار می‌رود. یعنی اگر در نقطه‌ی فرود پرتو تابش (نقطه‌ی تابش) یک آینه‌ی کروی،خطی عمود بر سطح آینه رسم کنیم، زاویه‌های تابش و بازتاب مشخص می‌شوند. در این‌جا نیز زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتاب با هم برابرند.

در شکل (۴ــ۱۶) پرتو تابش موازی محور اصلی و پرتو بازتاب آن نشان داده شده است. در این آینه‌ها هم، قانون‌های بازتاب همان است که قبلاً بیان شد. هرگاه در نقطه‌ی تابش I خط عمودی بر سطح آینه (IC) رسم شود، زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتاب با هم برابرند.



شکل ۴ــ۱۶ــ پرتوی که موازی محور اصلی به آینه‌ی مقعر بتابد، پس از بازتاب از کانون می‌گذرد. می‌توان نشان داد که زاویه‌تابش (i) و بازتاب (r) با هم مساوی هستند.

پ : آزمایش نشان می‌دهد که **اگر پرتو تابش از کانون گذشته و به آینه بتابد و یا طوری بتابد که امتداد آن از کانون بگذرد، پرتو بازتاب آن موازی محور اصلی خواهد بود.** در شکل (۴ــ۱۷) این پرتوها نشان داده شده‌اند.



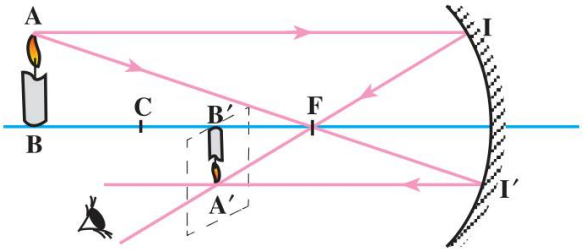
شکل ۴ــ۱۷ــ پرتوی که امتداد یا خود آن از کانون آینه‌ی مقعر بگذرد، موازی محور اصلی آینه باز می‌تابد.

http://energy4students.blogfa.com/

۴ــ۹ــ چگونگی تشکیل تصویر در آینه‌های مقعر

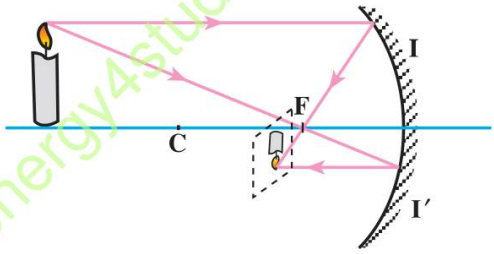
یک شئ، مثلاً یک شمع روشن، را در فاصله‌ای دورتر از مرکز، در مقابل آینه‌ی کاو عمود بر محور اصلی آن مطابق شکل (۴ــ ۱۹) در نظر بگیرید. از هر نقطه‌ی شمع، مانند نقطه‌ی A، پرتوهای زیادی به آینه می‌تابند، بازتاب دو پرتو تابش AI (موازی محور اصلی) و AI′ (پرتو تابشی که از کانون گذشته) را به روشی که گفته شد رسم می‌کنیم، پرتوهای بازتاب یک‌دیگر را در نقطه‌ی A′ قطع می‌کنند. اگر پرتوهای دیگری هم از نقطه‌ی A به آینه بتابد، بازتاب آن‌ها از نقطه‌ی A′ می‌گذرد. بنابراین برای به‌دست‌آوردن نقطه‌ی A′ رسم دو پرتو کافی است. A′ تصویر نقطه‌ی A است. اگر برای

سایر نقطه‌های شمع هم به همین روش عمل کنیم، تصویر کامل شمع به‌دست می‌آید. عملاً بازتاب پرتوهای تابش و بازتاب از همه‌ی نقطه‌های شمع را رسم نمی‌کنیم زیرا آزمایش نشان می‌دهد که اگر شئ بر محور اصلی عمود باشد، تصویر هم بر محور اصلی عمود است. بعد از به‌دست آوردن نقطه‌ی A' (تصویر نقطه‌ی A)، می‌توان تصویر شئ را عمود بر محور اصلی رسم کرد.



شکل ۴ــ ۱۹ــ رسم تصویر شئ در آینه‌ی کاو

تصویری را که به این ترتیب حاصل شده است تصویر حقیقی می‌نامیم. اگر یک صفحه‌ی کاغذ را در مقابل آینه جابه‌جا کنیم با قرار گرفتن کاغذ درمحل تصویر، مطابق شکل (۴ــ۲۰) تصویر حقیقی بر روی کاغذ تشکیل و مشاهده می‌شود.



شکل ۴ــ۲۰ــ تصویر حقیقی بر روی صفحه‌ی کاغذ تشکیل شده است.

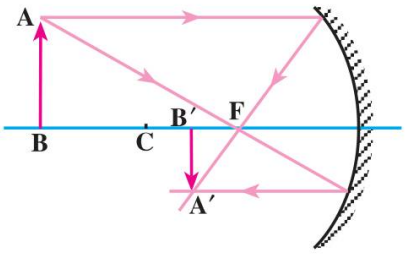
هرگاه مطابق شکل (۴ــ ۱۹) چشم ناظر بعد از تصویر شمع، در راستای پرتوهای بازتاب، قرار گیرد تصویر را می‌بیند. زیرا اگر به جای A' نقطه‌ی روشنی وجود داشت، همین پرتوها از آن نقطه‌ی روشن به چشم می‌رسیدند. می‌توان نتیجه گرفت که اگر پرتوهای بازتاب خودشان یک‌دیگر را قطع کنند تصویر حقیقی است.

روش رسم تصویر در آینه‌های کاو: از هر نقطه‌ی شئ پرتوهای زیادی به آینه می‌تابد. در بین این پرتوها، پرتویی موازی محور اصلی یا پرتویی که از کانون یا مرکز آینه گذشته، نیز وجود دارد. با انتخاب دو پرتو از این سه پرتو از نقطه‌ی A بالاترین نقطه‌ی جسم و رسم پرتو بازتاب آن‌ها، تصویر نقطه‌ی مزبور، در محل تلاقی پرتوهای بازتاب یا در محل تلاقی امتداد این پرتوها، به‌دست می‌آید.

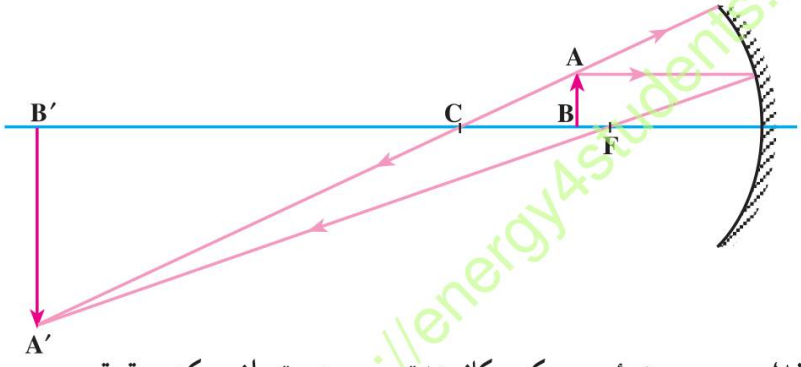
http://energy4students.blogfa.com/

با رسم بازتاب هر دو، یا چند پرتو دیگری هم که از نقطه‌ی مورد نظر به آینه تابیده‌اند می‌توان به همان ترتیب تصویر را به‌دست آورد. با این تفاوت که رسم بازتاب پرتوهای غیرمشخص باید با استفاده از مساوی بودن زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتابش صورت گیرد، درحالی که رسم بازتاب سه پرتو مشخصی که پیش‌تر گفته شد به سادگی صورت می‌گیرد.

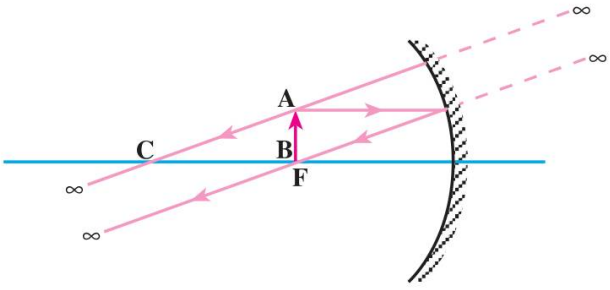
در شکل‌های (۴ــ۲۱ــ الف تا ت) روش رسم تصویر شئ AB در یک آینه‌ی کاو نشان داده شده است. در شکل (۴ــ۲۱ــ ت) هرگاه چشم ناظر در محل نشان داده شده قرار گیرد، احساس می‌کند که پرتوهای بازتاب از محل A′B′ آمده است و در آن محل تصویر را می‌بیند. اما چون واقعاً در آنجا چیزی وجود ندارد آن را تصویر **مجازی** می‌نامند. در حالتی که تصویر مجازی است، امتداد پرتوهای بازتاب یک‌دیگر را قطع می‌کنند. اما در شکل‌های الف و ب پرتوهای بازتاب یک‌دیگر را قطع کرده و نقطه‌ی روشن A′ که تصویر نقطه‌ی A است حاصل شده است. همان‌طورکه قبلاً هم گفته شد اگر یک صفحه‌ی کاغذ در محل تصویر قرار گیرد (به‌طوری که مانع تابش نور به آینه نشود) تصویر روی صفحه‌ی کاغذ دیده می‌شود، این تصویر **حقیقی** است.



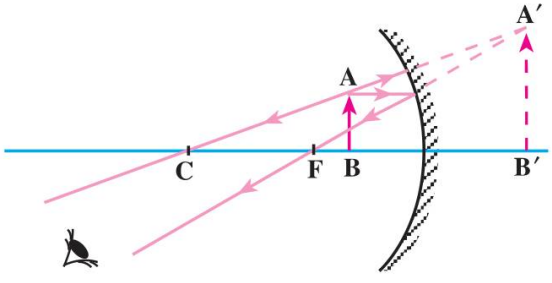
الف ــ شئ در فاصله‌ای دورتر از مرکز آینه؛ تصویر حقیقی، کوچک‌تر از جسم، وارونه و بین مرکز و کانون است.



ب ــ شئ بین مرکز و کانون؛ تصویر دورتر از مرکز، حقیقی، بزرگ‌تر از شئ و وارونه است.



پ ــ شئ روی کانون؛ پرتوهای بازتاب با هم موازی‌اند و در فاصله‌ی خیلی دور (بی‌نهایت) یک‌دیگر را قطع می‌کنند. در این حالت می‌گوییم تصویر در بی‌نهایت است.

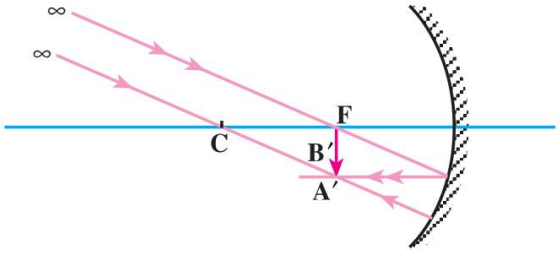


ت ــ شئ بین کانون و آینه؛ همان‌طور که در شکل دیده می‌شود پرتوهای بازتاب در جلوی آینه از هم دور می‌شوند، امتداد آن‌ها در پشت آینه یک‌دیگر را قطع می‌کنند، تصویر مجازی، بزرگ‌تر از شئ و مستقیم است.

شکل ۴ ــ۲۱

http://energy4students.blogfa.com/

رسم تصویر یک شئ که در فاصله‌ی خیلی دور از آینه‌ی کاو قرار دارد: همان‌طورکه در مورد کانون آینه‌های کاو گفته شد، تصویر خورشید در کانون آینه تشکیل می‌شود. از طرفی، پرتوهایی که از یک نقطه‌ی خیلی دور(بی‌نهایت) تابیده می‌شوند، با هم موازی‌اند. بر اساس روش ترسیمی که قبلاً توضیح داده شده، از بین پرتوهای زیادی که از نقطه‌ی خیلی دور به آینه تابیده‌اند، دو پرتو تابش، که یکی از کانون و یکی از مرکز آینه می‌گذرند، برای رسم تصویر کافی است. چگونگی رسم تصویر در این حالت در شکل (۴ــ۲۲) نشان داده شده است.



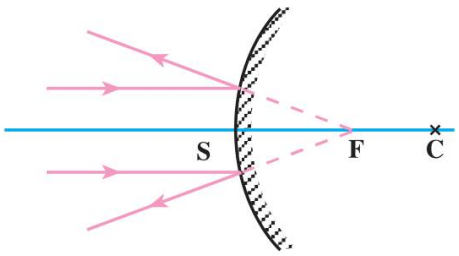
شکل ۴ــ۲۲ــ رسم تصویر یک شئ که در فاصله‌ی خیلی دور از آینه‌ی کاو قرار دارد. تصویر حقیقی، کوچک‌تر، وارونه و روی کانون است.

فعالیت ۸

با مشارکت دیگر اعضای گروه خود، آزمایشی طراحی کنید که به‌کمک آن بتوانید مرکز یک آینه‌ی کاو را مشخص نمایید.

۴ــ۱۰ــ کانون آینه‌ی محدب (کوژ)

هرگاه پرتوهایی موازی محور اصلی آینه‌ی محدب به آن بتابند، طوری باز می‌تابند که امتداد پرتوهای بازتاب از یک نقطه روی محور اصلی می‌گذرند. این نقطه کانون اصلی آینه‌ی محدب نام دارد. کانون آینه‌ی محدب، مجازی است. فاصله‌ی کانون تا آینه را «**فاصله‌ی کانونی**» آینه می‌نامند. در آینه‌های محدب نیز فاصله‌ی کانونی آینه نصف فاصله‌ی مرکز تا آینه یعنی نصف شعاع آینه است ($f = \frac{r}{2}$). شکل (۴ــ۲۳) پرتوهای تابش، موازی محور اصلی آینه‌ی محدب، و چگونگی بازتابش آن‌ها را نشان می‌دهد.

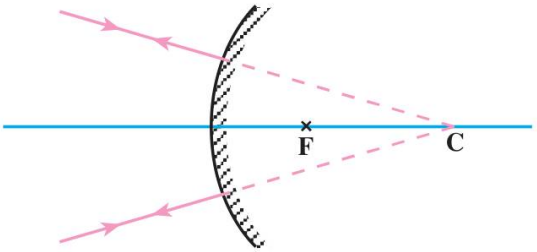


شکل ۴ــ۲۳ــ کانون در آینه‌ی محدب

http://energy4students.blogfa.com/

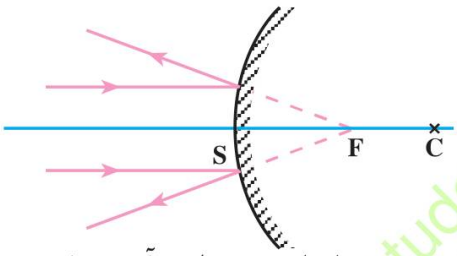
۴ــ۱۱ــ رسم پرتوهای بازتاب در آینه‌ی محدب

الف : هر پرتو تابش که امتداد آن از مرکز آینه‌ی محدب (در پشت آینه) بگذرد، روی خودش باز می‌تابد. در شکل (۴ــ۲۴) پرتوهایی که در امتداد مرکز به آینه می‌تابند، نشان داده شده‌اند.



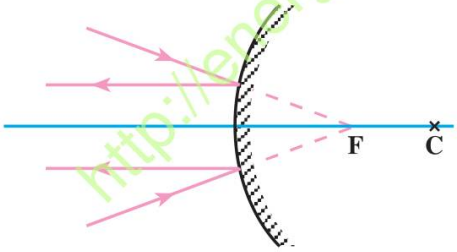
شکل ۴ــ۲۴

ب : هر پرتوی که موازی محور اصلی به آینه‌ی محدب بتابد، طوری باز می‌تابد که امتداد پرتو بازتاب از کانون اصلی آینه‌ی محدب (در پشت آینه) بگذرد (شکل ۴ــ۲۵).



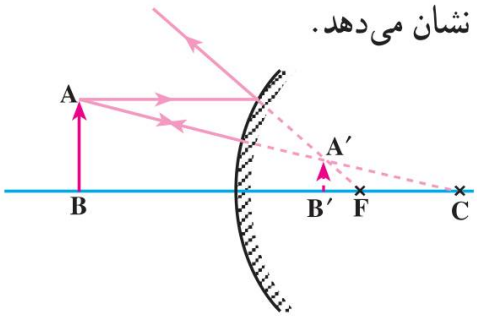
شکل ۴ــ۲۵

پ : هرگاه امتداد پرتو تابش از کانون بگذرد، پرتو بازتاب مربوط به آن، موازی محور اصلی خواهد بود. در شکل (۴ــ۲۶) این‌گونه پرتوها نشان داده شده‌اند.



شکل ۴ــ۲۶

تصویر در آینه‌ی محدب: با رسم دو پرتو تابش مشخص، از بین پرتوهای تابش زیادی که از یک نقطه‌ی یک شئ به آینه می‌تابد، و رسم پرتوهای بازتاب آن‌ها و با توجه به آنچه پیش‌تر شرح داده شد، می‌توان تصویر یک شئ را که مقابل آینه و عمود بر محور اصلی است به‌دست آورد. شکل (۴ــ۲۷) تصویر شئ AB را در آینه‌ی محدب نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۲۷ــ تصویر شئ در آینه‌ی محدب، مجازی، کوچک‌تر و مستقیم است.

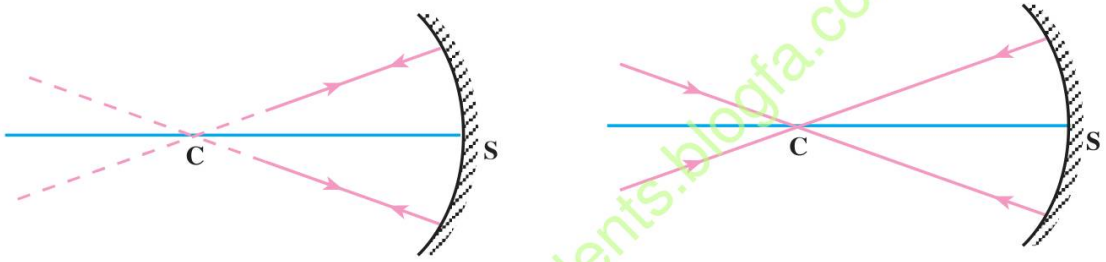
http://energy4students.blogfa.com/

است. یعنی فاصله‌ی کانونی نصف شعاع آینه است. اگر فاصله‌ی کانونی f و شعاع آینه r باشد، داریم :

$$f = \frac{r}{2} \qquad (۲ـ۴)$$

۴ـ۸ـ رسم پرتوهای بازتاب در آینه‌ی مقعر

الف : **هر پرتوی که از مرکز آینه‌ی مقعر گذشته و به آینه بتابد یا طوری به آینه بتابد که امتداد آن از مرکز آینه بگذرد، روی خودش باز می‌تابد.** زیرا این پرتو بر آینه عمود است $i = r = ۰$ (هر خطی که از مرکز کره بگذرد بر کره عمود است) در شکل (۴ـ۱۴ـ الف و ب) این‌گونه پرتوها در آینه‌ی مقعر نشان داده شده‌اند (نقطه‌ی C مرکز آینه است).

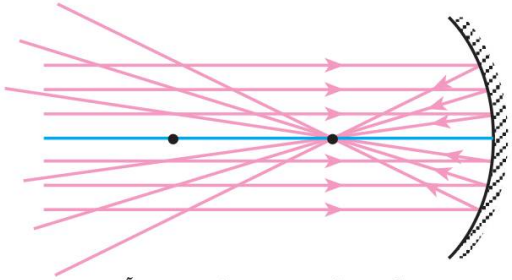


الف ـ پرتوی که ازمرکز بگذرد و به آینه‌ی مقعر بتابد، روی خودش بازمی‌تابد.

ب ـ پرتوی که در امتداد مرکز به آینه‌ی مقعر بتابد، روی خودش بازمی‌تابد.

شکل ۴ـ۱۴

ب : در آزمایش ۶، با توجه به اینکه پرتوهای خورشید که از فاصله‌ی خیلی دور (بی‌نهایت) تابش می‌شوند، همه موازی محور اصلی آینه‌اند ؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که : هرگاه دسته پرتوهایی موازی محور اصلی به آینه‌ی مقعر بتابند، پرتوهای بازتاب آن‌ها از یک نقطه روی محور اصلی به نام **کانون اصلی آینه** خواهند گذشت. شکل (۴ـ۱۵) دسته پرتوهای تابش و بازتاب آن‌ها را در آینه‌ی مقعر نشان می‌دهد. به این‌ترتیب **هر پرتوی که موازی محور اصلی به آینه‌ی مقعر بتابد پرتو بازتاب آن از کانون آینه می‌گذرد.**



شکل ۴ـ۱۵ـ پرتوهایی که موازی محور اصلی به آینه‌ی مقعر بتابند پس از بازتاب از کانون اصلی آینه می‌گذرند.

http://energy4students.blogfa.com/

در این مورد هم کسی که تصویر را می‌بیند، احساس می‌کند که پرتوهایی از شئ واقع در محل $A'B'$ به چشم او رسیده است و تصویر را در آنجا خواهد دید، چون تصویر از برخورد امتداد پرتوهای بازتاب حاصل شده است، مجازی است. در آینه‌های محدب، شئ در هر فاصله‌ای مقابل آینه قرار داده شود، تصویر آن کوچک‌تر از شئ، مجازی و نسبت به شئ مستقیم و داخل فاصله‌ی کانونی آینه دیده می‌شود.

ب : با استفاده از نتایج قسمت الف، جدول زیر را کامل کنید.

نوع آینه	پرتو تابش / پرتو بازتاب	همگرا	واگرا	موازی
آینه‌ی تخت	همگرا			
	واگرا			
	موازی			
آینه‌ی مقعر	از نقطه‌ی نورانی در فاصله‌ی دور (واگرا)			
	ازنقطه‌ی نورانی واقع در کانون			
	از نقطه‌ی نورانی بین کانون و آینه			
آینه‌ی محدب	پرتو همگرا به سمت مرکز			
	پرتو همگرا به سمت کانون			
	پرتو همگرا به سمت نقطه‌ای بین کانون و آینه			

http://energy4students.blogfa.com/

۴ــ۱۲ــ محاسبه‌ی فاصله‌ی تصویر تا آینه‌ی مقعر

همان‌طور که در شکل (۴ــ۲۱) مربوط به تصویر شئ در آینه‌ی مقعر دیده می‌شود، در این آینه‌ها، فاصله‌ی تصویر تا آینه بستگی به فاصله‌ی شئ تا آینه دارد. در موردهایی فاصله‌ی تصویر تا آینه بیشتر از فاصله‌ی جسم تا آینه، و در موردهایی کمتر از آن است. در مواردی تصویر حقیقی و در یک مورد هم تصویر مجازی است.

هرگاه فاصله‌ی شئ تا آینه را با p و فاصله‌ی تصویر تا آینه را با q و فاصله‌ی کانونی آینه را با f نشان دهیم، ثابت می‌شود که بین p و q و f رابطه‌ی زیر برقرار است :

$$\frac{۱}{p}+\frac{۱}{q}=\frac{۱}{f} \qquad (۴ــ۳)$$

هرگاه فاصله‌ی تصویر تا آینه معلوم نباشد، در رابطه‌ی (۴ــ۳) به‌جای p و f عدد مربوط را قرار می‌دهیم و q را محاسبه می‌کنیم. پس از محاسبه اگر عدد به‌دست آمده مربوط به q مثبت باشد، تصویر حقیقی است و درصورتی که عدد به‌دست آمده منفی باشد معلوم می‌شود تصویر مجازی است.

درصورتی که فاصله‌ی تصویر تا آینه معلوم و تصویر مجازی باشد این فاصله را با علامت منفی به جای q قرار می‌دهیم.

مثال ۱

یک شئ در فاصله‌ی ۲۰ سانتی‌متری یک آینه‌ی مقعر قرار داده شده است. اگر شعاع آینه ۳۰ سانتی‌متر باشد، فاصله‌ی تصویر تا آینه و نوع تصویر را تعیین کنید.

حل

$p = ۲۰cm$ و $f = \frac{r}{۲} = \frac{۳۰}{۲} = ۱۵cm$

بنابه‌رابطه‌ی ۴ـ۳ $\frac{۱}{p} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{۲۰} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{۱۵}$

$\frac{۱}{q} = \frac{۱}{۱۵} - \frac{۱}{۲۰} = \frac{۴-۳}{۶۰} \Rightarrow \frac{۱}{q} = \frac{۱}{۶۰}$

فاصله‌ی تصویر تا آینه $q = ۶۰cm$

چون q مثبت است تصویر حقیقی است.

مثال ۲

یک شئ در فاصله‌ی ۱۲ سانتی‌متری از یک آینه‌ی مقعر که فاصله‌ی کانونی آن ۲۴ سانتی‌متر است قرار دارد. فاصله‌ی تصویر تا آینه، نوع تصویر و فاصله‌ی شئ تا تصویر را تعیین کنید.

حل

$p = ۱۲cm$ و $f = ۲۴cm$ و $q = ?$

$\frac{۱}{p} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{۱۲} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{۲۴}$

$\frac{۱}{q} = \frac{۱}{۲۴} - \frac{۱}{۱۲} = \frac{۱-۲}{۲۴} \Rightarrow \frac{۱}{q} = -\frac{۱}{۲۴}$

فاصله‌ی تصویر تا آینه $q = -۲۴cm$

چون q منفی است تصویر مجازی است.

فاصله‌ی جسم از تصویر $= p + q = ۱۲ + ۲۴$

$= ۳۶cm$

مثال ۳

یک شئ را در ۹ سانتی‌متری آینه‌ی مقعری قرار می‌دهیم. آینه از جسم تصویری می‌دهد مجازی و در ۱۲ سانتی‌متری پشت آینه؛ شعاع آینه را حساب کنید.

حل: چون تصویر مجازی است باید به جای q مقدار آن را با علامت منفی در رابطه قرار داد.

$p = ۹cm$ و $q = -۱۲cm$ و $r = ?$

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

$\frac{۱}{۹} - \frac{۱}{۱۲} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۴-۳}{۳۶} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{۳۶} = \frac{۱}{f}$

$f = ۳۶cm$

شعاع آینه‌ی مقعر $r = ۲f = ۷۲cm$

۴ــ۱۳ــ محاسبه‌ی فاصله‌ی تصویر تا آینه‌ی محدب

اگر فاصله‌ی جسم تا آینه و فاصله‌ی تصویر تا آینه و فاصله‌ی کانونی در این آینه‌ها هم به‌ترتیب برابر p، q و f باشد، ثابت می‌شود که در آینه‌ی محدب هم میان آن‌ها رابطه‌ی (۴ــ۳) برقرار است. کانون آینه‌ی محدب مجازی است، بنابراین در محاسبه‌ها باید فاصله‌ی کانونی را با علامت منفی در رابطه‌ی (۴ــ۳) قرار دهیم. هرگاه فاصله‌ی تصویر تا آینه معلوم نباشد، در رابطه‌ی (۴ــ۳) به جای p و f عددهای مربوط را قرار می‌دهیم و q را محاسبه می‌کنیم. درصورتی که فاصله‌ی تصویر تا آینه یعنی

q معلوم باشد، چون تصویر در آینه‌ی محدب مجازی است، این فاصله را با علامت منفی در رابطه‌ی (۴ـ۳) قرار می‌دهیم.

مثال ۴

یک شئ در فاصله‌ی ۲۰ سانتی‌متری آینه‌ی محدبی که شعاع آن ۱۰ سانتی‌متر است قرار دارد، تصویر آن در چه فاصله‌ای از آینه دیده می‌شود؟

حل

$$p = ۲۰cm \text{ و } r = ۱۰cm \Rightarrow f = \frac{r}{۲} = ۵cm \text{ و } q = ?$$

$$\frac{۱}{p} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{۲۰} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{-۵}$$

$$\frac{۱}{q} = -\frac{۱}{۵} - \frac{۱}{۲۰} = \frac{-۴-۱}{۲۰} \Rightarrow \frac{۱}{q} = -\frac{۵}{۲۰} \Rightarrow \frac{۱}{q} = -\frac{۱}{۴}$$

فاصله‌ی تصویر تا آینه $q = -۴cm$

علامت منفی نشان می‌دهد که تصویر مجازی است.

۴ـ۱۴ـ بزرگ‌نمایی خطی آینه‌ها

نسبت طول تصویر $(A'B')$ به طول شئ (AB) را بزرگ‌نمایی خطی می‌نامیم و آن را با m نمایش می‌دهیم :

$$m = \frac{A'B'}{AB} \qquad (۴ـ۴)$$

بزرگ‌نمایی نشان می‌دهد که طول تصویر چند برابر طول شئ است.

ثابت می‌شود که در هر دو نوع آینه‌ی کروی می‌توان نوشت :

$$m = \frac{A'B'}{AB} = \frac{q}{p} \qquad (۴ـ۵)$$

یعنی نسبت طول تصویر به طول شئ برابر نسبت فاصله‌ی تصویر تا آینه به فاصله‌ی شئ تا آینه است.

در رابطه‌ی (۴ـ۵) مقدارهای p و q را بدون علامت قرار می‌دهیم.

http://energy4students.blogfa.com/

مثال ۵

یک شئ را در چه فاصله‌ای از یک آینه‌ی مقعر که فاصله‌ی کانونی آن ۱۲ سانتی‌متر است قرار دهیم تا تصویر حقیقی آن در فاصله‌ی ۳۶ سانتی‌متری آینه تشکیل شود. اگر طول شئ ۴ سانتی‌متر باشد، طول تصویر آن در این حالت چقدر است؟

حل

$A'B' = ?$ و $AB = ۴cm$ و $f = ۱۲cm$ و $q = ۳۶cm$ و $p = ?$

$$\frac{۱}{p}+\frac{۱}{q}=\frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{p}+\frac{۱}{۳۶}=\frac{۱}{۱۲}$$

$$\frac{۱}{p}=\frac{۱}{۱۲}-\frac{۱}{۳۶}=\frac{۳-۱}{۳۶} \Rightarrow \frac{۱}{p}=\frac{۲}{۳۶} \Rightarrow \frac{۱}{p}=\frac{۱}{۱۸}$$

فاصله‌ی جسم از آینه $p = ۱۸cm$

طول تصویر $\frac{A'B'}{AB}=\frac{q}{p} \Rightarrow \frac{A'B'}{۴}=\frac{۳۶}{۱۸} \Rightarrow \frac{A'B'}{۴}=\frac{۲}{۱} \Rightarrow A'B' = ۸cm$

مثال ۶

یک شئ به طول ۵ سانتی‌متر را در ۱۵ سانتی‌متری آینه‌ی محدبی قرار می‌دهیم. تصویر مجازی در ۶ سانتی‌متری آینه دیده می‌شود. فاصله‌ی کانونی آینه و طول تصویر را محاسبه کنید.

حل

$A'B' = ?$ و $f = ?$ و $AB = ۵cm$ و $q = -۶cm$ و $p = ۱۵cm$

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

$$\frac{۱}{۱۵}-\frac{۱}{۶}=\frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۲-۵}{۳۰}=\frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{f}=\frac{-۳}{۳۰}$$

$$\frac{۱}{f}=-\frac{۱}{۱۰} \Rightarrow f = -۱۰cm$$

$$m=\frac{A'B'}{AB}=\frac{q}{p} \Rightarrow \frac{A'B'}{۵}=\frac{۶}{۱۵} \Rightarrow \frac{A'B'}{۵}=\frac{۲}{۵} \Rightarrow A'B' = ۲cm$$

http://energy4students.blogfa.com/

حل: چون تصویر پشت آینه است، تصویر مجازی است. بزرگ‌نمایی کوچک‌تر از یک است، یعنی طول تصویر مجازی کوچکتر از طول جسم است، درنتیجه آینه محدب است (طول تصویر مجازی در آینه‌ی مقعر از طول جسم بزرگ‌تر است).

$$p = ۱۲cm \text{ و } m = \frac{۱}{۳} \text{ و } q = ? \text{ و } f = ?$$

$$m = \frac{q}{p} \Rightarrow \frac{۱}{۳} = \frac{q}{۱۲} \Rightarrow ۳q = ۱۲ \Rightarrow q = \frac{۱۲}{۳} = ۴cm$$

چون تصویر مجازی است، $q = -۴cm$ را باید در رابطه قرار داد.

$$\frac{۱}{p} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{۱۲} - \frac{۱}{۴} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{f} = \frac{۱-۳}{۱۲} = -\frac{۲}{۱۲}$$

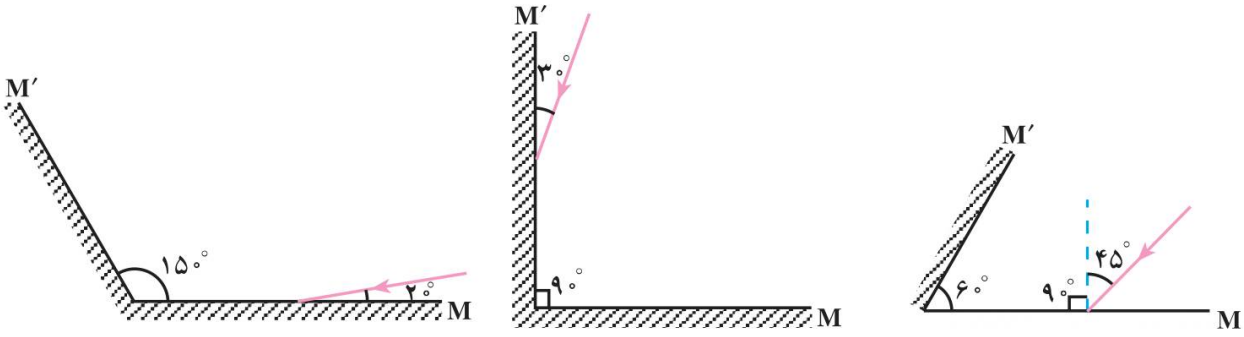
فاصله‌ی کانونی آینه‌ی محدب $\frac{۱}{f} = -\frac{۱}{۶} \Rightarrow f = -۶cm$

منفی شدن f نیز نشان می‌دهد که آینه محدب است.

blogfa.com/

تمرین‌های فصل چهارم

۱ــ در شکل‌های (۴ــ۳۱) مسیر پرتو نور را در دو آینه‌ی M و M′ ، با رسم، کامل کنید.



پ ب الف

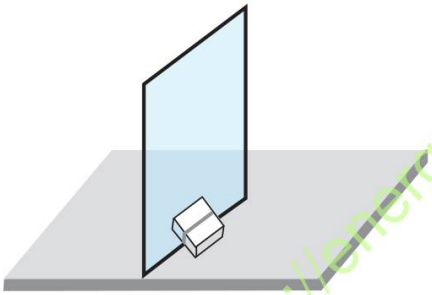
شکل ۴ــ۳۱

۲ــ آینه‌ی تختی را مطابق شکل (۴ــ۳۲) روی میز به‌طور قائم نصب کنید (یا از دوست خود بخواهید که آن‌را به‌طور قائم روی میز نگه‌دارد) پس از آن یک مداد یا خودکار را طوری روی میز مقابل آینه قرار دهید که :

الف : تصویر آن با مداد در یک راستا باشند.

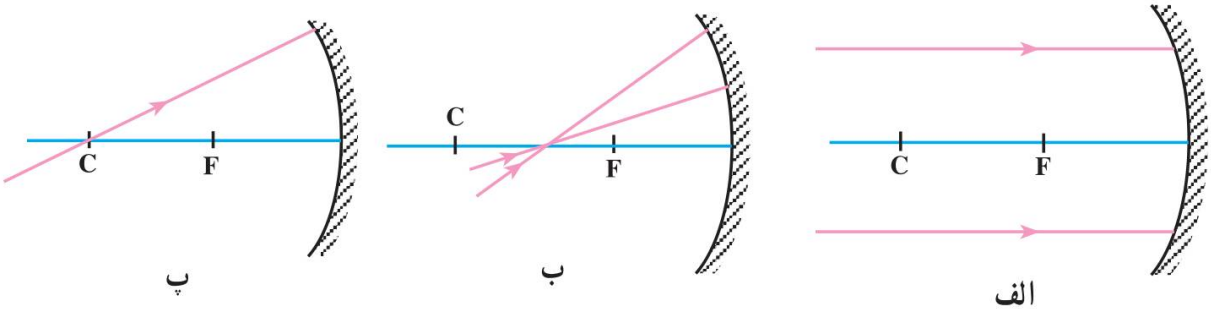
ب : تصویر آن با مداد بر هم عمود باشند.

زاویه‌ی بین راستای مداد و سطح آینه را در هر مورد اندازه بگیرید و نتیجه را به کلاس گزارش کنید.



شکل ۴ــ۳۲

۳ــ در شکل‌های (۴ــ۳۳) مسیر نور را پس از تابش به آینه، با رسم، کامل کنید.

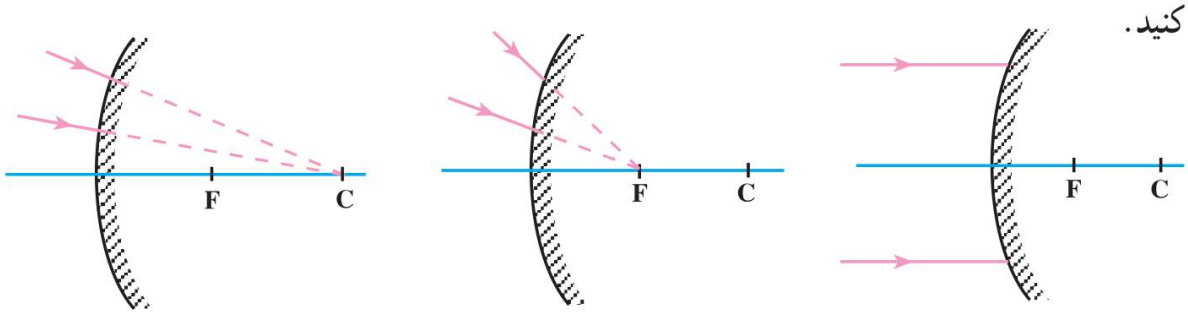


پ ب الف

شکل ۴ــ۳۳

http://energy4students.blogfa.com/

۴ــ در هر یک از شکل‌های (۴ــ۳۴) پرتوهای بازتاب را برای هر یک از پرتوهای تابش رسم کنید.



الف ب پ

شکل ۴ــ۳۴

۵ــ شخصی در مقابل آینه‌ی تخت قائمی ایستاده است :

الف : اگر این شخص ۵۰cm به آینه نزدیک شود چند سانتی‌متر به تصویرش نزدیک می‌شود؟

ب : اگر این شخص در جای خود ساکن بماند و فاصله‌ی آینه از او ۱۰cm زیاد شود، تصویر او نسبت به تصویر اولیه چقدر جابه‌جا می‌شود؟

۶ــ الف : جسمی در فاصله‌ی ۱۸ سانتی‌متری آینه‌ی مقعری به شعاع ۲۴ سانتی‌متر قرار داده شده است. فاصله‌ی تصویر تا آینه و نوع تصویر را مشخص کنید.

ب : شکل را با فاصله‌های داده شده برای جسم و فاصله‌ی کانونی رسم کنید و فاصله‌ی تصویر تا آینه را با خط‌کش اندازه بگیرید و آن را با عدد به‌دست آمده از راه محاسبه مقایسه کنید.

۷ــ الف : جسمی مقابل یک آینه‌ی محدب که فاصله‌ی کانونی آن ۱۰ سانتی‌متر است قرار دارد. اگر فاصله‌ی جسم تا آینه ۲۰ سانتی‌متر باشد، فاصله‌ی تصویر تا آینه را حساب کنید.

ب : اگر طول جسم ۴ سانتی‌متر باشد طول تصویر چقدر است؟

پ : شکل را با توجه به فاصله‌های داده شده رسم کنید و پس از آن با اندازه‌گیری فاصله‌ی تصویر تا آینه و اندازه‌گیری طول تصویر (با خط‌کش) آن‌ها را با عددهای به‌دست‌آمده در بند الف و ب مقایسه کنید و نتیجه را بنویسید.

۸ــ تحقیق کنید که :

الف : چرا در پیچ جاده‌ها آینه نصب می‌کنند؟

ب : این آینه از چه نوعی است؟

پ : معمولاً دندان‌پزشک‌ها برای دیدن دندان‌ها در داخل دهان از آینه‌ی کوچک دسته‌داری استفاده می‌کنند. این آینه از چه نوعی است؟ چرا؟

۹ــ در یک آینه‌ی مقعر، فاصله‌ی جسم تا آینه ۱۵cm است. اگر تصویر نسبت به جسم مستقیم

http://energy4students.blogfa.com/

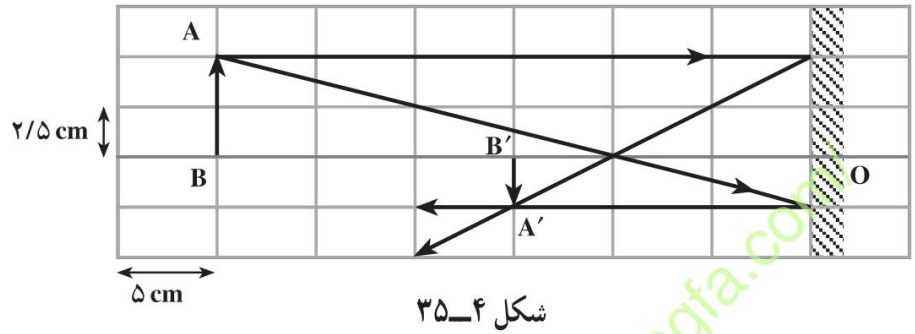
و فاصله‌ی آن تا آینه ۲۰cm باشد، فاصله‌ی کانونی و شعاع این آینه چقدر است؟

۱۰ــ با توجه به شکل ۴ــ۳۵

الف : اندازه‌ی تصویر و جسم را مشخص نمایید.

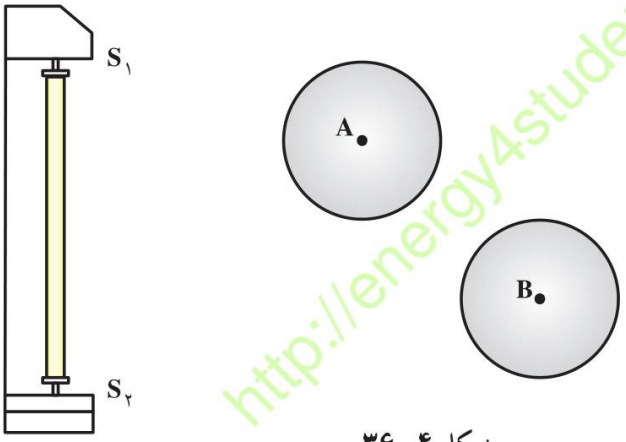
ب : نوع آینه را تعیین کنید.

پ : فاصله‌ی کانونی آینه را با توجه به فاصله‌های جسم و تصویر از آینه به‌دست آورید. و با اندازه‌ی آن بر روی شکل مقایسه نمایید.



شکل ۴ــ۳۵

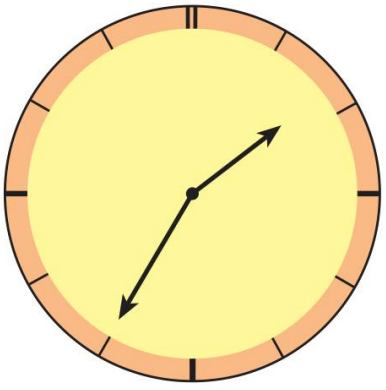
۱۱ــ توپ‌های کدر A و B را مطابق شکل ۴ــ۳۶ جلوی یک لامپ مهتابی روشن (S_1S_2) قرار داده‌ایم. با رسم پرتوهایی که از لامپ به دیوار (پرده) می‌رسند، نقاط کاملاً تاریک را مشخص نمایید.



شکل ۴ــ۳۶

۱۲ــ آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوانید، کانون آینه‌ی مقعر را مشخص کنید.

۱۳ــ تصویر صفحه‌ی ساعت در یک آینه‌ی تخت مطابق شکل ۴ــ۳۷ است. اگر به‌طور مستقیم به ساعت نگاه کنیم، ساعت ..... را نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۳۷

http://energy4students.blogfa.com/

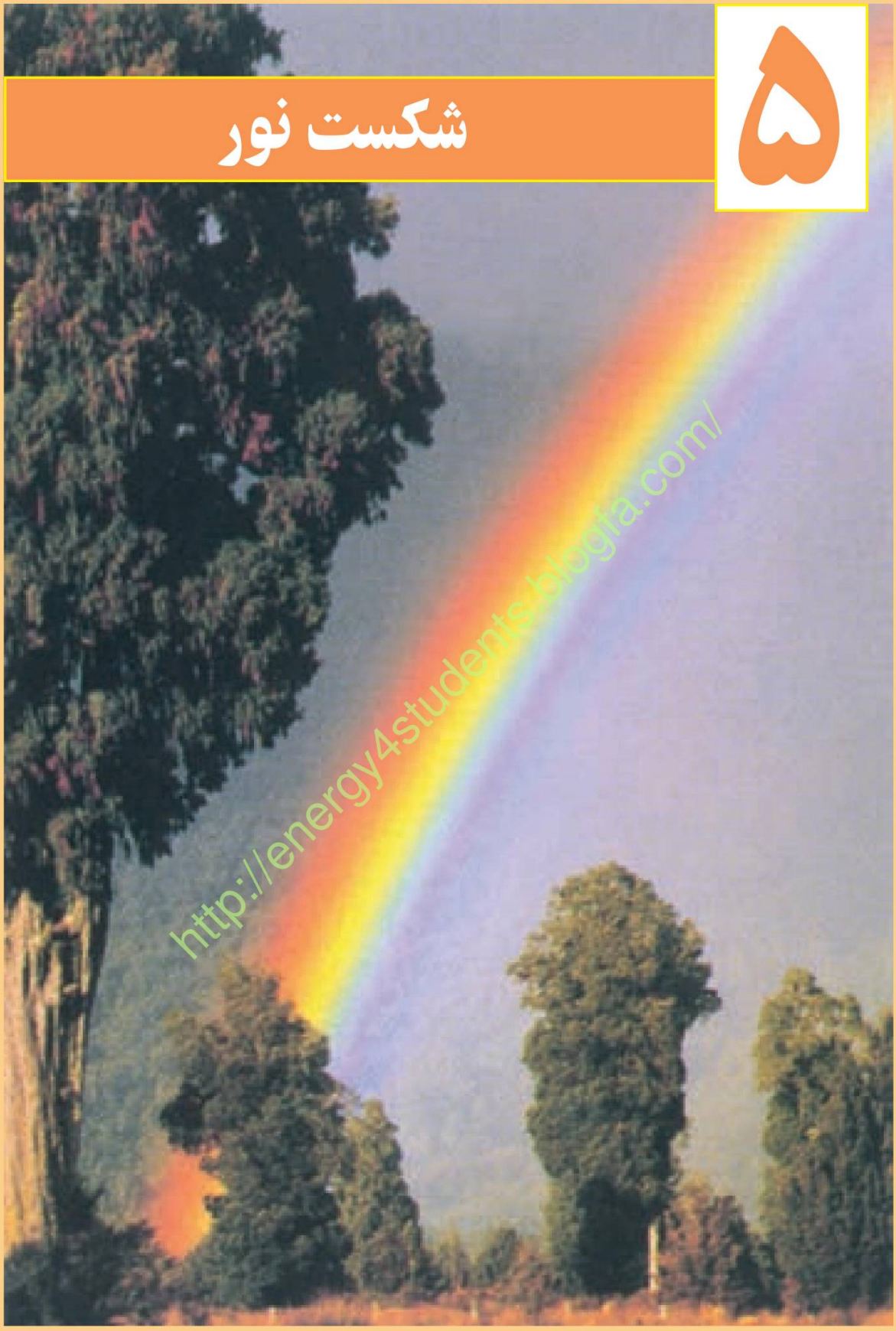
در فصل گذشته با انتشار نور به خط راست در یک محیط شفاف و قوانین بازتابش نور آشنا شدید. در این فصل، رفتار نور را هنگام عبور از یک محیط شفاف به محیط شفاف دیگر بررسی می‌کنیم و با استفاده از مفهوم بازتابش کلی، با نحوه‌ی کار تارهای نوری آشنا می‌شویم. سپس به بررسی عدسی‌ها و کاربرد آن‌ها در اصلاح دید چشم، میکروسکوپ و دوربین نجومی می‌پردازیم.

http://energy4students.blogfa.com/

شکل ۵ــ۱

۵

شکست نور



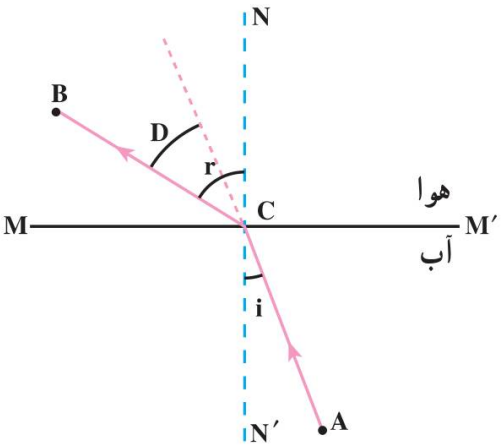
http://energy4students.blogfa.com/

آیا می‌دانید که علت تشکیل رنگین کمان چیست؟

۵ــ۱ــ شکست نور

اگر از کنار استخر پر از آب به کف استخر نگاه کنید و در همان حال به تدریج از کنار استخر دور شوید، احساس می‌کنید که کف استخر دارد بالا می‌آید و عمق آب کم می‌شود ؛ مشاهده‌ی پدیده‌هایی از این قبیل به سبب پدیده‌ی **شکست نور** است.

با انجام آزمایش کنید ــ۱ نتیجه می‌گیریم که نور هنگام عبور از آب به هوا، مسیر شکسته‌ی ACB را پیموده و به چشم رسیده است. این مسیر در شکل (۵ــ۳) نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل پیداست، نور در گذر از آب به هوا از خط عمود دور می‌شود.



شکل ۵ــ۳ــ مسیر نور هنگام گذر از آب به هوا

وقتی نور به طور مایل از یک محیط شفاف به محیط شفاف دیگر می‌تابد، مسیرش تغییر می‌کند. به بیان دیگر، پرتو نوری که به طور مایل به سطح جدایی دو محیط شفاف می‌تابد، هنگام گذر از سطح جدایی دو محیط، شکسته می‌شود. به این پدیده **شکست نور** می‌گوییم.

در آزمایش کنید ــ ۱ پرتوهای نور از آب به هوا وارد می‌شوند. پرتو AC را **پرتو تابش** و پرتو CB را **پرتو شکست** می‌نامیم. زاویه‌ی بین پرتو تابش و خط NN′ (خط عمود بر سطح جدایی دو محیط در نقطه‌ی تابش نور) را زاویه‌ی تابش (i) و زاویه‌ی بین پرتو شکست و NN′ را زاویه‌ی شکست (r) می‌نامیم.

آزمایش کنید ــ۲

آزمایش کنید ــ ۱ را برای زاویه‌های تابش ۱۰° و ۲۰° و ۳۰° و ۴۰° تکرار کنید.

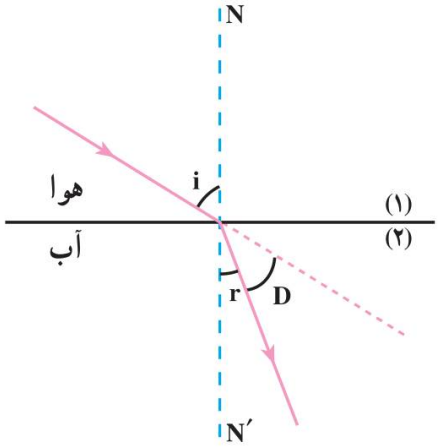
زاویه‌های شکست r در هر آزمایش نسبت به زاویه‌ی تابش i چه تغییری می‌کند؟

آزمایش نشان می‌دهد که اگر نور از آب به هوا بتابد زاویه‌ی تابش در محیط (۱) کوچک‌تر از زاویه‌ی شکست در محیط (۲) است.

در شکل (۵ــ۴) تابش نور از محیط (۱) به محیط (۲) (محیط غلیظ) نشان داده شده است. همان گونه که می‌بینید هنگام تابش نور از هوا به آب، پرتو شکست به خط عمود نزدیک می‌شود.

http://energy45.uloms.blogfa.com/

زاویه‌ی بین امتداد پرتو تابش و پرتو شکست را زاویه‌ی انحراف می‌نامیم و آن را با D نشان می‌دهیم. در شکل (۵ــ۳) دیده می‌شود که $D = r - i$ و در شکل (۵ــ۴)، $D = i - r$ است.



شکل ۵ــ۴ ــ مسیر گذر نور از هوا به آب

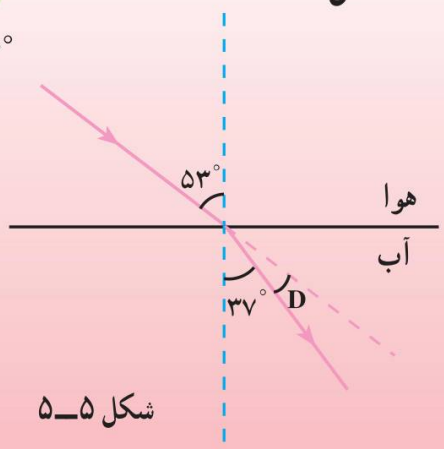
مثال ۱

شکل (۵ــ۵) پرتو نوری را نشان می‌دهد که تحت زاویه‌ی تابش ۵۳° از هوا به آب می‌تابد و زاویه‌ی شکست آن ۳۷° است.

الف : زاویه‌ی انحراف چقدر است؟ ب : با رسم پرتو تابش و شکست، زاویه‌ی انحراف را در شکل مشخص کنید.

حل

$$D = i - r \Rightarrow D = ۵۳^\circ - ۳۷^\circ \quad و \quad D = ۱۶^\circ$$



شکل ۵ــ۵

http://energy4students.blogfa.com/

قانون‌های شکست نور

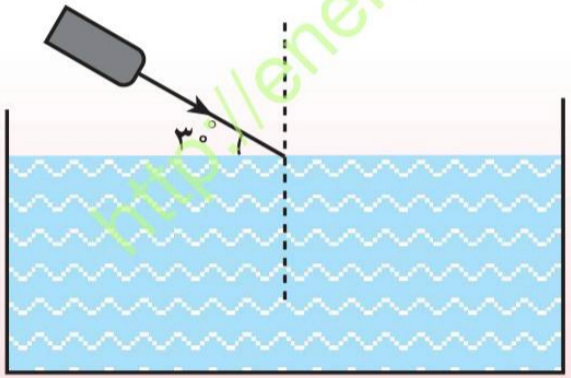
در گذشته، دانشمندان زیادی از جمله بطلمیوس، ابن‌هیثم، کپلر و... تلاش کردند تا رابطه‌ای بین زاویه‌ی تابش (i) و زاویه‌ی شکست (r) پیدا کنند. به‌عنوان مثال ابن‌هیثم دانشمند اسلامی نسبت بین زاویه‌های تابش و شکست را تا زاویه‌ی ۸۰° به‌دست آورد ولی نتوانست رابطه‌ی بین آن‌ها را کشف کند. در قرن هفدهم میلادی اسنل دانشمند هلندی و دکارت دانشمند فرانسوی، هریک به‌طور مستقل، موفق شدند رابطه‌ی بین این دو زاویه را به‌دست آورند.

مثال ۲

باریکه‌ی نوری همانند شکل (۵ــ۷) تحت زاویه‌ی ۳۰° به سطح آب می‌تابانیم. این پرتو تحت چه زاویه‌ای وارد ظرف آب می‌شود؟ ضریب شکست آب را ۱/۳۳ فرض کنید.

حل

با توجه به شکل :



شکل ۵ــ۷

$$i = ۶۰^\circ$$

با استفاده از قانون شکست نور :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n \longrightarrow \quad \frac{\sin ۶۰^\circ}{\sin r} = ۱/۳۳$$

$$\sin r = \frac{\sin ۶۰^\circ}{n} \simeq ۰/۶۵$$

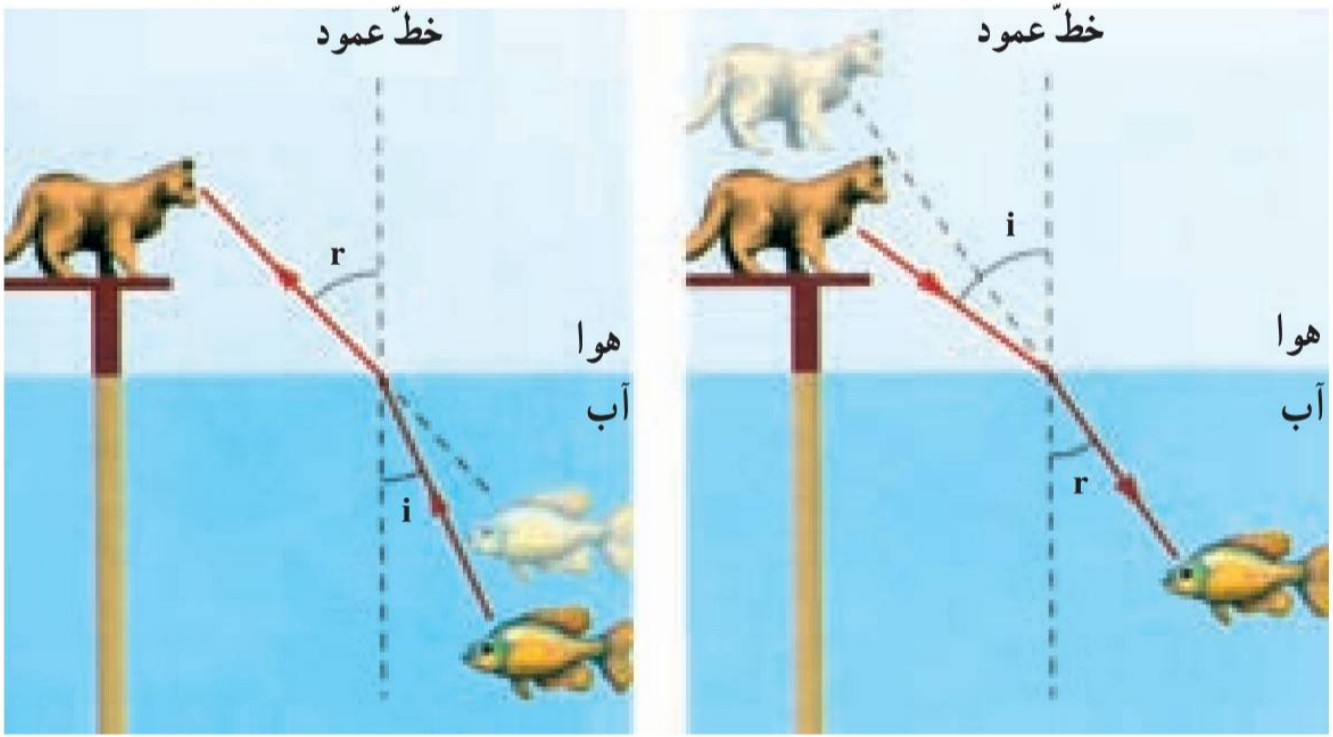
$$r = ۴۰/۵^\circ$$

http://energy4students.

۵ــ۲ــ عمق ظاهری و واقعی

شکل (۵ــ۹) مکان واقعی و ظاهری یک ماهی را در یک آکواریوم نشان می‌دهد. همان‌طور که می‌بینید، گربه، ماهی را بالاتر از مکان واقعی خود می‌بیند و ماهی نیز گربه را دورتر از مکان واقعی خود مشاهده می‌کند.

شما نیز احتمالاً تجربه کرده‌اید هنگامی که از هوا به جسمی در داخل آب نگاه می‌کنیم آن جسم به سطح آب نزدیک‌تر و وقتی که از داخل آب به جسمی در هوا نگاه می‌کنیم، دورتر به‌نظر می‌رسد.



شکل ۵ــ۹

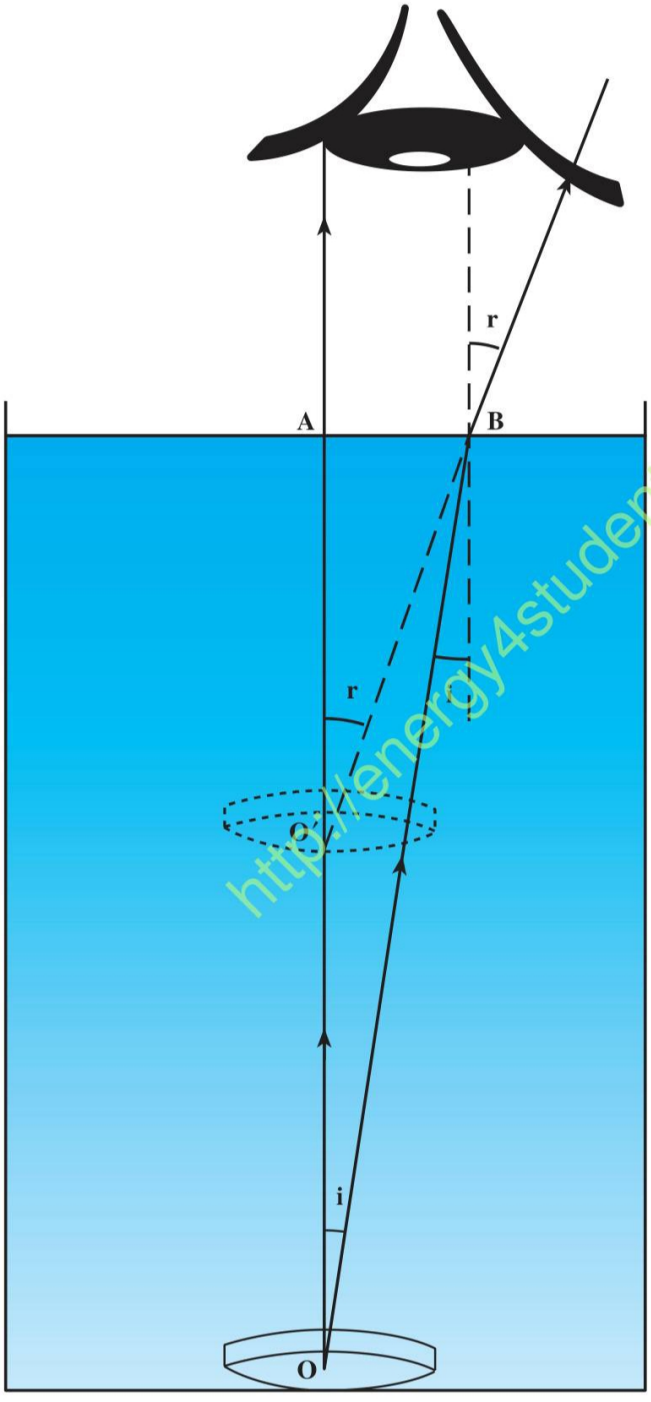
وقتی نور به‌طور مایل از یک محیط شفاف وارد محیط شفاف دیگر می‌شود، در مرز مشترک دو محیط، تغییر مسیر می‌دهد (شکسته می‌شود) و همین عامل سبب بالاتر دیده شدن ماهی توسط گربه و همچنین دورتر دیده شدن گربه توسط ماهی می‌گردد.

در شکل (۵ــ۱۰) مکان سکّه‌ای در ته یک لیوان پر از آب نشان داده شده است. دو پرتوی را که از نقطه‌ی O به سطح آب برخورد می‌کنند درنظر می‌گیریم :

پرتو قائم OA بدون شکست وارد هوا می‌شود امّا پرتو OB در مرز مشترک دو محیط شکسته شده و از خط عمود دور می‌شود. $(r > i)$

با استفاده از قانون‌های شکست نور و زاویه‌های تابش و شکست i و r می‌توانیم بنویسیم :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{n}$$



شکل ۵ــ۱۰

http://energy4students.blogfa.com/

با توجه به شکل، زاویه‌ی AOB برابر با زاویه‌ی تابش i و زاویه‌ی $AO'B$ برابر با زاویه‌ی شکست r است. در مثلث‌های قائم‌الزاویه‌ی $AO'B$ و AOB با توجه به تعریف سینوس یک زاویه می‌توانیم بنویسیم :

$$\sin i = \frac{AB}{OB} \quad \text{و} \quad \sin r = \frac{AB}{O'B}$$

در نتیجه داریم

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{O'B}{OB}$$

اگر زاویه‌ی تابش و شکست r به اندازه‌ی کافی کوچک باشند، یعنی بتوان تقریباً به سکه به‌طور عمودی نگاه کرد، $O'B \simeq O'A$ و $OB \simeq OA$ است ؛ بنابراین خواهیم داشت :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{O'A}{OA}$$

با توجه به رابطه‌ی (۵ــ۱) :

$$\frac{O'A}{OA} = \frac{1}{n} \quad \text{و}$$

$$O'A = \frac{OA}{n}$$

یعنی :

$$\text{عمق ظاهری} = \frac{\text{عمق واقعی}}{\text{ضریب شکست محیط شفاف}} \qquad (۵ــ۲)$$

مثال ۳

عمق ظاهری یک استخر ۱/۵ m است. اگر ضریب شکست آب برابر ۱/۳ باشد، عمق واقعی استخر را محاسبه کنید.

حل

$$O'A = \frac{OA}{n}$$

$$۱/۵ = \frac{OA}{۱/۳}$$

عمق واقعی استخر $OA \simeq ۲m$

http://energy4students.blogfa.com/

۵ــ۳ــ رابطه‌ی شکست نور با تغییر سرعت نور در دو محیط

سرعت انتشار نور در خلأ، بیشتر از سرعت انتشار نور در هر محیط شفاف دیگر است. سرعت انتشار نور در خلأ تقریباً ۳۰۰,۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه است ؛ یعنی نور در خلأ فاصله‌ی ۳۰۰,۰۰۰ کیلومتر را در مدت یک ثانیه می‌پیماید. سرعت نور در هوا نیز تقریباً همین مقدار است. در محیط‌های شفاف مثل آب، شیشه و ... سرعت نور کمتر از سرعت نور در هوا است.

جدول ۵ــ۲

	سرعت نور km/s	ضریب شکست
یخ	۲۲۹,۱۸۲	۱/۳۰۹
بنزن	.....	۱/۵۰۱
کربن دی‌سولفات	۱۸۴,۲۷۵	۱/۶۲۸
پلی‌استیرن	۲۰۱,۳۴۲	.....
سدیم کلراید	۱۹۴,۳۰۰	۱/۵۴۴
گلیسرین	.....	۱/۴۷۳
هوا	۳۰۰,۰۰۰	۱
آب	۲۲۵,۰۰۰	.....
شیشه	.....	۱/۵۲۰
الماس	۱۲۵,۰۰۰	.....

علّت شکست نور هنگامی که به طور مایل از یک محیط شفاف به محیط شفاف دیگر گذر می‌کند، همین تفاوت سرعت نور در دو محیط است.

نسبت سرعت نور در هوا به سرعت نور در یک محیط شفاف همان ضریب شکست است:

$$\text{ضریب شکست مادّه‌ی شفاف} = \frac{\text{سرعت نور در هوا}}{\text{سرعت نور در مادّه‌ی شفاف}}$$

اگر سرعت نور در هوا c و سرعت نور در مادّه‌ی شفاف v باشد داریم :

$$n = \frac{c}{v} \qquad (۳_۵)$$

هر قدر ضریب شکست مادّه‌ی شفاف بیشتر باشد سرعت نور در آن محیط کمتر است، درنتیجه نور بیشتر شکسته می‌شود و زاویه‌ی انحراف بیشتر می‌شود.

http://energy4students.blogfa.com/

مثال ۴

با استفاده از جدول (۵ــ۲) ضریب شکست آب را حساب کنید.

حل: با توجه به جدول داریم :

$c = ۳۰۰۰۰۰ km/s$ و $v = ۲۲۵۰۰۰ km/s$ و $n = ?$

$$n = \frac{c}{v} = \frac{۳۰۰۰۰۰}{۲۲۵۰۰۰} = \frac{۳۰۰}{۲۲۵}$$

$$n = \frac{۴}{۳}$$ ضریب شکست آب

مثال ۵

دو محیط را با ضریب شکست‌های $n_۱$ و $n_۲$ درنظر بگیرید. اگر نسبت سرعت نور در محیط اول به محیط دوم برابر $\frac{۵}{۴}$ باشد، نسبت ضریب شکست محیط اول به محیط دوم را حساب کنید.

$$\frac{v_۱}{v_۲}=\frac{۵}{۴} \quad و \quad \frac{n_۱}{n_۲}=?$$

$$n_۱=\frac{c}{v_۱} \quad و \quad n_۲=\frac{c}{v_۲} \Rightarrow \frac{n_۱}{n_۲}=\frac{\frac{c}{v_۱}}{\frac{c}{v_۲}}$$

با حذف c خواهیم داشت :

$$\frac{n_۱}{n_۲}=\frac{v_۲}{v_۱}$$

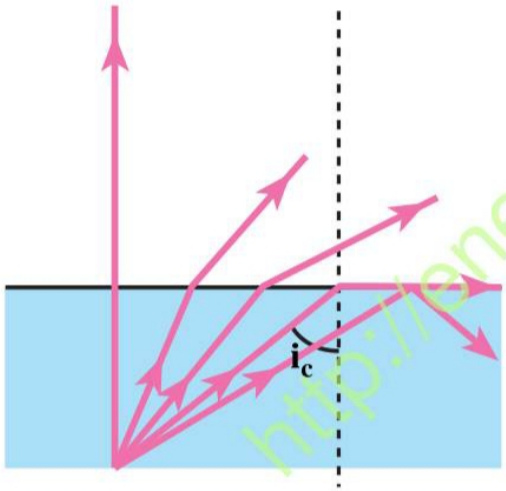
بنابراین :

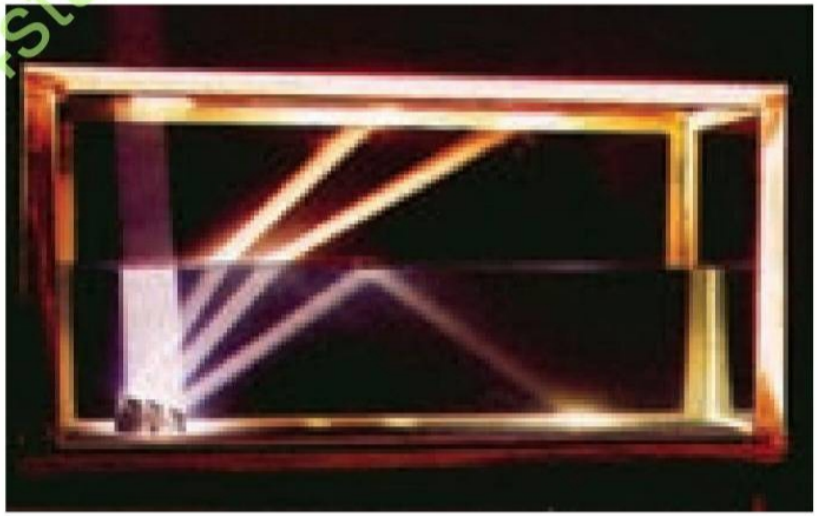
$$\frac{n_۱}{n_۲}=\frac{۴}{۵}$$

http://energy4students.blogfa.com/

۵ــ۴ــ زاویه‌ی حد

دیدیم که اگر نور از محیطی با ضریب شکست بیشتر (غلیظ) وارد محیطی با ضریب شکست کمتر (رقیق) شود (برای مثال از درون آب به هوا) پرتو شکست از خط عمود دور می‌شود و زاویه‌ی شکست از زاویه‌ی تابش بزرگ‌تر خواهد شد. در این صورت هرچه زاویه‌ی تابش زیاد شود زاویه‌ی شکست هم زیاد می‌شود. حال اگر زاویه‌ی شکست به ۹۰° برسد (یعنی پرتو شکست بر سطح جدایی دو محیط مماس شود) زاویه‌ی تابش به مقداری رسیده است که به آن **زاویه‌ی حد** می‌گوییم. در شکل (۵ــ۱۱) زاویه‌ی حد نشان داده شده است.





شکل ۵ــ۱۱

http://energy4students.blogfa.com/

با استفاده از قانون شکست نور می‌توان زاویه‌ی حد هر محیطی را که ضریب شکست آن بزرگ‌تر از ضریب شکست محیطی است که با آن مرز مشترک دارد تعیین نمود، درصورتی که محیط دوّم هوا باشد، با استفاده از رابطه‌ی(۵ـ۲) می‌توان نوشت :

$$\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{۱}{n} \quad و \quad r=۹۰^\circ$$

$$\frac{\sin i}{\sin ۹۰^\circ}=\frac{۱}{n}$$

$$\sin i=\frac{۱}{n} \qquad (۵ـ۴ـ \text{الف})$$

اگر زاویه‌ی حد را با i_c نشان دهیم رابطه‌ی (۵ـ۳ـ الف) به‌صورت زیر نوشته می‌شود :

$$\sin i_c=\frac{۱}{n} \qquad (۵ـ۴ـ \text{ب})$$

http://energy4students.blogfa.com/

مثال ۶

ضریب شکست پلی‌استیرن تقریباً ۱/۶۰ است، زاویه‌ی حد را برای پرتوهای نوری که از این ماده وارد هوا می‌شوند به‌دست آورید.

حل

$$n=۱/۶۰$$

$$\sin i_c=\frac{۱}{n}=\frac{۱}{۱/۶}=۰/۶۲۵$$

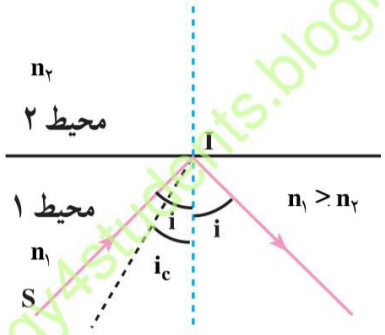
$$i_c \simeq ۳۹^\circ$$

فعالیت ۷

اگر نوری از یک محیط شفاف با ضریب شکست $n_۱$ وارد محیط شفاف دیگر با ضریب شکست $n_۲$ شود به‌گونه‌ای که $n_۱ > n_۲$ ، رابطه‌ی (۵ـ۴ـ ب) چگونه نوشته می‌شود؟

۵ــ ۵ ــ بازتاب کلّی

هرگاه زاویه‌ی تابش در محیطی با ضریب شکست بیشتر، از زاویه‌ی حد در آن محیط بیش‌تر شود ($i > i_c$) پرتو تابش از آن محیط خارج نمی‌شود و سطح جدایی دو محیط، نظیر یک آینه‌ی تخت، پرتو نور را به درون محیط اول باز می‌تاباند. این پدیده را **بازتاب کلّی** می‌نامند. شکل (۵ــ۱۲) بازتاب کلّی را در یک محیط نشان می‌دهد.



شکل ۵ــ۱۲ــ پرتو SI با زاویه‌ی تابش بیش از زاویه‌ی حد به مرز مشترک دو محیط تابیده است، در نتیجه بازتاب کلّی رخ داده است.

http://energy4students.blogfa.com/

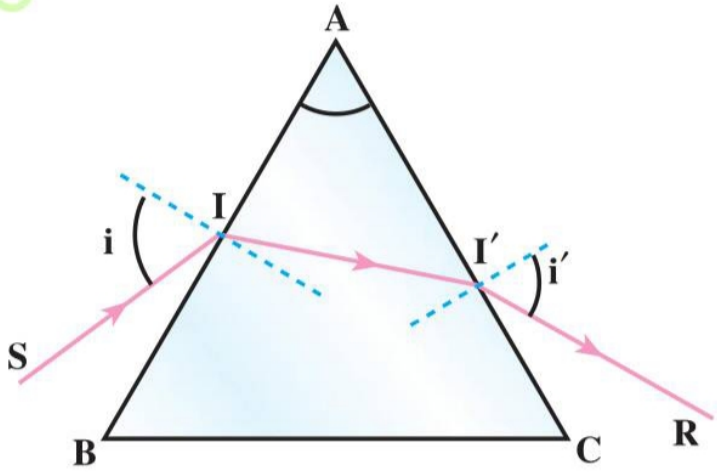
سراب

پدیده‌ی سراب معمولاً در بیابان‌ها و جادّه‌ها در روزهای گرم مشاهده می‌شود شکل (۵ــ۱۳). هرچه به سطح زمین نزدیک‌تر می‌شویم دمای لایه‌های هوا بیشتر و در نتیجه رقیق‌تر و ضریب شکست آن کم‌تر می‌شود. پرتوهای نور که از یک شئ دور، مثلاً یک درخت، به طور مایل به سطح زمین می‌تابند، در اثر عبور از لایه‌های با ضریب شکست بیش‌تر به لایه‌های با ضریب شکست کم‌تر به‌تدریج به طرف بالا شکست می‌یابند تا این که در لایه‌های نزدیک به سطح زمین زاویه‌ی تابش آن‌ها از زاویه‌ی حد این لایه‌ها بزرگ‌تر شده و بازتاب کلّی صورت می‌گیرد. پرتوهای بازتابیده پس از شکست‌های متوالی (از لایه‌های بالا به پایین) به چشم ما می‌رسند ؛ در این صورت لایه‌های نزدیک به سطح زمین که نور را باز می‌تابانند مانند سطح آب به نظر می‌رسند.

۵ــ۶ــ مسیر نور در منشور

در شکل (۵ــ۱۶) مقطع یک منشور شیشه‌ای نشان داده شده است. پرتو SI که به یک وجه منشور تابیده پس از شکست در نقطه‌ی I وارد منشور شده و با شکست مجدد از وجه دیگر خارج شده است.

زاویه‌ی A را زاویه‌ی رأس منشور می‌نامند. قرار گرفتن منشور در مسیر نور سبب شده است که نور با انحراف نسبت به امتداد اولیه از منشور خارج شود.

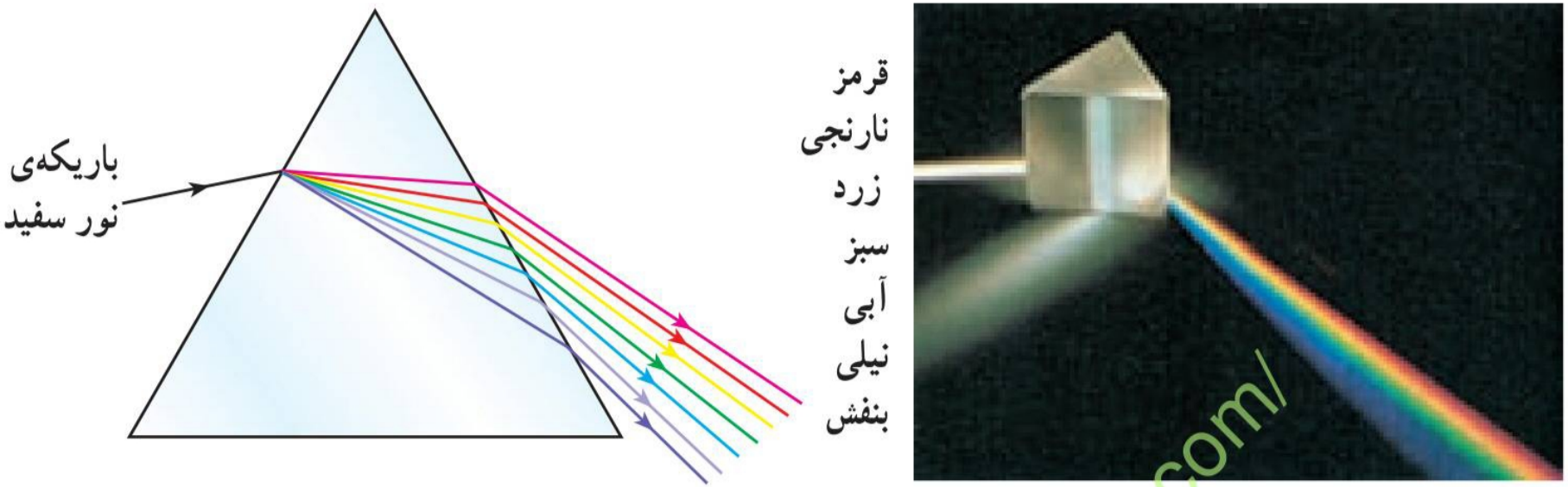


شکل ۵ــ ۱۶ــ مسیر پرتو نور در منشور

http://energy4students.blo

نخستین بار نیوتون با عبور دادن نور خورشید از منشور و مشاهده‌ی رنگ‌های مختلف نور، نشان داد که نور سفید ترکیبی از نورهایی با رنگ‌های مختلف است. تجزیه‌ی نور به رنگ‌های متفاوت را به وسیله‌ی منشور، پاشیدگی نور می‌نامیم. علت پاشیدگی نور به وسیله‌ی منشور این است که ضریب شکست منشور برای نورهای با رنگ‌های مختلف، متفاوت است. به عنوان مثال ضریب شکست منشور برای نور قرمز، کمتر از ضریب شکست منشور برای نور سبز یا آبی یا بنفش است. به همین سبب زاویه‌ی شکست و همین طور زاویه‌ی انحراف این نورها نیز، هنگام تابش به منشور، یکسان نیست. در نتیجه نورهایی با رنگ‌های متفاوت از منشور خارج می‌شوند در شکل (۵ـ ۱۸)

پاشیدگی نور سفید و رنگ‌های حاصل از آن نشان داده شده است. رنگین‌کمان و یا نورهای رنگی درخشانی که در چلچراغ‌های بلوری مشاهده می‌شود، در رنگین‌کمان به سبب پاشیدگی نور به وسیله‌ی قطره‌های باران، و در چلچراغ‌ها درنتیجه‌ی عبور نور از منشورهای بلورین چلچراغ است.



شکل ۵ــ۱۸ــ پاشیدگی نور سفید در عبور از منشور

نورهای رنگی حاصل از پاشیدگی نور، در عبور از منشور را **طیف** آن نور می‌نامند.

nts.blogfa.com/

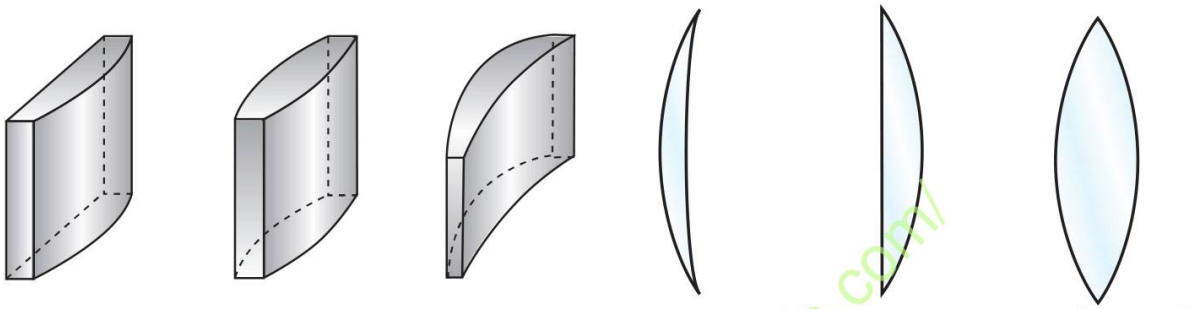
http://ene

عدسی‌ها

۵ــ۷ــ عدسی‌ها

آیا تاکنون از ذره‌بین استفاده کرده‌اید؟ می‌دانید که از پشت ذره‌بین نوشته‌های ریز، درشت‌تر به نظر می‌رسند. برای مثال، تصویرهای کوچکی مثل تمبرها را که جزئیات آن‌ها به خوبی دیده نمی‌شود، با ذره‌بین می‌توان به خوبی مشاهده کرد. به طور معمول افراد مسن برای مطالعه‌ی روزنامه یا کتاب از عینک، که می تواند نوعی ذره‌بین باشد، استفاده می کنند. بعضی از همکلاسی‌های شما نیز که فاصله‌های نسبتاً دور یا نسبتاً نزدیک را خوب نمی‌بینند از عینک استفاده می کنند. آیا تاکنون با میکروسکوپ کار کرده‌اید؟ با میکروسکوپ، موجودات بسیار کوچک را که نه‌تنها چشم، بلکه ذره‌بین نیز قادر به دیدن آن‌ها نیست می‌توان مشاهده کرد. در تمام موردهایی که به آن‌ها اشاره شد از عدسی استفاده می‌شود. عدسی‌ها از ماده‌های شفاف ساخته می‌شوند و به دو نوع تقسیم می گردند : همگرا و واگرا.

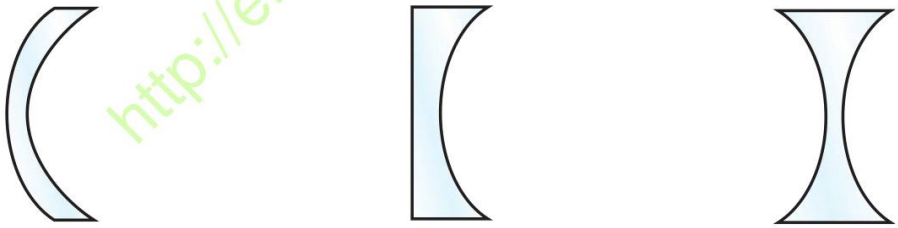
۱ــ عدسی‌های همگرا: در عدسی همگرا، پرتوهای تابش، پس از شکست و گذر از عدسی، به‌هم نزدیک می‌شوند (یعنی همگرا می‌شوند). در عدسی‌های همگرا، لبه‌ها نازک‌تر از وسط آن است و به‌طور معمول برای کاربردهای متفاوت به شکل‌های دو کوژ، کوژ تخت و هلالی همگرا ساخته می‌شوند. در شکل (۵ــ۲۲) این عدسی‌ها نشان داده شده‌اند. همه‌ی این نوع عدسی‌ها، عدسی همگرا نامیده می‌شوند.



الف ــ دو کوژ ب ــ کوژ تخت پ ــ هلالی همگرا

شکل ۵ ــ۲۲

۲ــ عدسی‌های واگرا: در عدسی‌های واگرا پرتوهای تابش، پس از شکست و گذر از عدسی، از هم دور می‌شوند (یعنی واگرا می‌شوند). لبه‌ی این عدسی‌ها پهن‌تر از وسط آن است و به شکل‌های دو کاو، کاو تخت و هلالی واگرا ساخته می‌شوند. در شکل (۵ــ۲۳) این عدسی‌ها نشان داده شده‌اند.



الف ــ دو کاو ب ــ کاو تخت پ ــ هلالی واگرا

شکل ۵ــ۲۳

در ادامه‌ی این بخش به بررسی و عملکرد عدسی‌های نازک کروی می‌پردازیم.

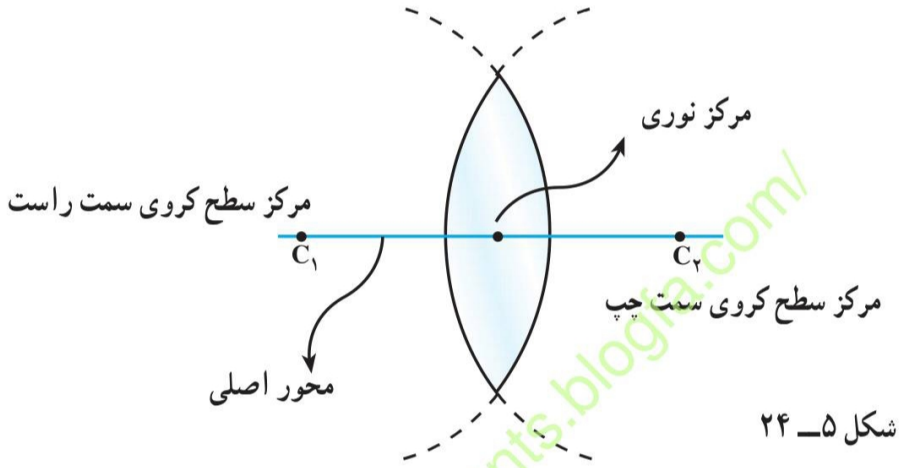
فعالیت ۱۳

عدسی‌های دو کوژ و دو کاو را به‌صورت مجموعه‌ای از منشورها رسم کنید.

http://energy4students.blogfa.com/

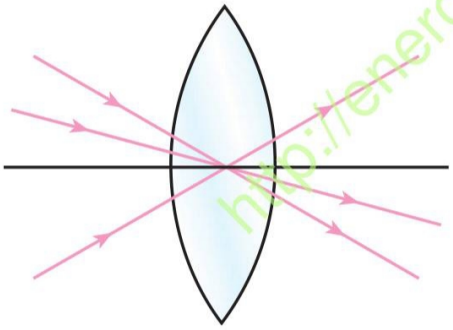
۵ــ ۸ ــ ویژگی‌های عدسی‌های همگرا

الف ــ محور اصلی، مرکز نوری: خطی که از مرکزهای دو سطح کروی، در یک عدسی می‌گذرد و یا از مرکز سطح خمیده گذشته و به سطح تخت عمود شود، **محور اصلی** نامیده می‌شود. نقطه‌ی میانی عدسی را که روی محور اصلی قرار دارد **مرکز نوری** عدسی می‌نامند. در شکل (۵ــ۲۴) محور اصلی و **مرکز نوری** عدسی نشان داده شده است.



شکل ۵ــ ۲۴

آزمایش نشان می‌دهد که اگر پرتویی به مرکز نوری یک عدسی بتابد بدون انحراف، از عدسی خارج می‌شود. در شکل (۵ــ۲۵) چنین پرتوهایی که به یک عدسی همگرا تابیده‌اند نشان داده شده است.



شکل ۵ــ۲۵ــ پرتوهایی که به مرکز نوری عدسی بتابند بدون انحراف از عدسی خارج می‌شوند.

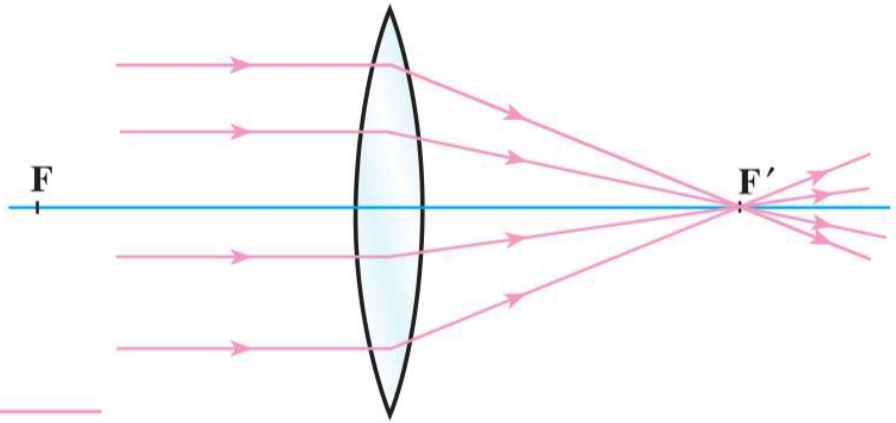
http://energy4students.blogfa.com/

ب ــ کانون عدسی‌های همگرا

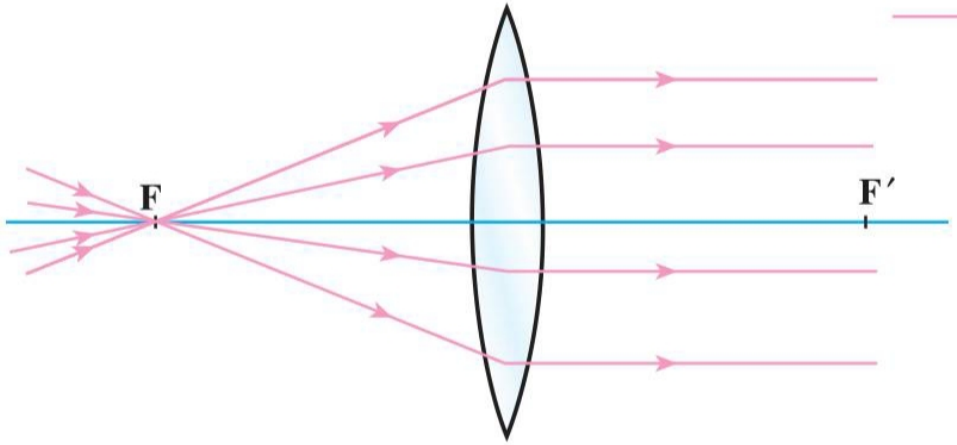
۵ــ۹ــ رسم پرتوهای شکست در عدسی‌های همگرا

چون خورشید در فاصله‌ی خیلی دور از ما قرار دارد، پرتوهایی که از آن به عدسی می‌تابند، با هم موازی هستند، از شکل (۵ــ۲۶) و آزمایش ۵ می‌توان نتیجه گرفت که اگر پرتو تابش موازی با محور اصلی به عدسی همگرا بتابد، چنان می‌شکند که از کانون عدسی بگذرد (شکل ۵ــ۲۷).

برعکس این موضوع نیز صادق است ؛ یعنی پرتوهایی که از کانون عدسی همگرا گذشته و به آن بتابند، پس از شکست، به موازات محور اصلی از عدسی خارج می‌شوند (شکل ۵ــ۲۸).



شکل ۵ــ ۲۷ــ پرتوهایی که موازی با محور اصلی به عدسی همگرا بتابند پس از شکست، از کانون عدسی می‌گذرند.

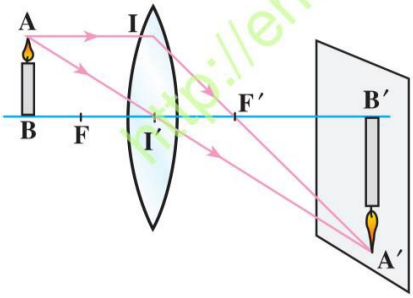


شکل ۵ــ۲۸ــ پرتوهایی که از کانون عدسی همگرا گذشته به عدسی بتابند پس از شکست، به‌موازات محور اصلی از عدسی خارج می‌شوند.

۵ــ۱۰ــ چگونگی تشکیل تصویر در عدسی‌های همگرا

یک شمع روشن را در مقابل عدسی همگرا، در فاصله‌ای بیشتر از فاصله‌ی کانونی عدسی، مطابق شکل (۵ــ۳۰) در نظر بگیرید. از هر نقطه‌ی شمع، مانند نقطه‌ی A پرتوهای زیادی به عدسی می‌تابد. از میان این پرتوها دو پرتوی خاص را در نظر می‌گیریم، یکی پرتو AI (موازی محور اصلی) و دیگری AI' (پرتوی که از مرکز نوری عدسی گذشته است). سپس پرتوهای خروجی هر یک را به روشی که گفته شد رسم می‌کنیم. پرتوهای شکست این دو پرتو یک‌دیگر را در نقطه‌ی A' قطع می‌کنند. اگر پرتوهای دیگری هم از نقطه‌ی A به عدسی بتابد پرتوهای شکست آن‌ها از نقطه‌ی A' خواهد گذشت، به همین علت برای به دست آوردن نقطه‌ی A' (که تصویر نقطه‌ی A است) دو پرتو تابش کافی است. همان‌طورکه در مورد آینه‌ها گفته شده، تصویر سایر نقطه‌های شمع را نیز می‌توان به همین‌روش به دست آورد. آزمایش نشان می‌دهد که تصویر یک شئ عمود بر محور اصلی، بر محور اصلی عمود است و نقطه‌ای روی محور اصلی، تصویرش روی آن محور است. با به‌دست آوردن نقطه‌ی A' (تصویر نقطه‌ی A) می‌توان تصویر یک شئ را که بر محور اصلی عمود است به‌دست آورد.

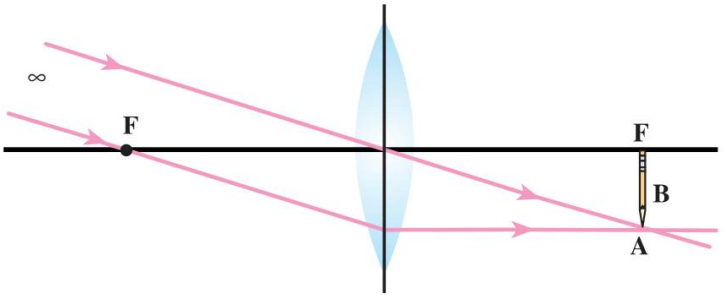
تصویری را که در این حالت تشکیل شده است تصویر حقیقی می‌نامیم. همان طورکه در شکل (۵ــ۳۰) می‌بینید، این تصویر بر روی صفحه‌ی کاغذ یا پرده‌ای که در محلّ تصویر قرار دارد تشکیل می‌شود. در این حالت پرتوهای شکست خودشان همدیگر را قطع کرده‌اند. در واقع نقطه‌ی A' یک نقطه‌ی روشن واقعی است و اگر چشم در مسیر پرتوهایی که از A' گذشته‌اند قرار گیرد، نقطه‌ی روشن A دیده می‌شود.



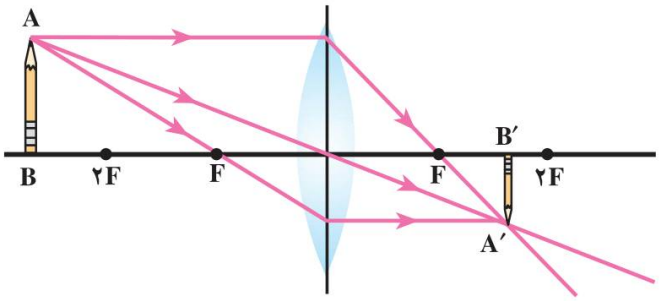
شکل ۵ــ ۳۰ــ چگونگی تشکیل تصویر در عدسی همگرا

http://energy4students.blogfa.com/

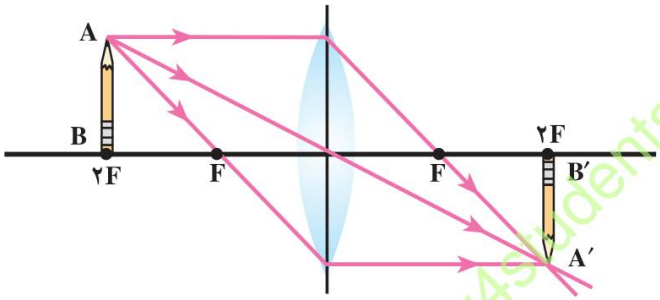
در شکل‌های (۵ــ۳۱ــ الف تا ج) روش رسم تصویر شئ AB در یک عدسی همگرا در چند حالت نشان داده شده است.



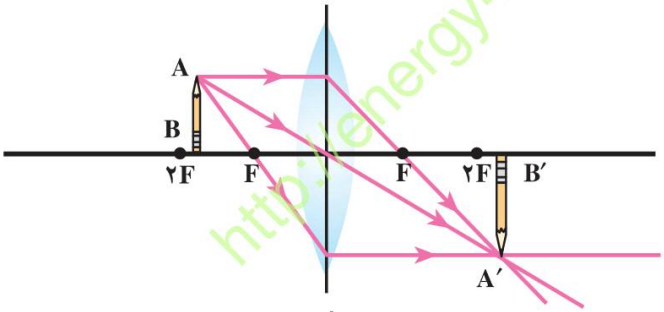
الف ــ شئ در فاصله‌ی خیلی دور از عدسی، تصویر روی کانون تشکیل می‌شود و حقیقی و وارونه است.



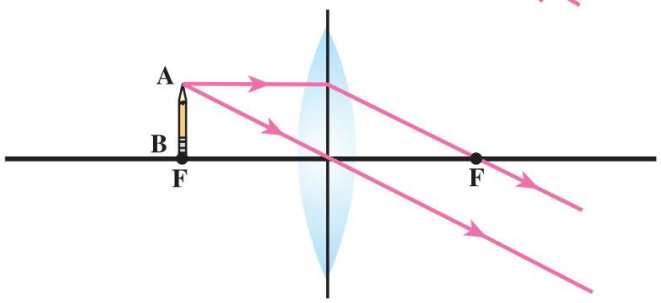
ب ــ شئ در فاصله‌ای بیشتر از دو برابر فاصله‌ی کانونی. تصویر دورتر از fونزدیکتر از فاصله‌ی ۲f، حقیقی، کوچکتر از جسم، وارونه



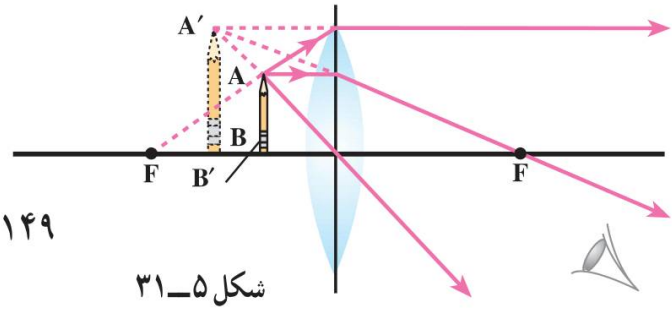
پ ــ شئ در فاصله‌ی ۲f از عدسی، تصویر در فاصله‌ی ۲f به اندازه‌ی شئ، حقیقی، وارونه



ت ــ شئ در فاصله‌ای بیشتر از f و کمتر از فاصله‌ی ۲f، حقیقی، بزرگتر از جسم، وارونه و دورتر از ۲f



ث ــ شئ روی کانون، تصویر در بی‌نهایت



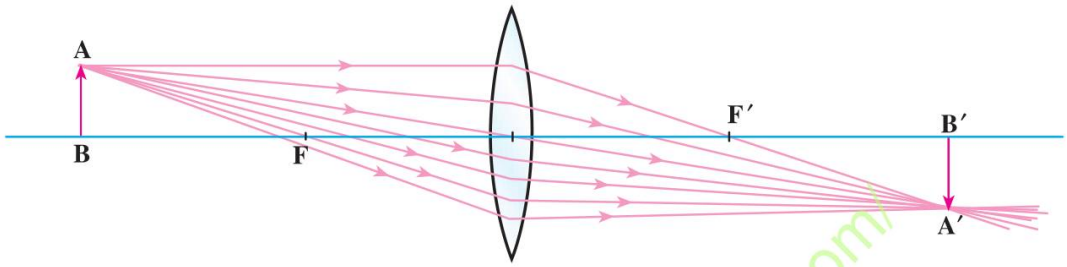
ج ــ شئ بین کانون و عدسی، همان‌طور که در شکل دیده می‌شود پرتوهای شکست از هم دور می‌شوند، امتداد پرتوهای شکست یکدیگر را قطع می‌کنند، تصویر مجازی، بزرگتر از شئ و مستقیم است.

شکل ۵ــ۳۱

http://energy4students.blogfa.com/

در شکل (۵ــ۳۱ــ ج) هرگاه چشم ناظر در محل نشان داده شده در شکل قرار گیرد احساس می‌کند که پرتوهای شکست از $A'B'$ به چشم رسیده‌اند. همان‌طورکه می‌دانید این تصویر مجازی است.

در رسم تصویر شکل (۵ــ۳۲) نخست با رسم دو پرتو تابش، یکی موازی محور اصلی و دیگری پرتوی که از مرکز نوری گذشته است، نقطه‌ی A' مشخص شده است. پرتوهای دیگری که از A به عدسی تابیده پس از گذر از عدسی از A' گذشته‌اند.



شکل ۵ــ۳۲ــ همه‌ی پرتوهایی که از نقطه‌ی A به عدسی می‌تابند از نقطه‌ی A' عبور می‌کنند.

پاسخ دهید ۲

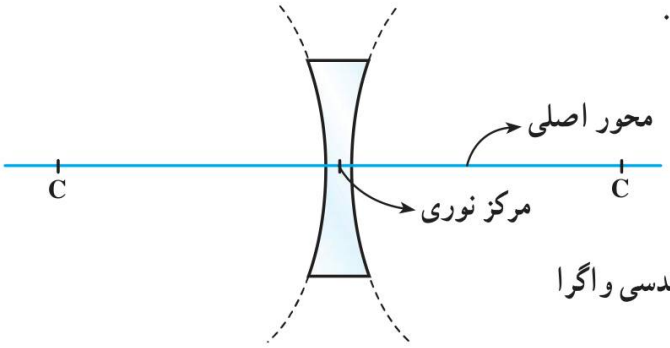
۱ــ با توجه به شکل (۵ــ۳۲) توضیح دهید که اگر نیمه‌ی بالایی یا پایینی عدسی به‌وسیله‌ی کاغذ کدری پوشانده شود آیا تصویر تشکیل می‌شود؟ چرا؟

۲ــ روشنایی تصویر نسبت به حالتی که نور به تمام سطح عدسی می‌تابد چه تفاوتی دارد؟

http://energy4students.blogfa.com/

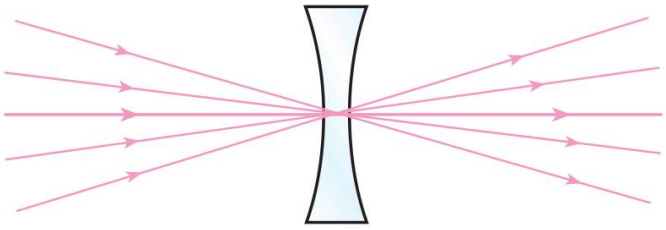
۵ــ۱۱ــ ویژگی‌های عدسی‌های واگرا

الف ــ محور اصلی، مرکز نوری: همان‌طورکه در عدسی‌های همگرا دیده شد در این عدسی‌ها نیز محور اصلی خطّی است که مرکز دو سطح کروی عدسی را به هم وصل می‌کند. نقطه‌ی میانی عدسی را که روی محور اصلی قرار دارد مرکز نوری عدسی می‌نامند. در شکل (۵ــ۳۳) محور اصلی و مرکز نوری نشان داده شده است.



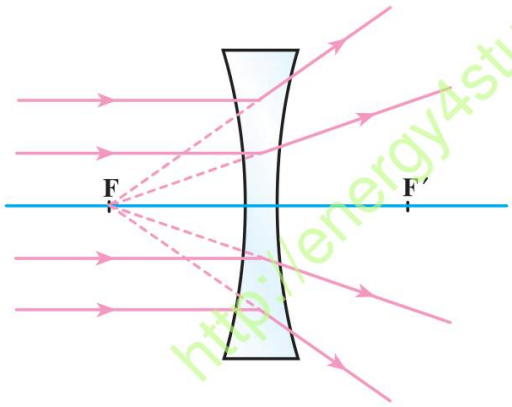
شکل ۵ــ۳۳ــ محور اصلی و مرکز نوری عدسی واگرا

در عدسی‌های واگرا نیز پرتوی که به مرکز نوری عدسی می‌تابد بدون انحراف از عدسی خارج می‌شود. در شکل (۵ــ۳۴) چنین پرتوهایی که به عدسی واگرا تابیده‌اند نشان داده شده است.



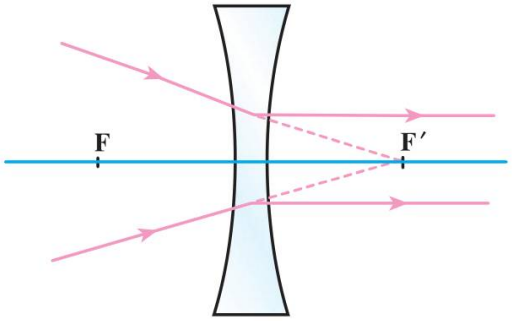
شکل ۵ــ۳۴ــ پرتوهایی که به مرکز نوری تابیده‌اند بدون انحراف از عدسی خارج شده‌اند.

ب ــ کانون عدسی‌های واگرا: هرگاه پرتوهایی موازی محور اصلی به عدسی واگرا بتابند پس از شکست و گذر از عدسی، طوری از هم دور می‌شوند که امتداد آن‌ها از یک نقطه روی محور اصلی بگذرند. این نقطه را کانون عدسی واگرا می‌نامیم. فاصله‌ی کانون تا مرکز نوری را فاصله‌ی کانونی می‌نامیم و آن را با f مشخص می‌کنیم. در شکل (۵ــ۳۵) پرتوهای تابش، موازی محور اصلی، و پرتوهای شکست مربوط به آن‌ها نشان داده شده است. در عدسی‌های واگرا کانون مجازی است.



شکل ۵ــ۳۵ــ پرتوهای تابش که موازی محور اصلی هستند، پس از شکست در عدسی واگرا از هم دور می‌شوند.

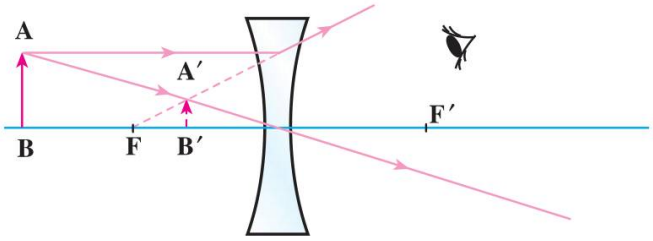
هرگاه پرتو نور طوری به عدسی واگرا بتابد که پس از برخورد به عدسی، امتداد آن از کانون بگذرد، پرتو شکست آن موازی محور اصلی خواهد بود. در شکل (۵ــ۳۶) این گونه پرتوها نشان داده شده است.



شکل ۵ــ ۳۶ــ پرتوهایی که پس از برخورد به عدسی واگرا امتدادشان از کانون بگذرد موازی محور اصلی از عدسی خارج می‌شوند.

http://energy4students.blogfa.com/

تصویر در عدسی‌های واگرا: در این عدسی‌ها نیز، تصویر هر شیء عمود بر محور اصلی را با رسم تصویر یک نقطه‌ی آن به دست می‌آوریم. از بین پرتوهای زیادی که از هر نقطه‌ی شیء به عدسی می‌تابد دو پرتو تابش مشخص (پرتو موازی محور اصلی، پرتوی که به مرکز نوری می‌تابد یا پرتوی که امتداد آن از کانون می‌گذرد) را رسم و پرتو شکست را به ترتیبی که گفته شد رسم می‌کنیم تا تصویر نقطه‌ی مورد نظر به دست آید. در شکل (۵ــ۳۷) تصویر شیء AB در یک عدسی واگرا نشان داده شده است.



شکل ۵ــ۳۷ــ رسم تصویر شیء در عدسی واگرا

در این عدسی‌ها با قرار گرفتن چشم در مسیر پرتوهای شکست، شیء AB در $A'B'$ به نظر می‌رسد. این تصویر مجازی است. در عدسی‌های واگرا شیء در هر فاصله‌ای مقابل عدسی قرار داده شود تصویر آن کوچک‌تر از شیء، مجازی و نسبت به شیء مستقیم است و در فاصله‌ی بین عدسی و کانون دیده می‌شود.

فعالیت ۱۵

با مشارکت و مشورت افراد گروه خود، آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوانیم کانون عدسی واگرا را معین کنیم.

http://energy4students.blogfa.com/

۵ــ۱۲ــ محاسبه‌ی فاصله‌ی تصویر تا عدسی

در مورد عدسی‌های کروی نازک (همان‌طورکه در شکل‌های ۵ــ۳۱ــ الف تا ج دیده می‌شود) فاصله‌ی تصویر تا عدسی به فاصله‌ی شیء تا عدسی بستگی دارد. هرگاه فاصله‌ی شیء تا عدسی را با p و فاصله‌ی تصویر تا عدسی را با q و فاصله‌ی کانونی را با f نشان دهیم، ثابت می‌شود که بین این فاصله‌ها رابطه‌ی زیر برقرار است:

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f} \qquad (۵ــ۵)$$

در عدسی همگرا که کانون حقیقی است، f مثبت و در عدسی واگرا که کانون مجازی است f منفی است. هرگاه فاصله‌ی تصویر تا عدسی (یعنی q) مجهول باشد، پس از محاسبه‌ی مقدار آن، درصورتی که علامت مقدار به دست آمده مثبت باشد، تصویر حقیقی است ؛ در غیر این صورت معلوم می‌شود که تصویر مجازی است.

آزمایش کنید ـ ۸

آزمایش کنید ـ ۷ را تکرار کنید و با اندازه‌گیری فاصله‌ی جسم تا عدسی و فاصله‌ی تصویر تا عدسی درستی رابطه‌ی (۵ ـ ۵) را تجربه کنید و نتیجه را گزارش نمایید.

مثال ۷

یک شئ را یک بار در فاصله‌ی ۱۲ سانتی‌متری و بار دیگر در فاصله‌ی ۴ سانتی‌متری یک عدسی همگرا که فاصله‌ی کانونی آن ۸ سانتی متر است قرار می‌دهیم. محل تصویر و نوع تصویر را در هر حالت تعیین کنید. شکل را برای هر دو حالت رسم کنید.

حل: حالت اول ؛ $p = ۱۲cm$ و $f = +۸cm$ و $q = ?$

$$\frac{۱}{p}+\frac{۱}{q}=\frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{q}=\frac{۱}{۸}$$

$$\frac{۱}{q}=\frac{۱}{۸}-\frac{۱}{۱۲}=\frac{۳-۲}{۲۴} \Rightarrow \frac{۱}{q}=\frac{۱}{۲۴}$$

فاصله‌ی تصویر تا عدسی $q = ۲۴cm$

چون q مثبت شده است تصویر حقیقی است.

حالت دوم : $p = ۴cm$ و $f = +۸cm$ و $q = ?$

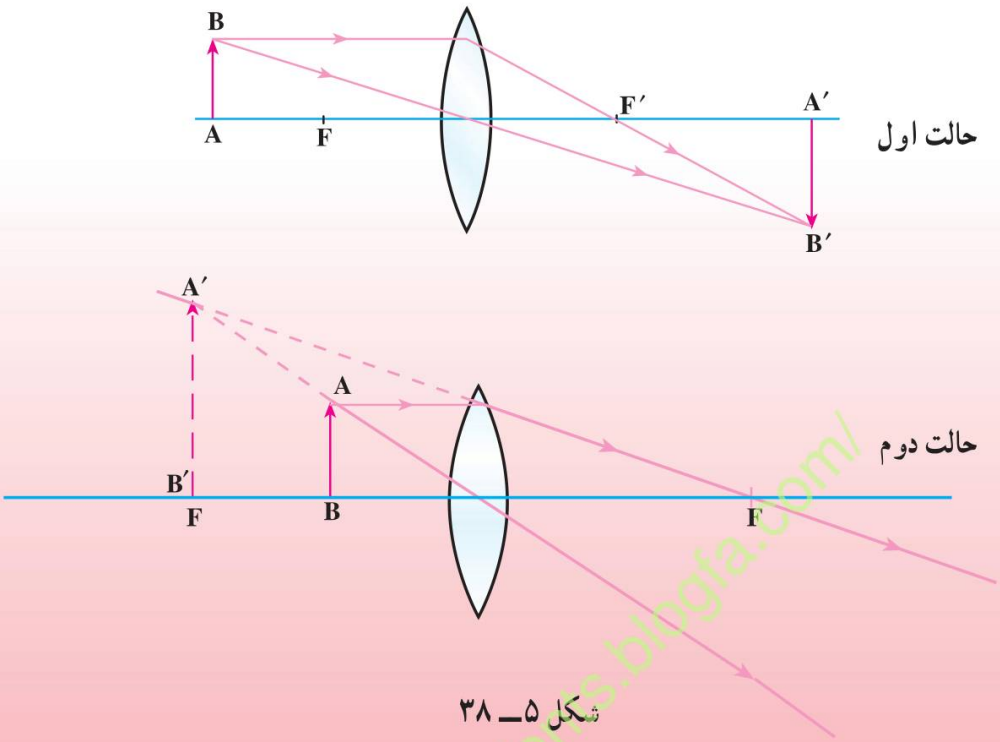
$$\frac{۱}{۴}+\frac{۱}{q}=\frac{۱}{۸} \Rightarrow \frac{۱}{q}=\frac{۱}{۸}-\frac{۱}{۴}$$

$$\frac{۱}{q}=\frac{۱-۲}{۸} \Rightarrow \frac{۱}{q}=-\frac{۱}{۸}$$

فاصله‌ی تصویر تا عدسی $q = -۸cm$

http://energy4students.blogfa.com/

چون در این حالت q منفی شده است،تصویر مجازی است.



شکل ۵ــ ۳۸

مثال ۸

شیئی در فاصله‌ی ۱۸ سانتی‌متری یک عدسی واگرا که فاصله‌ی کانونی آن ۶ سانتی‌متر است قرار داده شده است. فاصله‌ی تصویر تا عدسی چقدر می‌شود؟

حل: چون عدسی واگراست فاصله‌ی کانونی منفی است.

$$p = ۱۸cm \quad و \quad f = -۶cm \quad و \quad q = ?$$

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

$$\frac{۱}{۱۸} + \frac{۱}{q} = -\frac{۱}{۶}$$

$$\frac{۱}{q} = -\frac{۱}{۶} - \frac{۱}{۱۸} = \frac{-۳-۱}{۱۸} = -\frac{۴}{۱۸}$$

$$q = -\frac{۱۸}{۴} = -۴/۵\,cm$$ فاصله‌ی تصویر تا عدسی

علامت منفی نشان دهنده‌ی این است که تصویر مجازی است.

http://energy4students.blogfa.com/

در عدسی‌ها نیز اگر فاصله‌ی تصویر تا عدسی معلوم باشد، در صورتی‌که تصویر حقیقی باشد این فاصله را با علامت مثبت و در صورتی‌که تصویر مجازی باشد، فاصله‌ی آن تا عدسی را با علامت منفی در رابطه‌ی (۵ــ۵) جای‌گذاری کنید.

۵ــ۱۳ــ بزرگ‌نمایی عدسی‌ها

در عدسی‌ها نیز نسبت طول تصویر ($A'B'$) به طول شئ (AB) را بزرگ‌نمایی می‌نامیم و آن را با m نمایش می‌دهیم.

$$m = \frac{A'B'}{AB} \qquad (۵ــ۶)$$

همان طورکه در آینه‌ها هم بیان شد، بزرگ‌نمایی نشان می‌دهد که طول تصویر چند برابر طول شئ است. ثابت می‌شود که در عدسی‌ها نیز می‌توان رابطه‌ی بزرگ‌نمایی را به صورت زیر نوشت :

$$m = \frac{A'B'}{AB} = \left|\frac{q}{p}\right| \qquad (۵ــ۷)$$

اگر از عدسی همگرا به عنوان ذره‌بین استفاده شود عدسی را نسبت به شئ مورد نظر طوری قرار می‌دهیم که فاصله‌ی شئ تا عدسی کم‌تر از فاصله‌ی کانونی عدسی باشد (یعنی شئ در فاصله‌ی کانونی عدسی قرار بگیرد.) در این صورت تصویر مجازی، مستقیم و بزرگ‌تر از شئ دیده می‌شود.

مثال ۹

اگر بخواهیم به وسیله‌ی یک ذره‌بین (عدسی همگرا) از یک شئ به طول ۰/۵ سانتی‌متر تصویری مستقیم و مجازی به طول ۲ سانتی‌متر به‌دست آوریم و فاصله‌ی شئ تا عدسی ۶ سانتی‌متر باشد، فاصله‌ی تصویر تا عدسی و فاصله‌ی کانونی عدسی را حساب کنید.

حل

$$f = ? \quad و \quad q = ? \quad و \quad A'B' = ۲cm \quad و \quad AB = ۰/۵cm \quad و \quad p = ۶cm$$

$$\frac{A'B'}{AB} = \left|\frac{q}{p}\right| \Rightarrow \frac{۲}{۰/۵} = \left|\frac{q}{۶}\right|$$

$$۰/۵q = ۱۲ \Rightarrow |q| = \frac{۱۲}{۰/۵} = ۲۴cm$$ فاصله‌ی تصویر تا عدسی

http://energy4students.blogfa.com/

چون گفته شده است تصویر مجازی است، به جای q مقدار آن را با علامت منفی در رابطه جای‌گذاری می‌کنیم.

$$\frac{۱}{p}+\frac{۱}{q}=\frac{۱}{f}\Rightarrow\frac{۱}{۶}-\frac{۱}{۲۴}=\frac{۱}{f}$$

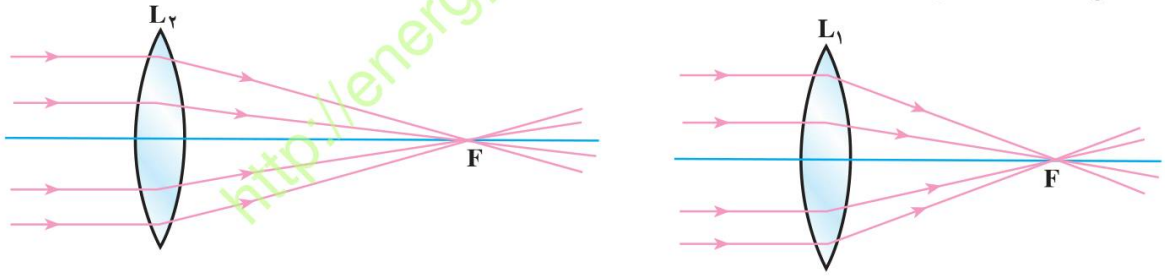
$$\frac{۴-۱}{۲۴}=\frac{۱}{f}\Rightarrow\frac{۳}{۲۴}=\frac{۱}{f}$$

$$۳f=۲۴\Rightarrow f=\frac{۲۴}{۳}=۸cm$$

فاصله‌ی کانونی عدسی

۵ــ۱۴ــ توان عدسی‌ها

در شکل (۵ــ۳۹ــ الف و ب) دو عدسی همگرای $L_۱$ و $L_۲$ با فاصله‌ی کانونی متفاوت نشان داده شده است. یک دسته پرتو موازی با محور اصلی به هر دو عدسی تابیده و عدسی‌ها این دسته پرتو را همگرا (به هم نزدیک) کرده‌اند. توانایی کدام یک از این دو عدسی در همگرا کردن پرتوها بیشتر است؟ همان‌گونه که شکل‌های (۵ــ۳۹) نشان می‌دهند، عدسی‌ای که فاصله‌ی کانونی آن کم‌تر است، در همگرا کردن پرتوها، توانایی بیشتری دارد. یعنی توانایی عدسی در همگرا کردن پرتوها با فاصله‌ی کانونی نسبت عکس دارد.



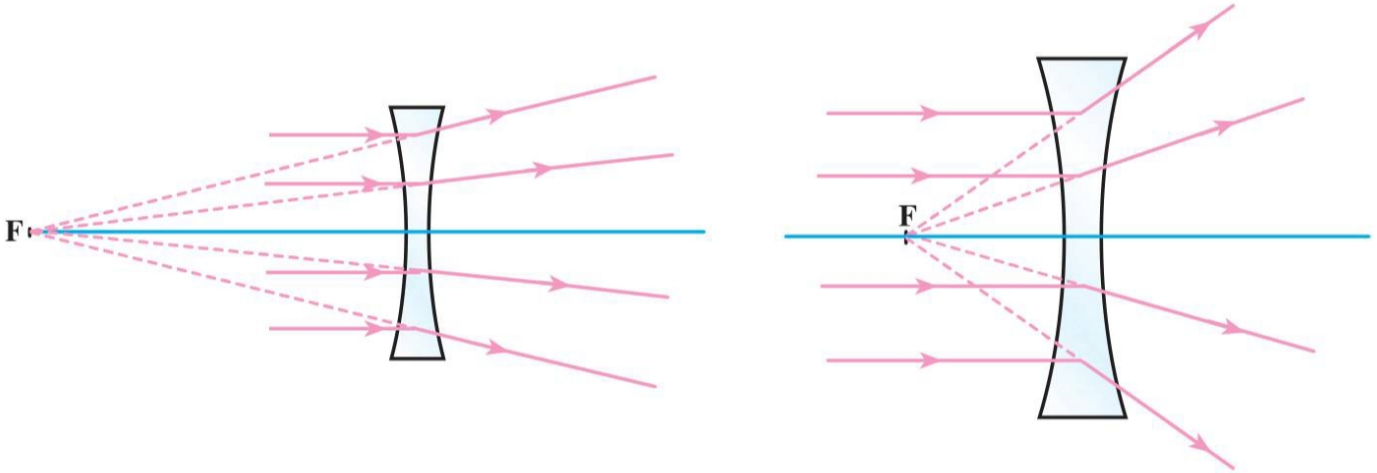
الف ــ عدسی با فاصله‌ی کانونی کمتر توانایی بیشتری در همگرا کردن پرتوها دارد.

ب ــ عدسی با فاصله‌ی کانونی بیشتر توانایی کمتری در همگرا کردن پرتوها دارد.

شکل ۵ــ۳۹

در شکل (۵ــ۴۰ــ الف و ب) دو عدسی واگرا با فاصله‌ی کانونی متفاوت نشان داده شده است. یک دسته پرتو موازی با محور اصلی به هر دو عدسی تابیده و عدسی‌ها این دسته پرتو را واگرا (از هم دور) کرده‌اند. در این مورد هم دیده می‌شود که توانایی عدسی، در واگرایی پرتوها با فاصله‌ی کانونی آن نسبت عکس دارد.

http://energy4students.blogfa.com/



الف ــ عدسی واگرا با فاصله‌ی کانونی کمتر توانایی بیشتری در واگرایی دارد.

ب ــ عدسی واگرا با فاصله‌ی کانونی بیشتر، توانایی کمتری در واگرایی دارد.

شکل ۵ــ۴۰

از آن‌چه در مورد مقایسه‌ی همگرایی دو عدسی گفته شد، می‌توان نتیجه گرفت که هر اندازه شعاع انحنای عدسی کم‌تر باشد فاصله‌ی کانونی کم‌تر و توانایی عدسی برای همگرا یا واگرا کردن پرتوها بیشتر می‌شود. عکس فاصله‌ی کانونی (یعنی $\frac{۱}{f}$) را توان عدسی می‌نامیم و آن را با نماد D نشان می‌دهیم.

$$D = \frac{۱}{f} \qquad (۵ــ۸)$$

در رابطه‌ی (۵ــ۸) فاصله‌ی کانونی برحسب متر است. در این رابطه یکای توان عدسی عکس متر ($\frac{۱}{m}$) است که **دیوپتر** نام دارد و آن را با نماد d نشان می‌دهند. توان عدسی‌های همگرا مثبت و توان عدسی‌های واگرا منفی است.

energy45students.blogfa.com/