فصل۱_ انرژی

انرژی جنبشی

به انرژی اجسام متحرک (که صرفاً به خاطر حرکت باشد) انرژی جنبشی می‌گویند. هر جسم متحرکی علاوه بر انرژی‌های دیگر (شیمیایی، پتانسیل گرانشی و ....) که ممکن است آن‌ها را داشته باشد، دارای انرژی جنبشی نیز می‌باشد.

اندازه‌ی انرژی جنبشی با استفاده از رابطه‌ی مقابل محاسبه می‌شود:

در این رابطه m جرم جسم متحرک بر حسب کیلوگرم و V سرعت آن بر حسب متر بر ثانیه می‌باشد. بدین ترتیب k بر حسب ژول به‌دست می‌آید که بیان‌گر مقدار انرژی جنبشی متحرک است.

انرژی شیمیایی

بدن ما برای انجام فعالیت‌های روزانه و رشد و نمو خود نیاز به انرژی دارد. خودروهایی که ما را جابه‌جا می‌کنند نیاز به انرژی دارند. این انرژی از طریق غذا و سوخت تأمین می‌شود. این انرژی در طی یک فرآیند (واکنش) شیمیایی به انرژی قابل استفاده برای ما و ..... تبدیل می‌گردد.

در مولکول‌های مواد مقداری انرژی ذخیره شده است که صرفاً طی یک فرآیند شیمیایی آزاد می‌شود. به انرژی، انرژی شیمیایی گفته می‌شود. یکای انرژی شیمیایی کیلوژول بر گرم $\left(\frac{KJ}{g}\right)$ است که مصرف مقدار انرژی شیمیایی ذخیره شده در یک گرم غذا یا سوخت می‌باشد. اگر این انرژی را با e نشان دهیم مقدار انرژی ذخیره شده در m گرم ماده شیمیایی (غذا یا سوخت) به کمک رابطه‌ی مقابل محاسبه می‌شود. $E = m.e$

e انرژی شیمیایی ذخیره شده در یک گرم ماده $\left(\frac{KJ}{g}\right)$ و m مقدار ماده بر حسب گرم (g) می‌باشد. در این صورت E انرژی شیمیایی کل ماده بر حسب KJ می‌باشد.

مقدار e برای تعدادی از غذاها و سوخت‌های معمولی در جدول ۱ - ۱ کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه آمده است.

آهنگ مصرف انرژی

ما برای انجام فعالیت‌های مختلف نیازمند صرف انرژی هستیم. کسی که به مدت ده دقیقه پیاده‌روی کند و کسی که همین مدت بدود به یک اندازه انرژی مصرف نمی‌کند. **به انرژی مصرف شده برای یک فعالیت در یک مدت زمان معین (مثلاً یک دقیقه) آهنگ مصرف انرژی گفته می‌شود.** یکای آهنگ مصرف انرژی کیلوژول بر دقیقه است و با نماد $\frac{KJ}{min}$ نمایش داده می‌شود. ما در مباحث این بخش آهنگ مصرف انرژی را با P نشان می‌دهیم. انرژی مصرف‌شده‌ی (E) برای انجام یک فعالیت در مدت زمان t (بر حسب دقیقه) با رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید.

$E = p.t$

مقدار p برای بعضی از فعالیت‌های روزانه در جدول ۱ - ۲ کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه آمده است.

انرژی درونی

به مجموع انرژی ذرات تشکیل دهنده‌ی ماده انرژی درونی گفته می‌شود. این انرژی غالباً به صورت گرما ظاهر می‌شود. باید توجه داشته باشید که انرژی شیمیایی یا .... نیز در ذرات مواد است ولی به آن‌ها انرژی درونی گفته نمی‌شود. وقتی توپی در حال حرکت بعد از مدتی متوقف می‌شود، انرژی جنبشی آن به انرژی درونی تبدیل شده است. وقتی دست‌های خود را مالش می‌دهید بعد از مدت کوتاهی احساس گرما می‌کنید. علت این امر این است که انرژی شما به انرژی درونی تبدیل شده است. اگر به دو ذره با انرژی متفاوت نگاه کنید، مشاهده می‌کنید که ذره‌ی دارای انرژی درونی بیشتر، دارای جنب و جوش بیشتری است.

قانون پایستگی انرژی

طبق قانون پایستگی انرژی، انرژی مواد از بین نمی‌رود و خود به خود به‌وجود نمی‌آید، بلکه همواره پایسته است. انرژی یک جسم ممکن است به جسم دیگری منتقل شود ولی از بین نمی‌رود. یک امکان دیگر نیز وجود دارد. ممکن است انرژی یک جسم تغییر حالت دهد. به عنوان مثال وقتی شما دست‌های خود را روی هم می‌کشید، انرژی جنبشی دست‌های شما به انرژی درونی تبدیل می‌شود. همین اتفاق در مورد توپی که بعد از مدتی می‌ایستد نیز رخ می‌دهد.

انرژی پتانسیل گرانشی

جسمی که بالاتر از سطح زمین قرار دارد اگر رها شود، به سطح زمین می‌رسد. این جسم در سطح زمین دارای انرژی جنبشی است. البته مقداری نیز به انرژی درونی خود و محیط افزوده است. طبق قانون پایستگی انرژی این دو انرژی (جنبشی و درونی) نباید به خودی خود به‌وجود آمده باشد. از طرفی این انرژی در جسم مشابهی که روی زمین قرار دارد وجود ندارد. پس نتیجه می‌گیریم که انرژی موجود در جسم به خاطر ارتفاع آن در جسم وجود داشته‌است.
جسمی که در ارتفاع بالاتر از سطح زمین قرار دارد دارای نوعی از انرژی است که به انرژی پتانسیل گرانشی معروف است. این انرژی می‌تواند آزاد شود و به انرژی جنبشی و به دنبال آن به انواع دیگر انرژی تبدیل شود.
انرژی آب پشت سدها که در نیروگاه‌های برق آبی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود مثال بارزی از انرژی پتانسیل گرانشی است.
مقدار انرژی پتانسیل گرانشی جسمی به جرم m که در ارتفاع h از یک سطح پتانسیل صفر مانند زمین قرار دارد به کمک رابطه‌ی مقابل به‌دست می‌آید. $U = mgh$
در این رابطه U انرژی پتانسیل گرانشی بر حسب ژول و g شتاب جاذبه گرانشی با مقدار ۱۰ می‌باشد. مقادیر m و h باید به ترتیب بر حسب کیلوگرم و متر جاگذاری شوند.

مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی

ما معمولاً انرژی پتانسیل گرانشی جسمی را که در سطح زمین قرار دارد صفر فرض می‌کنیم. ولی لزوماً سنگی که از سطح زمین در چاهی سقوط می‌کند دارای انرژی پتانسیل گرانشی است؛ چرا که وقتی به ته چاه می‌رسد دارای سرعت و در نتیجه دارای انرژی جنبشی است. به دو شکل می‌توان با این مسأله برخورد کرد. اول این‌که فرض کنیم انرژی پتانسیل گرانشی در ته چاه صفر است و در نتیجه انرژی پتانسیل گرانشی جسم در سطح زمین مقداری مثبت دارد. با سقوط جسم انرژی پتانسیل گرانشی آن تا صفر کاهش می‌یابد. و در نتیجه انرژی جنبشی افزایش می‌یابد.

برخورد دوم این که فرض کنیم انرژی پتانسیل جسم در سطح زمین صفر باشد در نتیجه‌ی این فرض انرژی پتانسیل گرانشی جسم در ته چاه منفی است. این بار انرژی پتانسیل گرانشی جسم از مقدار صفر به مقداری منفی کاهش یافته است که باز هم نتیجه‌ی این کاهش، افزایش انرژی جنبشی جسم است.

همان‌طور که مشاهد شده مقدار انرژی پتانسیل گرانشی (مثبت، منفی یا صفر بودن آن) مهم نیست بلکه تغییرات آن مهم است.

کاهش انرژی پتانسیل گرانشی با افزایش انرژی جنبشی و افزایش آن با کاهش انرژی جنبشی همراه است. مجموع تغییرات انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی صفر است. $\Delta U + \Delta K = ۰$

اگر انرژی پتانسیل کشسانی نیز در سیستم وجود داشته باشد مجموع تغییرات انرژی‌های پتانسیل گرانشی و کشسانی و انرژی جنبشی برابر صفر است. به این قانون، قانون پایستگی انرژی مکانیکی می‌گویند.

انرژی مکانیکی شامل **انرژی پتانسیل گرانشی، انرژی پتانسیل کشسانی و انرژی جنبشی** می‌باشد.

در اکثر مسائل مربوط به انرژی مکانیکی تغییرات انرژی‌های پتانسیل و جنبشی مهم است نه مقادیر آن‌ها.

انرژی پتانسیل کشسانی

انرژی پتانسیل کشسانی به انرژی ذخیره شده در فنر می‌گویند. وقتی شما فنری را می‌فشارید یا می‌کشید برای انجام این کار انرژی مصرف می‌کنید. این انرژی می‌تواند در فنر ذخیره شود و در موقع نیاز با آزاد کردن آن، از آن استفاده نماید ساعت‌ها و اسباب‌بازی‌های کوکی مثال‌هایی از ابزارهایی هستند که در آن‌ها این انرژی وجود دارد.

نکته‌ی قابل توجه این است که هر جسمی که بتواند تغییر شکل دهد و این تغییر شکل با حذف عامل تغییر، برگشت نماید نقش یک فنر را دارد. به عنوان نمونه اکثر قطعات لاستیکی، کش‌ها، فنرهای خودرو، فنرهای مارپیچی و ..... می‌توانند در این مبحث مورد بررسی قرار گیرند. در تمام این ابزارها با اعمال نیرو، انرژی در جسم ذخیره می‌شود و با حذف عامل تغییر شکل جسم کشسان به حالت اولیه برمی‌گردد. **در مقابل جسم کشسان، جسم مومسان قرار دارد که تمام انرژی دریافتی را به انرژی درونی تبدیل می کند.** و برای برگشت به وضعیت اولیه نیاز به صرف انرژی است. مثال این مورد خمیر، گل، موم و .... می‌باشد.

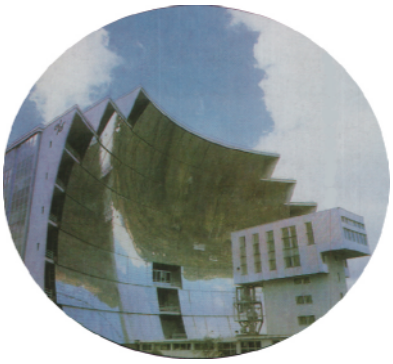
منابع انرژی

به هر چیزی که بتواند انرژی مورد نیاز ما را تأمین کند منبع انرژی گفته می‌شود. ذخیره‌ی منابع انرژی با مصرف آن‌ها کاهش می‌یابد. این مخازن باید انرژی از دست رفته را جبران نمایند. ولی ممکن است این انرژی قابل بازیافت نباشد. بر اساس همین مسأله منابع انرژی به دو گروه تقسیم می‌شوند.

الف) منابع تجدید ناپذیر انرژی: انرژی این منابع یا قابل بازیابی نیست یا میلیون‌ها سال طول می‌کشد که این انرژی مصرف شده بازسازی شود. در این منابع مقدار مصرف همواره بیش از تولید است. از این‌رو این منابع روزی پایان خواهد یافت.

ب - منابع تجدیدپذیر انرژی: این منابع دارای انرژی‌هایی هستند که به راحتی قابل بازیابی است. این منابع مانند نور خورشید، انرژی گیاهان، باد و .... در دوره‌های زمانی خاصّی قابل بازیابی است. در صورتی که مقدار مصرف انرژی از این منابع با مقدار انرژی بازیابی شده برابر باشد، ذخیره‌ی انرژی این منابع ثابت می‌ماند.

انرژی خورشیدی



انرژی خورشید تقریباً تأمین کننده‌ی تمام انرژی‌های مورد استفاده‌ی ما است. مثلاً گیاهان با دریافت انرژی خورشید این انرژی را در میوه‌ی خود ذخیره می‌کنند و از آن برای فعالیت‌های روزانه استفاده می‌کنند. ....

ما انرژی خورشید را به سه شکل عمده استفاده می‌کنیم:

۱- صفحات خورشیدی: این صفحات در آب گرم‌کن‌های با دماهای پایین (حداکثر $۷۰^{\circ}C$) به کار برده می‌شود.

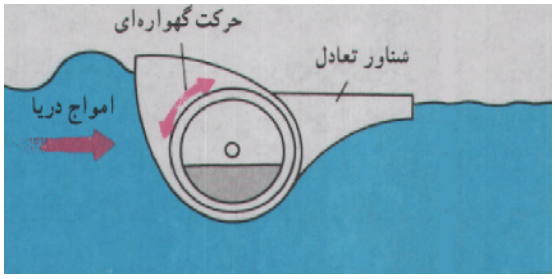
۲- آینه‌های مقعر: این آینه‌ها در کوره‌های خورشیدی برای تولید دماهای بالا مانند $۳۰۰۰^{\circ}C$ و بالاتر به کار برده می‌شود.

۳- سلول‌های خورشیدی: این سلول‌ها انرژی خورشید را مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند.

انرژی باد

باد یکی از منابع عظیم انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد. برای استفاده از این انرژی توربین‌هایی با پره‌هایی بلند (حدود ۳۰ متر) در مسیر باد در فاصله‌های زیاد از هم قرار می‌گیرند و مولّدهای برق را به کار می‌اندازند.

انرژی امواج دریا



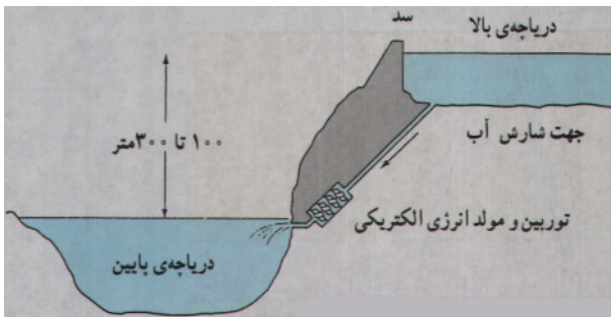
از افت و خیز دریا می‌توان برای به کار انداختن مولدهای الکتریسیته استفاده نمود. یکی از مزایای استفاده از امواج دریا این است که دیگر اموج دریا موجب آسیب به سواحل نخواهند شد، چرا که قبل از رسیدن به ساحل انرژی خود را از دست داده‌اند.

طبق آمار به‌دست آمده انرژی حاصل از امواج در سواحل بریتانیا در هر یک سال می‌تواند $\frac{۱}{۳}$ انرژی مصرفی سالانه بریتانیا را تأمین نماید.

انرژی جزر و مد:

انرژی جزر و مد بدین شکل است که ارتفاع آب دریا در هر شبانه‌روز دو بار بالا آمده و دوبار به ارتفاع قبلی برمی‌گردد. این تغییر ارتفاع حداقل ۴ متر می‌باشد. از این تغییر ارتفاع به شکل‌های مختلف استفاده می‌شود. مثلاً آب بالا آمده را در مخازن ذخیره کرده از انرژی پتانسیل گرانشی آن استفاده می‌کنند. روش دیگر این است که آب بالا آمده وارد مخازنی از هوا می‌شود که تحت اثر فشار هوای مخزن بیرون رانده شده، یک توربین را به حرکت در می‌آورد.

انرژی برق آبی



در این روش آب را در پشت سد در یک دریاچه در ارتفاع نگه می‌دارند و با پایین آمدن آب و سرازیرشدن آن به دریاچه‌ی پایین دست انرژی پتانسیل گرانشی آب را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند.

انرژی زمین گرمایی
در این روش آب سرد را با فشار زیاد به اعماق زمین می‌فرستند و در فاصله‌ی نسبتاً دوری (حدود ۱ km) آب گرم شده را به بالا می‌کشند. بدین ترتیب انرژی گرمایی اعماق زمین قابل استفاده می‌شود.
انرژی زمین گرمایی در صورتی تجدیدپذیر محسوب می‌شود که انرژی برداشت شده با انرژی تولید شده توسط واکنش‌های هسته‌ای زمینی برابر باشد. در ضمن باید مقدار آب تزریق شده و آب خارج شده برابر باشد.

سوخت‌های گیاهی(بیو مَس)
با تخمیر پسماندهای گیاهی می‌توان موادی مانند الکل(اتانول) و گاز متان را به‌دست آورد. هم‌چنین **زیست گاز که مخلوطی از متان و کربن‌دی‌اکسید است و انرژی آن حدود ۷۰% انرژی گاز طبیعی است،** از سوخت‌های گیاهی است.

فصل۲ _ دما و گرما

دما
دما معیاری برای سنجش سردی و گرمی اجسام است. در اصل آن چه ما در قالب دما حس می‌کنیم اثری کلی از حرکت جزئی ذرات تشکیل دهنده‌ی ماده است. هر چه انرژی جنبشی ذرات بیشتر باشد، دمای ماده‌ی شامل آن ذرات بالاتر است. ما به کمک حس لامسه خود می‌توانیم به طور تقریبی دمای اجسام را تشخیص دهیم. برای اندازه‌گیری دقیق دما، از دماسنج استفاده می‌شود.

دماسنجی
راه و شیوه‌ی اندازه‌گیری دما را دماسنجی می‌نامیم. برای دماسنجی از یک خاصیت ماده که در قبال تغییر دما، تغییر می‌کند استفاده می‌کنند. مهم‌ترین این ویژگی‌ها انبساط و انقباض مواد در اثر گرم یا سردشدن جسم است. رایج‌ترین نوع دماسنج‌ها، دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی هستند. نحوه‌ی استفاده از دماسنج به ساختمان آن بستگی دارد. در این نوع دماسنج‌ها، مخزن دماسنج را در تماس با جسم مورد آزمایش قرار می‌دهند و دما را از عدد مقابل سطح جیوه در لوله‌ی باریک می‌خوانند.

ساختمان دماسنج‌های جیوه‌ای (الکلی)
این دماسنج‌ها از یک مخزن و یک لوله‌ی باریک تشکیل شده است. وقتی مخزن گرم می‌شود، جیوه‌ی (الکل) مخزن منبسط شده در نتیجه سطح جیوه (الکل) در لوله بالا می‌رود. در اثر سرد شدن و انقباض این فرآیند برعکس انجام می‌شود.

مدرج ساختن دماسنج جیوه‌ای (الکلی)
برای مدرج کردن دماسنج جیوه‌ای مراحل زیر باید طی شود:
۱- مخزن دماسنج را در تماس با یخ خردشده‌ی درحال ذوب قرار می‌دهیم. سطح جیوه را بعد از ثابت شدن علامت می‌زنیم و عدد صفر را یادداشت می‌نمائیم.
۲- مخزن دماسنج را بالای آب در حال جوش در تماس با بخار آب قرار می‌دهیم. سطح جیوه را بعد از ثابت شدن علامت می‌زنیم و عدد ۱۰۰ را یادداشت می‌نمائیم.
۳- بین دو علامت را به صد قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم.
۴- بالای علامت صد و پائین صفر را متناسب با تقسیم‌بندی انجام شده درجه‌بندی می‌کنیم.

گستره‌ی سنجش دما در دماسنج‌ها
گستره‌ی عمل‌کرد دماسنج‌ها به ساختمان دماسنج و ماده‌ی دماسنجی بستگی دارد. مثلاً جیوه در دمای $-۳۹^{\circ}C$ یخ می‌زند. پس نمی‌توان از آن برای دماهای پایین‌تر از $-۳۹^{\circ}C$ استفاده کرد. الکل نیز در دمای $۷۸^{\circ}C$ تبخیر می‌شود. پس الکل نیز برای اندازه‌گیری دماهای بالاتر از $۷۸^{\circ}C$ مناسب نیست.

بستگی نقطه‌ی انجماد و جوش آب به فشار و ناخالصی
دمای ذوب و جوش آب (یا هر ماده‌ای) علاوه بر جنس ماده به فشار هوا و ناخالصی آن بستگی دارد. مثلاً **دمای ذوب یخ و جوش آب صفر درجه سلسیوس و $۱۰۰^{\circ}C$ است. ولی این در صورتی است که آب خالص بوده، فشار هوا نیز یک اتمسفر باشد. با افزایش فشار یا ناخالصی دمای ذوب یخ پایین آمده، دمای جوش آب نیز افزایش می‌یابد.**

تعادل گرمایی، دمای تعادل
وقتی دو منبع گرم و سرد در مجاورت هم قرار می‌گیرند، جسم گرم‌تر با کاهش دما و جسم سردتر با افزایش دما روبرو می‌شوند. وقتی دمای آن‌ها یکی شد دیگر دمای آن‌ها تغییر نمی‌کند. به این دما **دمای تعادل** گفته می‌شود.
دو جسم را در صورتی که در تماس با هم دمایشان تغییر نکند در تعادل گرمایی می‌گویند.

گرما
دو جسم سرد و گرم در اثر ارتباط با یکدیگر و اختلاف دمایشان دچار تغییر در مقدار انرژی درونی می‌شوند. **به انرژی مبادله شده بین دو جسم در اثر اختلاف دما، گرما می‌گویند.**
مثلاً ما از خورشید گرما می‌گیریم. چون بین ما و خورشید اختلاف دما وجود دارد. در انتقال انرژی به صورت گرما جسم با دمای بالاتر انرژی از دست می‌دهد و جسم سردتر انرژی به دست می‌آورد.

رسانش گرما
انرژی گرمایی در جسم از قسمت گرم‌تر (دارای دمای بالاتر) به قسمت سردتر می‌رود. به این نوع انتقال انرژی رسانش گرما می‌گویند. رسانش گرمایی بیشتر در مورد جامدات مطرح است. در سیالات (مایعات و گازها) نیز تا حدی رسانایی گرمایی وجود دارد ولی از آن جا که در این مواد هم‌رفت وجود دارد، اثر رسانایی فوق‌العاده کم می‌شود. موادی را که رسانش گرمایی آن‌ها فوق‌العاده کم است، اصطلاحاً نارسانا (عایق) گرمایی می‌گویند. مثلاً آب، هوا و چوب رساناهای خوبی برای گرما نیستند.

عایق‌بندی گرمایی
ما در زمستان با مصرف انرژی خانه را گرم می‌کنیم و در تابستان با مصرف انرژی (معمولاً انرژی الکتریکی) خانه را خنک می‌کنیم. اگر بتوانیم از مواد عایق گرما در ساختمان خانه استفاده کنیم، به علت انتقال گرمای کم‌تر دمای داخل ساختمان کم‌تر تغییر می‌کند و در نتیجه با مصرف کم‌تر انرژی خانه خنک یا گرم می‌شود.

کاربرد رسانایی رساناهای خوب گرما
۱- شعله پخش‌کن وسیله‌ای فلزی است که گرمای حاصل از شعله را (به واسطه‌ی رسانایی خوب) پخش می‌کند و مانع از سوختن غذا در فضای بالای شعله می‌شود.
۲- ظروف طبخ غذا را معمولاً آلومینیومی، مسی و ... می‌سازند تا گرما را بهتر به قسمت‌های مختلف غذا منتقل کنند.

آهنگ عبورگرما

به گرمای عبوری در واحد زمان از واحد سطح در اثر یک درجه سلسیوس اختلاف دما، آهنگ عبور گرما گفته می‌شود. یکای آهنگ عبور گرما می‌باشد.

مقدار آهنگ عبور گرما برای بعضی مصالح ساختمانی در جدول ۲-۲ کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه آمده است.

اگر رسانایی مواد را با k، مساحت دیواره را با A، اختلاف دما را با $\Delta\theta$ و زمان عبور گرما را با t نشان دهیم، گرمای عبوری با رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$Q = k.A.\Delta\theta.t$$

هوا رسانای ضعیف گرما

هوا یک رسانای بسیار ضعیف گرما است. یکی از کاربردهای این مورد **دیوارهای دو لایه** است. اتلاف انرژی از دیوارهای دولایه کم‌تر از نصف دیوارهای یک لایه است.

لباس‌های پشمی نیز علاوه بر نارسانا بودن پشم از هوای محبوس در بین تارهایشان کمک می‌گیرند.

پرندگان نیز در روزهای سرد با پوش دادن به پرهای خود از نارسانایی هوا استفاده می‌کنند.

گرمای ویژه

اجسام برای افزایش دما نیاز به دریافت انرژی گرمایی دارند. گرمای مورد نیاز برای افزایش دمای یکسان مواد مختلف برابر نیست. **به گرمای مورد نیاز برای یک درجه سلسیوس افزایش دمای یک کیلوگرم از هر ماده گرمای ویژه‌ی آن می‌گویند.** یکای گرمای $\frac{J}{kg^\circ C}$ می‌باشد. گرمای ویژه‌ی چند ماده‌ی مختلف در جدول ۲-۳ کتاب فیزیک۱ و آزمایشگاه آمده است.

برای جسم m با تغییر دمای $\Delta\theta$ و گرمای ویژه‌ی C داریم:

$$Q = m.c.\Delta\theta$$

که این رابطه میزان تغییر انرژی درونی جسم m را به ما می‌دهد.

کاربرد گرمای ویژه‌ی بالای آب

گرمای ویژه‌ی آب بسیار بالا است. این بدان معنا است که با مقدار کمی افزایش دما انرژی زیادی در خود ذخیره می‌کند. این مورد کاربردهایی دارد:

۱- در رادیاتور خودروها از آب استفاده می‌شود.

۲- در رادیاتور و شوفاژ ساختمان‌ها برای انتقال گرما از آب استفاده می‌شود.

۳- گرمای ویژه‌ی بالای آب در مناطق ساحلی مرطوب سبب می‌شود که دمای آن مناطق تقریباً ثابت بماند.

مقایسه‌ی گرما و انرژی درونی

همان‌طور که گفته شد انرژی جنبشی (ارتعاشی) ذرات تشکیل دهنده‌ی مواد در قالب انرژی درونی قرار می‌گیرد و دو جسم کاملاً همانند اگر دارای دماهای متفاوت باشند، جسم گرم‌تر دارای انرژی درونی بیشتری است. اگر مقداری آب $۱۰۰^\circ C$ را در مجاورت مقداری آهن $۱۰۰^\circ C$ قرار دهیم اتفاقی رخ نخواهد داد. در حالی که اگر این آب را در مجاورت مقداری آهن صفر درجه سلسیوس قرار دهیم، کمی سرد خواهد شد، یعنی انرژی درونی آن کاهش خواهد یافت و در عوض انرژی درونی آهن افزایش خواهد یافت. در این جا این مقدار انرژی درونی ابتدا تبدیل به انرژی گرمایی شده، سپس به انرژی درونی آهن تبدیل و به آن افزوده شده است. ما از انرژی درونی به خودی خود نمی‌توانیم بهره‌ای ببریم در حالی که با تبدیل آن به گرما می‌توانیم از انرژی تبدیل شده در نیروگاه‌ها، خودروها و ... بهره‌مند شویم.

فصل۳ _ الکتریسیته

بار الکتریکی

بار الکتریکی از مهم‌ترین ویژگی‌های ماده است. همان‌طور که ماده‌ی بدون جرم بی‌معنی است، ماده‌ی بدون بار هم بی‌معنی است.

ممکن است این سوال پیش آید که مواد خنثی چه؟ پاسخ این است که اتم‌های مواد از سه نوع ذره‌ی بنیادی به نام‌های الکترون، پروتون و نوترون تشکیل شده‌اند و الکترون‌ها منفی، پروتون‌ها مثبت و نوترون‌ها خنثی می‌باشند.

امروزه اثبات شده است که نوترون‌ها نیز از ذرات مثبت و منفی تشکیل شده‌اند. مهم‌ترین ویژگی بارهای الکتریکی **رانش بارهای هم‌نام** و **ربایش بارهای غیر هم نام** است.

پایستگی بار الکتریکی

برای باردار کردن یک جسم باید به آن الکترون بدهیم یا از آن الکترون بگیریم. پس برای باردار شدن یک جسم باید جسم دومی هم باردار شود، البته با بار مخالف. طبق این قانون **بار الکتریکی نه از بین می‌رود نه به وجود می‌آید، بلکه از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود.**

بار الکتریکی در اجسام باردار

همه‌ی اجسام دارای بار الکتریکی هستند. این بارها به صورت منفی (در الکترون‌ها) و به صورت مثبت (در پروتون‌ها) قرار دارد. نکته‌ی مهم این است که در اکثر اجسام مقدار بارهای منفی و مثبت (تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها) برابر است و از این رو خنثی (بدون بار) به نظر می‌رسند.

جسم باردار جسمی است که تعداد الکترون‌ها و پروتون‌هایش برابر نباشد. اگر تعداد الکترون‌ها بیشتر باشد جسم دارای بار منفی و اگر تعداد پروتون‌ها بیشتر باشد جسم دارای بار مثبت است.

در گذشته تصور بر این بود که بارهای مثبت (پروتون‌ها) جابه‌جا می‌شوند ولی امروزه اثبات شده است که **انتقال بار فقط از طریق الکترون انجام می‌پذیرد.**

بار الکترون فوق‌العاده ناچیز و برابر $۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$ می‌باشد. C علامت کولن یکای بار الکتریکی است. اگر n تعداد الکترون یا پروتون اضافی باشد، مقدار بار جسم (q) بر حسب کولن از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$q = ne$$

n حتماً عددی صحیح است. برای الکترون‌های اضافی می‌توان n را منفی و برای پروتون‌های اضافی مثبت در نظر گرفت.

کوانتومی بودن بار

همان‌طور که گفته شد بار الکتریکی از زیاد شدن یا کم شدن الکترون‌های ماده به وجود می‌آید. از ظاهر سخن چنین برمی‌آید که جسم نمی‌تواند به عنوان مثال ۱/۵ الکترون از دست بدهد یا بگیرد. برای همین بود که در رابطه‌ی $q = ne$ گفته شد که n باید عددی صحیح باشد. **به عبارت دیگر بار الکتریکی جسم باید مضرب صحیحی از بار الکترون باشد.** یعنی به عنوان مثال $۰C$ ، $۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$ و $۳/۲ \times ۱۰^{-۱۹} C$ می‌تواند باشد و مقادیر میانی این ارقام را نمی‌تواند بپذیرد. یعنی بار هیچ ماده‌ای مثلاً ۲×۱۰^{-۱۹} کولن نخواهد شد.

جسم رسانا و نارسانا

الکترون‌ها در اتم توسط هسته جذب می‌شوند. مقدار این جاذبه در اتم‌های مختلف یکسان نیست. در بعضی مواد این جاذبه بسیار زیاد است و در نتیجه الکترون‌ها در مدار خود ثابت هستند و از آن دور نمی‌شوند. در این اجسام هر نقطه از جسم باردار شود بار در همان جا می‌ماند. به این اجسام **نارسانا** می‌گویند.

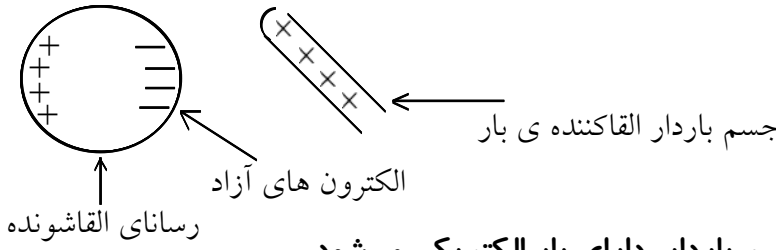
در گروه مقابل اجسامی هستند که الکترون‌های آن‌ها به راحتی در ماده جابه‌جا می‌شود و از مدار یک هسته به مدار هسته‌ی بعدی می‌روند. به این الکترون‌ها **الکترون آزاد** گفته می‌شود. الکترون‌های آزاد سبب می‌شوند بار الکتریکی بتواند در جسم شارش پیدا کند. به اجسامی که دارای الکترون آزاد هستند و الکتریسیته از آن‌ها شارش می‌یابد **رسانا** می‌گویند.

اجسام رسانا را به علت شارش بار نمی‌توان به روش مالش باردار نمود.

القای بار الکتریکی

بارهای هم نام هم‌دیگر را دفع می‌کنند و بارهای ناهم‌نام جاذبه دارند. اگر جسم بارداری را به یک رسانا نزدیک کنیم (مثلا دارای بار مثبت) الکترون‌های آزاد رسانا توسط جسم باردار جذب می‌شود و به یک سو کشیده می‌شود. بدین ترتیب یک رسانا دارای بار مثبت و سر دیگر دارای بار منفی می‌شود.

در این فرآیند **رسانا یا نارسانا بودن القا کننده‌ی بار مهم نیست، ولی جسم القا شونده باید رسانا باشد.**



در روش القا جسم رسانا بدون تماس با جسم باردار، دارای بار الکتریکی می‌شود.

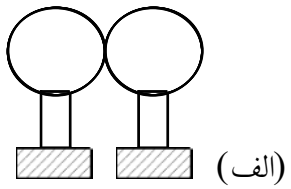
باردار کردن دو کره با بار مخالف به روش القا

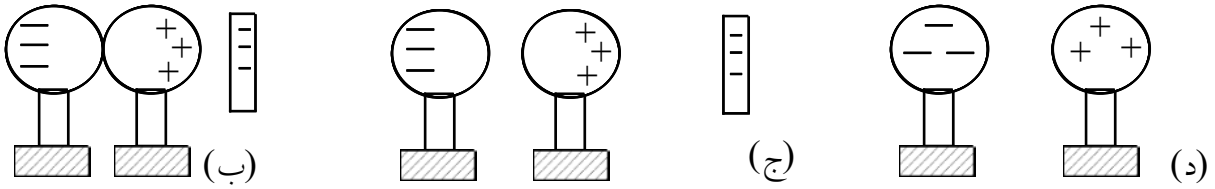
۱ - دو کره‌ی رسانا را به هم می‌چسبانیم.

۲ - جسم باردار را به یکی از کره‌ها نزدیک می‌کنیم.

۳ - دو کره را از هم جدا می‌کنیم.

۴ - جسم باردار را از کره دور می‌کنیم.





آذرخش یا تخلیه‌ی الکتریکی

ابرها در اثر مالش با هوا دارای بار الکتریکی می‌شوند. در اکثر موارد سطح زیرین ابر بار منفی دارد. زمانی که دو سمت ابر با بارهای ناهمنام به هم نزدیک می‌شوند تخلیه‌ی الکتریکی انجام می‌شود که حاصل آن نور و صدای شدید (رعد و برق) یا همان آذرخش است.

گاهی تخلیه‌ی الکتریکی بین ابر و زمین انجام می‌شود. **برای جلوگیری از آثار مخرب آذرخش یک میله‌ی بلند را روی ساختمان‌های مرتفع نصب می‌کنند و با کابل مسی ضخیم آن را به عمق زمین می‌کشند. بدین ترتیب بار تخلیه شده به زمین منتقل شده به ساختمان و ساکنین آن صدمه نمی‌زند.**

تمرکز بار در رسانا

بار در نقاط نوک تیز بهتر جمع می‌شود، در نتیجه تخلیه از طریق این نقاط بهتر انجام می‌گیرد. از این خاصیت در رسانای آذرخش، چرخ الکتریکی، آونگ الکتریکی، تخلیه‌ی بار جمع شده در بدنه‌ی هواپیما و ... استفاده می‌شود.

اختلاف پتانسیل الکتریکی

دو مخزن آب را که در ارتفاع‌های غیر مساوی قرار دارند با هم ارتباط می‌دهیم. آب از مخزن بالاتر به مخزن پایین منتقل می‌شود. در این مساله جرم آب مخزن‌ها اهمیت ندارد.

دو کره‌ی هم اندازه و دارای بار نامساوی را به هم اتصال می‌دهیم. بار از کره‌ی دارای بار بیشتر به کره‌ی دارای بار کمتر می‌رود. چرا که پتانسیل کره‌ی پربارتر بیشتر از دیگری است.

دو کره‌ی نامساوی و هم‌بار را با هم اتصال می‌دهیم. بار از کره‌ی کوچکتر به کره‌ی بزرگتر منتقل می‌شود. چرا که پتانسیل کره‌ی کوچک‌تر بیشتر از دیگری است.

پتانسیل الکتریکی در اصل انرژی هر ذره‌ی باردار در جسم می‌باشد. در انتقال بار از یک رسانا به رسانای دیگر مقدار بار هیچ اهمیتی ندارد، بلکه انرژی الکتریکی هر ذره است که دارای اهمیت است.

به اختلاف انرژی الکتریکی هر ذره‌ی باردار در دو وضعیت مختلف، اختلاف پتانسیل الکتریکی گفته می شود.
اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دو جسم، عامل شارش بار الکتریکی از یک جسم به جسم دیگر است.

یکای اختلاف پتانسیل الکتریکی ولت (V) است. پتانسیل الکتریکی جسم به نوع و اندازه‌ی بار و شکل هندسی جسم بستگی دارد.

ولتاژ اسمی دستگاه

برای کار هر وسیله‌ی الکتریکی باید بین دو سر آن اختلاف پتانسیل الکتریکی ایجاد شود. روی هر وسیله‌ی الکتریکی دو عدد، مثلاً $۶۰\,W - ۲۲۰\,V$ نوشته شده است. عبارت $۲۲۰\,V$ به این معنا است که مناسب‌ترین اختلاف پتانسیل برای کار این وسیله ۲۲۰ ولت می‌باشد. **اختلاف پتانسیل مناسب هر دستگاه به ساختمان درونی دستگاه بستگی دارد و به آن ولتاژ اسمی دستگاه می‌گویند.**

مولد

وقتی دو مخزن غیر هم ارتفاع را به هم ربط می‌دهیم، آب از مخزن بالایی به مخزن پایینی می‌رود. این جریان تا زمانی ادامه دارد که ارتفاع آب دو مخزن یکی نیست. اگر بخواهیم جریان آب دائمی باشد باید آب را به کمک یک پمپ از مخزن پایینی به مخزن بالایی منتقل کنیم و آب زمان پایین آمدن انرژی‌اش را آزاد می‌کند و می‌توان از آن استفاده کرد. زمان بالا رفتن نیز آب از پمپ انرژی می‌گیرد.

وقتی دو جسم غیر هم پتانسیل را به هم وصل می‌کنیم بار از جسم با پتانسیل بالاتر به پتانسیل کمتر می‌رود. برای ایجاد جریان دائمی از مولد استفاده می‌کنیم. **مولد با دادن انرژی به بار آن را از محلی با پتانسیل کمتر به موقعیتی با پتانسیل بیشتر می‌برد.**

نیروی محرکه‌ی مولد

مولدها با روش‌های مختلفی مانند یک واکنش شیمیایی بین دو پایانه (اتصال) خود اختلاف پتانسیل الکتریکی ایجاد می‌کنند (به بار انرژی می‌دهند).

مقدار اختلاف پتاسیل دو سر مولد بر حسب توان خروجی آن (مصرف کننده) می‌تواند متغیر باشد.

بیش‌ترین اختلاف پتانسیلی که مولد می‌تواند ایجاد کند نیروی محرکه مولد نام دارد و با یکای ولت اندازه‌گیری می‌شود.

جریان الکتریکی

به آهنگ شارش بار الکتریکی از هر مقطع رسانا شدت جریان الکتریکی گفته می شود.

اگر بار q در مدت زمان t از یک مقطع مدار عبور کند، شدت جریان I از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$I = \frac{q}{t}$$

در این رابطه q بر حسب کولن و t بر حسب ثانیه می‌باشد. در این صورت I بر حسب آمپر به دست می‌آید.
$1A$ شدت جریان بسیار بالایی است و در اکثر وسایل برقی شدت جریان در حدود چند میلی آمپر (mA) می‌باشد.

مقاومت الکتریکی

وقتی در دو سر یک رسانا اختلاف پتانسیل ایجاد می‌شود، بارها در آن شارش می‌کنند. بارها در مسیر خود با برخورد به ذرات در حال نوسان برخورد کرده، انرژی خود را از دست می‌دهند. این انرژی به انرژی درونی تبدیل می‌شود. در این حالت اصطلاحاً می‌گویند رسانا دارای مقاومت الکتریکی است. یکای مقاومت الکتریکی اهم است. 1Ω مقاومت بسیار کمی است و بیشتر ابزارها دارای مقاومت چند کیلو اهم هستند.

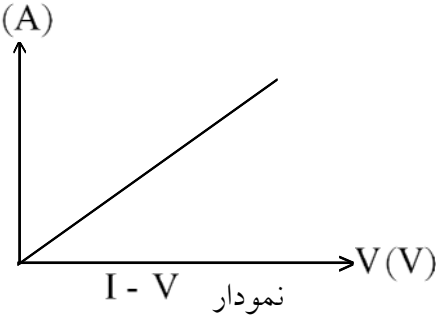
وقتی رسانا گرم می‌شود نوسان‌های ذرات آن افزایش می‌یابد. این مسئله سبب افزایش مقاومت الکتریکی آن می‌شود.

قانون اهم

جریان الکتریکی در اثر اختلاف پتانسیل الکتریکی ایجاد می‌شود. **نسبت V (اختلاف پتانسیل الکتریکی) به I (شدت جریان الکتریکی) همواره برای یک رسانا مقدار ثابتی است که به آن مقاومت الکتریکی گفته می‌شود.**
مقاومت الکتریکی با R نشان داده می‌شود:

$$R = \frac{V}{I}$$

اگر به ازای اختلاف پتانسیل‌های مختلف شدت جریان را اندازه بگیریم و نمودار I بر حسب V ($I - V$) را رسم کنیم شیب خط حاصل با $\frac{1}{R}$ برابر است.



نمودار $I - V$

پس هر چه شیب خط بیش‌تر باشد مقاومت رسانا کم‌تر است
و شیب خط کم‌تر، نشانه‌ی مقاومت بیش‌تر است.

مصرف انرژی الکتریکی

وقتی از یک رسانا در اثر اختلاف پتانسیل V جریان I عبور می‌کند، مقداری انرژی الکتریکی مصرف شده عموماً تبدیل به انرژی درونی می‌شود.

انرژی مصرف شده در یک رسانا به عوامل زیر بستگی دارد:

۱ - **مقاومت الکتریکی رسانا** (R)

۲ - **زمان عبور جریان الکتریکی** (t)

۳ - **مجذور شدت جریان الکتریکی** (I^2)

انرژی مصرفی را با W نشان می‌دهیم. رابطه‌ی بین W و سه عامل یاد شده به شکل زیر است:

$$W = RI^2t$$

اگر R بر حسب اهم (Ω)، I بر حسب آمپر (A) و t بر حسب ثانیه (S) باشند، W بر حسب ژول (J) به دست می‌آید.

انرژی مصرفی در یک رسانا با رابطه‌های دیگر نیز به دست می‌آید:

$$W = RI^2t = \frac{R^2I^2}{R}t = \frac{(RI)^2}{R}t = \frac{V^2}{R}t$$

توان الکتریکی مصرفی در رسانا

به آهنگ مصرف انرژی الکتریکی در رسانا توان الکتریکی گفته می‌شود.

توان عبارت است از **انرژی مصرف شده در واحد زمان (مثلاً ۱ ثانیه)**

$$P = \frac{W}{t}$$

ما برای انرژی چهار رابطه داشتیم. بنابراین برای توان نیز چهار رابطه وجود دارد:

$$P = RI^2$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

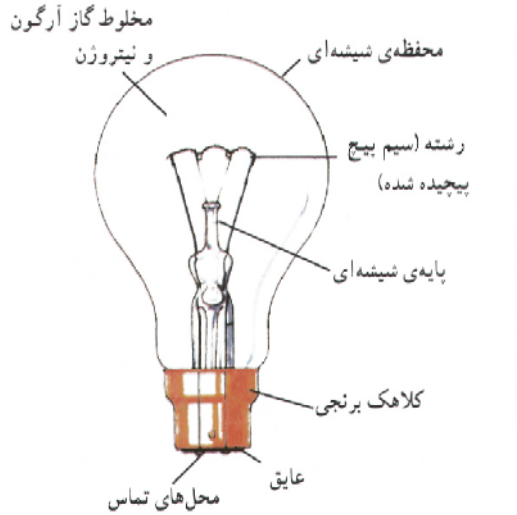
$$P = VI$$

$$P = \frac{Vq}{t}$$

اگر یکای دیگر کمیت‌ها استاندارد انتخاب شده باشد، یکای توان ژول بر ثانیه $\left(\frac{J}{S}\right)$ یا وات (W) خواهد بود.

ساختمان لامپ رشته‌ای

در لامپ‌های رشته‌ای، انرژی الکتریکی به انرژی درونی رشته‌ی لامپ تبدیل می‌شود و دمای آن را تا حدود $۳۰۰۰^{\circ}C$ بالا می‌برد. در این دما رشته‌ی درون لامپ بخشی از انرژی خود را به صورت انرژی نورانی تابش می‌کند.



توان اسمی

روی هر وسیله‌ی برقی ۲ عدد نوشته می‌شود که یکی از آن‌ها اختلاف پتانسیل مناسب کار دستگاه است که به آن ولتاژ اسمی می‌گویند.

عدد دوم توان کار دستگاه در صورت اتصال به ولتاژ اسمی است. به این توان، توان اسمی گفته می‌شود.

توان اسمی دستگاه، توان مصرفی آن در صورت اتصال به ولتاژ اسمی است.

توان بیش‌تر یا کم‌تر برای دستگاه ممکن است زیان‌بار باشد.

بهای انرژی الکتریکی مصرفی

شمارگر(کنتور) ساختمان وسیله‌ای است که مقدار انرژی مصرفی را اندازه می‌گیرد. اگر توان مصرفی را با P و زمان مصرف را با t نشان دهیم انرژی مصرفی طبق رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$W = Pt$$

معمولا P را بر حسب وات و t را بر حسب ثانیه جاگذاری می‌کنیم و یکای انرژی بر حسب ژول به دست می‌آید.

اگر P را بر حسب کیلووات و t را بر حسب ساعت جاگذاری کنیم، انرژی مصرفی بر حسب یکای جدیدی به نام کیلووات‌ساعت (kWh) به دست می‌آید.

کیلووات‌ساعت یکای تجاری انرژی است. معمولاً هزینه‌ی انرژی مصرفی را بر اساس کیلووات‌ساعت مصرفی انرژی بیان می‌کنند. مثلاً ۲۰۰ ریال برای هر کیلووات‌ساعت.

انرژی مصرفی بر حسب کیلووات‌ساعت × هزینه‌ی هر کیلووات‌ساعت = هزینه‌ی مصرفی کل

فصل۴ _ بازتاب نور

چشمه‌ی نور:

جسمی که بتواند نور به محیط اطرافش بدهد چشمه نور نامیده می‌شود.

اگر چشمه نور به اندازه‌ی کافی کوچک باشد چشمه نقطه‌ای نور نامیده می‌شود.

در مواردی که چشمه نور بزرگ باشد و ابعاد آن در مقایسه با اجسام کدر قابل ملاحظه باشد، به چشمه نور، چشمه گسترده‌ی نور گفته می‌شود.

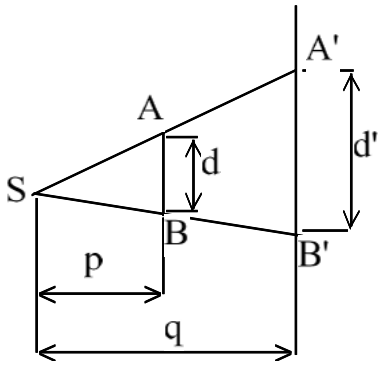
باریکه نور:

مسیر نوری که از یک شکاف گذشته است یک باریکه نور را نشان می‌دهد.

به باریکه‌ی نور با پهنای بسیار کم **پرتو نور** گفته می‌شود.

سایه:

وقتی جسم کدری بین منبع نقطه‌ای نور و پرده‌ای قرار گیرد، نور به بخشی از پرده نمی‌رسد و روی آن ناحیه‌ی تاریکی ایجاد می‌گردد. به این ناحیه‌ی تاریک سایه گفته می‌شود.

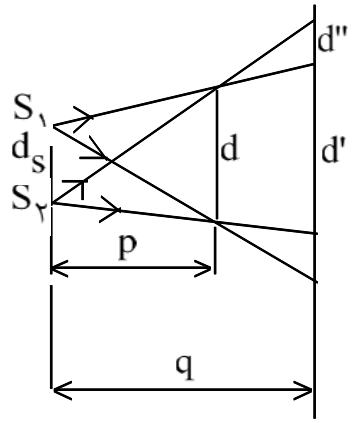


اگر فاصله‌ی منبع نور تا جسم و سایه p و q باشد و d و d' قطر جسم و سایه باشد، رابطه‌ی آنها به‌شکل زیر است:

$$\frac{d'}{d} = \frac{q}{p}$$

شباهت سایه و جسم و نیز مرز روشن بین سایه و بخش روشن حاکی از مستقیم بودن مسیر نور است.

نیم‌سایه:



زمانی که ابعاد منبع نور در مقایسه با جسم و محیط بزرگ باشد (چشمه‌ی نور گسترده باشد) ، منطقه‌ی بین سایه و بخش روشن ایجاد می‌کند که نور بخشی از منبع به آن می‌رسد و نور بخشی از منبع به آن نمی‌رسد. به این ناحیه نیم‌سایه گفته می‌شود. و معمولاً بین بخش سایه و نیم‌سایه یا بین ناحیه‌ی روشن و نیم‌سایه مرز روشنی وجود ندارد.

بین ابعاد سایه (d') و نیم‌سایه (d'') ، قطر جسم (d)، قطر منبع (d_S) و فاصله p و q (فاصله چشمه‌ی گسترده‌ی نور از جسم و سایه) رابطه‌ی زیر برقرار است:

در این دو رابطه d'' و d' مجهول هستند. از رابطه‌ی بالایی d'' را به‌دست آورده و در رابطه‌ی پایینی قرار می‌دهیم تا d' به‌دست می‌آید.

خورشیدگرفتگی:

در چرخش ماه به دور زمین گاهی ماه بین زمین و خورشید فاصله می‌شود و سایه‌ی آن روی زمین می‌افتد. از آنجا که خورشید یک منبع گسترده‌ی نور است سایه و نیم‌سایه تولید می‌شود. در منطقه‌ی سایه **خورشید گرفتگی کلی** رخ داده است و در منطقه‌ی نیم‌سایه **خورشید گرفتگی جزئی**.

گاهی به‌خاطر زیاد شدن فاصله‌ی ماه از زمین اطراف خورشید به‌صورت یک حلقه قابل مشاهده است. به این نوع خورشید گرفتگی، **خورشید گرفتگی حلقوی** گفته می‌شود.

ماه‌گرفتگی:

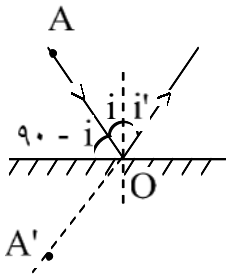
در پدیده‌ی ماه‌گرفتگی، زمین بین خورشید و ماه قرار می‌گیرد و سایه‌ی زمین روی ماه می‌افتد. بسته به مقدار سایه‌ی روی ماه، ماه گرفتگی به دو شکل جزئی و کلی رخ می‌دهد.

عکس‌العمل مواد در برابر نور:
مواد در برابر نور **سه نوع عکس‌العمل** نشان می‌دهند:
۱ - نور را **جذب** می‌کنند. (تبدیل به انرژی درونی)
۲ - نور را **بازتاب** می‌کنند. (اجسام کدر)
۳ - نور را **عبور** می‌هند. (اجسام شفاف)
تقریباً تمام مواد عکس‌العمل اول را دارند. یعنی بخشی (هر چند ناچیز) یا تمام نور را به انرژی درونی تبدیل می‌کنند.
اجسام کدر و صیقلی علاوه بر جذب بخشی از نور را بازتاب می‌دهند.
چیزی که باعث دیده شدن اجسام است، همین بازتاب می‌باشد. اجسام شفاف نیز بخش کمی از نور را بازتاب می‌دهند.
عبور نور مختص اجسام شفاف است که علاوه بر جذب و بازتاب در این اجسام بروز می‌کند. جذب و بازتاب در این اجسام بسیار کم است. حتی هوا نیز بخشی از انرژی نور را جذب می‌نماید.

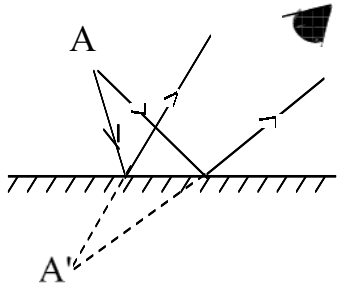
بازتاب نور از سطح اجسام
وقتی پرتو نور به سطح جسم برخورد می‌کند قسمتی از آن بازتاب می‌کند و به ما می‌رسد. این باعث دیده شدن اجسام می‌باشد.
بازتاب نور از سطح اجسام به دو شکل منظم و نامنظم انجام می‌گیرد.
اجسام زبر (غیر صیقلی) نور را به‌صورت نامنظم بازتاب می‌دهند.
اجسام صیقلی نور را به‌صورت منظم بازتاب می‌دهند. منظور از بازتاب منظم این است که با داشتن پرتوهای تابش منظم، پروتوهای بازتاب منظمی ریاضی، هندسی یا ... دارند.
به بازگشت نور از سطح بازتاب نور گفته می‌شود.

قوانین تابش و بازتابش
به پرتویی که به جسم برخورد می‌کند پرتو تابش گفته می‌شود.
به زاویه‌ی بین پرتو تابش و خط عمود بر سطح جسم صیقلی (آینه) زاویه‌ی تابش گفته می‌شود.
به زاویه‌ی بین پرتو بازتابش و خط عمود بر سطح جسم صیقلی (آینه) زاویه‌ی بازتابش گفته می‌شود.
۱ - پرتوهای **تابش** و **بازتابش** و **خط عمود** بر سطح آینه در **یک صفحه** واقع هستند.
۲ - **زاویه‌های تابش** و **بازتابش** با هم **برابرند.**

رسم پرتوهای بازتاب در آینه‌ها تخت
برای رسم پرتوهای بازتاب نقطه‌ای را روی پرتوی تابش انتخاب کرده قرینه‌ی آن را نسبت به آینه به‌دست آورید.
از A' (قرینه‌ی A) به O وصل کرده امتداد دهید.
بدین ترتیب i و i' برابر خواهند شد. اثبات درستی $i = i'$ به عهده‌ی دانش‌آموز.

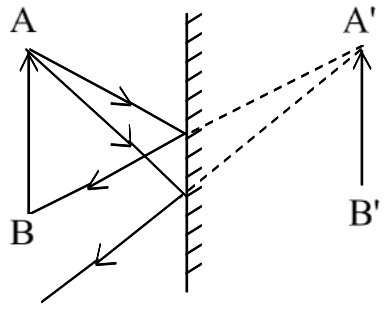


تصویر در آینه‌های تخت



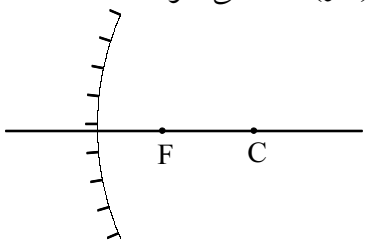
وقتی یک منبع نور در برابر آینه‌ی تخت قرار می‌گیرد بازتاب نور از سطح آینه به گونه‌ای است که گویی منبع نور دیگری در نقطه‌ی A' وجود دارد.
برای رسم پرتوهای بازتاب ابتدا **قرینه‌ی** A (منبع نور) را به‌دست می‌آوریم. و پرتوهای بازتاب را رسم می‌کنیم. اگر ناظری در برابر آینه باشد تصور خواهد کرد که علاوه بر A چشمه‌ی نوری هم در A' قرار دارد. به A' تصویر A گفته می‌شود. از این جا که در نقطه‌ی A چیزی وجود ندارد و A' صرفاً یک تصویر است به آن تصویر **مجازی گفته** می‌شود.

ویژگی‌های تصویر در آینه‌های تخت

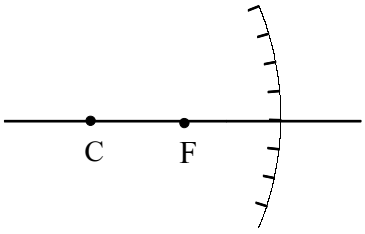


تصویر تشکیل شده در آینه‌ها تخت دارای ویژگی‌های زیر می‌باشد.
۱ - $A'B'$ (تصویر AB) یک تصویر مجازی است.
۲ - طول $A'B'$ (تصویر) و طول جسم (AB) برابر است.
۳ - تصویر نسبت به جسم مستقیم است.
۴ - تصویر وارون جانبی جسم است.
به‌طور خلاصه به جای موارد ۲ ، ۳ و ۴ می‌توان گفت تصویر قرینه‌ی جسم نسبت به آینه است.

آینه کروی
سطح آینه کروی بخشی از سطح یک کره است.
اگر سطح برآمده‌ی آینه کروی صیقلی باشد به آن آینه‌ی محدب (کوژ) و اگر سطح فرورفته‌ی آینه کروی صیقلی باشد به آن آینه مقعر (کاو) گفته می شود.

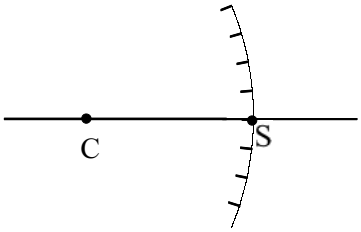


طرح واره ی آینه ی مقعر



طرح واره ی آینه ی محدب

مرکز و محور اصلی آینه‌های کروی

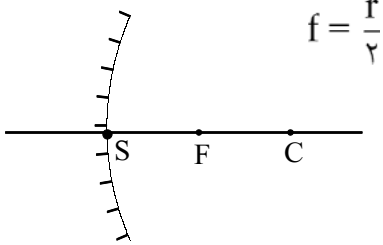


به نقطه‌ای که مرکز کره‌ی تشکیل دهنده‌ی آینه است **مرکز** آینه گفته می‌شود و آن را با C نشان می‌دهند.
به خطی از C (مرکز آینه) و S (رأس آینه) می گذرد **محور اصلی** آینه گفته می‌شود.
قوانین تابش و بازتابش نور در آینه‌های کروی نیز همانند آینه‌های تخت است. یعنی اگر در نقطه‌ی فرود پرتو خطی عمود بر سطح آینه رسم کنیم زوایای تابش و بازتابش با هم برابرند.
خط عمود در آینه‌های کروی خطی است که از C (مرکز آینه) به نقطه‌ی فرود پرتو وصل شود.

کانون آینه‌ی مقعر

کانون آینه‌ی مقعر نقطه‌ای روی محور اصلی است که درست وسط پاره‌خط SC قرار دارد و با F نشان داده می‌شود. به فاصله‌ی FS فاصله کانونی گفته می‌شود و با f نشان داده می‌شود. کانون آینه‌ی مقعر حقیقی است.

$$f = \frac{r}{۲}$$



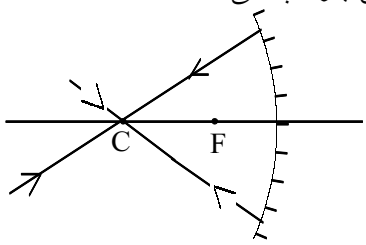
البته این مطلب درباره‌ی آینه‌ی محدب نیز صحیح است. به صفحه‌ای که از کانون آینه می‌گذرد و بر محور اصلی عمود است، صفحه‌ی کانونی گفته می‌شود.

رسم پرتوهای بازتاب در آینه‌ی مقعر

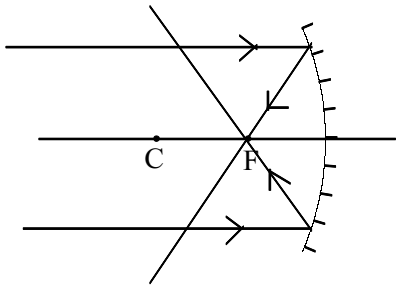
سه پرتو به عنوان پرتوی استاندارد در رسم پرتو در آینه‌ی مقعر استفاده می‌شود.

برای پرتوهایی که از این قانون تبعیت نکنند باید خط عمود رسم شده و زاویه‌ی بازتاب به کمک قرینه‌یابی رسم شود.

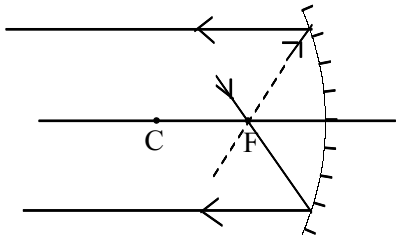
۱ - هر **پرتویی که از مرکز آینه‌ی مقعر بگذرد** (بر شعاع منطبق باشد) روی خودش بازتاب می‌کند.



۲ - هر **پرتویی که موازی محور اصلی باشد** در بازتاب از کانون می‌گذرد.



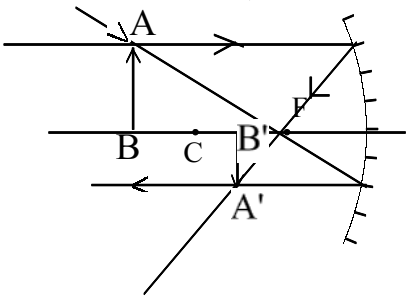
۳ - پرتوهایی که خودشان یا امتدادشان از کانون بگذرد موازی محور اصلی بازتاب می‌کنند.



چگونگی تشکیل تصویر در آینه‌های مقعر

برای به‌دست آوردن تصویر یک جسم در آینه باید تصویر تمام نقاط آن را به‌دست آوریم. و برای ترسیم تصویر هر نقطه نیاز به رسم دو پرتو می‌باشد.

در عمل اثبات شده است که اگر جسم روی محور اصلی و عمود بر آن باشد کافی است تصویر نوک آن (دورترین نقطه از محور) را به‌دست آوریم. بین سه پرتو استاندارد معرفی شده نیز ۲ پرتو را انتخاب می‌کنیم.



به $A'B'$ تصویر AB به‌دست می‌آید.

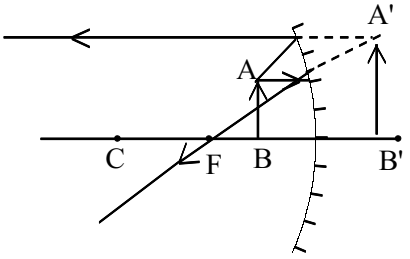
به تصویری که به این ترتیب به‌دست می‌آید تصویر حقیقی گفته می‌شود. **در تصویر حقیقی پرتوها در یک نقطه هم‌دیگر را قطع می‌کنند.**

تصویرهای حقیقی دارای دو ویژگی هستند. اول آن‌که **تصاویر حقیقی نسبت به جسم وارونه هستند.** دوم آن‌که **اگر محل تصویر پرده یا کاغذی سفید قرار دهیم تصویر روی پرده تشکیل می‌شود.**

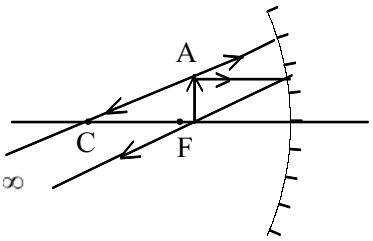
اگر ناظر بعد از نقطه‌ی A' در امتداد پرتو بایستد می‌تواند تصویر وارون را ببیند.

حالت‌های مختلف تشکیل تصویر در آینه‌ی مقعر

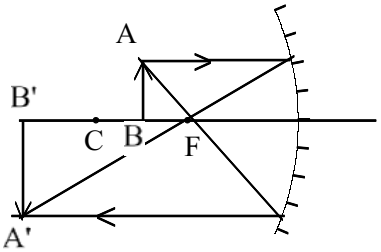
۱ - جسم **در فاصله‌ی کانونی** آینه‌ی مقعر قرار دارد، **تصویر** در این حالت **مجازی، مستقیم و بزرگ‌تر از جسم** می‌باشد.



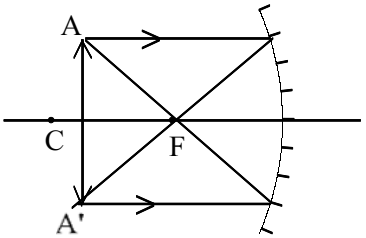
۲ - جسم **روی کانون** آینه‌ی مقعر قرار دارد. تصویر در این حالت واضح نیست. اصطلاحاً گفته می‌شود **تصویر در بی‌نهایت** تشکیل می‌شود. چرا که پرتوهای خروجی موازی هستند.



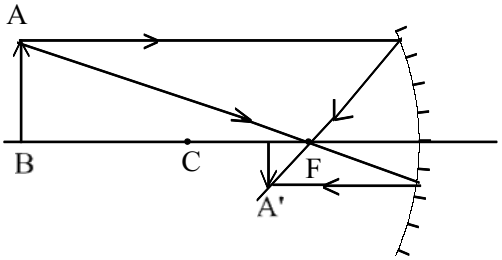
۳ - جسم **بین** F **و** C قرار دارد. **تصویر** در این حالت **حقیقی، وارونه و بزرگ‌تر از جسم است**. تصویر **بعد از** C (مرکز آینه) تشکیل می‌شود.



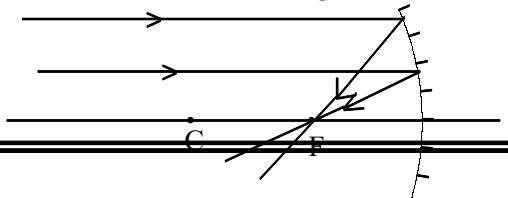
۴ - جسم **روی** C (مرکز آینه) قرار دارد. **تصویر** در این حالت **حقیقی، وارونه و هم‌اندازه‌ی جسم** است. تصویر در همان **مرکز آینه** تشکیل می‌شود.

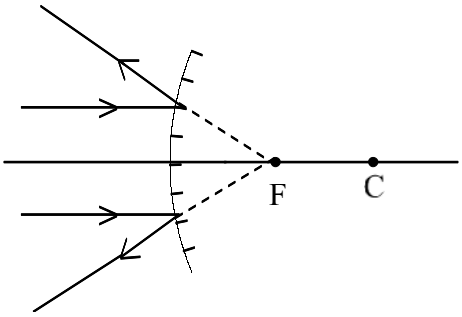


۵ - جسم **بعد از مرکز** آینه (C) قرار دارد. **تصویر** در این حالت **حقیقی، وارونه و کوچکتر از جسم** تشکیل می‌شود، تصویر **بین** F **و** C قرار دارد.



۶ - جسم در **بی‌نهایت** قرار دارد. **تصویر حقیقی کوچکتر و وارونه و در محل** F تشکیل می‌شود.



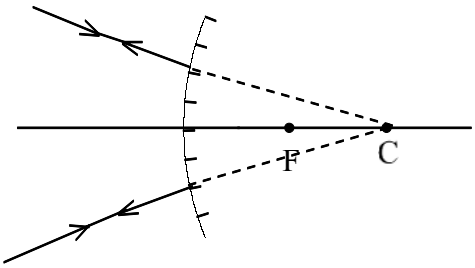


کانون آینه‌ی محدب:
بازتاب پرتوهایی که موازی محور اصلی می‌تابند به گونه‌ای است که اگر امتدادشان را رسم کنیم در نقطه‌ای واقع بر محور اصلی و پشت آینه به هم می‌رسند. به این نقطه، نقطه‌ی کانونی گفته می‌شود. کانون آینه‌ی محدب مجازی است.

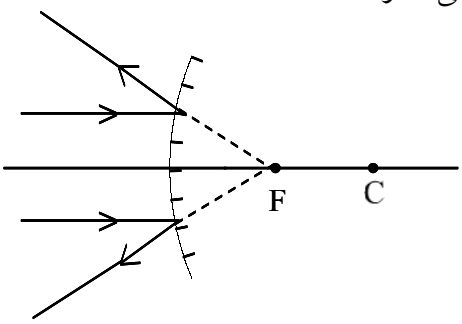
$$f = \frac{r}{2}$$

فاصله‌ی کانونی آینه‌های کروی نصف شعاع آن‌ها است.

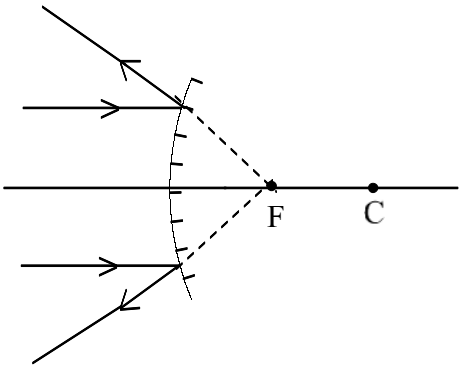
رسم پرتوهای بازتاب در آینه‌ی محدب:
برای رسم بازتابش پرتوها، همان قوانین بازتابش در آینه‌های مقعر و آینه‌های تخت استفاده می‌شود. همانند آینه‌های مقعر سه پرتو استاندار برای رسم پرتوهای بازتابش استفاده می‌شود.
۱ - پرتوهایی که امتدادشان از مرکز آینه بگذرد روی خودشان بازتاب می‌کنند.



۲ - پرتوهایی که موازی محور اصلی بتابند بعد از بازتاب امتدادشان از کانون می گذرد.

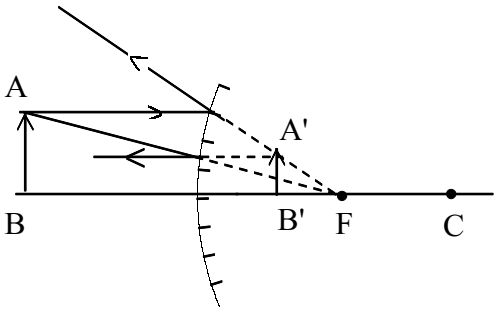


پرتوهایی که امتدادشان از کانون بگذرد موازی محور اصلی بازتاب می‌کنند.



تصویر در آینه‌های محدب:

برای به‌دست آوردن تصویر در آینه‌های محدب همانند آینه‌های مقعر عمل می‌کنیم. ۲ پرتو از ۳ پرتو استاندارد را انتخاب می‌کنیم. تصویر در آینه‌های **محدب مجازی، مستقیم و کوچکتر از جسم** است. تصویر بین رأس آینه و F **(درفاصله کانونی)** قرار دارد.



محاسبه‌ی فاصله تصویر تا آینه‌ی مقعر:

اگر p و q و f به ترتیب فاصله‌ی جسم تا آینه، فاصله‌ی تصویر تا آینه و فاصله‌ی کانون باشد رابطه‌ی زیر، ارتباط بین آن‌ها را مشخص می‌کند.

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

زمان محاسبه اگر q مثبت به‌دست آمد یعنی تصویر حقیقی است و اگر q منفی شد تصویر مجازی می‌شود.

محاسبه‌ی فاصله‌ی تصویر در آینه‌های محدب:

برای محاسبه فاصله‌ی تصویر با آینه در آینه‌های محدب از همان رابطه‌ی آینه‌های مقعر استفاده می‌شود.

تنها یک تفاوت وجود دارد. آن هم این است که کانون آینه‌های محدب منفی جاگذاری می‌شود؛ مثلاً $f=-۵cm$

بزرگ‌نمایی خطی آینه‌های کروی:

در آینه‌های کروی تصویر و جسم در اکثر موارد هم‌اندازه نیستند. بزرگ‌نمایی خطی آینه‌ها را با m نشان می‌دهند و عبارت است از اندازه‌ی تصویر به اندازه‌ی جسم. L' طول تصویر و L طول جسم است.

$$m=\frac{L'}{L}$$

به راحتی اثبات می‌شود که:

$$m=\left|\frac{q}{p}\right|$$

قدر مطلق از این جهت است که q ممکن است حقیقی یا مجازی باشند.

اثبات به عهده‌ی دانش‌آموز! (از طریق تشابه مثلثات)

فصل ۵ _ شکست نور

شکست نور

نور وقتی از محیطی به محیط دیگر می‌رود سرعت و اکثر اوقات مسیر آن تغییر می‌کند.

به این پدیده شکست نور گفته می‌شود. تغییر مسیر زمانی رخ می‌دهد که نور به‌طور مایل به سطح جدایی دو محیط بتابد.

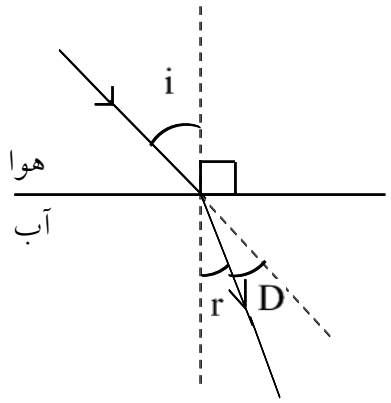
به زاویه‌ی بین پرتو تابش و خط عمود بر مرز دو محیط زاویه‌ی تابش می‌گویند.

به زاویه‌ی بین پرتو شکست و خط عمود بر مرز دو محیط زاویه‌ی شکست می‌گویند.

معمولاً زاویه‌ی تابش را با i و زاویه‌ی شکست را با r نشان می‌دهند.

به زاویه‌ی بین پرتو شکست و امتداد پرتو تابش، زاویه‌ی انحراف گفته می‌شود و آن را با D نشان می‌دهند.

$D = i - r$



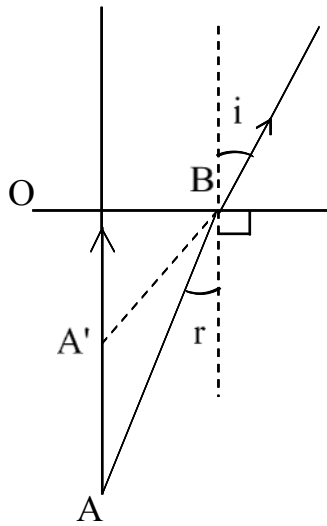
عمق ظاهری و واقعی

وقتی به جسمی که در یک محیط شفاف دیگر قرار دارد نگاه می‌کنیم، آن را در جای واقعی‌اش نمی‌بینیم. علت این مسئله شکست نور است.

جسمی که در نقطه‌ی A قرار دارد در نقطه‌ی A' (تصویر مجازی) دیده می‌شود.

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

اگر به جسم کاملاً عمودی نگاه کنیم با تقریب بسیار خوبی می‌توان گفت:



و با قرار دادن و به راحتی اثبات می‌شود:

در حالت کلی می‌توان گفت:

$$n = \frac{n_{\text{محیط جسم}}}{n_{\text{محیط ظاهر}}} = \frac{h_{\text{واقعی}}}{h_{\text{ظاهری}}}$$

رابطه‌ی شکست نور با سرعت نور در دو محیط

ضریب شکست مطلق یک محیط شفاف برابر است با نسبت سرعت نور در خلأ به سرعت نور در محیط شفاف

$$n = \frac{C}{V}$$

سرعت نور در خلأ تقریباً می‌باشد.

برای دو محیط ۱ و ۲ می‌توان نوشت:

$$\left.\begin{aligned} n_1 = \frac{C}{V_1} \Rightarrow n_1 V_1 = C \\ n_2 = \frac{C}{V_2} \Rightarrow n_2 V_2 = C \end{aligned}\right\} \Rightarrow n_1 V_1 = n_2 V_2$$

زاویه‌ی حد

وقتی نور از محیط رقیق به محیط غلیظ می‌رود به خط عمود نزدیک‌تر می‌شود. به بیان دیگر r همواره از i کوچکتر است. (به جز برای $i = 0$)

وقتی i برابر 90° می‌شود (مماس بر مرز دو محیط می‌تابد) زاویه‌ی شکست در محیط غلیظ بزرگترین مقدار را پیدا می‌کند. به این زاویه زاویه‌ی حد می‌گویند.

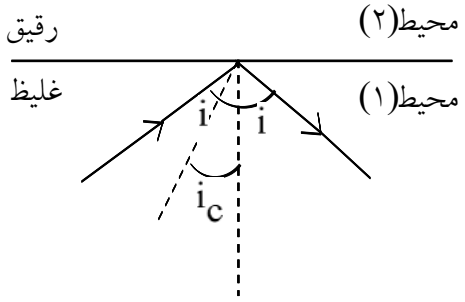
تعریف دیگر زاویه‌ی حد:

اگر پرتو نور از محیط غلیظ به محیط رقیق به گونه‌ای بتابد که پرتو خروجی مماس بر مرز دو محیط شود به زاویه‌ی تابش، زاویه‌ی حد می‌گویند و آن را با i_c نشان می‌دهند.

بازتاب کلی

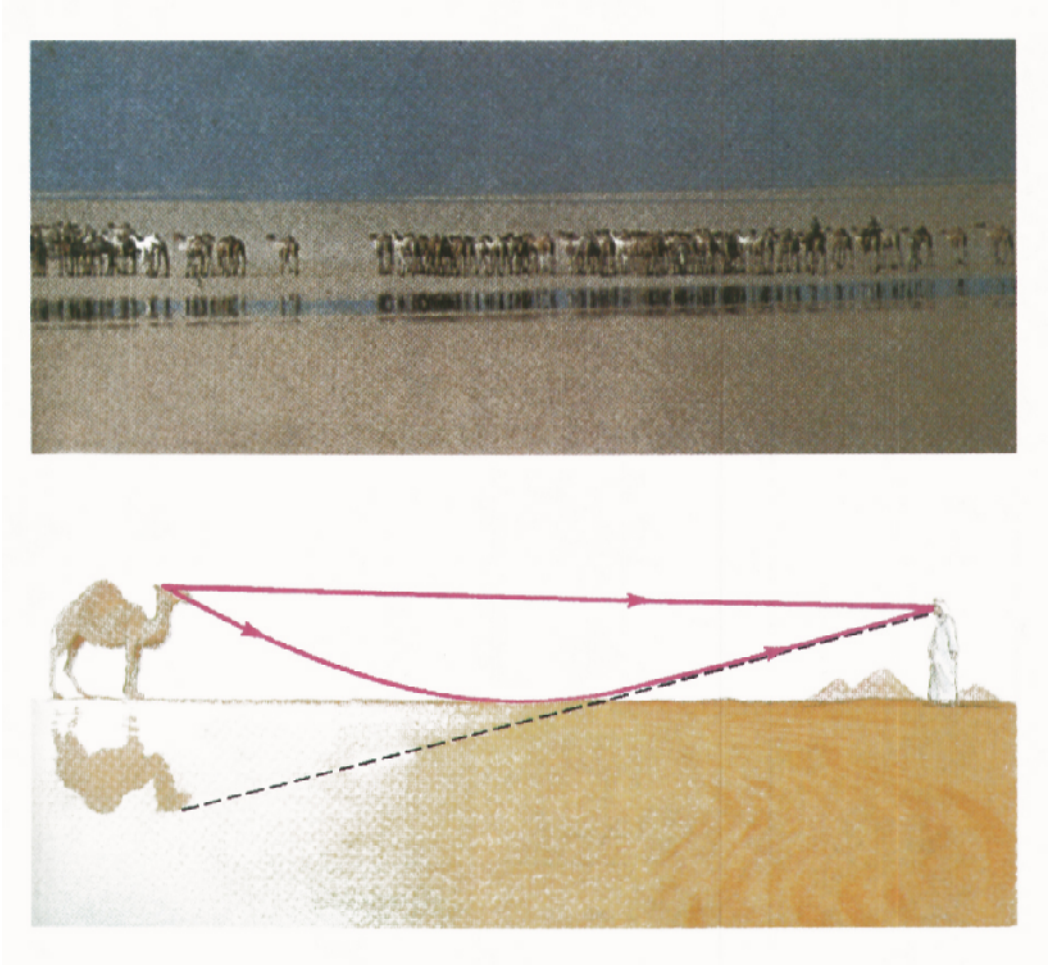
اگر زاویه‌ی تابش در محیط غلیظ از زاویه‌ی حد (i_c) بزرگتر باشد، مرز مشترک بین دو محیط مانند آینه نور را بازتاب خواهد داد.

علت این نام‌گذاری این است که در پدیده‌ی شکست بخشی از نور بازتاب می‌نماید و بخشی دچار شکست می‌شود ولی در این جا فقط بازتاب داریم. از طرف دیگر در آینه‌ها علاوه بر بازتاب قسمتی از نور جذب می‌شود ولی در این‌جا هیچ نوری جذب نمی‌شود.



پدیده‌ی سراب

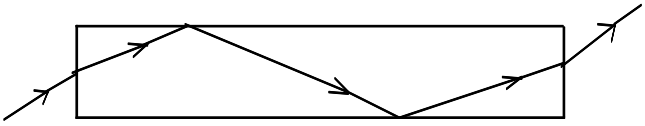
در روزهای گرم و خشک شدت گرما به حدی می‌شود که لایه‌های پایین‌تر هوا گرم‌تر و در نتیجه رقیق‌تر می‌شوند. پرتوهایی که از اجسام بالاتر از این لایه می‌تابند می‌توانند بازتاب کلی کرده، از اجسام روی زمین تصویر تشکیل دهند. این تصویر وجود آب را برای انسان تداعی می‌کند.



تار نوری

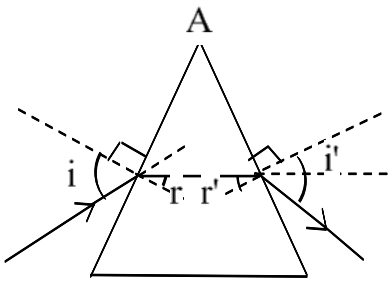
تار نوری میله‌ی شیشه‌ای بلندی است که وقتی نور از یک سر آن وارد می‌شود، داخل آن بازتاب کلی می‌نماید تا به سر دیگرش برسد.

در تار نوری حتی اگر طول تار کیلومترها باشد نور از اطراف آن خارج نمی‌شود. از تار نوری در مخابرات و ابزارهایی مانند گل نور استفاده می‌شود.



مسیر نور در منشور

در منشور نور با شکست و انحراف مسیر وارد منشور می‌شود. در وجه دیگر منشور زمان خروج نور دوباره وارد همان جهت قبلی شکسته می‌شود. این فرآیند سبب می‌شود که نور زمان خروج از منشور از مسیر اولیه‌اش منحرف شود. هرچه زاویه‌ی رأس منشور (A) بزرگ‌تر باشد، انحراف نور بیشتر خواهد بود.

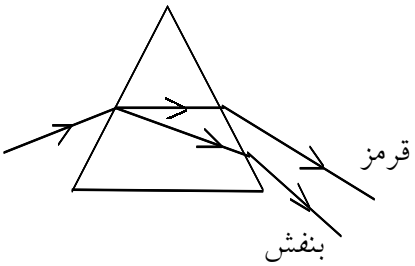


رنگ نور - تجزیه‌ی نور در منشور

ضریب شکست اجسام شفاف برای نورهای مختلف یکسان نیست. از طرفی نور سفید ترکیبی از نورهای مختلف است. از این رو وقتی نور سفید وارد یک محیط شفاف می‌شود رنگ‌های مختلف آن انحراف یکسانی نخواهند داشت.

در منشور چون انحراف نور زیاد است، پرتوهای رنگ‌های مختلف به خوبی از هم جدا می‌شوند.

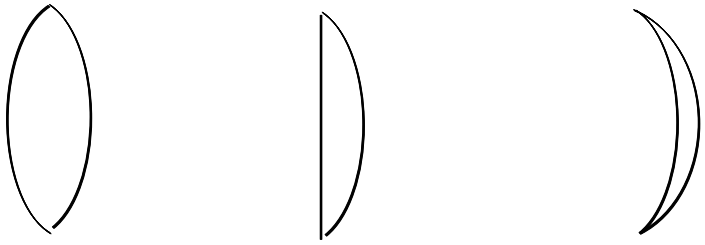
در منشور نور بنفش بیشترین انحراف و نور قرمز کم‌ترین انحراف را دارد.



عدسی‌ها

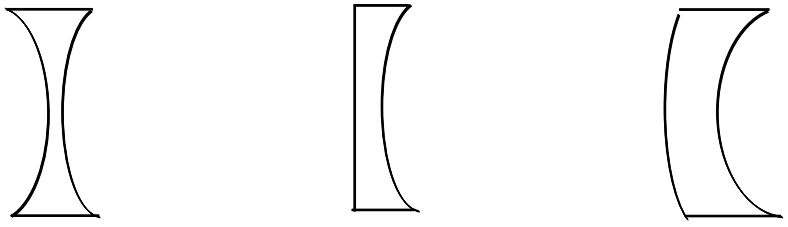
عدسی‌ها در دو نوع ساخته می‌شوند:

۱ - عدسی هم‌گرا: لبه‌های این نوع عدسی‌ها نازکتر از قسمت‌های وسط است. این عدسی‌ها به‌صورت دو کوژ، کوژ و تخت و هلالی هم‌گرا ساخته می‌شوند.



هلالی همگرا کوژ تخت دو کوژ

۲ - عدسی واگرا: لبه‌های این عدسی‌ها از قسمت میانی ضخیم‌تر می‌باشد. این عدسی‌ها به‌صورت دو کاو، کاو تخت و هلالی واگرا ساخته می‌شوند.



هلالی واگرا کاو تخت دوکاو

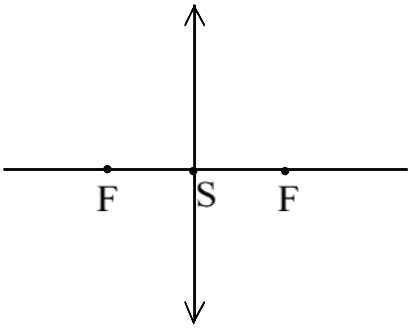
عدسی‌هایی که ما درباره‌ی آن‌ها صحبت می‌کنیم، از دو سطح کروی ساخته می‌شوند.

ویژگی عدسی هم‌گرا

۱ - مرکز نوری - به نقطه‌ی مرکز دایره‌ی عدسی مرکز نوری گفته می‌شود.

۲ - محور اصلی - به خطی که در مرکز نوری بر صفحه‌ی عدسی عمود است، محور اصلی گفته می‌شود.

۳ - کانون - پرتوهایی که موازی محور اصلی به عدسی بتابند بعد از عبور از عدسی و شکست محور اصلی را در نقطه‌ای به نام کانون (F) قطع می‌کنند. کانون در عدسی‌های همگرا حقیقی است.



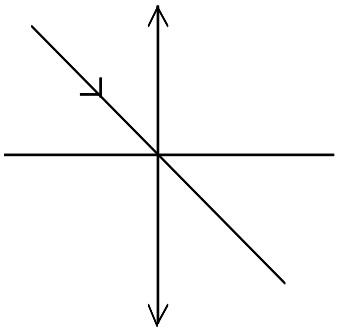
رسم پرتوهای شکست در عدسی هم‌گرا

بین پرتوهای مختلفی که به عدسی برخورد می‌کنند سه پرتو از بقیه متمایز است و رسم پرتوهای شکست در آن به سادگی انجام می‌گیرد.

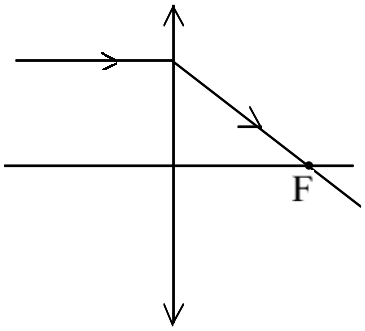
۱ - پرتویی که از مرکز نوری عبور کند، از مسیرش منحرف نمی‌شود.

۲ - پرتویی که موازی محور اصلی بتابد، بعد از شکست از کانون عدسی خواهد گذشت.

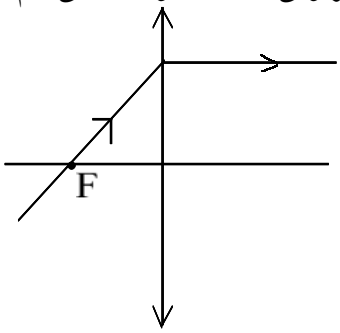
۳ - پرتویی که از کانون عدسی هم‌گرا بگذرد و به عدسی بتابد، موازی محور اصلی خواهد شد.



مرکزنوری



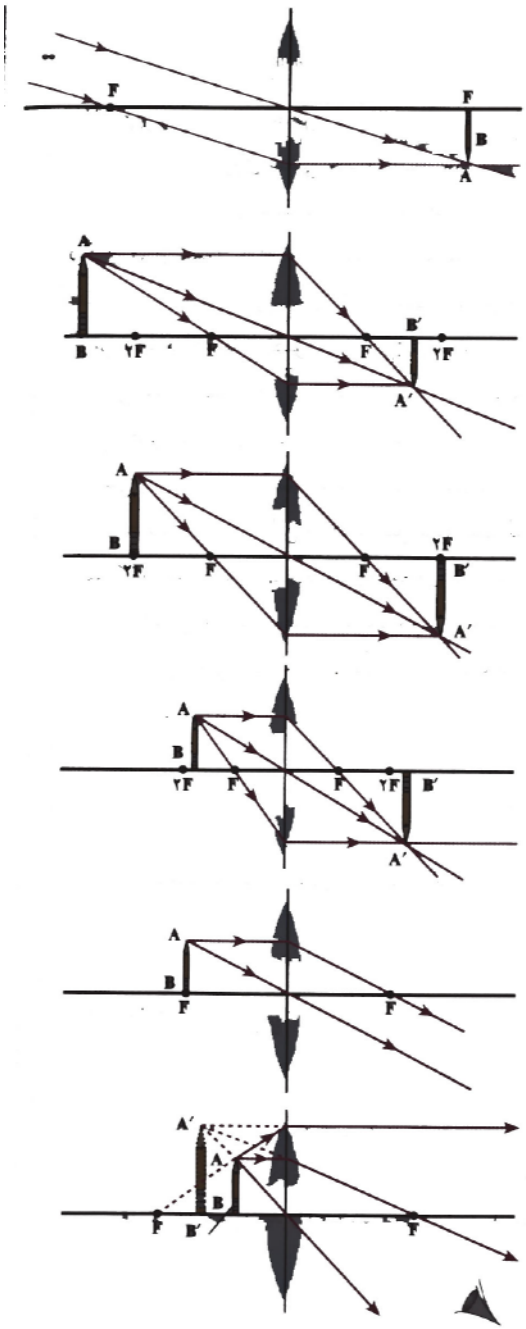
پرتوی موازی محور اصلی



کانون

چگونگی تشکیل تصویر در عدسی هم‌گرا

برای به‌دست آوردن تصویر در عدسی‌ها باید دو پرتو از ۳ پرتوی استاندارد را رسم کنید. در صورتی که پرتوهای شکست به هم برخورد کنند محل برخورد پرتوها محل تشکیل تصویر خواهد بود. در صورتی که پرتوهای شکست واگرا باشند، محل برخورد امتداد پرتوها محل تصویر خواهد بود.



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

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

ب ــ شیٔ در فاصله‌ی ۲f از عدسی، تصویر در فاصله‌ی ۲f به اندازه‌ی شیٔ، حقیقی، وارونه

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

ث ــ شیٔ روی کانون، تصویر در بی‌نهایت

ج ــ شیٔ 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 شیٔ و مستقیم است.

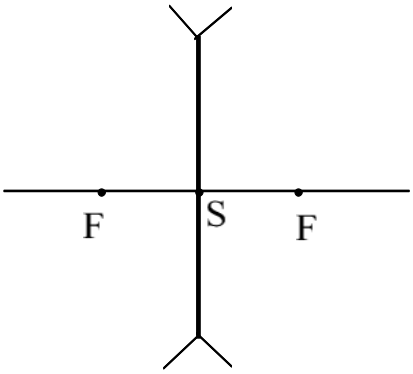
۱۴۶

ویژگی عدسی واگرا

۱ - مرکز نوری - به نقطه‌ی مرکز دایره‌ی عدسی مرکز نوری گفته می‌شود.

۲ - محور اصلی - به خطی که در مرکز نوری بر صفحه‌ی عدسی عمود است، محور اصلی گفته می‌شود.

۳ - کانون - پرتوهایی که موازی محور اصلی به عدسی بتابد بعد از عبور از عدسی و شکست، طوری خارج می‌شوند که امتدادشان از کانون بگذرد. کانون در عدسی واگرا مجازی است.



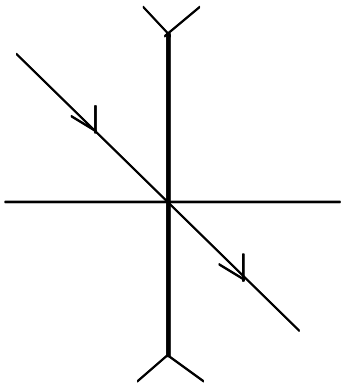
رسم پرتوهای شکست در عدسی واگرا

بین پرتوهایی که به عدسی می‌تابند، ۳ پرتو متمایز است و رسم پرتوهای شکست در آن به سادگی انجام می‌گیرد.

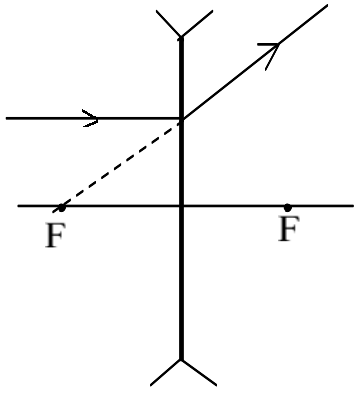
۱ - پرتویی که به مرکز نوری بتابد، از مسیرش منحرف نمی‌شود.

۲ - پرتویی که موازی محور اصلی بتابد، بعد از شکست، امتدادشان از کانون می‌گذرد.

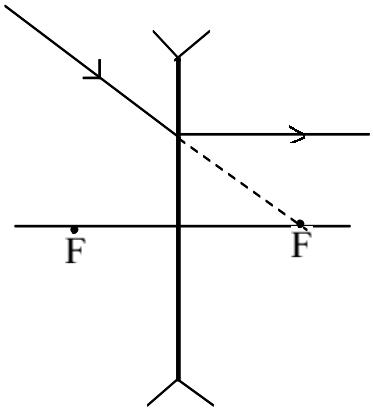
۳ - پرتویی که امتدادشان از کانون عدسی واگرا بگذرد و به عدسی بتابد، بعد از شکست موازی محور اصلی خارج می‌شوند.



مرکز نوری



پرتوهای موازی محور اصلی

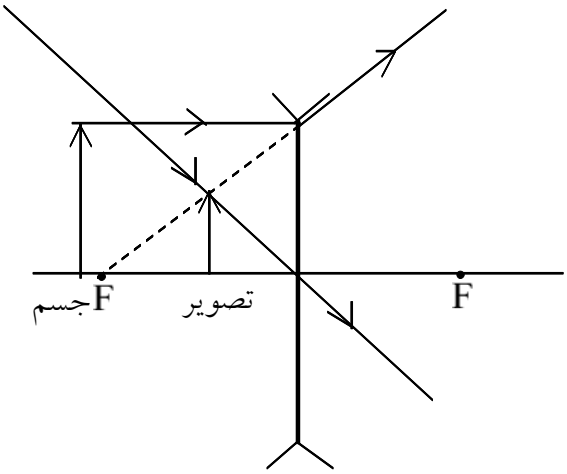


کانون

چگونگی تشکیل تصویر در عدسی واگرا

برای به‌دست آوردن تصویر در این عدسی‌ها ۲ پرتو از ۳ پرتوی استاندارد رسم نمایید. تصویر در عدسی‌های واگرا (از جسم حقیقی) مجازی خواهد بود.

تصویر مجازی در عدسی‌های واگرا همواره بین کانون و عدسی خواهد بود.



محاسبه‌ی فاصله‌ی تصویر تا عدسی

اگر فاصله‌ی جسم با عدسی p و فاصله‌ی تصویر تا عدسی q باشد و فاصله کانونی را با f نشان دهیم رابطه‌ی بین این ۳ مقدار به‌صورت زیر می‌باشد:

مقدار f برای عدسی‌های همگرا مثبت (حقیقی) و برای عدسی‌های واگرا منفی (مجازی) است.

مقدار p را همواره (برای اجسام حقیقی) مثبت است.

q برای تصاویر حقیقی مثبت و برای تصاویر مجازی منفی خواهد بود.

رابطه‌ی مذکور را برای یک حالت اثبات نمایید.

بزرگ‌نمایی خطی عدسی

بزرگ‌نمایی خطی عدسی‌ها را با m نشان می‌دهند و بنا به تعریف بزرگ‌نمایی خطی عدسی عبارت است از نسبت طول تصویر به طول جسم. $A'B'$ طول تصویر AB طول جسم است.

به راحتی می‌توان اثبات نمود که m با حاصل $\frac{q}{p}$ برابر است. البته چون q می تواند منفی باشد برای عبارت مذکور از قدرمطلق استفاده می‌شود.

$$m = \left|\frac{q}{p}\right|$$

توان عدسی‌ها

به توانایی عدسی در واگرا یا هم‌گرا کردن پرتوها، توان عدسی می‌گویند. توان عدسی با فاصله کانونی نسبت عکس دارد.

توان عدسی‌ها را با D نشان می‌دهند و یکای آن $\frac{۱}{m}$ است که دیوپتر نام دارد.

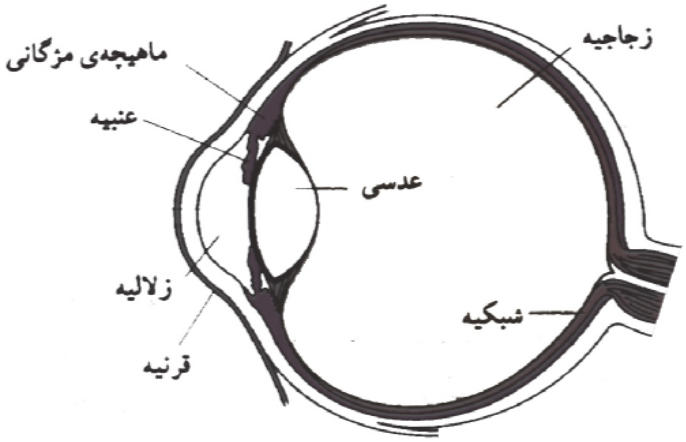
$$D = \frac{۱}{f}$$

توان عدسی‌های محدب (هم‌گرا) مثبت و توان عدسی‌های مقعر (واگرا) منفی می‌باشد.

ساختمان چشم

چشم از یک **عدسی هم‌گرا** و یک **شبکیه** تشکیل شده است. تصویر حقیقی اشیاء در چشم روی شبکیه تشکیل می‌شود. با توجه به این‌که q (فاصله‌ی تصویر تا عدسی) به علت ثابت بودن جای عدسی و شبکیه، ثابت است و p متغیر باید f تغییر کند. تغییر فاصله کانونی (ضخامت عدسی) توسط **ماهیچه‌های مژگانی** انجام می‌شود. **تغییر فاصله‌ی کانونی عدسی برای ایجاد تصویر واضح تطابق نام دارد.**

عنبیه (مردمک) وظیفه دارد نور ورودی به چشم را تنظیم نماید.



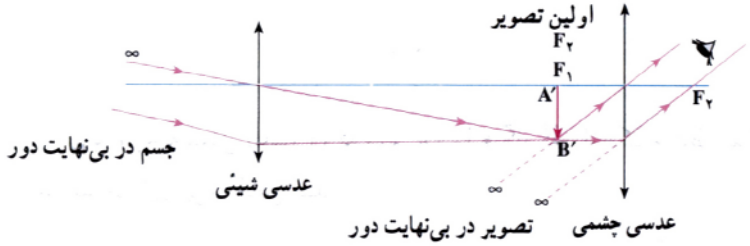
گستره‌ی دید طبیعی

چشم سالم برای فاصله‌های $۲۵\,cm$ تا بی‌نهایت می‌تواند عمل تطابق را انجام دهد.

دوربین نجومی

دوربین نجومی برای دیدن کره‌های آسمانی به‌کار می‌رود. ساختمان آن مشابه ساختمان میکروسکوپ است و از دو عدسی همگرای هم‌محور درست شده است. فاصله‌ی کانونی عدسی شیئی آن حدود متر است و عدسی چشمی آن مانند عدسی چشمی میکروسکوپ است. برای دوربین، جسم در بی‌نهایت دور قرار دارد. در شکل زیر طرز تشکیل تصویر در دوربین نشان داده شده است. آخرین تصویر در دوربین، مجازی، معکوس و از جسم کوچکتر است.

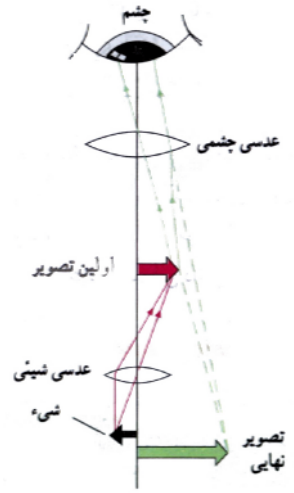
اولین تصویر $(A'B')$ در فاصله کانونی عدسی شیئی تشکیل می‌شود. معمولاً دوربین را طوری تنظیم می‌کنند که کانون‌های دوعدسی بر یک‌دیگر منطبق شود. در این صورت آخرین تصویر نیز بی‌نهایت دور دیده می‌شود.



میکروسکوپ

ساختمان اصلی میکروسکوپ، از دو عدسی همگرا تشکیل شده است که در دو انتهای یک لوله کار گذاشته شده‌اند. محور اصلی دو عدسی بر یک‌دیگر منطبق است. فاصله‌ی کانونی عدسی اول که جسم در مقابل قرار می‌گیرد حدود چند میلی‌متر است و به آن عدسی شیئی گفته می‌شود. فاصله‌ی کانونی عدسی دوم چشم در پشت آن واقع می‌شود، حدود چند سانتی‌متر است و عدسی چشمی نام دارد.

جسم‌های کوچک و روشن را خارج از فاصله‌ی کانونی، اما خیلی نزدیک به کانون عدسی شیئی قرار می‌دهند. در میکروسکوپ از جسم تصویری دیده می‌شود که از جسم بزرگ‌تر، معکوس و مجازی است. در شکل زیر طرز تشکیل تصویر در یک میکروسکوپ نشان داده شده است.

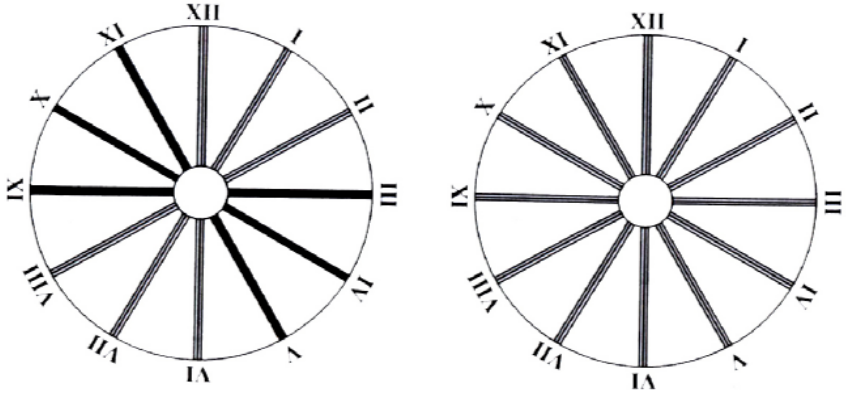


کورنگی: کورنگی کامل بسیار کم پیش می‌آید، اما برخی از افراد هیچ رنگی را نمی‌بینند و دنیای آن‌ها،مانند تصویر سیاه و سفید تلویزیون، تک‌رنگ است. بعضی افراد نمی‌توانند بین دو یا چند رنگ را تمیز بدهند یا برای این کار با مشکل روبه‌رو می‌شوند. این شکل متداول کوررنگی جزئی، تمیز دادن بین قرمز و سبز را مشکل می‌کند. این عیب ممکن است به علت کمبود یک نوع سلول مخروطی در شبکیه باشد.

آستیگماتیسم:

آستیگماتیسم هنگامی روی می‌دهد که حداقل یکی از سطح‌های شکست دهنده‌ی نور (قرینه یا عدسی) در چشم کروی بودن خود را از دست بدهد. برای چشم آستیگمات تصویر تشکیل شده در یک راستا واضح است ولی در راستای دیگر واضح نیست، در صورتی که برای چشم سالم تصویر در همه‌ی راستاها واضح است.(شکل الف و ب)

واضح نبودن تصویر در یک راستا به علت کافی نبودن انحنای قرینه در این راستاست. این عیب به‌وسیله‌ی یک عدسی استوانه‌ای به گونه‌ای اصلاح می‌شود که انحنای بیشتر این عدسی، انحنای کم‌تر قرینه در این راستا جبران کند.



الف - دید چشم سالم ب - دید چشم آستیگمات

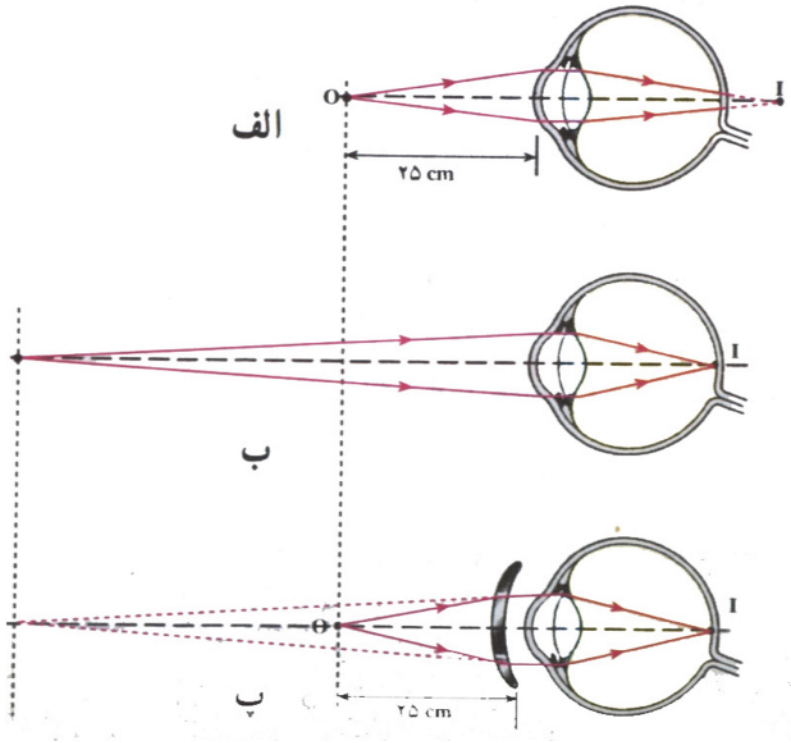
کاهش تطابق یا پیر چشمی

با فزایش تدریجی سن، ضخامت عدسی نمی‌تواند تغییر کافی پیدا کند تا اشیای دور یا خیلی نزدیک دارای تصویرهای واضح باشند. این عیب را کاهش تطابق یا پیر چشمی گویند. پیر چشمی با استفاده از یک عینک با عدسی همگرا برای دیدن اشیای نزدیک اصلاح می‌شود.

دوربینی

یک چشم دوربین می‌تواند اجسام دور را واضح ببیند. تصویر اجسام نزدیک در پشت شبکیه تشکیل می‌شود(شکل الف). نقطه‌ی نزدیک چشم دوربین از نقطه‌ی نزدیک چشم سالم دورتر است (شکل ب).

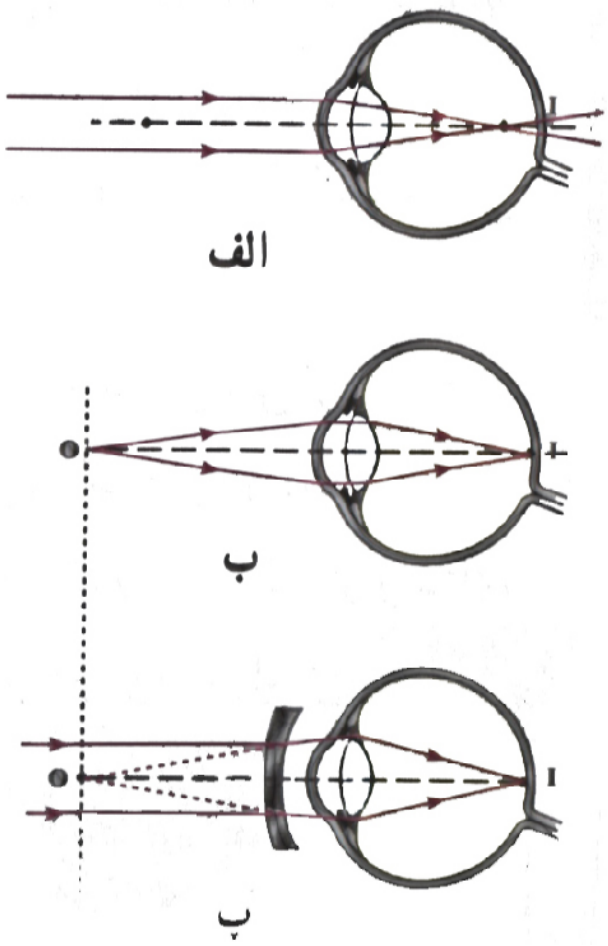
این عیب با استفاده از یک عدسی هلالی همگرا اصلاح می‌شود. این عدسی تصویر مجازی شئ نزدیک را در نقطه‌ی نزدیک چشم دوربین می‌اندازد (شکل پ)



نزدیک‌بینی

یک چشم نزدیک‌بین می‌تواند تنها اجسام نزدیک را واضح ببیند. تصویر اشیاء دور در جلو شبکیه تشکیل می‌شود (شکل الف). بیش‌ترین فاصله‌ی دید چشم نزدیک‌بین از بیش‌ترین فاصله‌ی دید چشم سالم کم‌تر است.

این عیب با استفاده از عدسی هلالی واگرا (شکل ب) اصلاح می‌شود. این عدسی تصویر مجازی جسم دور را در نقطه‌ی دور چشم نزدیک‌بین می‌اندازد. انحنای عدسی‌هایی که روی چشم می‌گذارد باید دقیقاً برابر انحنای قرینه باشد.



اگر فاصله‌ی جسم تا کانون a و فاصله‌ی تصویر تا کانون a' و فاصله‌ی کانونی f باشد و بزرگ‌نمایی را با m نشان دهیم روابط زیر برقرار است.

$$aa' = f^2$$
$$a = \frac{f}{m}$$
$$a' = fm$$

اثبات این روابط به کمک رابطه‌ی اصلی عدسی‌ها امکان‌پذیر است.