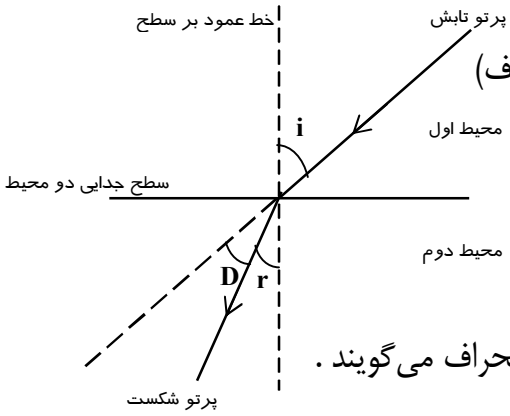
شکست نور



هرگاه پرتو نوری بطور مایل به سطح جدایی دو محیط شفاف بتابد ، هنگام گذر از سطح جدایی دو محیط ، شکسته (منحرف) می‌شود ، که به این پدیده شکست نور می‌گویند .

i= زاویه تابش

r = زاویه شکست

D = زاویه انحراف : اختلاف زاویه تابش با زاویه شکست را زاویه انحراف می‌گویند .

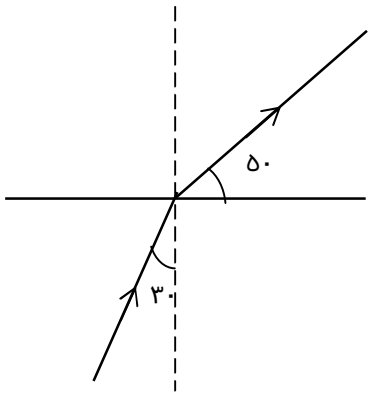
$$\boxed{D = |i - r|}$$

محیط اول : به محیطی گفته می‌شود که نور ازآنجا تابیده می‌شود و به عبارت دیگر جسم درآنجا قراردارد .

محیط دوم : به محیطی گفته می‌شود که نوروارد‌آن محیط می‌شود و به عبارت دیگر ناظر درآنجا قراردارد .

: زوایای تابش و شکست نسبت به خط عمود اندازه‌گیری می‌شوند.

:پرتو تابش و یا شکست در محیط غلیظ به خط عمود بر سطح جدایی نزدیکتر است .

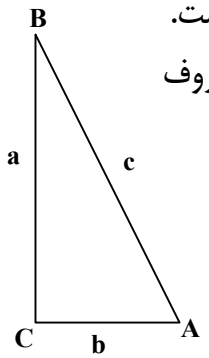


مثال : در شکل مقابل محیط اول و محیط دوم و زوایای تابش و شکست و انحراف را پیدا کنید.

یادداشت ریاضی - معرفی نسبت‌های مثلثاتی :

در مثلث قائم الزاویه برای نسبت اضلاع به یکدیگر ، روابطی تعریف و نامگذاری شده است.

در مثلث مقابل هر ضلع همنام با زاویه مقابلش است و حروف کوچک برای اضلاع ، حروف بزرگ برای زوایا بکار رفته است .



$$\tan = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} \qquad \text{Cos} = \frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{وتر}} \qquad \text{Sin} = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}}$$

بطور **مثال** : $\tan(A) = \frac{a}{b}$ $\quad \text{Cos}(A) = \frac{b}{c}$ $\quad \text{Sin}(A) = \frac{a}{c}$

در این مبحث فقط نسبت مثلثاتی Sin لازم است که بااستفاده از جدول آخر کتاب بدست می‌آید.

در جدول آخر کتاب ستون اول (زاویه بر حسب درجه) و ستون سوم (سینوس) مورد نظر می‌باشند که با تطبیق اعداد این دو ستون ، می‌توان با داشتن زاویه مقدار Sin ، و با داشتن Sin ، اندازه زاویه را پیدا کرد .

مثال : سینوس ۳۶ درجه چقدر است ؟ جواب : Sin۳۶ = ۰/۵۸۸

مثال : سینوس چه زاویه‌ای برابر ۰/۹۱۴ است ؟ جواب : $Sin۶۶ = ۰/۹۱۴$

مثال : سینوس ۵۴ درجه چقدر است ؟

مثال : سینوس چه زاویه‌ای برابر ۰/۶۸۲ است ؟

قانونهای شکست نور

قانون اول : پرتو تابش و پرتو شکست و خط عمود بر سطح بر نقطه تابش ، هر سه در یک صفحه هستند .

قانون دوم : نسبت سینوس زاویه تابش به سینوس زاویه شکست مقدار ثابتی است .

ضریب شکست : نسبت سینوس زاویه تابش به سینوس زاویه شکست را ضریب شکست محیط دوم نسبت به محیط اول می‌گویند که با نماد n نمایش می‌دهند . $n = \frac{Sin(i)}{Sin(r)}$

ضریب شکست مطلق : ضریب‌شکست یک محیط به خلاء (یا هوا) را ضریب شکست مطلق می‌گویند.

: کمترین مقدارضریب شکست $n = ۱$ است که برای خلاء(و هوا) درنظر می‌گیریم.

$$n = \frac{Sin(i)_{هوا}}{Sin(r)_{محیط‌شفاف}}$$

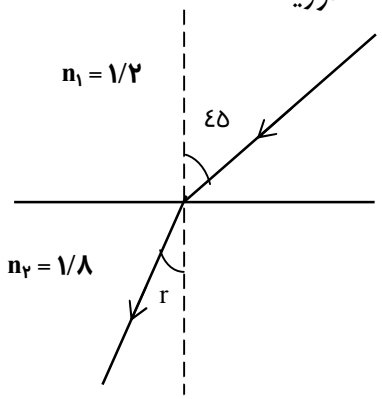
: هرچه محیط غلیظ تر باشد n آن بزرگتر است .

قانون اسنل و دکارت

نسبت سینوس زاویه تابش به سینوس زاویه شکست برابر است با نسبت ضریب شکست محیط دوم($n_۲$) به ضریب شکست محیط اول($n_۱$). (استفاده از رابطه خطی راحتتر است)

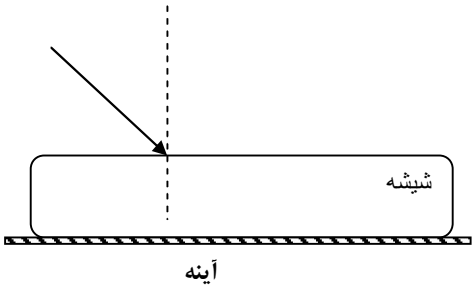
$$\frac{Sin(i)}{Sin(r)} = \frac{n_۲}{n_۱} \longrightarrow \boxed{n_۱Sin(i) = n_۲Sin(r)}$$

مثال : با توجه به شکل زیر ابتداء زاویه شکست وسپس زاویه انحراف را بدست آورید.



مثال : اگر پرتو نوری با زاویه تابش ۳۵درجه از هوا وارد محیطی به ضریب شکست ۱/۴ شود زاویه شکست و زاویه انحراف را پیدا کنید .

مثال : در شکل مقابل پرتو نوری به شیشه‌ای برخورد می‌کند که در زیر آن آینه تختی قرار دارد ادامه پرتو را رسم کنید .



عمق ظاهری و واقعی

هنگامی که ناظری ازیک محیط شفاف به محیط شفاف دیگری نگاه می‌کند ، اجسام را نسبت به سطح جدایی دو محیط در فاصله‌ای دورتریا نزدیکتراز جایگاه واقعی می‌بینندکه به این فاصله عمق ظاهری می‌گویند.

نکته : اگر ناظر در محیط رقیق باشد ، جسمی که در محیط غلیظ است را ، به سطح جدایی نزدیکتر می‌بیند و اگر ناظر در محیط غلیظ باشد ، جسمی که در محیط رقیق است را از سطح جدایی دورتر می‌بیند .

$\boxed{\frac{h'}{h}=\frac{n_2}{n_1}}$ h = عمق واقعی h' = عمق ظاهری

مثال : سنگی در عمق ۴۰cm آب افتاده است و ناظری که به آن نگاه می‌کند ، سنگ را درچه عمقی می‌بیند ؟

آب $n_1 = 1/3$

هوا $n_2 = 1$

سرعت نور در محیط شفاف

سرعت نور در خلاء (و هوا) برابر $c = 3\times10^8\ m/s$ یا $c = 3\times10^5\ Km/s$ است ، ولی هنگام ورود به محیط‌های شفاف دیگر ، سرعت آن کاهش می‌یابد و از رابطه مقابل محاسبه می‌شود .

$\boxed{n=\frac{c}{v}\Rightarrow v=\frac{c}{n}}$ n = ضریب شکست محیط شفاف v = سرعت نور در محیط شفاف

نکته : به کمک رابطه فوق ، تعریف دیگری برای ضریب شکست مطلق بیان می‌شود :
« نسبت سرعت نور در هوا به سرعت نور در محیط شفاف را ، ضریب شکست مطلق می‌نامند . »

نکته : اگر هیچکدام از محیط‌ها هوا نباشد از رابطه $\boxed{n_1v_1 = n_2v_2}$ استفاده می‌کنیم .

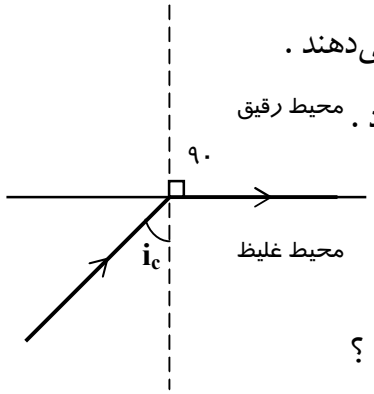
مثال : اگر ضریب شکست شیشه $n=\frac{۳}{۲}$ باشد سرعت نور در شیشه چقدر است ؟

$c = ۳\times۱۰^{۸}\ m/s$

علت شکست نور : علت شکست نور، هنگام عبور مایل از یک محیط شفاف به محیط شفاف دیگر، همین اختلاف سرعت نور در دو محیط است .

زاویه حد

به زاویه‌ای گفته می‌شود که اگر پرتو نور با آن زاویه از محیط غلیظ به محیط رقیق بتابد ، زاویه شکست ۹۰ درجه می‌شود ، و آنرا با نماد i_c نشان می‌دهند .



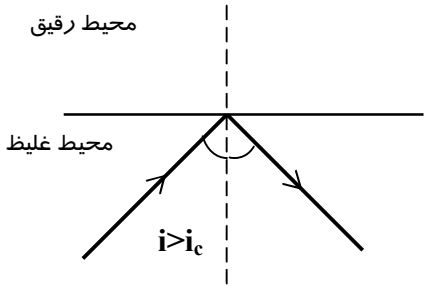
: زاویه حد هر محیط نسبت به هوا از رابطه $\boxed{Sini_c=\frac{۱}{n}}$ محاسبه می‌شود .

: اگر محیط دوم هوا نباشد از رابطه $\boxed{Sini_c=\frac{n_۲}{n_۱}}$ استفاده می‌کنیم .

مثال : اگر ضریب شکست شیشه $n=\frac{۳}{۲}$ باشد ، زاویه حد آن چند درجه است ؟

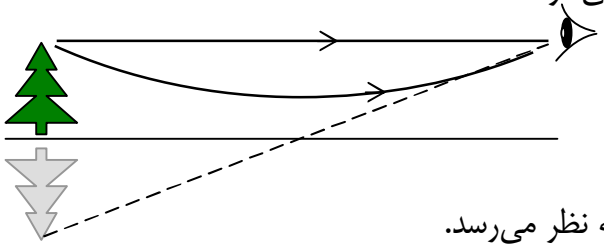
مثال : اگر زاویه حد یک محیط ۴۷درجه باشد، ضریب شکست مطلق آن چقدر است ؟

بازتاب کلی



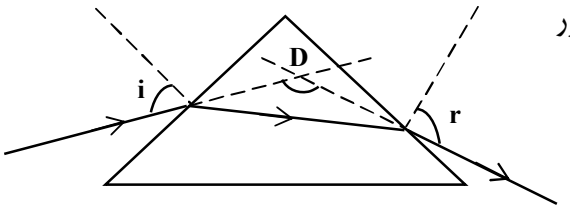
هرگاه پرتویی با زاویه بیشتر از زاویه حد ، از محیط غلیظ به محیط رقیق بتابد ، سطح جدایی دو محیط مانند آینه تخت عمل می‌کند و پرتو تابش با همان زاویه به محیط غلیظ بازتاب می‌کند ، که به این پدیده بازتاب کلی می‌گویند.

سراب : معمولاً درروزهای گرم در بیابانها و جاده ها دیده می‌شود ، وعلت آن این است که لایه‌های هوای مجاور زمین گرمتر و رقیق‌تر از لایه‌های بالا می‌شود ، درنتیجه پرتوهای نور که از اجسام دور بطور مایل به سطح زمین می‌تابند بازتاب کلی پیدا می‌کنند و سطح زمین مانند آب به نظر می‌رسد.



تارهای نوری : تارهای شیشه‌ای هستند که ضخامتی از $\frac{۱}{۱۰۰۰}mm$ تا۱mmدارند ، ضریب شکست روکش آنها کمتر از شیشه است و نقش محیط رقیق را در مقابل محیط شیشه دارد ، اگر پرتو نور با زاویه بزرگتر از زاویه حد وارد شیشه شود ، بازتابهای کلی متوالی اتفاق می‌افتد و پرتو ازسر دیگر تار خارج می‌شود .از کاربردهای آن می‌توان آندوسکوپی (وسایل پزشکی) و مخابرات نام برد .

منشور : یک محیط شفاف چند وجهی است که هرگاه پرتو نور به یک وجه آن تابیده شود از وجه دیگر چنان خارج می‌شود که به قسمت ضخیم تر نزدیک باشد .



پاشیدگی نور : تجزیه نور به رنگهای متفاوت را به وسیله منشور پاشیدگی نور می‌گویند .

علت پاشیدگی نور: ضریب شکست منشور برای نورهای با رنگهای مختلف ، متفاوت است .

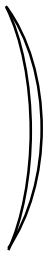
: در تجزیه نور سفید در منشور ، نور قرمز کمترین انحراف و نور بنفش بیشترین انحراف را دارد .

طیف : نورهای رنگی حاصل از پاشیدگی نور ، در عبور از منشور را طیف آن نور می‌گویند .

عدسی

به محیط شفافی گفته می‌شود که ضخامت قسمت میانی آن از لبه‌های آن متفاوت است ، و بر دو نوع همگرا و واگرا هستند .

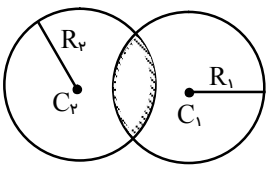
عدسی همگرا (کوژ) : به عدسی‌گفته می‌شودکه ضخامت قسمت میانی‌آن از لبه‌ها بیشتر است . چند نوع آن در زیرآمده است :

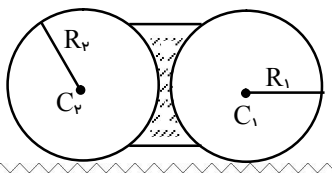
الف) دوکوژ ب) کوژ تخت ج) هلالی همگرا 

عدسی واگرا (کاو) : به عدسی گفته می‌شود که ضخامت قسمت میانی آن از لبه‌ها کمتر است . چند نوع آن درزیرآمده است :

الف) دوکاو ب) کاو تخت ج) هلالی واگرا

عدسی های نازک کروی : به عدسی‌هایی گفته می‌شود که به دو سطح کروی محدود است . درصورتی که این سطح‌محدود به فضای بین دو کره باشد عدسی همگرا ، و اگر محدود به فضای خارج از دو کره باشد عدسی واگرا نامیده می‌شود.



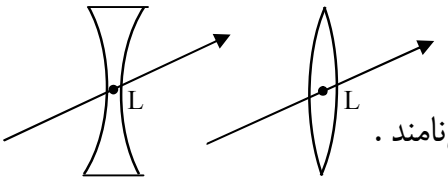


تعاریف کاربردی :

محور اصلی : خطی فرضی است که مراکز انحنای دو سطح عدسی را به یکدیگر وصل می‌کند .

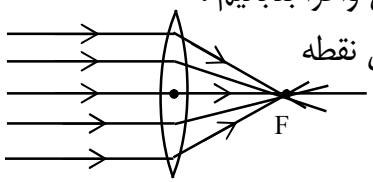
شعاع انحنای عدسی : شعاع سطوح کروی است که عدسی محدود به آن سطوح است .

مرکز نوری : نقطه ای روی محور اصلی و در داخل عدسی است که اگر پرتو نوری به آن بتابد ، بدون شکست و انحراف خارج می‌شود و با نماد L نمایش می‌دهند .

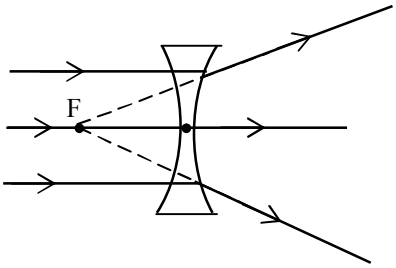


فاصله کانونی : فاصله کانون تا مرکز نوری را کانون عدسی می‌نامند .

کانون عدسی همگرا : هرگاه دسته پرتویی موازی با محور اصلی به عدسی واگرا بتابانیم ، پس از شکست پرتوها از نقطه‌ای روی محور اصلی عبور می‌کنند که به آن نقطه کانون عدسی همگرا می‌گویند ، و این کانون حقیقی می‌باشد .



کانون عدسی واگرا : هرگاه دسته پرتویی موازی با محور اصلی به عدسی واگرا بتابانیم ، پس از شکست امتداد پرتوها از نقطه‌ای روی محور اصلی عبور می‌کنند که به آن نقطه کانون عدسی واگرا می‌گویند ، و این کانون مجازی می‌باشد .

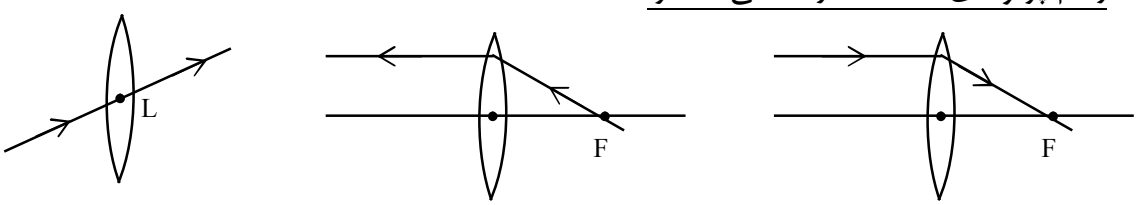


: در عدسی به جای نقطه C (مرکز) ، که در آینه‌های کروی استفاده می‌کردیم ، از نقطه ۲F یعنی دو برابر فاصله کانونی استفاده می‌کنیم .

: عدسی‌ها بر خلاف آینه ها چون از دو طرف قابل استفاده هستند ، دو کانون ، در طرفین عدسی دارند .

عدسی همگرا

رسم پرتوهای شکست در عدسی همگرا :



الف) تابش موازی با محور اصلی شکست از روی کانون

ب) تابش از کانون شکست موازی با محور اصلی

ج) تابش از مرکز نوری عبور بدون شکست

چگونگی تشکیل تصویر درعدسی همگرا : مانند آینه مقعّر محور اصلی را به شش ناحیه تقسیم می‌کنیم :

۱ – جسم در فاصله کانونی

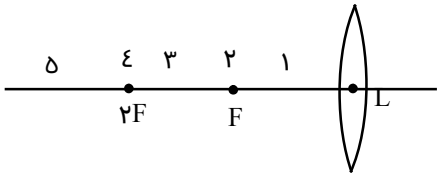
۲ – جسم روی کانون

۳ – جسم بین کانون و ۲F

۴ – جسم روی ۲F

۵ – جسم خارج از ۲F

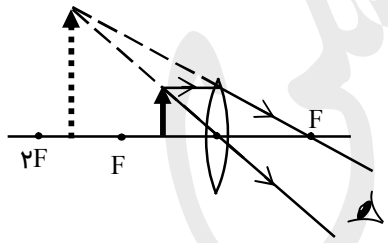
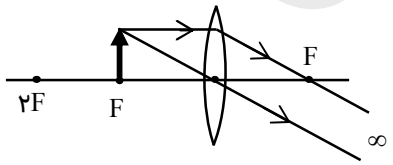
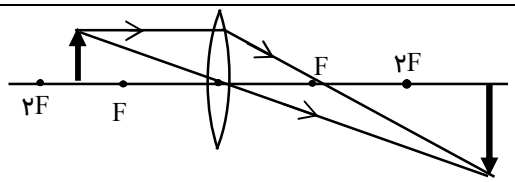
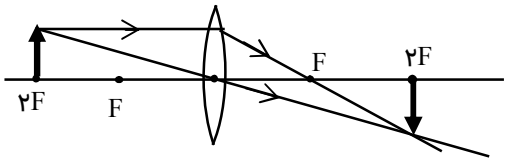
۶ – جسم در بی‌نهایت

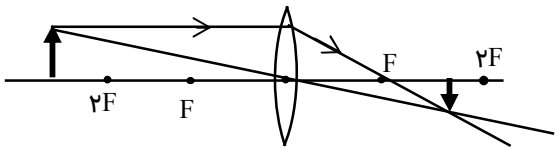
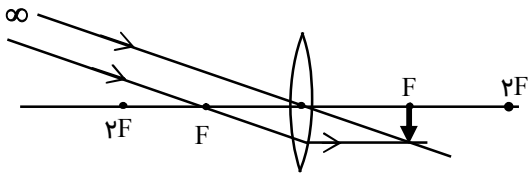


: عدسی همگرا از نظر تنوع حالات ، مانند آینه مقعّر است و همان ویژگیهای تصویر در آنها وجود دارد ، تنها تفاوتی که لازم به ذکر است ، جایگاه تصویر مجازی و حقیقی است ، تصویر حقیقی در طرف مقابل جسم ، و تصویر مجازی در طرف جسم می‌باشد.

روابط محاسباتی طول تصویر درعدسی همگرا (و واگرا) :

روابط گفته شده برای آینه ها ، با تمام نکات ، در اینجا نیز قابل استفاده است . $\boxed{\frac{۱}{p}+\frac{۱}{q}=\frac{۱}{f}}$ $\boxed{m=\frac{q}{p}=\frac{A'B'}{AB}}$

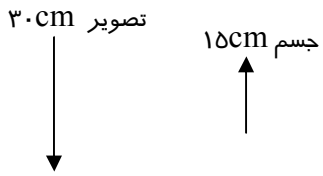
موقعیت جسم درمقابل عدسی همگرا	وضعیت جسم و تصویر نسبت به عدسی	ویژگیهای تصویر
۱ – جسم در فاصله کانونی $p < f$ $q > p$ $m > ۱$ $\Delta=q-p$		مجازی مستقیم بزرگتر نسبت به جسم از عدسی دورتر
۲ – جسم روی کانون عدسی $p = f$ $\quad q \longrightarrow \infty$		تصویر در بی‌نهایت
۳ – جسم بین کانون و ۲F $f < p < r$ $m>۱$ $\Delta=q+p$		حقیقی وارونه بزرگتر خارج از ۲F
۴ – جسم روی ۲F $p = q = r = ۲f$ $m=۱$ $\Delta=q+p$		حقیقی وارونه برابر جسم روی ۲F

۵ – جسم خارج از ۲F $p > r$ $p>q$ $m<۱$ $\Delta=q+p$		حقیقی وارونه کوچکتر بین کانون و۲F
۶ – جسم در بی‌نهایت $f = q$ $p \longrightarrow \infty$ $m<۱$		حقیقی وارونه کوچکتر روی کانون

مثال: با توجه به شکل زیر که طول جسم وتصویر و جهت آنها را نشان می‌دهد : $f=۳۰cm$

الف) نوع تصویرو عدسی چیست؟

ب) فاصله جسم و تصویر از عدسی را پیدا کنید .

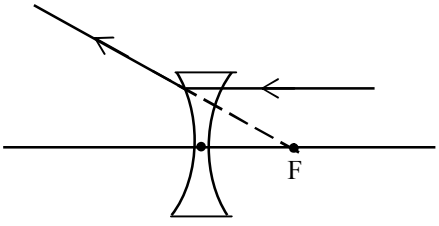


مثال: شمع روشنی در فاصله ۹۰ cm پرده‌ای قراردارد ، یک عدسی را بین آنها چنان قرار میدهیم که ۶۰ cm با پرده فاصله داشته باشد و تصویر واضح شمع را روی پرده نشان دهد . معین کنید :

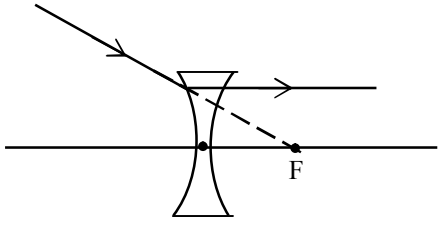
الف) نوع عدسی با دلیل ب) فاصله کانونی ج) بزرگنمایی عدسی

عدسی واگرا

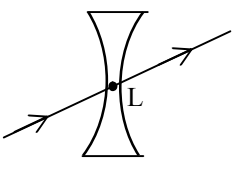
رسم پرتوهای شکست در عدسی واگرا :



الف) تابش موازی با محور اصلی
امتداد شکست از روی کانون



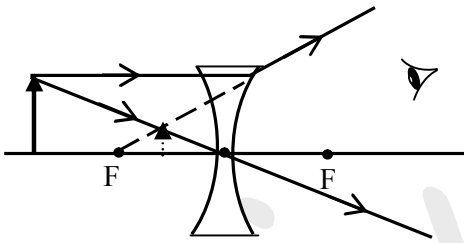
ب) تابش از کانون
امتداد شکست موازی با محور اصلی



ج) تابش از مرکز نوری
عبور بدون شکست

چگونگی تشکیل تصویر درعدسی واگرا : جسم در هر فاصله‌ای ازعدسی واگرا قرار گیـرد ویژگیهـای تصـویرآن عبارتند از : مجازی – مستقیم – کوچکتر – همواره در فاصله کانونی ($q < f$)

: درعدسی واگراکانون و تصویرهردومجازی هستند ودرروابط محاسباتی گفته شده ،آنها را منفی در نظـر می‌گیریم.

موقعیت جسم درمقابل عدسی واگرا	وضعیت جسم و تصویر نسبت عدسی	ویژگیهای تصویر
جسم در هر نقطه دلخواه $q < p$ $q < f$ $m<۱$ $\Delta = p-q$		مجازی مستقیم کوچکتر همواره در فاصله کانونی

مثال: جسم روشن AB بطول ۱۰ cm را در چه فاصله‌ای از یک عدسی واگرا با فاصله کانونی ۲۰ cm قرار دهیم تا تصویرآن در فاصله ۵ cm عدسی تشکیل گردد ؟ در اینصورت طول تصویر چقدر است ؟

مثال : جسم روشنی بطول ۲۰ cm را در مقابل یک عدسی قرار می‌دهیم تصویر مجازی آن بطول ۴ cm تشکیل می‌شود اگر فاصله جسم تا عدسی ۱۰ cm باشد، مطلوبست :

الف)نوع عدسی

ب) محل تصویر

ج) فاصله کانونی

توان عدسی

توانایی عدسی در واگرا کردن و یا همگرا کردن پرتوها را توان عدسی می‌نامند ، که با نماد D نمایش میدهند و واحد آن دیوپتر است . از نظر محاسباتی توان عکس فاصله کانونی بر حسب متراست .

$$D = \frac{۱}{f}$$

: توان عدسی همگرا مثبت و توان عدسی واگرا منفی است .

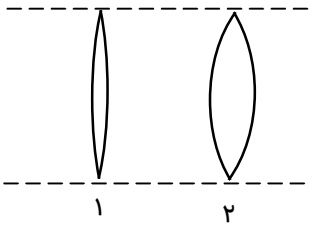
: اگر فاصله کانونی برحسب سانتیمتر است برای راحتی از رابطه $\boxed{D = \frac{۱۰۰}{f}}$ استفاده کنید تا D برحسب دیوپتر باشد.

مثال : جسمی در فاصله ۳۰cm عدسی واگرایی قرارمی‌گیردتصویرآن در فاصله ۱۰cm عدسی تشکیل می‌شود . مطلوبست:

الف) فاصله کانونی

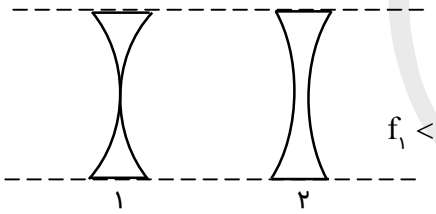
ب) توان عدسی

: اگر دو عدسی همگرا با ارتفاع یکسان داشته باشیم آن عدسی که نازکتر است فاصله کانونی بزرگتر و توان کمتری دارد .



$f_۱ > f_۲ \quad \longrightarrow \quad D_۱ < D_۲$

: اگر دو عدسی واگرا با ارتفاع و ضخامت لبه‌های یکسان داشته باشیم آن عدسی که قسمت میانی آن نازکتر است فاصله کانونی کوچکتر و توان بزرگتری دارد .



$f_۱ < f_۲ \quad \longrightarrow \quad D_۱ > D_۲$

مثال : جدول زیر را با مطابقت اعداد (فواصل کانونی) و اشکال سطر اول پر کنید .

$-۱۰\ cm$ و $-۵\ cm$ و $۲۵\ cm$ و $۸\ cm$

عدسی ها				
f				
D				

مثال : توان یک عدسی ۴- دیوپتر است ، اگر جسمی را در فاصله ۷۵cm آن قرار دهیم بزرگنمایی آن چقدر خواهد شد ؟

چشم

مردمک : دریچه‌ای درمقابل عدسی چشم است ، که با تغییرقطر آن شدت نور ورودی به چشم تنظیم می‌شود .

عدسی چشم : یک عدسی همگرای دو کوژ است ، که از ماده‌ای ژله‌ای مانند ساخته شده است .

شبکیه : صفحه حساس به نور است که تصویر بطور وارونه روی آن تشکیل می‌شود.

ماهیچه‌ی مژگانی : ماهیچه‌ای است که بوسیله یک دسته تارهای‌آویزی ، می‌تواند ضخامت عدسی چشم را تغییر دهند،زمانیکه این ماهیچه‌ها منقبض می‌شوند، ضخامت عدسی چشم زیاد می‌شود (فاصله کانونی کمتر) واشیاء نزدیک واضح دیده می‌شوند، و زمانیکه این ماهیچه‌ها در حال استراحت هستند عدسی چشم بزرگترین فاصله کانونی خود را دارد و تصویر اشیاء دور روی شبکیه می‌افتد .

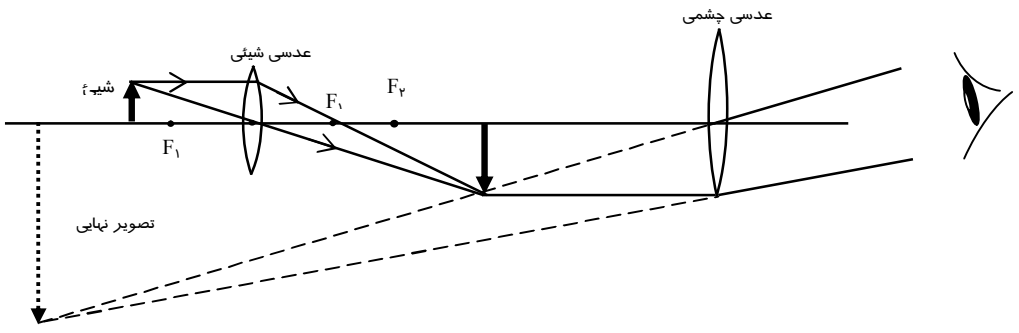
تطابق :تغییر فاصله کانونی چشم برای ایجاد تصویر واضح از اجسام دور یا نزدیک روی شبکیه را تطابق گویند .

کمترین فاصله دید چشم : نزدیکترین مکانی است که اگر جسمی در آنجا قرار گیرد ، چشم بدون آنکه فشاری زیادی بر آن وارد شود ، آنرا واضح می‌بیند .

بیشترین فاصله دید چشم : دورترین مکانی است که اگرجسمی درآنجا باشد ، چشم بدون تطابق می‌تواند آنرا واضح ببیند.

میکروسکوپ

وسیله است برای دیدن اشیا ریز، که ازدو عدسی همگرا به نامهای عدسی شیئی با فاصله کانونی کمتر و عدسی چشمی با فاصله کانونی بزرگتردرست شده که محور اصلی مشترک دارند. تصویر نهایی در میکروسکوپ بزرگتر ، معکوس و مجازی است . فاصله کانونی عدسی شیئی در حدود mm و فاصله کانونی عدسی چشمی حدود cm است .



$F_1 < F_2$

تلسکوپ (دوربین نجومی)

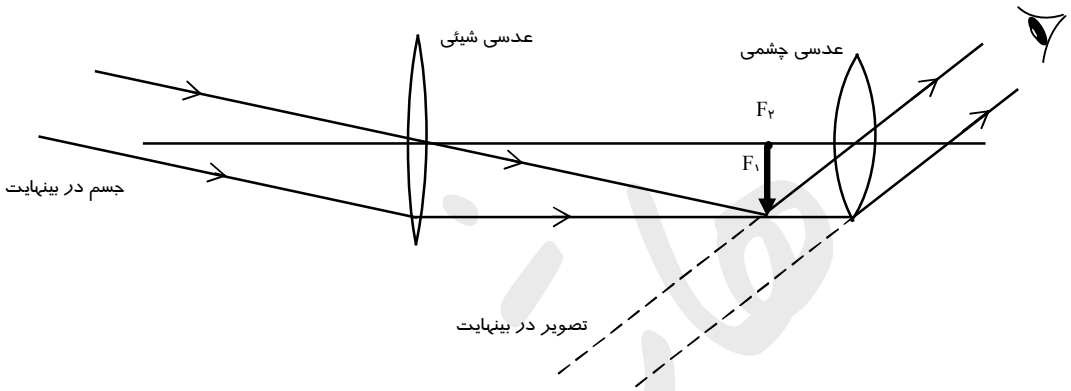
ساختمان مانند میکروسکوپ است ولی با تفاوتهای زیر :

۱ – فاصله کانونی عدسی چشمی کوچکتر از فاصله کانونی عدسی شیئی است . $F_1 > F_2$

۲ – فاصله دو عدسی برابر است با $F_1 + F_2$

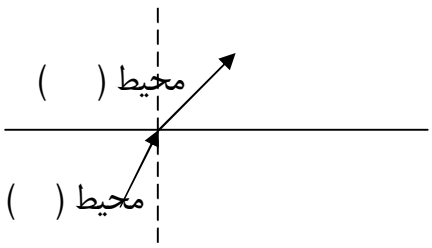
۳ – تصویر نهایی در تلسکوپ کوچکتر(!) ، مجازی و معکوس است .

۴ – فاصله کانونی عدسی شیئی در حدود m و فاصله کانونی عدسی چشمی حدود cm است .



تمرینات دوره‌ای

۱ – ضریب شکست دو ماده شفاف A و B را محاسبه کنید



و در شکل محیط A و B را نامگذاری کنید .

$V_A = ۱/۸۴ \times ۱۰^{۵}\ Km/s$ $V_B = ۲/۴ \times ۱۰^{۸}\ m/s$

۲ – زاویه حد محیط شفافی ۳۸ درجه است :

الف) ضریب شکست مطلق آن چقدر است ؟

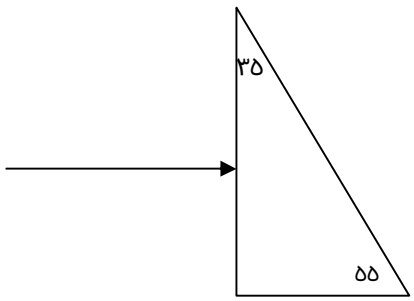
ب) سرعت نور در این محیط چقدر است ؟

ج) اگرپرتو نوری با زاویه ۳۰درجه از این محیط به هوا بتابد زاویه انحراف آن چقدر است ؟

۳ – سرعت نور در یک محیط شفاف $۱/۸\times۱۰^{۸}$ متر بر ثانیه است :
الف) ضریب شکست مطلق آن چقدر است ؟
ب) زاویه حد این محیط چقدر است ؟
ج) اگرپرتو نوری با زاویه ۲۰درجه از این محیط به هوا بتابد زاویه شکست و زاویه انحراف آن چقدر است ؟

۴ – پرتو نوری با زاویه ۴۵درجه‌از محیطی شفاف با ضریب شکست ۱/۲۵ تابیده می‌شود و وقتی واردمحیط دوم می‌شود ۱۵ درجه به خط عمود نزدیک میشود :
الف) ضریب شکست محیط دوم چقدر است ؟
ب) سرعت نور در این محیط اول چقدر است ؟
ج) زاویه حد این محیط دوم است ؟

۵ – اگر زاویه حد منشور مقابل ۴۰ درجه باشد :
الف) ادامه پرتو را تا خروج از منشوررسم کنید .
ب) زاویه شکست در نقطه خروج از منشورو ورود به هوا را محاسبه کنید .



۶ – شیشه ای به ضخامت ۱۲mm روی میز است که عکسی زیر آن قرار دارد . ناظری که به عکس نگاه می‌کند آنرا در عمق ۸mm شیشه می‌بیند . ضریب شگست شیشه چقدر است ؟

۷ – غواصی در زیر آب به شیشه ای به ضخامت ۳cm نگاه می‌کند ، اگر ضریب شکست آب $\frac{٤}{٣}$ و ضریب شکست شیشه $\frac{٥}{٣}$ باشد ضخامت شیشه چند cm به نظر می‌رسد ؟

۸ – توان عدسی همگرایی ۵ دیوپتر است اگر جسمی را در فاصله ۲۵cm این عدسی قرار دهیم بزرگنمایی آن چقدر است؟

۹ – عدسی واگرایی به توان $D = -٥$ دیوپتر ، تصویر جسمی را ۴ برابر کوچکتر تشکیل داده‌است . محل جسم و تصویر را محاسبه کنید .

۱۰ – اگر جسمی روی کانون عدسی واگرایی قرار گیرد تصویر آن در کجا تشکیل می‌شود ؟ (جواب بر حسب f بیان شود)