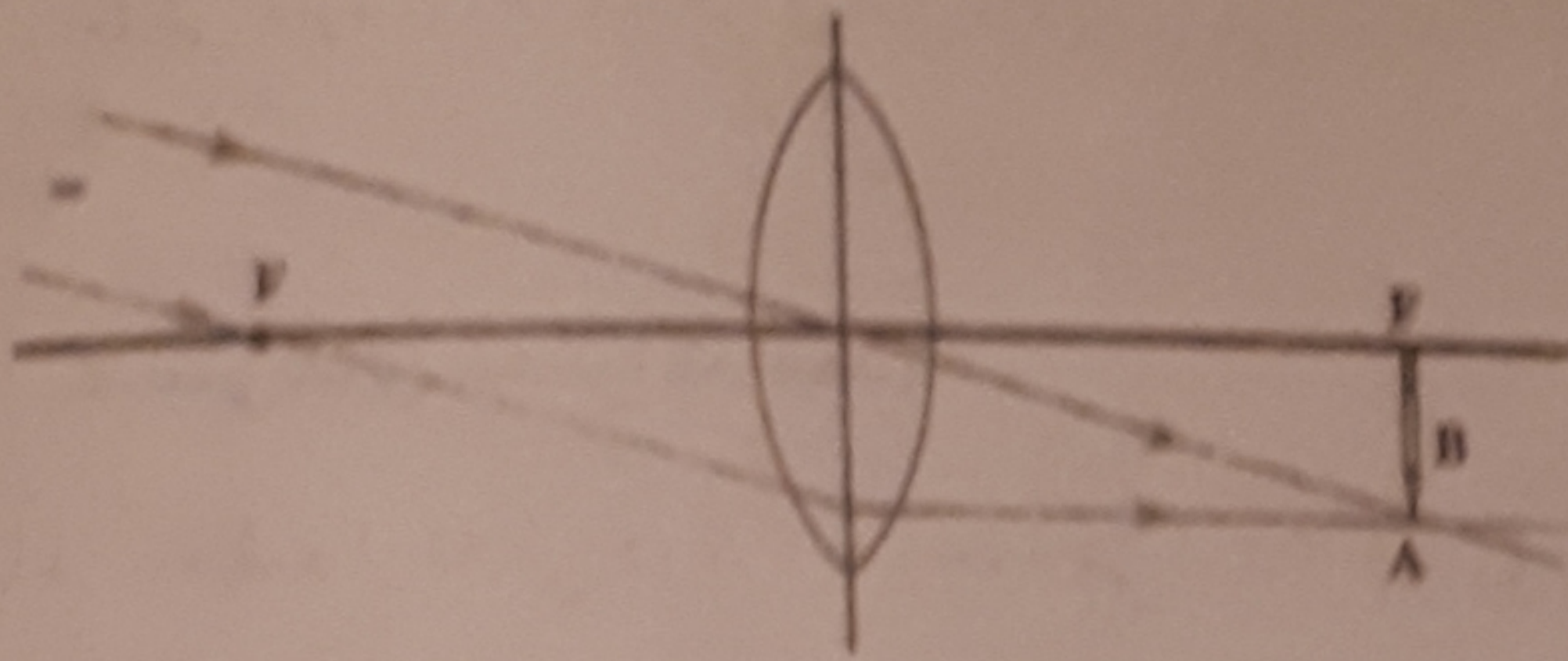
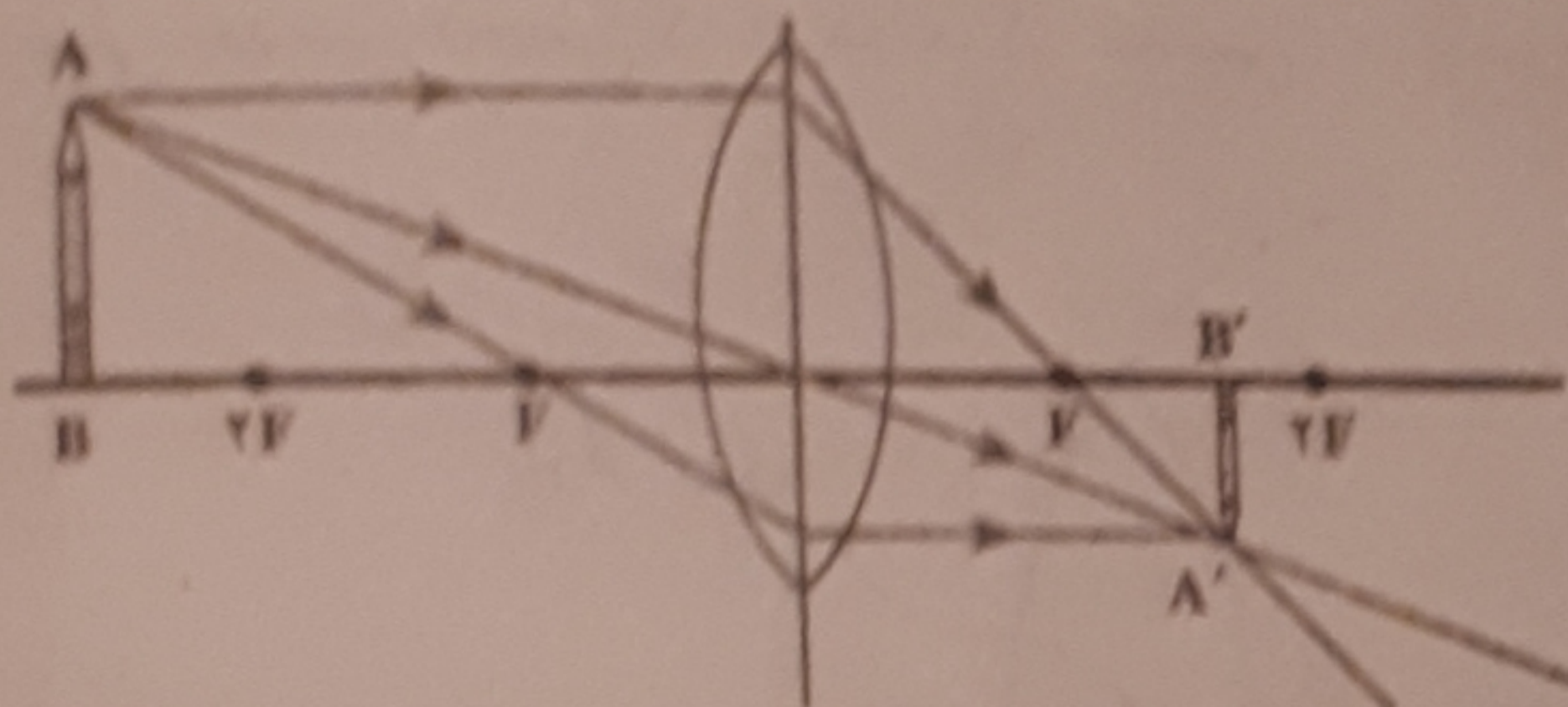


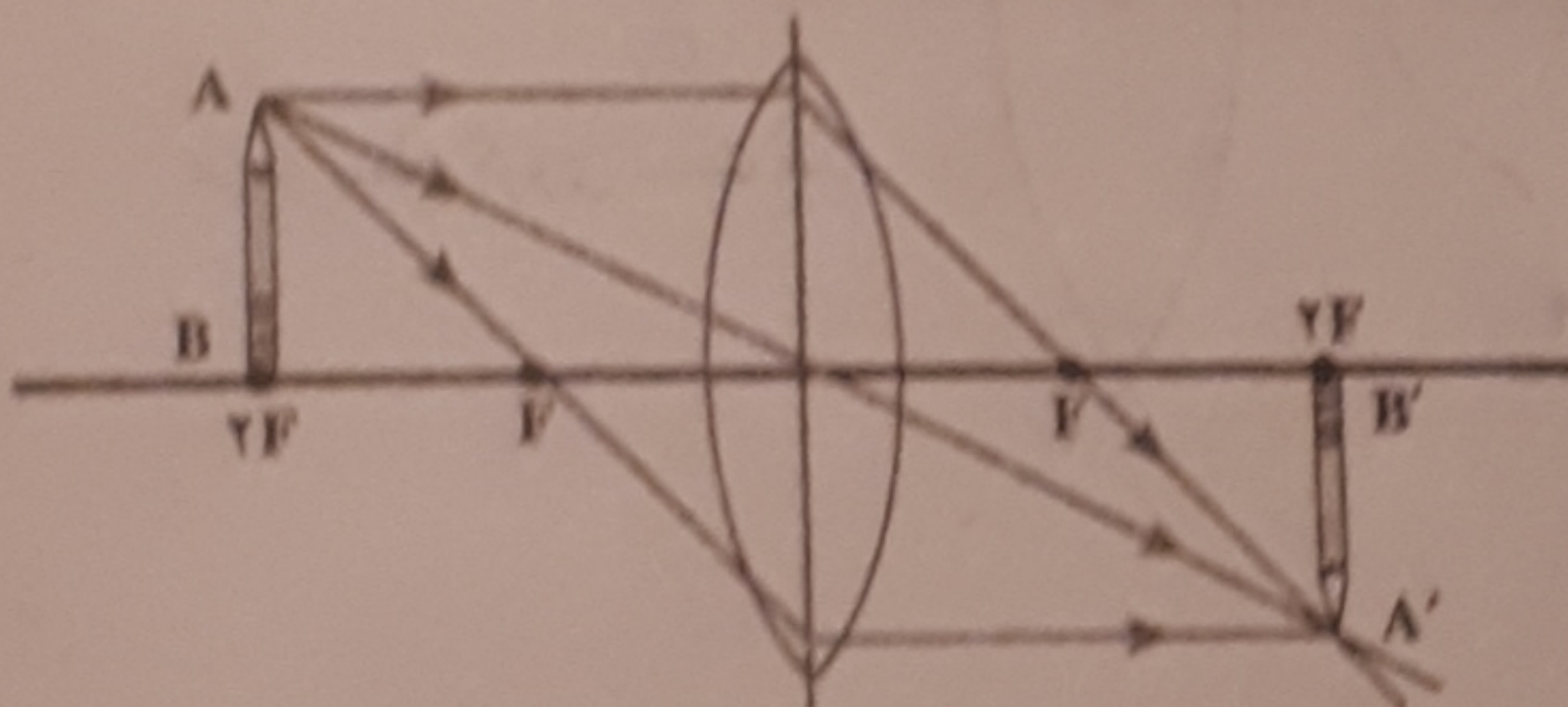
در زیر روش رسم تصویر شیء AB در یک عدسی همگرا در چند حالت مختلف نشان داده شده است. که F کانون و $2F$ مرکز عدسی می باشد. البته باید توجه داشته باشید که در سه شکل وسط، فقط رسم دو پرتو برای مشخص کردن تصویر کافی است زیرا هر سه پرتو یک دیگر را در یک نقطه قطع می نمایند.



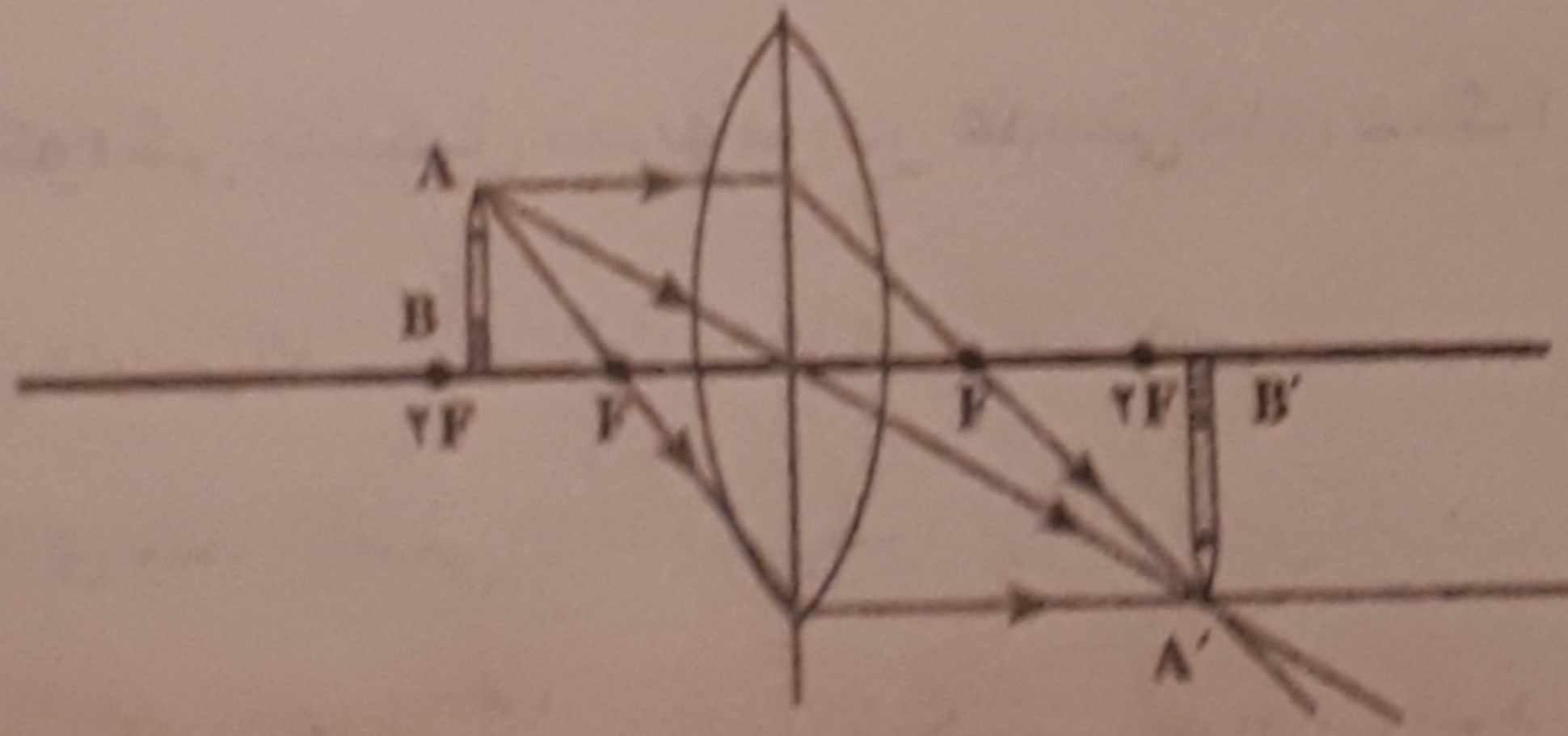
الف - شیء در فاصله‌ای خیلی دور از عدسی، تصویر روی کانون تشکیل می شود و حقیقی و وارونه است.



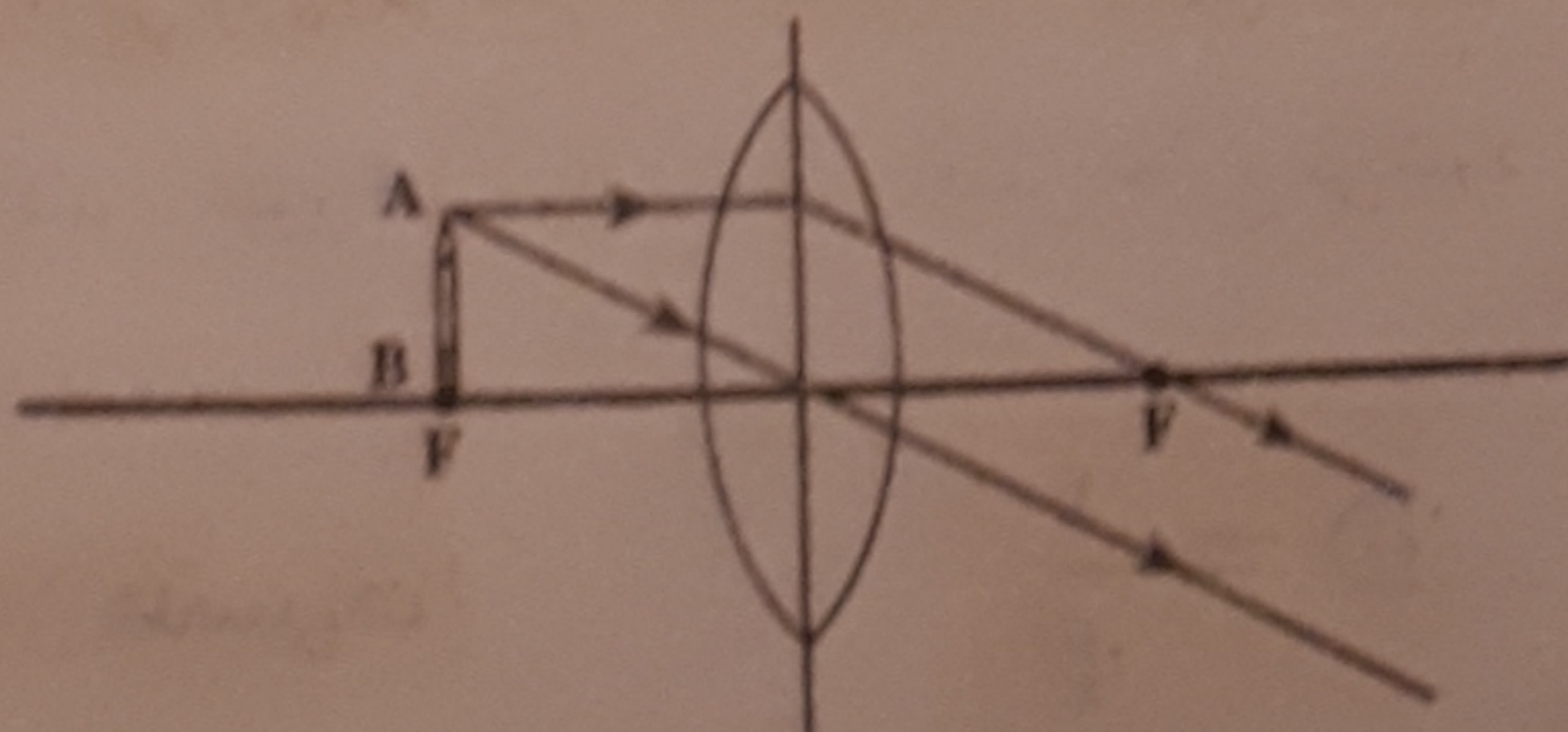
ب - شیء در فاصله‌ای بیشتر از دو برابر فاصله کانونی، تصویر دورتر از کانون و بزرگتر از فاصله $2F$ ، حقیقی، کوچکتر از جسم، وارونه



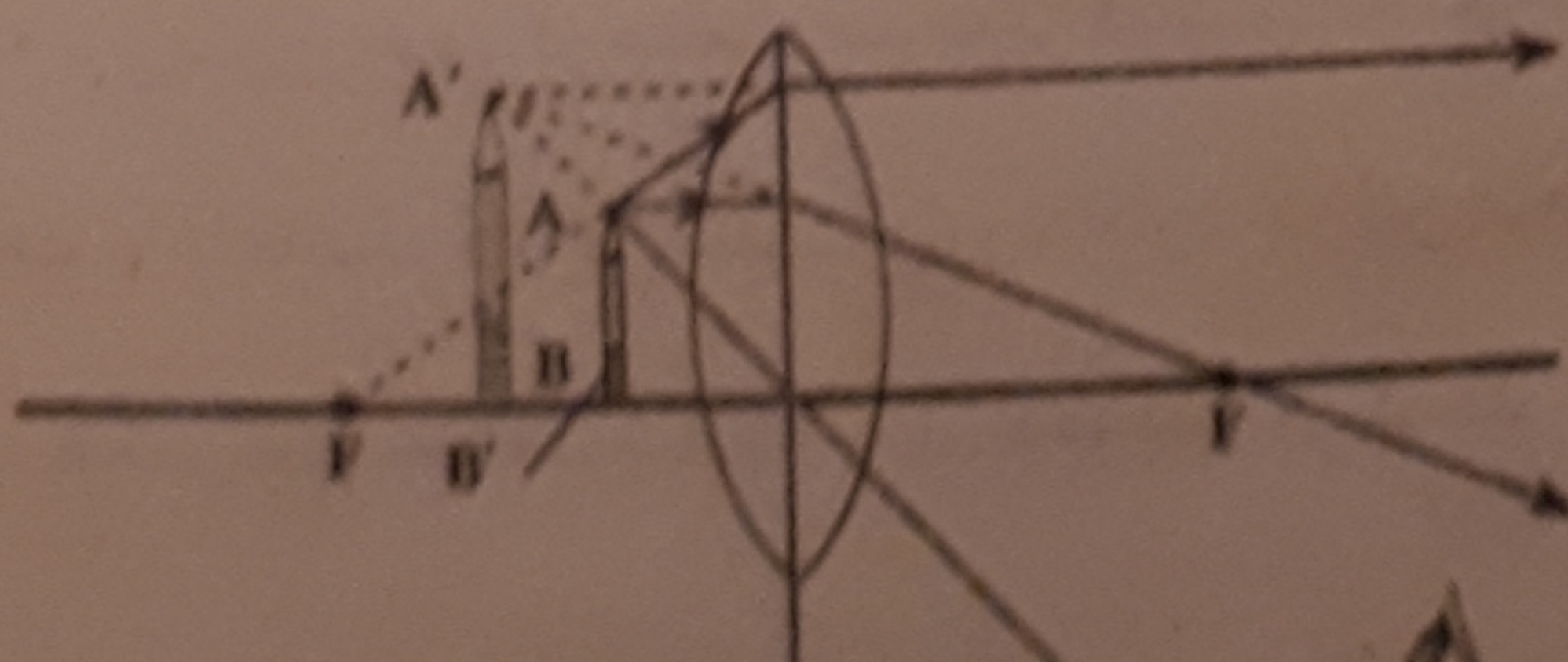
پ - شیء در فاصله‌ای $2F$ از عدسی، تصویر در فاصله‌ای $2F$ به اندازه‌ی شیء، حقیقی، وارونه



ت - شیء در فاصله‌ای بیشتر از F و کمتر از فاصله $2F$ ، حقیقی، بزرگتر از جسم، وارونه و دورتر از $2F$



ث - شیء روی کانون، تصویر در بی نهایت

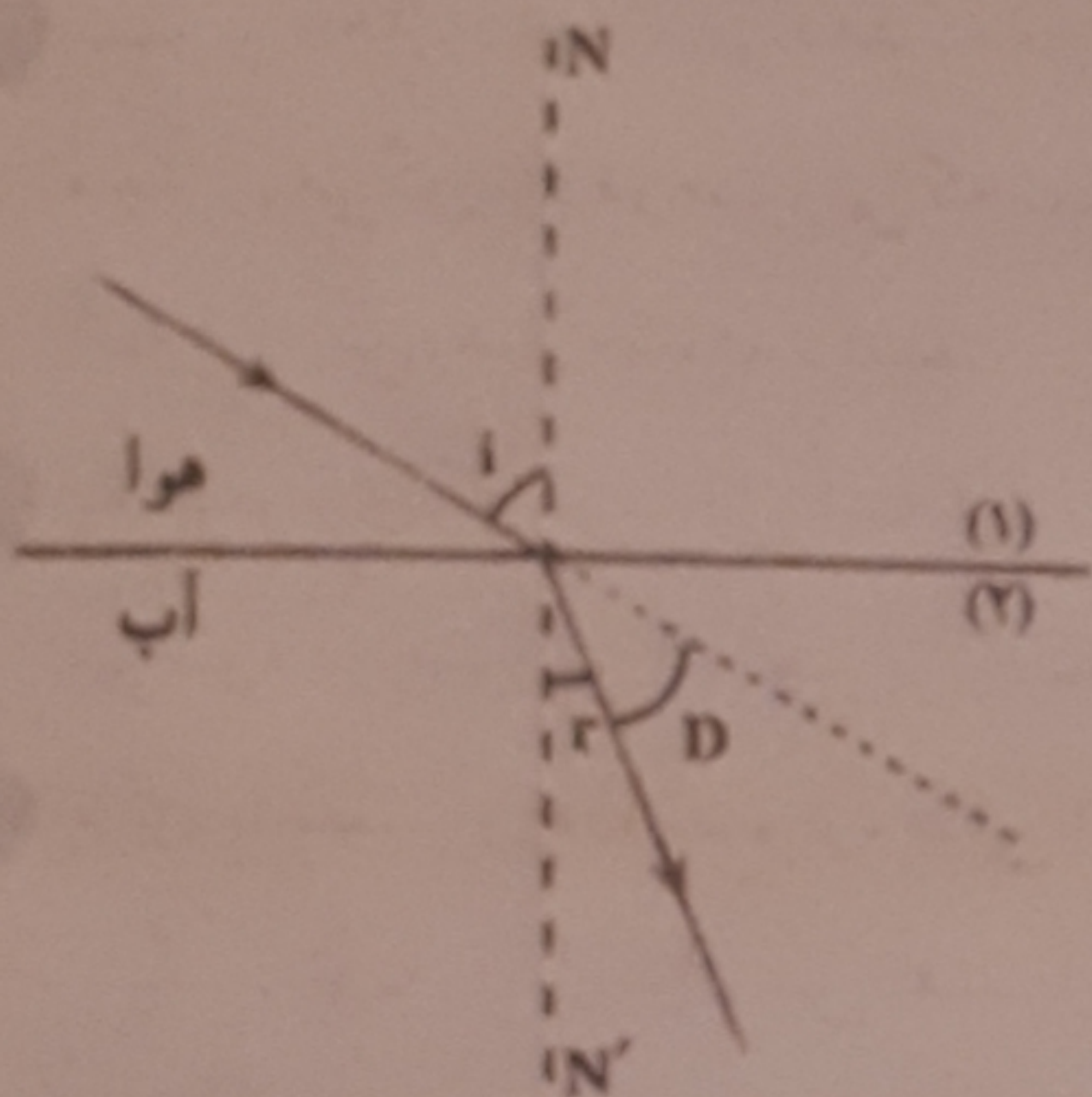


ج - شیء بین کانون و عدسی، همان طور که در شکل دیده می شود پرتوهای شکست از هم دور می شوند، امتداد پرتوهای شکست یکدیگر را قطع می کنند، تصویر مجازی، بزرگتر از شیء و مستقیم است.

شکست نور

آیا تا به حال چوبی را به طور مایل (نه به طور عمودی) داخل آب کرده‌اید؟ کسانی که این کار را کرده باشند می‌دانند

که در محل ورود چوب به آب، چوب شکسته به نظر می‌آید و به خط مستقیم دیده نمی‌شود که به این شکستگی ظاهری، شکست نور می‌گویند.



به طور کلی 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. علت شکست نور آن است که دو محیط با هم تفاوت دارند. هوا محیطی است رقیق و آب

محیطی است غلیظ‌تر از هوا.

نکته: اگر نور از محیط رقیق وارد محیط غلیظ شود فاصله‌اش از خط عمود کم می‌شود. اما اگر از محیط غلیظ وارد محیط رقیق شود فاصله‌اش از خط عمود زیاد می‌شود.

راهنمایی: در شکل فوق نور از محیط رقیق (هوا) وارد محیط غلیظ (یعنی آب) شده است. از این رو چون نور در محیط غلیظ سخت‌تر حرکت می‌کند، سرعت آن کمتر خواهد شد و زاویه‌اش از خط عمود (NN') کم‌تر خواهد شد **مهم:** (در شکل فوق i زاویه تابش، r زاویه شکست و D زاویه انحراف است).

قانون‌های شکست

ضریب شکست دوم n_2 →
 ضریب شکست اول n_1 →

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$$

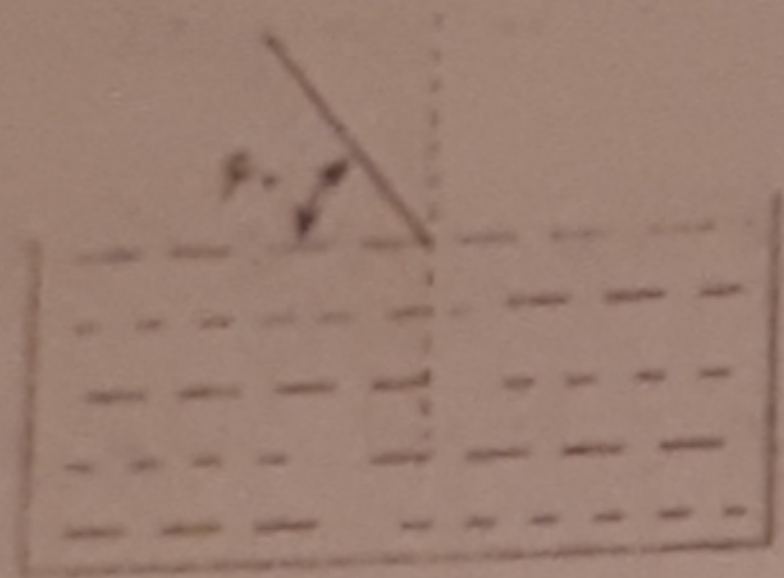
۱- پرتو تابش، خط عمود و پرتو شکست در یک صفحه واقع‌اند.

۲- نسبت سینوس زاویه تابش به سینوس زاویه شکست مقدار ثابتی است که آن را با n نشان می‌دهند و به آن

ضریب شکست می‌گویند.

$$n = \frac{\sin i \text{ (بازتاب در آب)}}{\sin r \text{ (تابش در هوا)}} \rightarrow \text{ضریب شکست}$$

مثال: باریکه‌ی نوری را مطابق شکل تحت زاویه‌ی 60° به سطح آب می‌تابانیم.



این پرتو چند درجه از امتداد خودش منحرف می‌شود؟ ضریب شکست آب را $1/33$ فرض کنید.

حل:

مطابق شکل، چون زاویه‌اش با سطح آب 60° است لذا زاویه تابش 30° درجه خواهد شد (نه 60° درجه) زیرا زاویه تابش منظور زاویه‌ای است که پرتو نور با خط عمود به وجود می‌آورد (نه با سطح آب).

نتیجه‌گیری: چون زاویه تابش یعنی $i = 30^\circ$ و ضریب شکست یعنی $n = 1/33$ است لذا زاویه شکست یعنی r از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} \xrightarrow{\text{یعنی}} 1/33 = \frac{\sin 30^\circ}{\sin r} \xrightarrow{\text{یعنی}} 1/33 = \frac{0.5}{\sin r}$$

از طرفین وسطین کردن تساوی فوق، $\sin r = 0.37$ خواهد شد که مقدار r از روی جدول آخر کتاب، حدود 20°

درجه خواهد شد. بدیهی است وقتی که زاویه تابش 30° درجه و زاویه شکست 20° درجه باشد، زاویه انحراف 10°

درجه خواهد شد (زاویه انحراف یعنی تفاوت امتداد زاویه تابش و زاویه شکست).

سکه در کف لیوان پیرا آب به ارتفاع 20 سانتی‌متر قرار دارد. عمق ظاهری چیست؟
 $\frac{h'}{h} = \frac{n'}{n} \Rightarrow h' = \frac{1 \times 20}{1.33} = 15.1$
 زمانی که به استخر پر از آبی نگاه می‌کنید، شکست نور موجب می‌گردد که کف استخر بالاتر به نظر آید که به آن عمق

ظاهری می‌گویند و مقدار آن را از رابطه زیر به دست می‌آورند:

$$\frac{(h') \text{ عمق ظاهری}}{(h) \text{ عمق حقیقی}} = \frac{(n') \text{ محیط حقیقی}}{(n) \text{ محیط ظاهری}} = \frac{\text{عمق واقعی}}{\text{ضریب شکست آب}}$$

زاویه حد چیست؟

اگر منبع نور (چراغ)، در داخل آب استخر باشد و نورش به طور مایل به سطح آب بتابد، هنگام خروج، نور منحرف می‌شود. حال اگر زاویه تابش را به تدریج زیاد کنیم (یعنی منبع نوری که در داخل آب است نورش را مایل‌تر به سطح آب بتابانیم) زمانی می‌رسد که نور خروجی مماس بر سطح آب استخر خارج خواهد شد که به این زاویه، زاویه حد می‌گویند. جالب این جاست که اگر زاویه تابش را از این مقدار نیز بیش‌تر کنیم، نور از سطح آب خارج نمی‌شود و

مجدداً داخل آب انعکاس پیدا می‌کند که به آن **بازتاب کلی** گویند. در بازتاب کلی، سطح آب مانند آینه تخت عمل می‌کند و نور تابش را در داخل خودش منعکس می‌نماید. زاویه حد که منظور حداکثر زاویه‌ای است که هنوز نور می‌تواند از آب خارج شود را با i_c نشان می‌دهند و آن را از فرمول زیر به دست می‌آورند.

$$\text{ضریب شکست محیط} \leftarrow \frac{1}{n} = \sin i_c \rightarrow \text{سینوس زاویه حد}$$

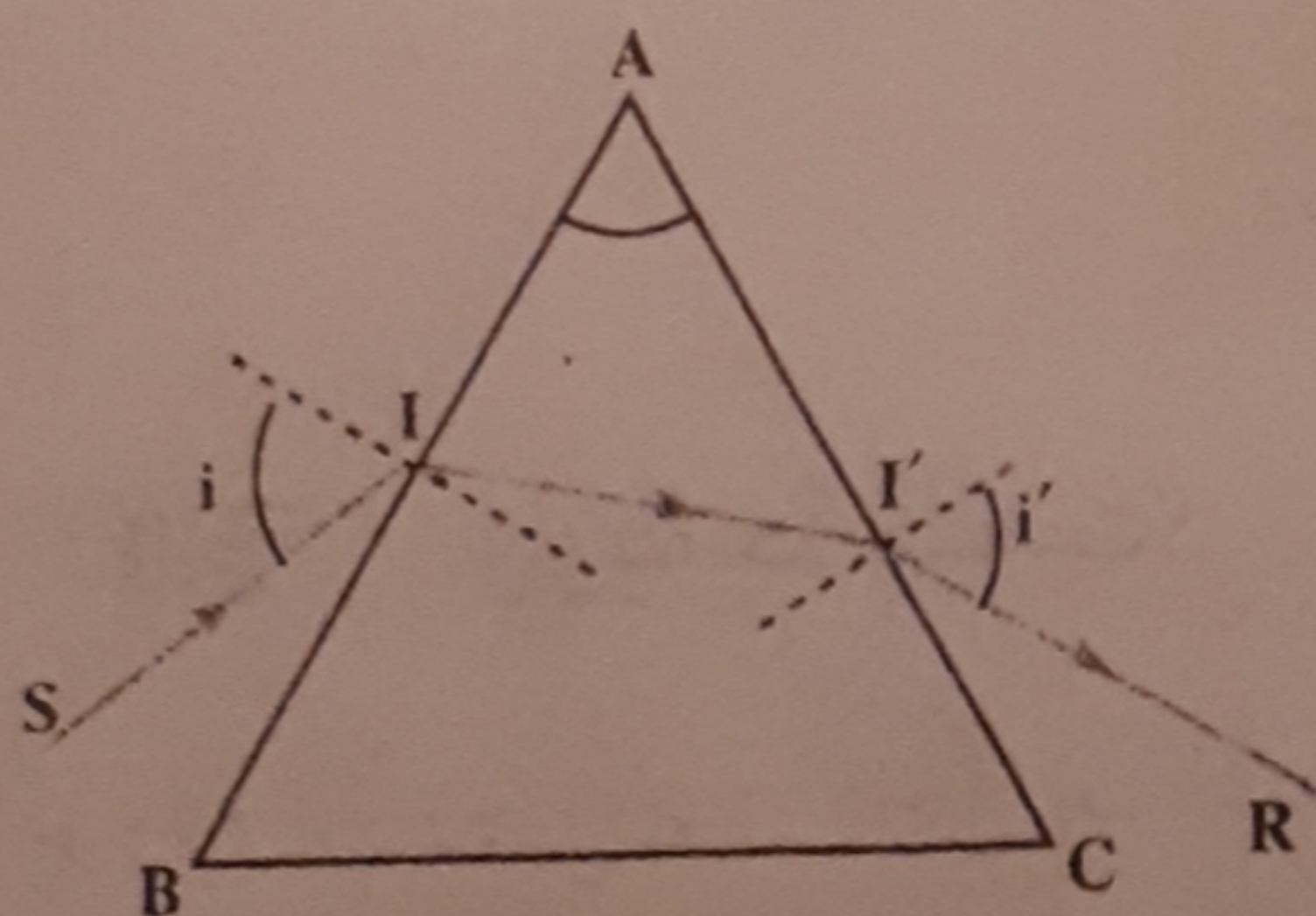
👉 سراب چیست؟

حتماً در تابستان‌های گرم در بیابان یا در خیابان‌ها پدیده سراب را مشاهده کرده‌اید. در این پدیده شما از راه دور، آبی را ملاحظه می‌کنید که این آب واقعیت ندارد و در اثر شکست نور این چنین به نظر می‌آید. علت پدیده سراب آن است که گرمای زمین موجب می‌گردد که لایه‌ای از هوا که به زمین نزدیک‌تر است گرم‌تر شود و در نتیجه هوا رقیق‌تر گردد و موجب شکست نور و در نتیجه پدیده سراب گردد.

👉 تارهای نوری

تار نوری میله شیشه‌ای بلندی است که نور می‌تواند درون آن جلو رود (حتی اگر میله را به صورت خمیده درآوریم). زیرا در اثر خمیده کردن، بازتاب کلی در آن صورت می‌گیرد و نور نمی‌تواند از آن خارج شود. مهم‌ترین کاربرد تارهای نوری در صنعت مخابرات است. یک جفت تار نوری به ضخامت موی سر می‌تواند ۵۰۰۰۰ مکالمه تلفنی را هم زمان انجام دهد.

👉 مسیر نور در منشور



مسیر پرتو نور در منشور

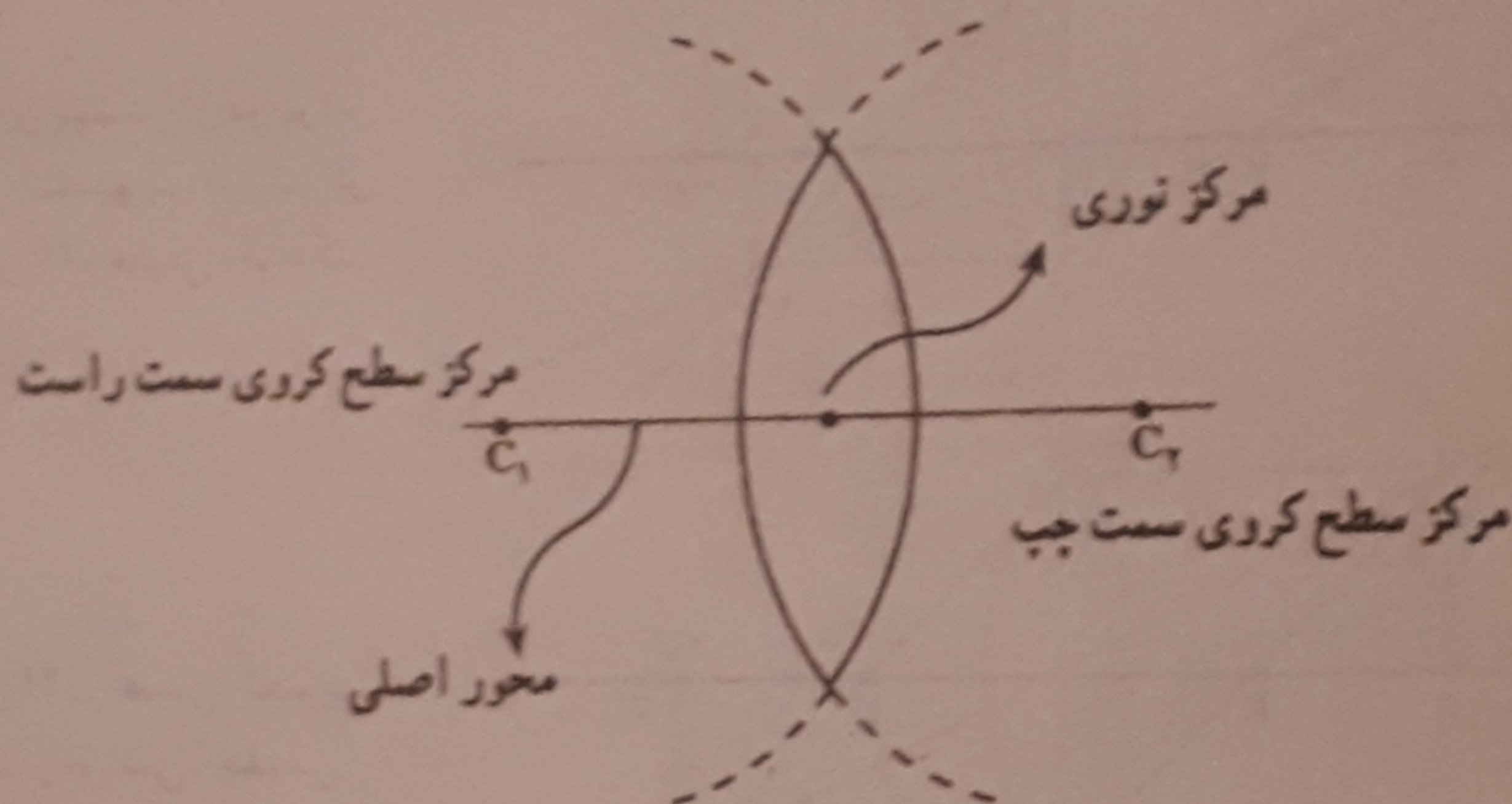
نور در منشور دو مرتبه شکسته می‌شود یکی موقعی که از هوا وارد منشور می‌شود (وارد شدن نور از محیط رقیق به محیط غلیظ) و دیگری موقعی که از آن خارج می‌شود (خارج شدن از محیط غلیظ به محیط رقیق). از آن جایی که سرعت نور برای رنگ‌های مختلف متفاوت است، هنگام عبور نور آفتاب از

منشور، نور به هفت رنگ تجزیه می‌شود که به این پاشیدگی نور **طیف** می‌گویند. این پاشیدگی نور نیز به وسیله قطرات باران در روزهای بارانی به وجود می‌آید که موجب ظاهر شدن رنگین‌کمان در آسمان می‌گردد.

عدسی‌ها به دو دسته واگرا و همگرا تقسیم می‌شوند. در عدسی‌های واگرا، دو طرف عدسی فرورفتگی وجود دارد (مانند آینه مقعر). در عدسی‌های واگرا نورها پس از شکست واگرا (یعنی دور) می‌شوند اما در عدسی‌های همگرا که دو طرف آن برآمدگی دارد نورها همگرا (یعنی نزدیک) می‌شوند.

عدسی‌های همگرا کدامند؟

این عدسی‌ها در حقیقت از تلاقی دو کره به وجود می‌آیند از این رو دارای دو مرکز و در نتیجه دو کانون می‌باشند. در شکل زیر محور اصلی عدسی (خطی که از دو مرکز عدسی) می‌گذرد نشان داده‌ایم.



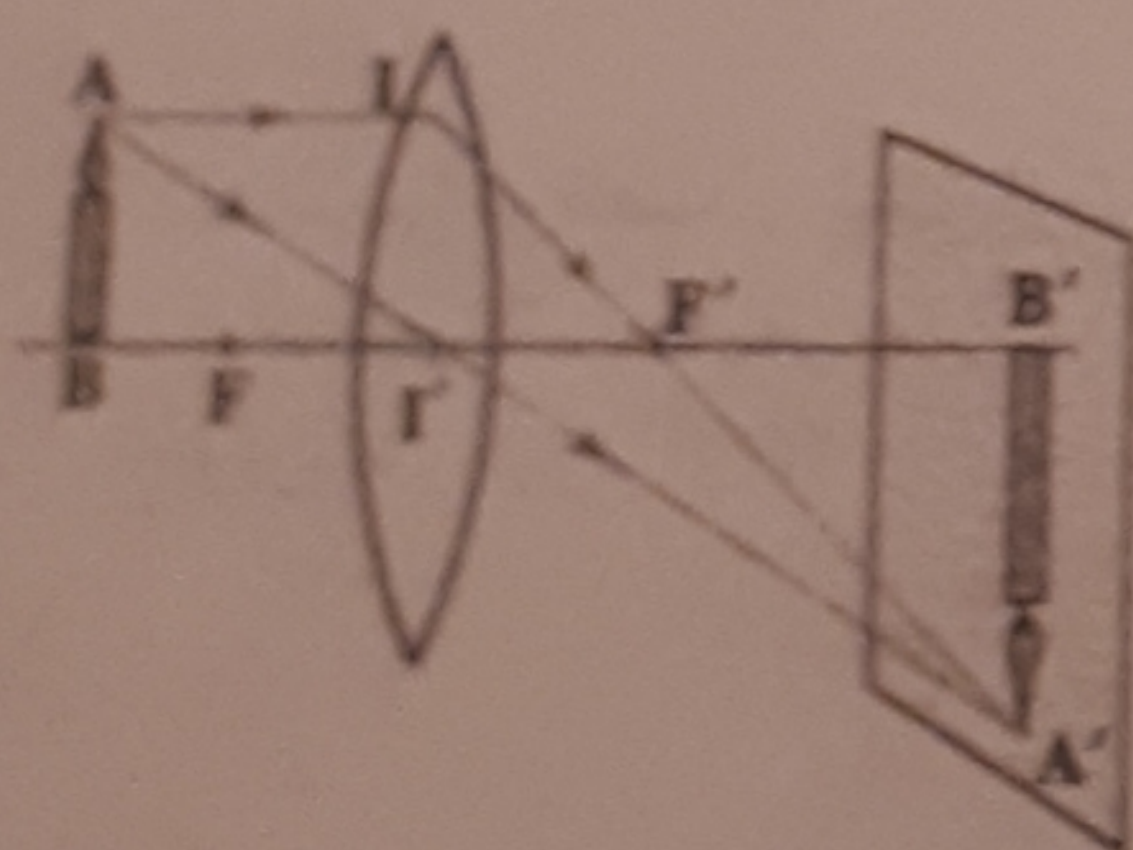
چگونگی تشکیل تصویر در عدسی‌های همگرا

تشکیل تصویر در عدسی‌ها عیناً مانند آینه‌ها می‌باشد یعنی:

اولاً: نوری که موازی محور اصلی تابیده می‌شود از کانون می‌گذرد.

ثانیاً: نوری که از مرکز نوری می‌گذرد بدون شکست خارج می‌شود.

ثالثاً: نوری که از کانون عبور کند موازی محور اصلی خارج می‌شود.



$$D = \frac{1}{f}$$

توان عدسی‌ها

در عدسی‌ها هر چه نور پس از عبور از عدسی سریع‌تر در کانون جمع شود، توان آن عدسی بیشتر است. توان عدسی را با D نشان می‌دهند و با فاصله کانونی نسبت وارونه دارد. در این فرمول f باید بر حسب متر منظور شود. از این رو واحد توان عدسی، عکس متر خواهد شد که به آن دیوپتر می‌گویند.

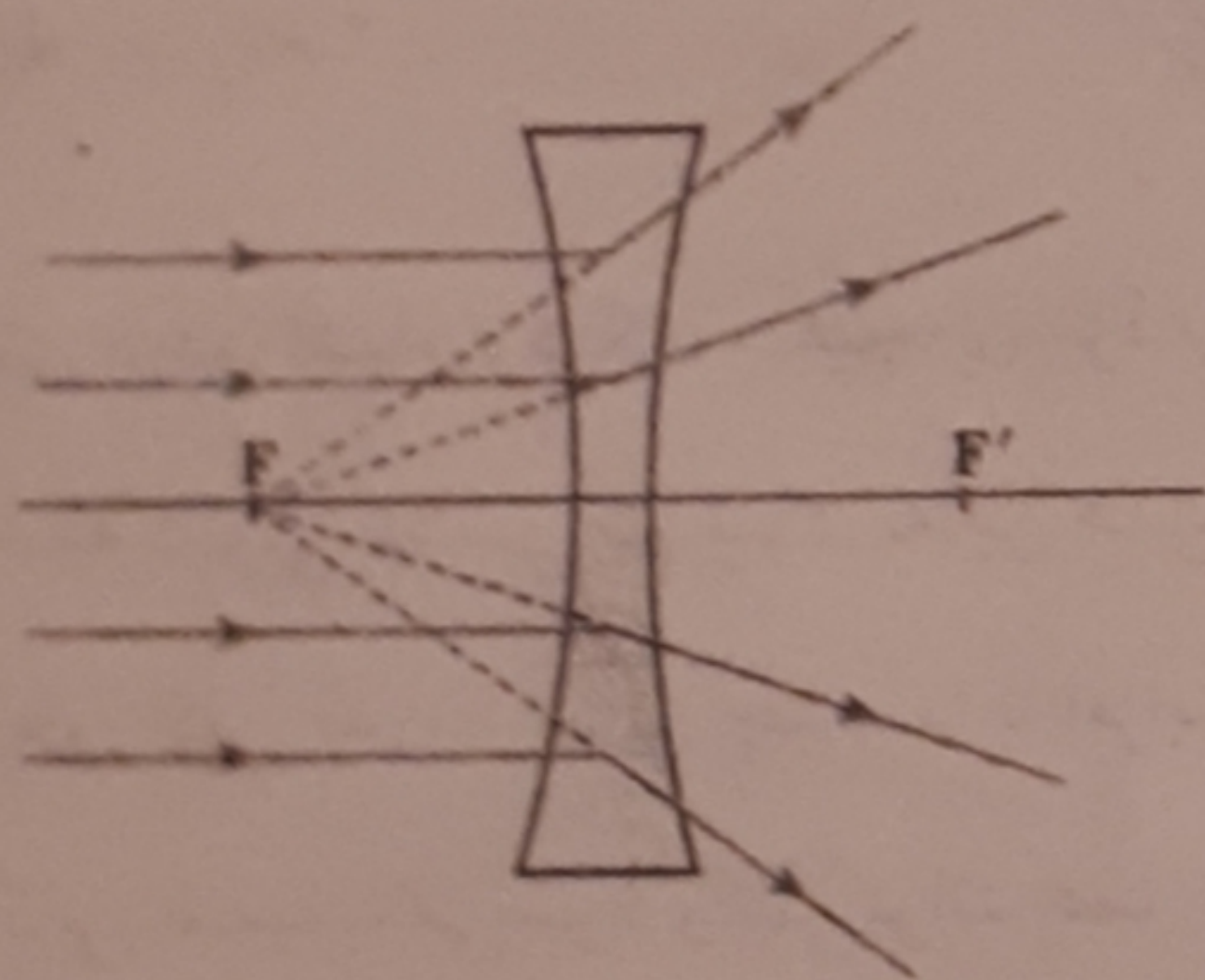
در عدسی‌ها نیز نسبت طول تصویر ($A'B'$) به طول شی (AB) را بزرگ‌نمایی می‌نامیم و آن را با m نمایش می‌دهیم.

فاصله تصویر از عدسی ← $m = \frac{q}{p}$ ← فاصله شیء از عدسی

بزرگ‌نمایی $m = \frac{A'B'}{AB}$ یا

اگر بخواهیم عدسی همگرا به عنوان ذره‌بین استفاده کنیم باید عدسی را طوری قرار دهیم که فاصله‌ی شیء تا عدسی کم‌تر از فاصله‌ی کانونی عدسی باشد. (یعنی شیء در فاصله‌ی کانونی عدسی قرار بگیرد). در این صورت تصویر مجازی، مستقیم و بزرگ‌تر از شیء دیده می‌شود که آن را در تصویر پائین صفحه قبل نشان داده‌ایم.

عدسی‌های واگرا



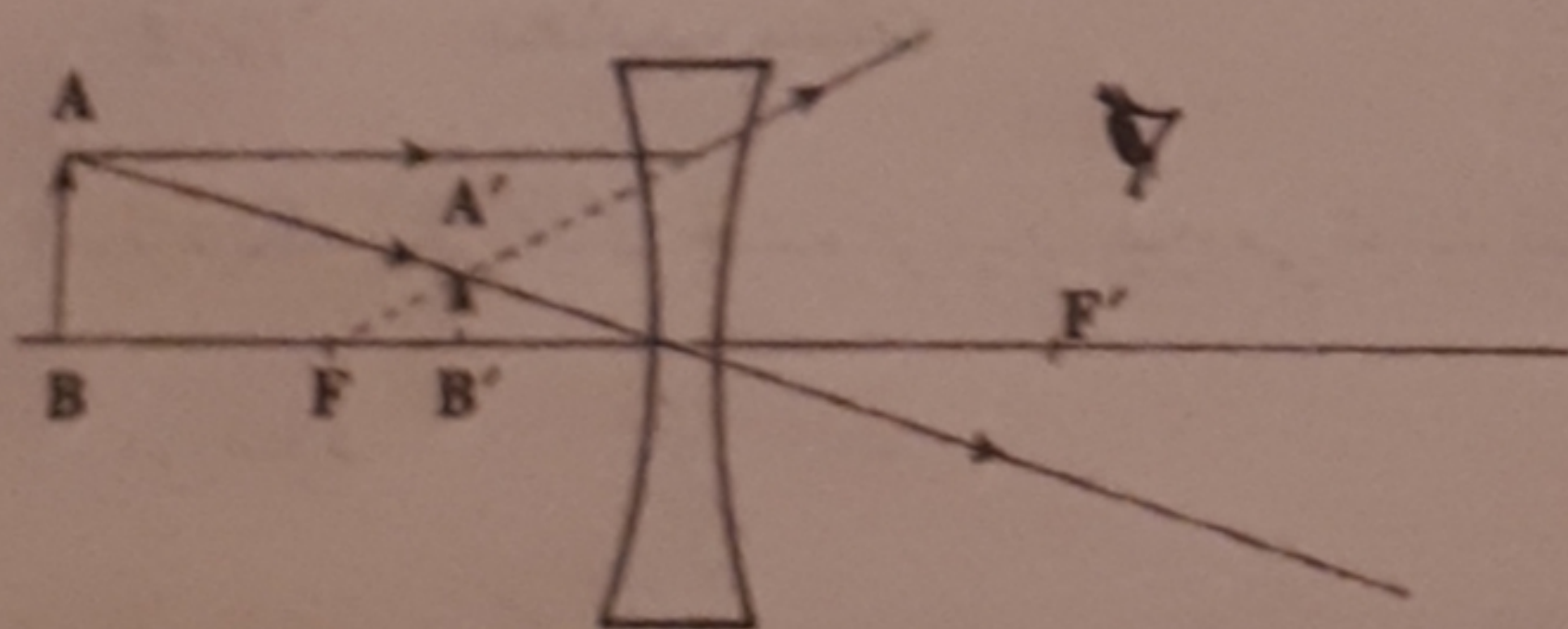
در این نوع عدسی، نور پس از عبور از عدسی واگرا می‌شوند

(یعنی دور می‌شوند). به طور مثال اگر پرتوهای تابش موازی با

محور اصلی باشند، هنگام خروج از عدسی، طوری واگرا می‌شوند که امتداد آن‌ها از کانون می‌گذرد که آن را در شکل روبرو

نشان داده‌ایم.

تصویر در عدسی‌های واگرا



برای به دست آوردن تصویر در عدسی‌های واگرا عیناً مانند

عدسی‌های همگرا عمل می‌کنیم یعنی کافی است که فقط دو پرتو

به عدسی تابیده شود. بدیهی است پرتوی که به مرکز نوری (وسط

عدسی) می‌تابد بدون شکست از عدسی خارج می‌شود اما پرتوی

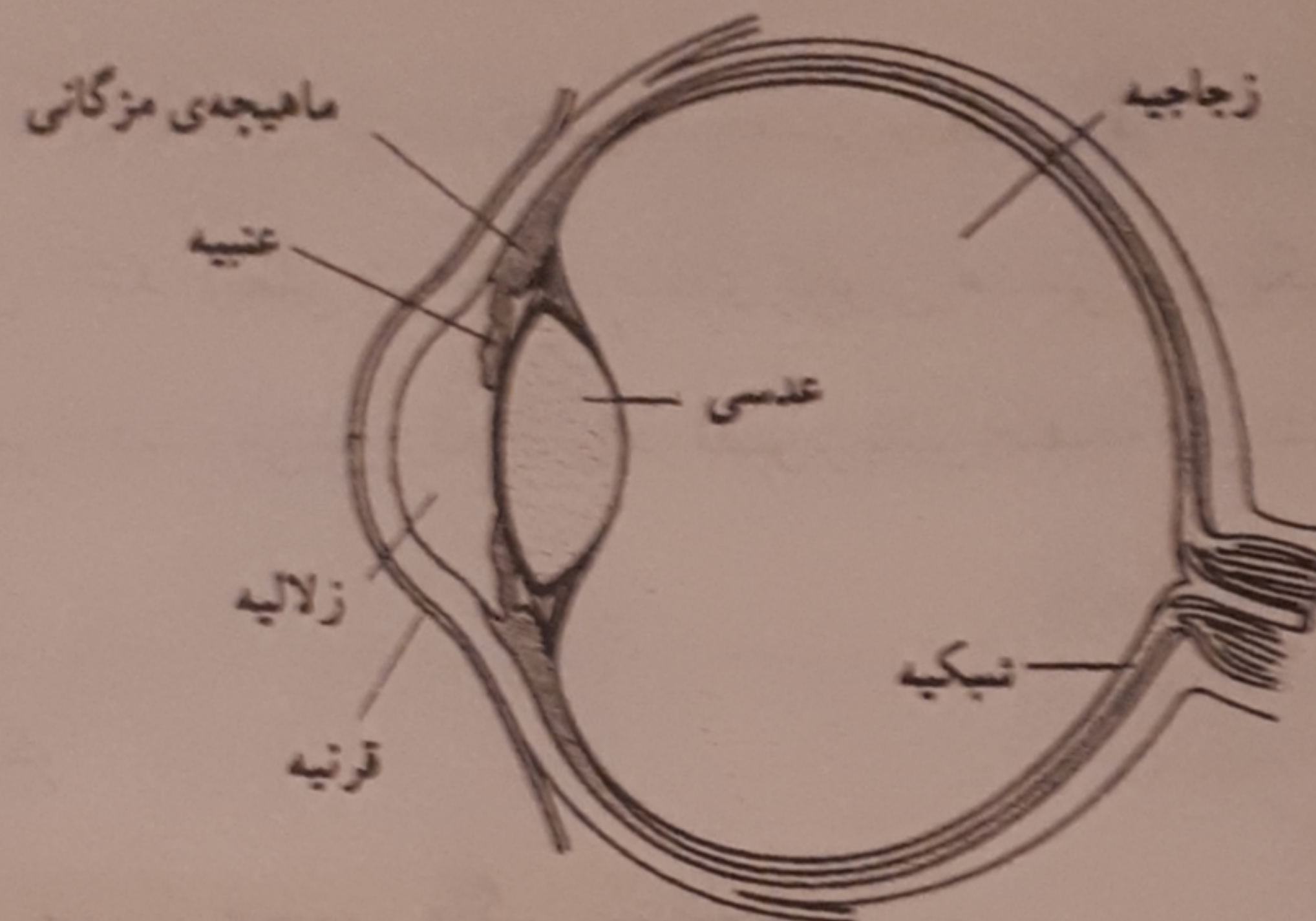
که موازی محور اصلی می‌تابد، امتدادش از کانون عبور می‌نماید.

نکته: از عدسی‌های واگرا نمی‌توان به عنوان ذره‌بین استفاده کرد زیرا شیء در هر فاصله‌ای قرار داده شود، تصویرش

کوچک‌تر از شیء خواهد بود و در فاصله کانونی قرار می‌گیرد.

چشم و معایب آن

چشم انسان را می‌توان شبیه یک عدسی همگرا دانست که تصویری حقیقی بر روی یک صفحه‌ی حساس به نور به نام شبکیه تشکیل می‌دهد. عدسی چشم از ماده‌ای ژله‌مانند، انعطاف‌پذیر و شفاف ساخته شده است. در جلوی عدسی چشم مردمک چشم قرار دارد. مردمک چشم دریچه‌ای است که با تغییر قطر آن، شدت نور را تنظیم می‌کند. به همین دلیل است که مردمک چشم در روز کوچک و در شب بزرگ‌تر به نظر می‌آید.



برای دیدن اشیاء نزدیک، ماهیچه‌ی مزگانی منقبض می‌شود و ضخامت عدسی چشم را زیاد می‌کند تا بدین ترتیب فاصله کانونی عدسی کم شود. به این عمل **تطابق** می‌گویند. به طور کلی قدرت تطابق چشم ما با افزایش سن محدود و محدودتر می‌شود به طوری که در سنین بالا، ماهیچه‌ی مزگانی ضعیف می‌شود و نمی‌تواند عمل تطابق را بخوبی انجام دهد. به همین دلیل است که افراد مسن نمی‌توانند اشیایی را که نزدیک چشم می‌گیرند به وضوح ملاحظه کنند و برای خواندن کتاب از عینک استفاده می‌نمایند. بیشترین فاصله‌ی دید چشم، دورترین مکانی است که چشم بدون تطابق می‌تواند آن را واضح ببیند.

معایب چشم

- ۱- **نزدیک بینی:** یک چشم نزدیک بین می‌تواند تنها اجسام نزدیک را به بیند که این عیب با عدسی هلالی و اگر اصلاح می‌شود.
- ۲- **دور بینی:** یک چشم دور بین نمی‌تواند اجسام نزدیک را به وضوح ببیند که این عیب با عدسی هلالی همگرا اصلاح می‌شود.
- ۳- **پیرچشمی:** در این حالت هم دور و هم نزدیک به وضوح دیده نمی‌شود که این عیب با عدسی همگرا اصلاح می‌شود.
- ۴- **استیگماتیسم:** در این حالت قرنیه و یا عدسی، کروی بودن خود را از دست می‌دهند و تصویر در یک راستا واضح ولی در راستای دیگر واضح نیست. این عیب به وسیله‌ی یک عدسی استوانه‌ای اصلاح می‌شود.

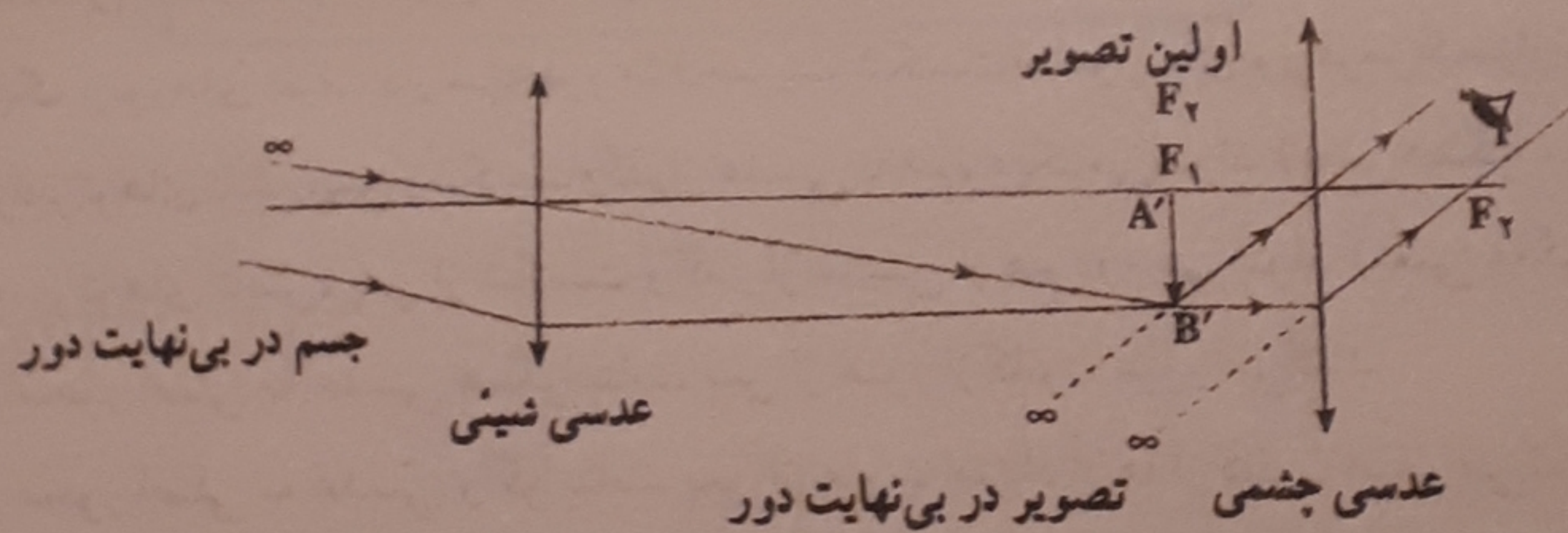
میکروسکوپ

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

نکته: در میکروسکوپ تصویر جسم بزرگ‌تر، معکوس و مجازی است.

دوربین نجومی

دوربین نجومی برای دیدن کره‌های آسمانی به کار می‌رود. ساختمان آن شبیه به ساختمان میکروسکوپ است و از دو عدسی همگرای هم محور درست شده است. فاصله‌ی کانونی عدسی شیء آن حدود متر (یکی دو متر) و فاصله کانونی عدسی چشمی، مانند عدسی چشمی میکروسکوپ حدود چند سانتی‌متر است. در شکل زیر طرز تشکیل تصویر در دوربین نجومی نشان داده شده است.



اولین تصویر ($A'B'$) در سطح کانونی عدسی شیئی تشکیل می‌شود. معمولاً دوربین را طوری تنظیم می‌کنند که

کانون‌های دو عدسی بر یک دیگر منطبق شود. در این صورت آخرین تصویر نیز در بی نهایت دور دیده می‌شود.

ضریب شکست نور در خلأ یا هوا $n = 1$ در آب $n = \frac{4}{3}$ و در شیشه $n = \frac{3}{2}$ است.

هر چه محیط رقیق تر باشد (مانند هوا) ضریب شکست آن کمتر و سرعت نور در آن بیش تر می شود.

هنگامی که نور به طور مایل از محیط غلیظ (مانند آب) وارد محیط رقیق (مانند هوا) می شود سرعت نور زیاد و زاویه

شکست نیز زیاد می گردد که تفاوت زاویه شکست و زاویه تابش را زاویه انحراف می گویند.

علت شکست نور هنگامی که به طور مایل از یک محیط شفاف به محیط دیگر گذر می کند، همین تفاوت سرعت نور در دو

محیط است.

منظور از زاویه حدّ زاویه ای است که اگر زاویه نور تابش از آن بیش تر شود، نور نمی تواند از آن محیط خارج شود و بازتاب

آن مجدداً در همان محیط اولیه صورت می گیرد که به این پدیده بازتاب کلی می گویند. زاویه حد را با i_c نشان می دهند و

$$\sin i_c = \frac{1}{n} \text{ یعنی می آید}$$

در بازتاب کلی، سطح جدایی دو محیط مانند یک آینه تخت، پرتو نور را به درون محیط اول باز می تاباند.

سراب یک بازتاب کلی است که به علت تفاوت دما در لایه های گرم نزدیک به زمین به وجود می آید.

اگر عمق واقعی استخر آب را به ضریب شکست آب تقسیم کنیم، عمق ظاهری استخر به دست می آید.

در منشور، نور، هم هنگام ورود به منشور و هم هنگام خروج شکست پیدا می کند.

پاشیدگی نور به رنگ های متفاوت را به وسیله منشور طیف می گویند، پاشیدگی نور به علت ضریب شکست های

متفاوتی است که هر یک از نورهای طیف دارند. به طور مثال ضریب شکست منشور برای نور قرمز، کمتر از نور آبی یا سبز است.

در عدسی های همگرا، پرتوهای تابش، پس از شکست و گذر از عدسی به هم نزدیک می شوند (یعنی همگرا می شوند).

در عدسی های واگرا، پرتوهای تابش، پس از شکست و گذر از عدسی از هم دور می شوند (یعنی واگرا می شوند).

پرتوهایی که موازی محور اصلی به عدسی همگرا بتابند پس از عبور از کانون عبور می کنند.

پرتوهایی که موازی محور اصلی به عدسی واگرا بتابند پس از عبور، امتداد آن ها از کانون عبور می نماید.

در عدسی های واگرا، شیء در هر فاصله ای مقابل عدسی قرار گیرد، تصویرش کوچک تر از شیء، مجازی و نسبت به

شیء مستقیم است و در فاصله ی کانونی (یعنی بین کانون و عدسی) دیده می شود.

اگر از عدسی همگرا به عنوان ذره بین استفاده شود، باید شیء را در فاصله کانونی قرار داد.

توان عدسی منظور توانایی عدسی در همگرا کردن پرتوها می باشد. هر چه فاصله کانونی عدسی کمتر باشد توان آن

بیشتر خواهد شد.

توان عدسی را با D و از فرمول $D = \frac{1}{f}$ به دست می آورند که اگر f بر حسب متر باشد، D بر حسب دیوپتر خواهد شد.

ماهیچه ی چشم می تواند فاصله کانونی عدسی چشم را تغییر دهد که به این عمل تطابق می گویند.

دید چشم، دورترین مکانی است که اگر جسمی در آن جا باشد چشم بدون تطابق می تواند آن را واضح ببیند.

نزدیک بینی با عدسی هلالی واگرا، دور بینی با عدسی هلالی همگرا، پیرچشمی با عدسی همگرا، آستیگماتیسم به

وسیله عدسی استوانه ای تصحیح می شود. کوررنگی معالجه نمی شود زیرا برخی از رنگ ها را نمی بینند.

کانون عدسی شیء در میکروسکوب چند میلی متر و در دوربین نجومی چند متر است، اما کانون عدسی چشمی در هر

دو حدود چند سانتی متر می باشد. در دوربین نجومی، عدسی شیء ای تصویر را روی کانون عدسی دوم می اندازد.