

## پاشیدگی نور در عبور از منشور

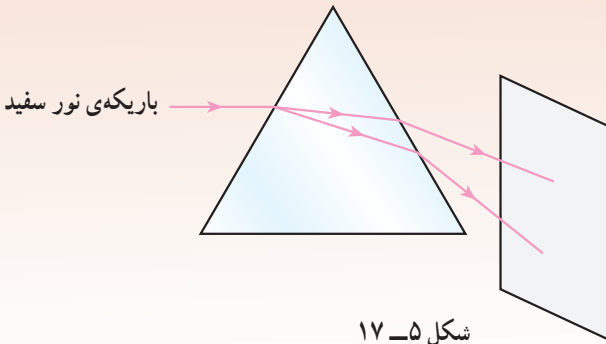


### آزمایش کنید-۴

وسیله‌های آزمایش: وسیله‌ی تولید باریکه‌ی نور، منشور، یک ورق کاغذ سفید. در یک اتاق نسبتاً تاریک، باریکه‌ی نوری را به یک وجه منشور بتابانید. (از آویز بلوری چلچراغ‌ها می‌توانید به جای منشور استفاده کنید). در طرف دیگر منشور، ورق کاغذ سفید را در مسیر پرتوهای خروجی قرار دهید. اگر آزمایش را با دقت انجام دهید روی سطح کاغذ نورهای رنگینی را مشاهده خواهید کرد. در شکل (۵-۱۷) ترتیب انجام آزمایش نشان داده شده است.

الف: نام این رنگ‌ها را به ترتیب بنویسید.

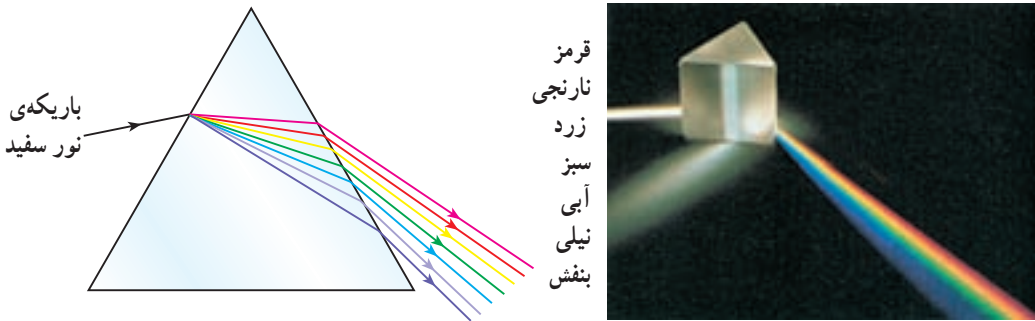
ب: از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید.



شکل ۵-۱۷

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

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

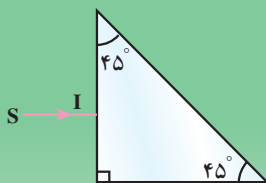


شکل ۱۸-۵- پاشیدگی نور سفید در عبور از منشور

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

## فعالیت ۱۱

۱- در شکل (۱۹-۵) مقطع منشور قائم‌الزاویه‌ی متساوی‌الساقینی نشان داده شده

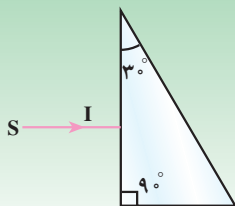


شکل ۱۹-۵

است. زاویه‌ی حد این منشور  $42^\circ$  است. پرتو نور تک‌رنگی (نوری که به وسیله‌ی منشور پاشیده نمی‌شود) عمود بر یک وجه آن تابیده است.

الف: مسیر این پرتو را تا رسیدن به وجه مقابل منشور رسم کنید.

ب: زاویه‌ی تابش در داخل منشور چقدر است؟ این زاویه را با زاویه‌ی حد منشور مقایسه کنید و مسیر پرتو نور را کامل کنید.



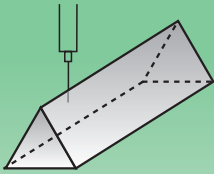
شکل ۲۰-۵

۲- در شکل (۲۰-۵) زاویه‌ی حد منشور  $42^\circ$  است مسیر پرتو تک‌رنگ SI را کامل کنید.

## فعالیت ۱۲

با مشارکت افراد گروه خود، با وسایل زیر منشور بسازید.  
وسایل لازم: سه قطعه شیشه‌ی مسطح مستطیل شکل به ابعاد  $1 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$ ،  
دو قطعه شیشه به شکل مثلث متساوی‌الاضلاع با ضلع  $3 \text{ cm}$ ، چسب، سرنگ، آب.

۱- مطابق شکل شیشه‌ها را به یک‌دیگر بچسبانید:



شکل ۵-۲۱

سعی کنید سطح شیشه، به چسب آلوده نشود.

۲- سوزن سرنگ را در محل دلخواه وارد منشور

کنید.

۳- وقتی چسب خشک شد به کمک سرنگ، منشور

را از آب تمیز پر کنید.

۴- یک روز صبر کنید تا حباب‌های آب جدا شوند آن‌گاه منشور را کاملاً پر

کنید.

۵- سوزن را از منشور خارج کنید و در محل سوراخ شده چسب بزنید. پس از

خشک شدن، منشور شما می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

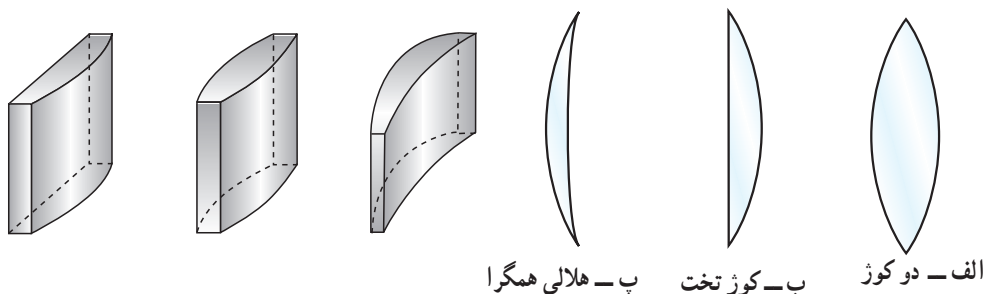
۶- با این منشور آزمایش طیف نور و بازتابش کلی را انجام دهید.

## عدسی‌ها

### ۵-۷- عدسی‌ها

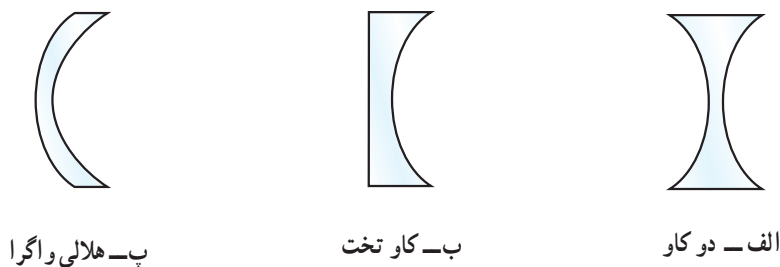
آیا تاکنون از ذره‌بین استفاده کرده‌اید؟ می‌دانید که از پشت ذره‌بین نوشته‌های ریز، درشت‌تر به نظر می‌رسند. برای مثال، تصویرهای کوچکی مثل تمبرها را که جزئیات آن‌ها به خوبی دیده نمی‌شود، با ذره‌بین می‌توان به خوبی مشاهده کرد. به طور معمول افراد مسن برای مطالعه‌ی روزنامه یا کتاب از عینک، که می‌تواند نوعی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

۱- عدسی‌های همگرا: در عدسی همگرا، پرتوهای تابش، پس از شکست و گذر از عدسی، به هم نزدیک می‌شوند (یعنی همگرا می‌شوند). در عدسی‌های همگرا، لبه‌ها نازک‌تر از وسط آن است و به‌طور معمول برای کاربردهای متفاوت به شکل‌های دو کوژ، کوژ تخت و هلالی همگرا ساخته می‌شوند. در شکل (۲۲-۵) این عدسی‌ها نشان داده شده‌اند. همه‌ی این نوع عدسی‌ها، عدسی همگرا نامیده می‌شوند.



شکل ۲۲-۵

۲- عدسی‌های واگرا: در عدسی‌های واگرا پرتوهای تابش، پس از شکست و گذر از عدسی، از هم دور می‌شوند (یعنی واگرا می‌شوند). لبه‌ی این عدسی‌ها پهن‌تر از وسط آن است و به شکل‌های دو کاو، کاو تخت و هلالی واگرا ساخته می‌شوند. در شکل (۲۳-۵) این عدسی‌ها نشان داده شده‌اند.



شکل ۲۳-۵

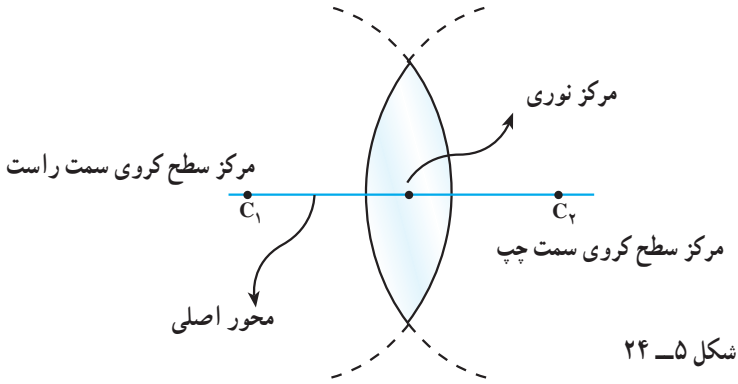
در ادامه‌ی این بخش به بررسی و عملکرد عدسی‌های نازک کروی می‌پردازیم.

### فعالیت ۱۳

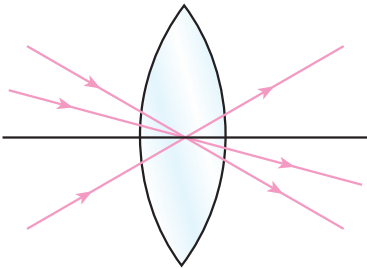
عدسی‌های دو کوژ و دو کاو را به‌صورت مجموعه‌ای از منشورها رسم کنید.

## ۵-۸- ویژگی‌های عدسی‌های همگرا

الف- محور اصلی، مرکز نوری: خطی که از مرکزهای دو سطح کروی، در یک عدسی می‌گذرد و یا از مرکز سطح خمیده گذشته و به سطح تخت عمود شود، محور اصلی نامیده می‌شود. نقطه‌ی میانی عدسی را که روی محور اصلی قرار دارد مرکز نوری عدسی می‌نامند. در شکل (۵-۲۴) محور اصلی و مرکز نوری عدسی نشان داده شده است.



آزمایش نشان می‌دهد که اگر پرتویی به مرکز نوری یک عدسی بتابد بدون انحراف، از عدسی خارج می‌شود. در شکل (۵-۲۵) چنین پرتوهایی که به یک عدسی همگرا تابیده‌اند نشان داده شده است.



شکل ۵-۲۵- پرتوهایی که به مرکز نوری عدسی بتابند بدون انحراف از عدسی خارج می‌شوند.

## ب- کانون عدسی‌های همگرا



### آزمایش کنید-۵

وسایله‌های آزمایش: عدسی همگرا، یک صفحه‌ی کاغذ.

۱- عدسی همگرا را مطابق شکل (۵-۲۶) مقابل خورشید بگیرید و صفحه‌ی

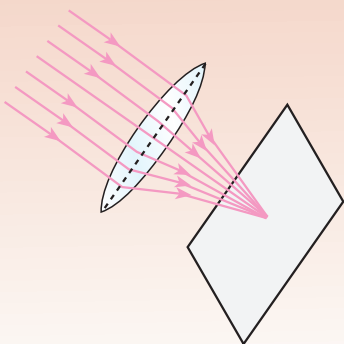
کاغذ را در جلوی عدسی طوری جا به جا کنید که نقطه‌ی نورانی روی آن تشکیل شود. این نقطه را کانون عدسی می‌نامیم. فاصله‌ی کانون تا مرکز نوری عدسی را نیز فاصله‌ی کانونی عدسی می‌نامیم و آن را با  $f$  نشان می‌دهیم.

۲- همین آزمایش را با طرف دیگر عدسی انجام دهید و فاصله‌ی کانونی عدسی

را اندازه‌گیری کنید. نتیجه‌ی مشاهده‌ی

خود را در گزارش کار بنویسید.

اگر آزمایش را به‌طور دقیق انجام دهید خواهید دید که این بار هم نقطه‌ی نورانی در همان فاصله تشکیل می‌شود؛ یعنی عدسی در هر یک از دو طرف دارای کانون است.

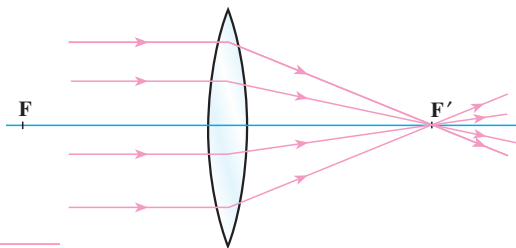
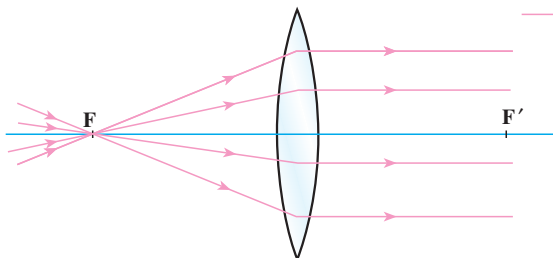


شکل ۵-۲۶- تشکیل کانون عدسی روی صفحه‌ی کاغذ

## ۵-۹- رسم پرتوهای شکست در عدسی‌های همگرا

چون خورشید در فاصله‌ی خیلی دور از ما قرار دارد، پرتوهایی که از آن به عدسی می‌تابند، با هم موازی هستند، از شکل (۵-۲۶) و آزمایش ۵ می‌توان نتیجه گرفت که اگر پرتو تابش موازی با محور اصلی به عدسی همگرا بتابد، چنان می‌شکند که از کانون عدسی بگذرد (شکل ۵-۲۷). برعکس این موضوع نیز صادق است؛ یعنی پرتوهایی که از کانون عدسی همگرا گذشته و به آن بتابند، پس از شکست، به موازات محور اصلی از عدسی خارج می‌شوند (شکل ۵-۲۸).

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



شکل ۵-۲۸- پرتوهایی که از کانون عدسی همگرا گذشته به عدسی بتابند پس از شکست، به موازات محور اصلی از عدسی خارج می‌شوند.

## فعالیت ۱۴

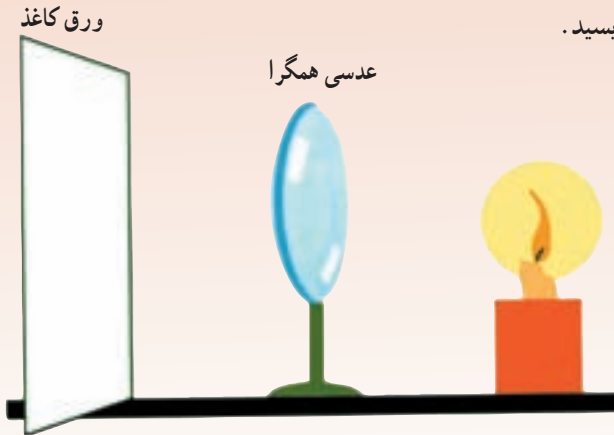
عدسی‌های دو کاو و دو کوژ را به صورت مجموعه‌ای از منشورها در نظر بگیرید و مسیر پرتوهای موازی را در آن‌ها رسم کنید.



### آزمایش کنید - ۶

وسایلهای آزمایش: عدسی همگرا با پایه، شمع، کبریت، یک ورق کاغذ.  
این آزمایش باید در یک اتاق نسبتاً تاریک انجام شود.  
۱- به ترتیبی که در آزمایش کنید ۵ شرح داده شد فاصله‌ی کانونی عدسی را اندازه‌گیری کنید.

۲- عدسی را روی پایه نصب و شمع را روشن کنید و آن را مطابق شکل (۵-۲۹) در فاصله‌ای دورتر از فاصله‌ی کانونی عدسی، مقابل عدسی قرار دهید. ورق کاغذ را در طرف دیگر عدسی جابه‌جا کنید تا تصویر واضح شمع روی ورق کاغذ مشاهده شود.  
۳- شمع روشن را به کانون عدسی نزدیک یا از آن دور کنید و در هر یک از این حالت‌ها تصویر را بر روی ورق کاغذ مشاهده کنید و نتیجه را در گزارشی که تهیه می‌کنید بنویسید.



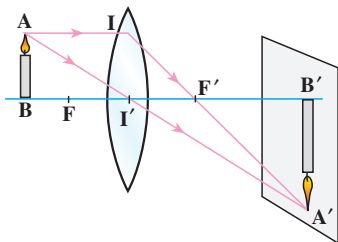
شکل ۵-۲۹

۴- در چه فاصله‌ای از عدسی اندازه‌ی تصویر برابر اندازه‌ی جسم است؟ این فاصله را با فاصله‌ی کانونی عدسی مقایسه کنید.

## ۵-۱- چگونگی تشکیل تصویر در عدسی‌های همگرا

یک شمع روشن را در مقابل عدسی همگرا، در فاصله‌ای بیشتر از فاصله‌ی کانونی عدسی، مطابق شکل (۵-۳) در نظر بگیرید. از هر نقطه‌ی شمع، مانند نقطه‌ی A پرتوهای زیادی به عدسی می‌تابد. از میان این پرتوها دو پرتوی خاص را در نظر می‌گیریم، یکی پرتو AI (موازی محور اصلی) و دیگری AI' (پرتوی که از مرکز نوری عدسی گذشته است). سپس پرتوهای خروجی هر یک را به روشی که گفته شد رسم می‌کنیم. پرتوهای شکست این دو پرتو یک‌دیگر را در نقطه‌ی A' قطع می‌کنند. اگر پرتوهای دیگری هم از نقطه‌ی A به عدسی بتابد پرتوهای شکست آن‌ها از نقطه‌ی A' خواهد گذشت، به همین علت برای به دست آوردن نقطه‌ی A' (که تصویر نقطه‌ی A است) دو پرتو تابش کافی است. همان‌طور که در مورد آینه‌ها گفته شده، تصویر سایر نقطه‌های شمع را نیز می‌توان به همین روش به دست آورد. آزمایش نشان می‌دهد که تصویر یک شیء عمود بر محور اصلی، بر محور اصلی عمود است و نقطه‌ای روی محور اصلی، تصویرش روی آن محور است. با به دست آوردن نقطه‌ی A' (تصویر نقطه‌ی A) می‌توان تصویر یک شیء را که بر محور اصلی عمود است به دست آورد.

تصویری را که در این حالت تشکیل شده است تصویر حقیقی می‌نامیم. همان‌طور که در شکل (۵-۳) می‌بینید، این تصویر بر روی صفحه‌ی کاغذ یا پرده‌ای که در محل تصویر قرار دارد تشکیل می‌شود. در این حالت پرتوهای شکست خودشان همدیگر را قطع کرده‌اند. در واقع نقطه‌ی A' یک نقطه‌ی روشن واقعی است و اگر چشم در مسیر پرتوهایی که از A' گذشته‌اند قرار گیرد، نقطه‌ی روشن A دیده می‌شود.



شکل ۵-۳- چگونگی تشکیل تصویر در عدسی همگرا



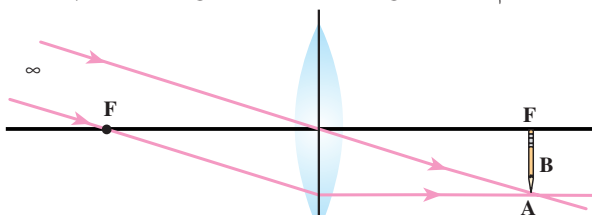
### آزمایش کنید - ۷

وسایله‌های آزمایش: عدسی همگرا، شمع  
با مشارکت افراد گروه خود، به کمک عدسی و شمع فاصله‌ی شمع روشن و عدسی را تغییر دهید و وضعیت تصویر را در هر مورد بنویسید.

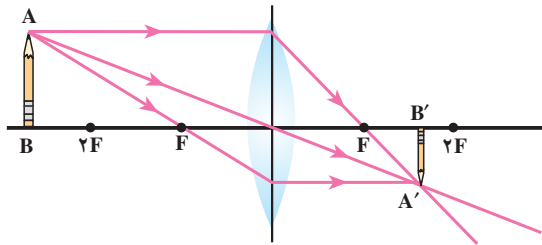


در شکل‌های (۵-۳۱- الف تا ج) روش رسم تصویر شیء AB در یک عدسی همگرا در چند

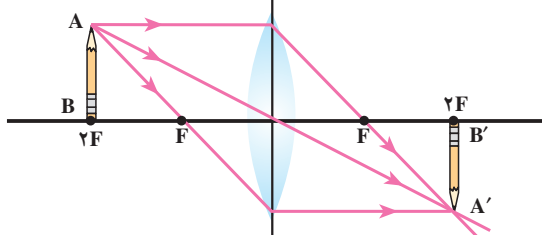
حالت نشان داده شده است.



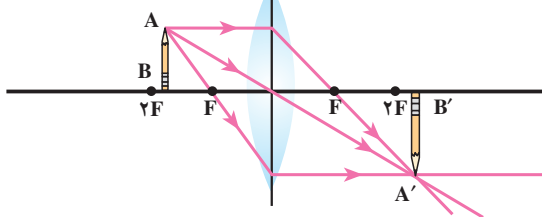
الف- شیء در فاصله‌ی خیلی دور از عدسی، تصویر روی کانون تشکیل می‌شود و حقیقی و وارونه است.



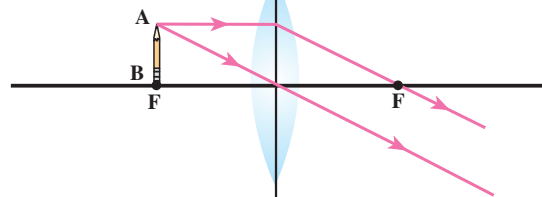
ب- شیء در فاصله‌ای بیشتر از دو برابر فاصله‌ی کانونی. تصویر دورتر از  $f$  و نزدیکتر از  $2f$ ، حقیقی، کوچکتر از جسم، وارونه



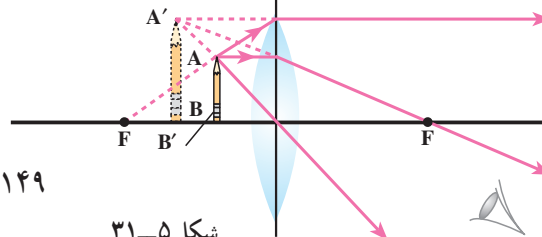
پ- شیء در فاصله‌ی  $2f$  از عدسی، تصویر در فاصله‌ی  $2f$  به اندازه‌ی شیء، حقیقی، وارونه



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

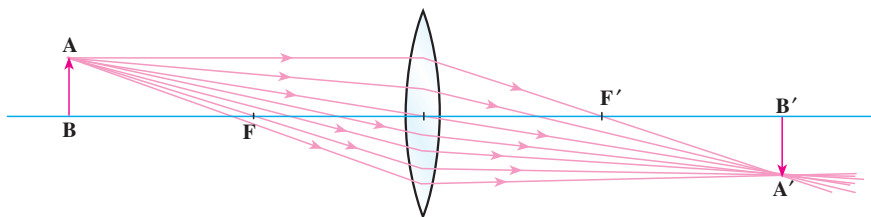


ث- شیء روی کانون، تصویر در بی‌نهایت



ج- شیء 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 شیء و مستقیم است.

در شکل (۵-۳۱-ج) هرگاه چشم ناظر در محل نشان داده شده در شکل قرار گیرد احساس می‌کند که پرتوهای شکست از  $A'B'$  به چشم رسیده‌اند. همان‌طور که می‌دانید این تصویر مجازی است. در رسم تصویر شکل (۵-۳۲) نخست با رسم دو پرتو تابش، یکی موازی محور اصلی و دیگری پرتوی که از مرکز نوری گذشته است، نقطه‌ی  $A'$  مشخص شده است. پرتوهای دیگری که از  $A$  به عدسی تابیده پس از گذر از عدسی از  $A'$  گذشته‌اند.



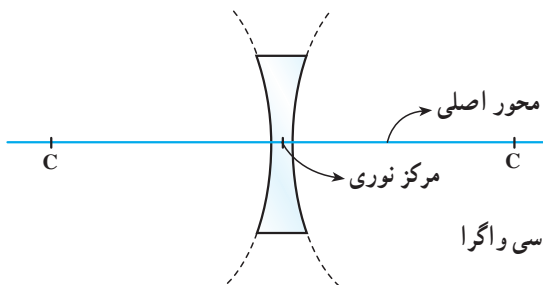
شکل ۵-۳۲- همه‌ی پرتوهایی که از نقطه‌ی  $A$  به عدسی می‌تابند از نقطه‌ی  $A'$  عبور می‌کنند.

## پاسخ دهید ۲

- ۱- با توجه به شکل (۵-۳۲) توضیح دهید که اگر نیمه‌ی بالایی یا پایینی عدسی به وسیله‌ی کاغذ کدری پوشانده شود آیا تصویر تشکیل می‌شود؟ چرا؟
- ۲- روشنایی تصویر نسبت به حالتی که نور به تمام سطح عدسی می‌تابد چه تفاوتی دارد؟

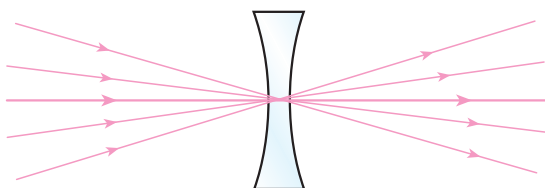
## ۵-۱۱ ویژگی‌های عدسی‌های واگرا

الف- محور اصلی، مرکز نوری: همان‌طور که در عدسی‌های همگرا دیده شد در این عدسی‌ها نیز محور اصلی خطی است که مرکز دو سطح کروی عدسی را به هم وصل می‌کند. نقطه‌ی میانی عدسی را که روی محور اصلی قرار دارد مرکز نوری عدسی می‌نامند. در شکل (۵-۳۳) محور اصلی و مرکز نوری نشان داده شده است.



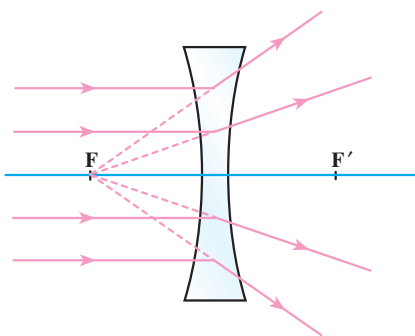
شکل ۵-۳۳- محور اصلی و مرکز نوری عدسی واگرا

در عدسی‌های واگرا نیز پرتوی که به مرکز نوری عدسی می‌تابد بدون انحراف از عدسی خارج می‌شود. در شکل (۳۴-۵) چنین پرتوهایی که به عدسی واگرا تابیده‌اند نشان داده شده است.



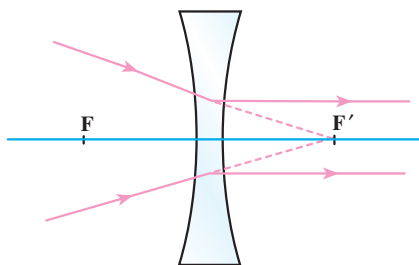
شکل ۳۴-۵- پرتوهایی که به مرکز نوری تابیده‌اند بدون انحراف از عدسی خارج شده‌اند.

**ب- کانون عدسی‌های واگرا:** هرگاه پرتوهایی موازی محور اصلی به عدسی واگرا بتابند پس از شکست و گذر از عدسی، طوری از هم دور می‌شوند که امتداد آن‌ها از یک نقطه روی محور اصلی بگذرند. این نقطه را کانون عدسی واگرا می‌نامیم. فاصله کانون تا مرکز نوری را فاصله کانونی می‌نامیم و آن را با  $f$  مشخص می‌کنیم. در شکل (۳۵-۵) پرتوهای تابش، موازی محور اصلی، و پرتوهای شکست مربوط به آن‌ها نشان داده شده است. در عدسی‌های واگرا کانون مجازی است.



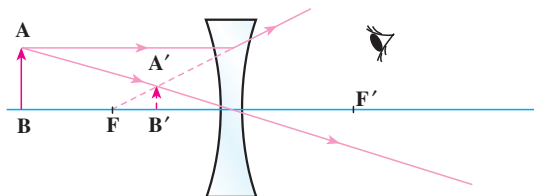
شکل ۳۵-۵- پرتوهای تابش که موازی محور اصلی هستند، پس از شکست در عدسی واگرا از هم دور می‌شوند.

هرگاه پرتو نور طوری به عدسی واگرا بتابد که پس از برخورد به عدسی، امتداد آن از کانون بگذرد، پرتو شکست آن موازی محور اصلی خواهد بود. در شکل (۳۶-۵) این گونه پرتوها نشان داده شده است.



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

**تصویر در عدسی‌های واگرا:** در این عدسی‌ها نیز، تصویر هر شیء عمود بر محور اصلی را با رسم تصویر یک نقطه‌ی آن به دست می‌آوریم. از بین پرتوهای زیادی که از هر نقطه‌ی شیء به عدسی می‌تابد دو پرتو تابش مشخص (پرتو موازی محور اصلی، پرتوی که به مرکز نوری می‌تابد یا پرتوی که امتداد آن از کانون می‌گذرد) را رسم و پرتو شکست را به ترتیبی که گفته شد رسم می‌کنیم تا تصویر نقطه‌ی مورد نظر به دست آید. در شکل (۳۷-۵) تصویر شیء AB در یک عدسی واگرا نشان داده شده است.



شکل ۳۷-۵- رسم تصویر شیء در عدسی واگرا

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

## فحایت ۱۵

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

### ۵-۱۲- محاسبه‌ی فاصله‌ی تصویر تا عدسی

در مورد عدسی‌های کروی نازک (همان‌طور که در شکل‌های ۵-۳۱- الف تاج دیده می‌شود) فاصله‌ی تصویر تا عدسی به فاصله‌ی شیء تا عدسی بستگی دارد. هرگاه فاصله‌ی شیء تا عدسی را با p و فاصله‌ی تصویر تا عدسی را با q و فاصله‌ی کانونی را با f نشان دهیم، ثابت می‌شود که بین این فاصله‌ها رابطه‌ی زیر برقرار است:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \quad (۵-۵)$$

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



## آزمایش کنید - ۸

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

## مثال ۷

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

حل: حالت اول؛  $p = 12\text{cm}$  و  $f = +8\text{cm}$  و  $q = ?$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{12} + \frac{1}{q} = \frac{1}{8}$$

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{8} - \frac{1}{12} = \frac{3-2}{24} \Rightarrow \frac{1}{q} = \frac{1}{24}$$

$$q = 24\text{cm}$$

فاصله‌ی تصویر تا عدسی

چون  $q$  مثبت شده است تصویر حقیقی است.

حالت دوم:  $p = 4\text{cm}$  و  $f = +8\text{cm}$  و  $q = ?$

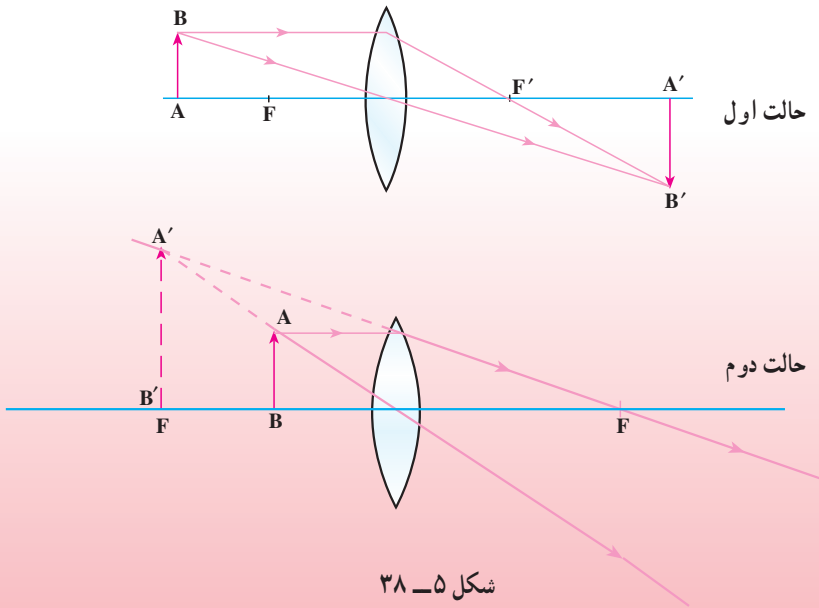
$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{4} + \frac{1}{q} = \frac{1}{8} - \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{q} = \frac{1-2}{8} \Rightarrow \frac{1}{q} = -\frac{1}{8}$$

$$q = -8\text{cm}$$

فاصله‌ی تصویر تا عدسی

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



شکل ۵-۳۸

## مثال ۸

شیئی در فاصله‌ی ۱۸ سانتی متری یک عدسی واگرا که فاصله‌ی کانونی آن ۶ سانتی متر است قرار داده شده است. فاصله‌ی تصویر تا عدسی چقدر می‌شود؟  
 حل: چون عدسی واگراست فاصله‌ی کانونی منفی است.

$$p = 18 \text{ cm} \text{ و } f = -6 \text{ cm} \text{ و } q = ?$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{18} + \frac{1}{q} = -\frac{1}{6}$$

$$\frac{1}{q} = -\frac{1}{6} - \frac{1}{18} = \frac{-3-1}{18} = -\frac{4}{18}$$

$$q = -\frac{18}{4} = -4.5 \text{ cm}$$

فاصله‌ی تصویر تا عدسی

علامت منفی نشان دهنده‌ی این است که تصویر مجازی است.

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

### ۱۳-۵- بزرگ‌نمایی عدسی‌ها

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

$$m = \frac{A'B'}{AB} \quad (۶-۵)$$

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

$$m = \frac{A'B'}{AB} = \left| \frac{q}{p} \right| \quad (۷-۵)$$

اگر از عدسی همگرا به عنوان ذره‌بین استفاده شود عدسی را نسبت به شیء مورد نظر طوری قرار می‌دهیم 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.

### مثال ۹

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

حل

$$p = 6 \text{ cm} \text{ و } AB = 5 \text{ cm} \text{ و } A'B' = 2 \text{ cm} \text{ و } q = ? \text{ و } f = ?$$

$$\frac{A'B'}{AB} = \left| \frac{q}{p} \right| \Rightarrow \frac{2}{5} = \left| \frac{q}{6} \right|$$

$$5q = 12 \Rightarrow |q| = \frac{12}{5} = 2.4 \text{ cm} \quad \text{فاصله‌ی تصویر تا عدسی}$$

چون گفته شده است تصویر مجازی است، به جای  $q$  مقدار آن را با علامت منفی در رابطه جای گذاری می کنیم.

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{6} - \frac{1}{24} = \frac{1}{f}$$

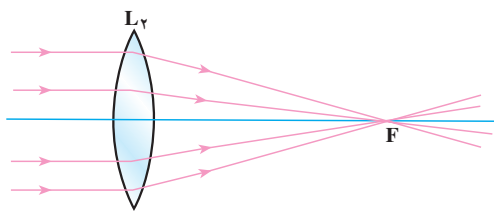
$$\frac{4-1}{24} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{3}{24} = \frac{1}{f}$$

$$3f = 24 \Rightarrow f = \frac{24}{3} = 8 \text{ cm}$$

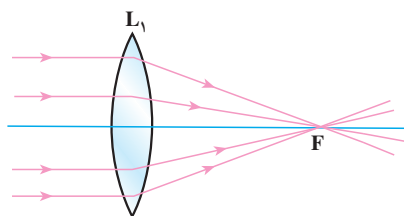
فاصله‌ی کانونی عدسی

## ۵-۱۴- توان عدسی‌ها

در شکل (۵-۳۹- الف و ب) دو عدسی همگرای  $L_1$  و  $L_2$  با فاصله‌ی کانونی متفاوت نشان داده شده است. یک دسته پرتو موازی با محور اصلی به هر دو عدسی تابیده و عدسی‌ها این دسته پرتو را همگرا (به هم نزدیک) کرده‌اند. توانایی کدام یک از این دو عدسی در همگرا کردن پرتوها بیشتر است؟ همان‌گونه که شکل‌های (۵-۳۹) نشان می‌دهند، عدسی‌ای که فاصله‌ی کانونی آن کم‌تر است، در همگرا کردن پرتوها، توانایی بیشتری دارد. یعنی توانایی عدسی در همگرا کردن پرتوها با فاصله‌ی کانونی نسبت عکس دارد.



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

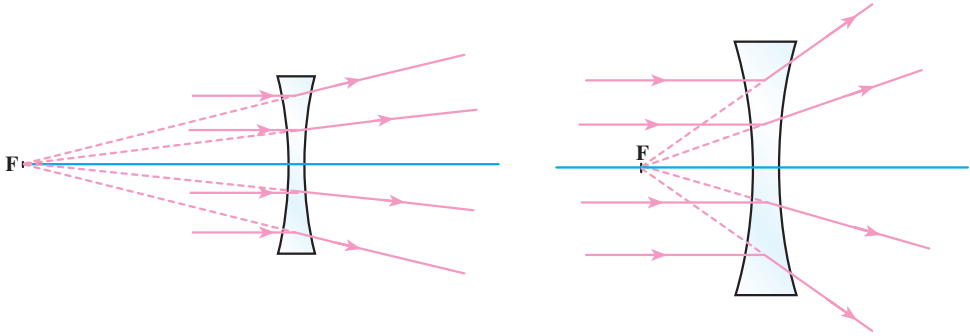


الف- عدسی با فاصله‌ی کانونی کمتر توانایی بیشتری در همگرا کردن پرتوها دارد.

شکل ۵-۳۹

در شکل (۵-۴۰- الف و ب) دو عدسی واگرا با فاصله‌ی کانونی متفاوت نشان داده شده است. یک دسته پرتو موازی با محور اصلی به هر دو عدسی تابیده و عدسی‌ها این دسته پرتو را واگرا (از هم دور) کرده‌اند. در این مورد هم دیده می‌شود که توانایی عدسی، در واگرایی پرتوها با فاصله‌ی کانونی آن نسبت عکس دارد.





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

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

شکل ۵-۴

از آن چه در مورد مقایسه‌ی همگرایی دو عدسی گفته شد، می‌توان نتیجه گرفت که هر اندازه شعاع انحنای عدسی کم‌تر باشد فاصله‌ی کانونی کم‌تر و توانایی عدسی برای همگرا یا واگرا کردن پرتوها بیشتر می‌شود. عکس فاصله‌ی کانونی (یعنی  $\frac{1}{f}$ ) را توان عدسی می‌نامیم و آن را با نماد D نشان می‌دهیم.

$$D = \frac{1}{f} \quad (۵-۸)$$

در رابطه‌ی (۵-۸) فاصله‌ی کانونی برحسب متر است. در این رابطه یکای توان عدسی عکس متر ( $\frac{1}{m}$ ) است که دیوپتر نام دارد و آن را با نماد d نشان می‌دهند. توان عدسی‌های همگرا مثبت و توان عدسی‌های واگرا منفی است.

## فعالیت ۱۶

فاصله‌ی کانونی هر یک از عدسی‌هایی را که شکل آن‌ها در جدول زیر آمده است با استفاده از اعداد داده شده و شکل عدسی‌ها معین کرده و جدول را کامل کنید (عدسی‌ها هم جنس‌اند).

۲۰cm ، ۵cm ، -۵cm ، -۱۵cm

				عدسی‌ها
				فاصله‌ی کانونی
				توان عدسی

## مثال ۱۰

توان عدسی همگرایی به فاصله‌ی کانونی ۲۰cm چقدر است؟

حل

$$f = +20\text{cm} = +0.2\text{m} \text{ و } D = ?$$

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.2} = \frac{1}{2}$$

$$D = 5\text{d}$$

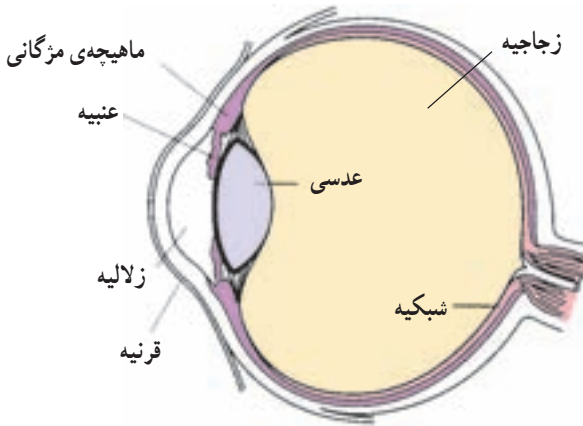
## ۱۵-۵- چشم و معایب آن

بینایی بیش‌تر از حواس دیگر، ما را با جهان اطراف خود مرتبط می‌کند. مثلاً با کمک چشمان خود رنگ‌ها را تشخیص می‌دهیم و همچنین بزرگی و کوچکی اشیاء را شناسایی می‌کنیم. هنگامی که به یک جسم نگاه می‌کنیم چشمان ما همانند یک دوربین، تصویری از آن در انتهای چشم تشکیل می‌دهد؛ یعنی می‌توان چشم انسان را شبیه یک عدسی همگرا دانست که تصویری حقیقی بر روی یک صفحه‌ی حساس به نور به نام شبکیه تشکیل می‌دهد. چشم عضوی است تقریباً کروی شکل و جنس ژله‌ای مانند که درون پوسته‌ای نسبتاً سخت به نام صلبیه قرار دارد (شکل ۵-۴۱). بخش جلویی صلبیه که شفاف است قرنیه نامیده می‌شود و اولین شکست نور هنگام ورود به چشم در این محل انجام می‌شود. ضریب شکست قرنیه تقریباً  $1/376$  است. در پشت قرنیه مایع شفاف به نام زلالیه با ضریب شکست  $1/336$  قرار دارد و چون ضریب شکست قرنیه نیز تقریباً همین اندازه است در مرز مشترک قرنیه و زلالیه شکست چندانی برای نور اتفاق نمی‌افتد. مردمک چشم دریچه‌ای است که با تغییر قطر آن، شدت نور عبوری تنظیم می‌شود. در جریان این تنظیم، قطر مردمک بین ۲ تا ۸ میلی‌متر تغییر می‌کند. در پشت مردمک، عدسی چشم قرار دارد. عدسی چشم یک عدسی همگرای دوکوژ است که از ماده‌ای ژله مانند، انعطاف‌پذیر و شفاف ساخته شده است.

ضریب شکست عدسی تقریباً  $1/437$  است. پس از شکست نور در قرنیه، عدسی چشم تصویری حقیقی، وارونه و کوچک‌تر بر روی شبکیه تشکیل می‌دهد.

عدسی چشم به وسیله‌ی یک دسته تارهای آویزی که به ماهیچه‌ای به نام ماهیچه‌ی مژگانی متصل‌اند نگه‌داشته می‌شود. همین ماهیچه‌های مژگانی است که می‌تواند ضخامت عدسی را تغییر دهد. هنگامی که این ماهیچه در حال استراحت است، عدسی بزرگ‌ترین فاصله‌ی کانونی خود را دارد

و تصویر اشیاء دور را روی شبکیه می‌اندازد، اما برای دیدن اشیاء نزدیک، ماهیچه‌ی مژگانی منقبض می‌شود و ضخامت عدسی چشم را زیاد می‌کند که در نتیجه، فاصله‌ی کانونی عدسی کم‌تر می‌شود و تصویر روی شبکیه تشکیل می‌گردد. تغییر فاصله‌ی کانونی چشم را، برای ایجاد تصویرهای واضح از اجسام دور یا نزدیک روی شبکیه، تطابق می‌گویند.



شکل ۴۱-۵

### پاسخ دهید ۳

چرا در آب نمی‌توان اجسام اطراف خود را خوب دید؟

### فعالیت ۱۷

تحقیق کنید که چرا روی صفحه‌ی تلویزیون و یا پرده‌ی سینما تصاویر را به‌طور

پیوسته می‌بینید.

### گسترده‌ی دید طبیعی

یک چشم سالم می‌تواند برای فاصله‌های از حدود ۲۵cm تا بی‌نهایت عمل تطابق را انجام دهد. در افراد جوان این فاصله از فاصله‌ی ۲۵cm نزدیک‌تر است که با افزایش سن دورتر می‌شود.