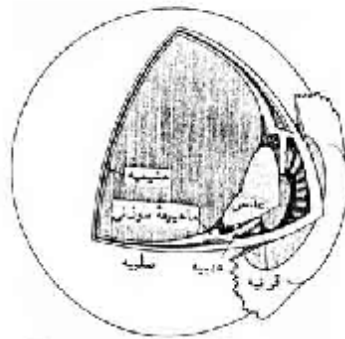
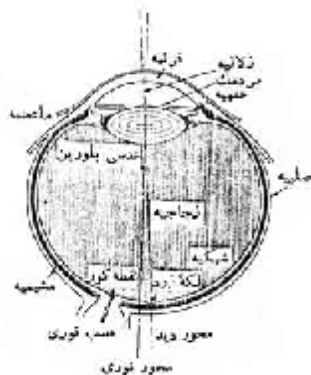


#### 4 چشم

عملکرد چشم موجودات زنده را می توان به دو گروه عمده متمایز کرد؟ آنهایی که نور را جمع می کنند و از طریق یک دستگاه عدسی تشکیل تصویر می دهند و آنهایی که اساساً برای تشکیل تصویر از دسته های تار نوری سود می جویند. برخی نرم تنان پیشرفته تر (مثل اختاپوس)، انواع ویژه ای از عنکبوت ها (مثل آویکولاریا) و البته مهره داران که خود ما را نیز در بر می گیرند، دارای چشم هایی با عدسی های تصویر ساز هستند.

در مورد چگونگی عملکرد این چشم ها، تا قرن های متمادی پندار نادرستی وجود داشت. تا این که یک آلمانی به نام کریستف شاینر (1029 - 1650 / 954 - 1575) در سال (1554 - 1625) آزمایشی کلاسیک و غیرقابل انکار در این مورد انجام داد. او پوشش پشت چشم یک حیوان را جدا کرد، و در حالی که از درون شبکیه شفاف آن از پشت به دقت نگاه می کرد، توانست یک تصویر وارونه کوچک از منظره آن سوی چشم مشاهده کند. تقریباً در همان زمان دکارت آزمایش های مشابهی را انجام داد. به طور خلاصه، می توان چشم انسان را همچون یک دستگاه عدسی مثبت دانست که تصویری حقیقی را بر رویه ای حساس به نور، می اندازد. شکل (1) آرایش اجزای اساسی چشم را نشان می دهد.



## شکل 1 - چشم انسان

چشم یک تودهٔ تقریباً کروی ژله مانند است که در پوسته‌ای سخت، صلبیه، جای گرفته است. صلبیه، جز در بخش جلویی، یا قرنیه، که شفاف است سفید و مات است. سطح خمیدهٔ از بدنهٔ این کره به سوی بالا برآمدگی پیدا می‌کند، که به عنوان نخستین و قویترین عنصر کوژ این دستگاه عدسی وظیفهٔ خود را انجام می‌دهد. در واقع بیشترین خمشی که به یک دسته پرتو داده می‌شود در سطح مشترک هوا - قرنیه رخ می‌دهد. در ضمن یکی از دلایل این امر که نمی‌توانید در زیر آب خوب ببینید، این است که ضریب شکست آب ( $n_w \approx 1/33$ ) بسیار به ضریب شکست قرنیه ( $n_c \approx 1/376$ ) نزدیک است. و همین امر مانع شکست زیاد است. نوری که از قرنیه خارج می‌شود، از درون محفظه‌ای که از مایع آبگون زلالی به نام زلالیه ( $n_{ah} \approx 1/336$ ) پر شده است، عبور می‌کند. پرتویی که در سطح مشترک هوا - قرنیه به سوی محور نوری به شدت شکسته می‌شود، به علت همسانی ضریب شکست قرنیه و زلالیه، در سطح مشترک این دو، تنها اندکی تغییر جهت خواهد داد. دیافراگمی که در زلالیه غوطه‌ور است و عنبیه نامیده می‌شود، به صورت روزنه‌بند از راه سوراخ یا مردمک بر مقدار نور ورودی به چشم نظارت می‌کند. همین عنبیه (برگرفته از کلمه‌ای یونانی به معنی رنگین‌کمان) است که به چشم مشخصهٔ رنگ آبی، قهوه‌ای، خاکستری، سبز و یا میشی را می‌دهد. عنبیه که از ماهیچه‌های حلقوی و شعاعی تشکیل شده است، می‌تواند مردمک را در حدود 2 میلی‌متر، در نور روشن، و در تاریکی تا تقریباً 8 میلی‌متر، منبسط یا منقبض کند. عنبیه علاوه بر این عمل، در کانونی کردن نیز دخالت دارد و هنگام انجام کار در فاصلهٔ نزدیک، به منظور افزایش وضوح تصویر منقبض خواهد شد. بلافاصله در پشت عنبیه، عدسی بلورین قرار گرفته است. این نام که تا اندازه‌ای غلط‌انداز است، به حدود سال 1000 میلادی و کارهای ابوعلی‌الحسن

بن الحسن بن الهیثم، ملقب به ابن هیثم قاهره‌ای باز می‌گردد، که چشم را همچون چیزی که به سه ناحیه به ترتیب آبگون، بلورین و شیشه‌گون بخش شده است، تشریح می‌کرد. این عدسی که هم شکل و هم اندازه یک لوبیای کوچک را دارد، توده‌ای از لایه‌های تار مانند پیچیده است که غشایی کشسان آن را دربر گرفته است. ساختار آن، چیزی است شبیه یک پیاز شفاف که تقریباً از 22000 لایه خیلی ظریف تشکیل شده است. افزون بر این واقعیت که اندازه این عدسی پیوسته رشد می‌کند، مشخصه‌های قابل توجهی دارد که آن را از عدسی‌های ساخت آن که امروزه به کار برده می‌شوند، متمایز می‌کند. پرتوهایی که از درونش می‌گذرند به علت ساختار لایه‌ای آن، مسیری را دنبال خواهند کرد که از قطعه‌های ریز و ناپیوسته‌ای تشکیل شده‌اند. این عدسی به عنوان یک کل، کاملاً خم پذیر است، اما این خاصیت با بالارفتن سن آدمی کاهش پیدا می‌کند. علاوه بر این ضریب شکست آن از حدود  $1/406$  در هسته درونی تا تقریباً  $1/386$  در لایه کم چگالتر تغییر می‌کند (عدسی‌های شیشه‌ای با ضرایب شکست ناهمگن اکنون تحت مطالعه جدی‌اند). عدسی بلورین سازوکار کانونی کردن دقیق مورد نیاز را با تغییر شکل خود فراهم می‌آورد، یعنی این عدسی دارای فاصله کانونی متغیری است. خاصیتی که اندکی بعد به آن باز خواهیم گشت.

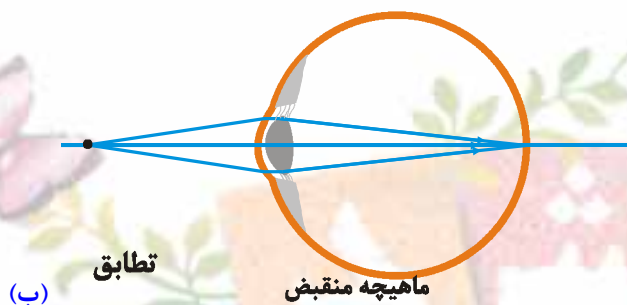
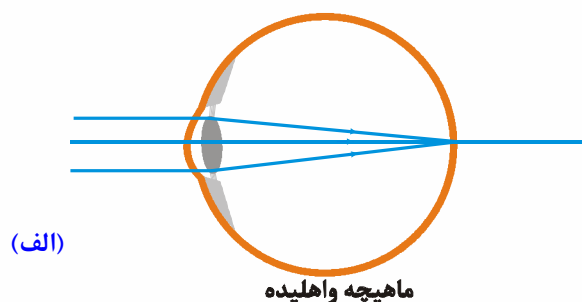
در پشت این عدسی محفظه دیگری وجود دارد که از ماده ژلاتینی شفاف پر شده که به آن زجاجیه ( $n_{vh} \approx 1/337$ ) می‌گویند. در ضمن، باید توجه داشت که زجاجیه شامل ذرات میکروسکوپیک لاشه‌های سلولی است که آزادانه در پیرامون آن غوطه‌ورند. سایه‌های آنها، که با فریزهای پراش مشخص شده‌اند، در داخل چشم خود شما به آسانی دیده می‌شوند و این کار با نگاه کردن دقیق به یک چشمه نور با چشم نیم‌باز یا نگاه کردن به آسمان از طریق یک سوراخ سوزن، امکان‌پذیر است. و در این صورت

اشیای بسیار کوچک آمیب مانند (مگسک) در میدان دید شناور خواهند بود. ضمناً، افزایش محسوسی در حس نسبت به این شناورها می‌تواند نشانه جدایی شبکه‌ای در چشم باشد. با چشم نیمه‌باز دوباره به چشمه نگاه کنید (یک فلوئورسان پخشیده پهن برای این کار بهتر است). در حالی که پلک‌هایتان را تقریباً به طور کامل بسته‌اید، اینک قادر خواهید بود که محیط دایروی نزدیک مردمک چشم خود را ببینید. که در فراسوی آن، درخشندگی نور در تاریکی ناپدید خواهد شد. اگر این موضوع را باور ندارید مانعی در برابر نور ایجاد کنید و سپس آن را بردارید؛ در این صورت دایره درخشان آشکارا و به ترتیب گسترده و سپس متمرکز خواهد شد. آنچه می‌بینید، سایه‌ای است که عنبیه از درون می‌اندازد! دیدن اشیای درونی مانند این مورد، به دریافت درون چشمی معروف است. در داخل دیواره سخت صلبیه یک پوسته درونی، یعنی مشیمیه قرار دارد. این پوسته لایه‌ای تیره است که با رگ‌های خونی به خوبی تغذیه شده است و یا از لحاظ رنگدانه با ملانین غنی شده است. مشیمیه، همانند پوشش سیاه رنگ در داخل یک دوربین، نور پراکنده را درمی‌آشامد. یک لایه نازک (حدود 0/5 میلی‌متر) از سلول‌های دریافت‌کننده نور کانونی شده از طریق واکنش‌های شیمیایی در این ساختار چند لایه صورتی رنگ در آشامیده می‌شود. نقطه خروج عصب بینایی از چشم هیچ گیرنده‌ای ندارد و آن ناحیه نسبت به نور غیرحساس است؛ از این رو آن را نقطه کور می‌گویند. عصب بینایی به شکل شبکه در سرتاسر پشت درونه چشم پخش می‌شود. درست در اطراف مرکز شبکه گودی کوچکی به قطر 2/5 تا 3 میلی‌متر وجود دارد که لکه زرد یا ماکولا نامیده می‌شود. در مرکز لکه زرد در ناحیه بدون سلول میله‌ای ریز به قطر تقریباً 0/3 میلی‌متر به نام فوایای مرکزی وجود دارد آن ناحیه واضح‌ترین و مفصل‌ترین اطلاعات را فراهم می‌آورد. به این دلیل کره

چشم دائماً به گونه‌ای حرکت می‌کند که نور رسیده از ناحیه‌ای از شیء که مورد توجه اساسی است روی  
فاویا می‌افتد.

کانونی کردن دقیق یا تطابق چشم آدمی عملی است که توسط عدسی بلورین انجام می‌گیرد. این  
عدسی به وسیله رباط‌هایی که به ماهیچه‌های مویی متصل اند در مکانی پشت عنبیه آویزان شده است.  
معمولاً، این ماهیچه‌ها واهلیده‌اند و در این حالت بر روی شبکه تارهای ظریفی که حاشیه این  
عدسی را نگه می‌دارند، به عقب کشیده می‌شوند.

این کار باعث افزایش شعاع‌های عدسی شده و به آن هیئتی نسبتاً تخت می‌دهد که این افزایش  
شعاع نیز به نوبه خود، فاصله کانونی عدسی را افزایش می‌دهد. با ماهیچه‌های کاملاً واهلیده، نوری که از  
یک شیء واقع در بی‌نهایت می‌آید، بر روی شبکیه کانونی می‌شود ( شکل 2 )



شکل 2 - تطابق تغییرات در آرایش عدسی

هر چه شیء به چشم نزدیک تر می شود، ماهیچه های سوزنی انقباض می یابند، در این حال تنش خارجی پیرامون این عدسی را کاهش می دهد که پس از آن تحت نیروهای کشسانی خودش اندکی برآمدگی پیدا می کند. با این عمل، فاصله کانونی چنان کاهش می یابد که  $S_i$  ثابت باقی می ماند. همچنان که شیء باز هم نزدیک تر می شود، ماهیچه های سوزنی سفت تر شده و انقباض بیشتری می یابند و سطوح عدسی شعاع کوچکتری به خود می گیرند، نزدیکترین نقطه ای که چشم می تواند در آن کانونی شود، نقطه نزدیک نامیده می شود. در یک چشم بهنجار این فاصله باید حدود 7 سانتی متر برای سنین 13 تا 19 سال، 25 سانتی متر برای یک جوان بالغ، و تقریباً 100 سانتی متر در سنین میانه باشد. دستگاه های بصری با در نظر گرفتن این موضوع طراحی می شوند، به طوری که به چشم فشاری غیر ضروری وارد نیاید. آشکار است که چشم نمی تواند به طور همزمان بر روی دو شیء مختلف کانونی شود. در حالی که از پشت یک قطعه شیشه نگاه می کنید کوشش کنید چشمان خود را هم بر روی شیشه و هم بر روی منظره پشت آن کانونی کنید. در این صورت است که این نکته برایتان روشن خواهد شد.

