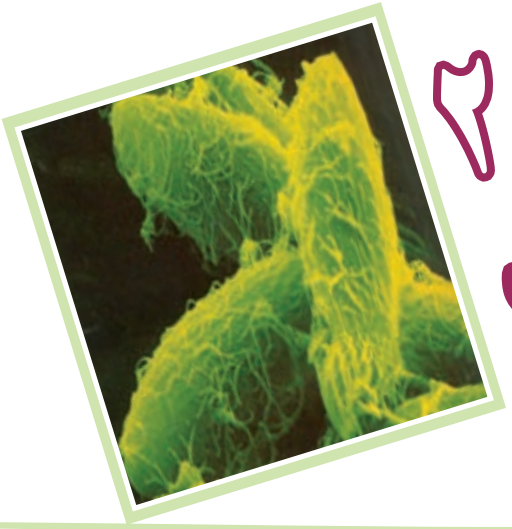


فصل ۲

سفری به درون سلول

جانداری تک‌سلولی که در شکل ۱ــ۲ می‌بینید، **تریکودینا** نام دارد و آبزی است. این جاندار همانند فرفره روی بدن لغزندهٔ ماهی‌ها حرکت و از باکتری‌ها تغذیه می‌کند.

شکل ۱ــ۲ ــ تریکودینا

مژک‌ها این تک‌سلولی، با زنش‌های خود، هم باکتری‌ها را به سوی **دهان سلولی** خود می‌رانند و هم موجب حرکت جاندار می‌شوند. در بخش پایینی شکل، **خارهای اتصال‌دهنده** را می‌بینید که این خارها جاندار را به تکیه‌گاه خود، یعنی روی بدن ماهی، متصل می‌کنند.

این ویژگی‌ها، یعنی داشتن مژک، دهان سلولی و خارهای اتصال‌دهنده موجب می‌شوند تا این جاندار، سلولی بسیار تخصص یافته باشد.

بدن انسان از اشتراک تعداد زیادی سلول تشکیل شده است. سلول‌های بدن ما تخصصی هستند و هرگروه برحسب وظیفه‌ای که برعهده دارد، شکل و ساختار ویژه‌ای پیدا کرده است. سلول‌های بدن انسان دهان سلولی ندارند، اما بعضی از آنها، مانند سلول‌های پوشانندهٔ لوله‌های تنفسی، همانند تریکودینا مژک دارند.

بین تریکودینا و سلول‌های سازندهٔ بدن ما یک همانندی دیگر نیز وجود دارد : هر دو، هسته‌ای محتوی DNA دارند. می‌دانید که برخی ژن‌های موجود در DNA تریکودینا شکل و ویژگی‌های ریخت‌شناختی سلول را تعیین و برخی ژن‌های دیگر با تنظیم تولید پروتئین‌های اختصاصی شکل و کار سلول را اختصاصی می‌کنند.

همهٔ سلول‌ها، ازجمله تریکودینا، غشای پلاسمایی دارند. غشای پلاسمایی محتویات سلول را از محیط بیرون جدا می‌کند و درواقع، مرز بین سلول و دنیای خارج از سلول است. این غشا به سلول کمک می‌کند تا مواد موردنیاز خودش را از محیط اطراف بگیرد و مواد زاید را به محیط دفع کند. غشای پلاسمایی **سیتوپلاسم** را احاطه کرده است.

سیتوپلاسم ماده‌ای نسبتاً روان (سیال) است که اندامک‌های مختلفی درآن جای دارند. هسته و هرنوع از اندامک‌های سیتوپلاسمی وظیفهٔ خاصی برعهده دارند : هسته برای تنظیم فعالیت‌های سلول تخصص یافته است، مژک‌ها موجب حرکت سلول یا حرکت مایع در اطراف سلول می‌شوند.

دراین فصل ساختار و کار سلول و اندامک‌های آن را بررسی می‌کنیم؛ اما پیش‌ازآن لازم است با **میکروسکوپ** آشنا شویم.

بدون میکروسکوپ مشاهدهٔ اغلب سلول‌ها و اندامک‌های آنها ممکن نیست

برای مشاهدهٔ اشیای ریز، یا جزئیات یک شیء، می‌توان از

ذره‌بین استفاده کرد. ذره‌بین‌های معمولی می‌توانند تصویر اشیا را تا حدود ۱۰ برابر بزرگ کنند. بزرگ‌نمایی این نوع ذره‌بین‌ها را به صورت ۱۰ × نمایش می‌دهیم.

برای دیدن اشیای بسیار ریز، که با ذره‌بین دیده نمی‌شوند، از **میکروسکوپ** استفاده می‌کنیم. میکروسکوپ‌هایی که در آزمایشگاه‌های مدارس وجود دارند، از نوع **میکروسکوپ نوری** هستند (شکل ۴ــ۲). فعالیت ۱ــ۲ را با دقت انجام دهید تا با میکروسکوپ و طرز کار با آن بیشتر آشنا شوید. با انجام فعالیت ۲ــ۲ نیز طریقهٔ به دست آوردن میزان بزرگ‌نمایی میکروسکوپ را تمرین کنید.

واحد اندازه‌گیری سلول و اجزای آن میکرومتر (میکرون) است. میکرومتر را با علامت μm نشان می‌دهند (۱μm = ۰/۰۰۱mm).

از زمانی که میکروسکوپ برای اولین بار مورد استفاده قرار گرفت، بیش از ۳۳۰ سال می‌گذرد. تا قبل از آن هیچ‌کس نمی‌دانست که جانداران از سلول ساخته شده‌اند. اولین میکروسکوپ‌ها، همانند میکروسکوپ‌هایی که شما در آزمایشگاه زیست‌شناسی از آنها استفاده می‌کنید، میکروسکوپ‌های نوری بودند. در میکروسکوپ نوری نور مرئی از نمونهٔ مورد نظر عبور می‌کند، از عدسی‌های شیشه‌ای مختلفی می‌گذرد و به این ترتیب تصویر بزرگ‌شده‌ای از نمونه حاصل می‌آید. آنچه را که با میکروسکوپ می‌خواهیم مطالعه کنیم، **نمونه** می‌نامیم. نمونه ممکن است تریکودینای زنده یا برشی از بافت جانوری یا گیاهی باشد. میکروسکوپ نوری می‌تواند تصویر نمونه را تا ۲۰۰۰ برابر بزرگ کند. بزرگ کردن تصویر یک جسم را **بزرگ‌نمایی** می‌نامند.

عکسی که به وسیلهٔ میکروسکوپ از نمونه گرفته می‌شود، **ریزنگار** نام دارد. اگر تصویری ۱۰۰ برابر بزرگ شده باشد، این بزرگ‌نمایی را به این‌صورت در کنار آن می‌نویسیم: ۱۰۰×. در شکل ۲ــ۲ ریزنگارهایی از نای خرگوش نشان داده شده است.

بزرگ‌نمایی این تصویرها چقدر است؟

بزرگ‌نمایی، فقط یکی از عوامل مهم در میکروسکوپی است («میکروسکوپی» یعنی استفاده از میکروسکوپ). از عوامل مهم دیگر در این مورد **قدرت تفکیک** است. قدرت تفکیک عبارت است از توانایی یک ابزار نوری در نشان‌دادن دو جسم به‌صورت مجزا از یکدیگر. مثلاً اگر شب‌هنگام با چشم غیر مسلح به آسمان نگاه کنیم، آنچه به چشم ما یک ستاره می‌آید، با تلسکوپ ممکن است به‌صورت دو ستارهٔ نزدیک به‌هم دیده شود. بنابراین می‌گوییم، قدرت تفکیک تلسکوپ بیشتر از قدرت تفکیک چشم انسان است به همین علت هم هست که از آن برای دیدن اجسام دور استفاده می‌کنیم.

توانایی هر ابزار نوری به قدرت تفکیک آن بستگی دارد. مثلاً میکروسکوپ نوری نمی‌تواند اجسام کوچک‌تر از ۰/۲ میکرومتر را نشان دهد. بنابراین، با میکروسکوپ نوری هیچ‌گاه نخواهیم توانست ساختار درونی سلول باکتری را به وضوح مشاهده کنیم.

تا اواسط قرن بیستم، زیست‌شناسان برای مطالعهٔ سلول، فقط میکروسکوپ نوری در اختیار داشتند که با آن، به اکتشافات ارزشمندی نیز دست یافتند. مثلاً تریکودینا حدود ۲۰۰ سال پیش کشف شد. همچنین، زیست‌شناسان با میکروسکوپ نوری توانستند بعضی از بخش‌های درون سلول را نیز کشف کنند.

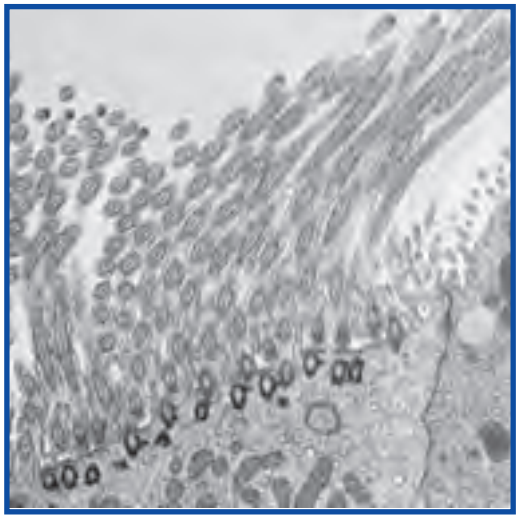
با اختراع **میکروسکوپ الکترونی** در دههٔ ۱۹۵۰، دانش ما دربارهٔ ساختار سلول به‌طور چشمگیری افزایش یافت. در میکروسکوپ الکترونی به‌جای نور از الکترون استفاده می‌شود. قدرت تفکیک میکروسکوپ الکترونی، از قدرت تفکیک میکروسکوپ نوری به‌مراتب بیشتر است. قوی‌ترین میکروسکوپ‌های الکترونی مدرن می‌توانند اجسام ریزی به اندازهٔ ۰/۲ نانومتر ($1nm = 10^{-6}mm$) را نشان دهند. با این میکروسکوپ‌ها اندامک‌های سلول و حتی مولکول‌های بزرگی چون DNA و پروتئین‌ها، قابل مشاهده‌اند (شکل ۳ــ۲).

زیست‌شناسان از دو نوع میکروسکوپ الکترونی بیشتر استفاده می‌کنند (شکل ۲ــ۲): **میکروسکوپ الکترونی نگاره** که با آن سطح اجسام را مشاهده می‌کنند. این میکروسکوپ تصویری سه‌بعدی از سطح نمونه را فراهم می‌کند و **میکروسکوپ الکترونی گذاره** که با آن ساختار درونی سلول را مطالعه می‌کنند.

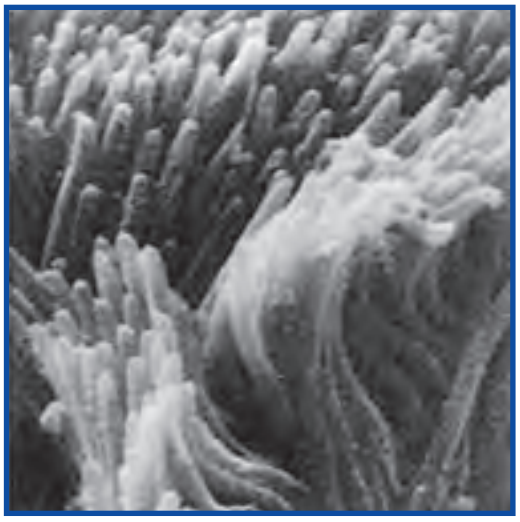
اگرچه میکروسکوپ‌های الکترونی، حقیقتاً انقلابی عظیم در بررسی و شناخت سلول پدید آوردند، اما جایگزین

بیشتر بدانید

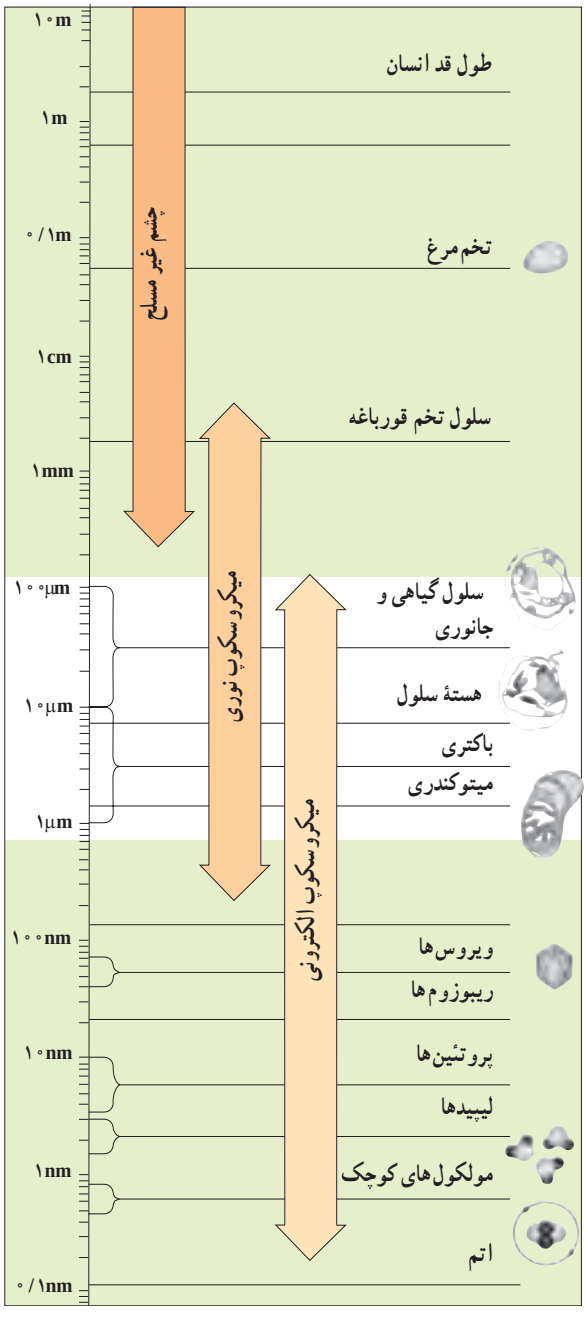
میکروسکوپ‌های نوری نشدند. یکی از علل این امر، آن است که با میکروسکوپ‌های الکترونی که نام برده شد، نمی‌توان سلول زنده را بررسی کرد. از این‌رو، برای مطالعهٔ سلول‌زنده، همچنان به میکروسکوپ نوری نیاز است. آیا شما می‌توانید علل دیگری را نیز بیان کنید؟



×۱۳,۲۰۰



شکل ۲ــ۲ــ بالا : تصویری از مژک‌های نای خرگوش با میکروسکوپ الکترونی گذاره؛ پایین : همان شیء با میکروسکوپ‌الکترونی نگاره.



شکل ۳ــ۲ــ دامنهٔ کاربرد میکروسکوپ‌های نوری و الکترونی.

فعالیت ۱ـ۲

کار با میکروسکوپ

۱ــ به میکروسکوپی که در اختیار شما قرار می‌گیرد و یا به تصویر زیر نگاه و به بخش‌های مختلف آن توجه کنید.

شکل ۴ــ۲ــ بخش‌های اصلی یک میکروسکوپ نوری

۲ــ قبل از کار با میکروسکوپ ابتدا باید بخش‌های مختلف آن به‌ویژه عدسی‌ها را خوب تمیز کنید. این کار را با کاغذ مخصوص (lens paper) یا پارچه بدون پرز، همراه با آب مقطر یا زایلول (Xylole) انجام دهید.

۳ــ برای دیدن اشیا با میکروسکوپ باید ابتدا آن را همراه با یک قطره آب روی تیغه شیشه‌ای (لام) قرار دهید و روی آن را با تیغک شیشه‌ای (لامل) بپوشانید.

توجه : به نمونه‌های آماده شده ثابت و برچسب‌دار اسلاید می‌گویند.

۴ــ برای کار با میکروسکوپ صفحه میکروسکوپ را در پایین‌ترین وضعیت و عدسی با بزرگنمایی کم را در مسیر نور قرار دهید. در این حالت میدان دید به‌صورت دایره کامل و روشن مشاهده می‌شود. قرارگرفتن عدسی در محل صحیح با صدای چفت شدن همراه است.

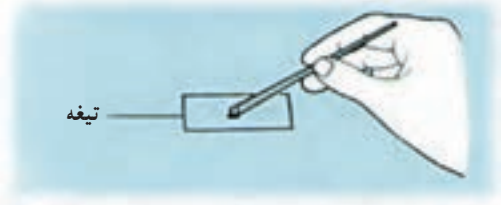
۵ــ نمونه آماده را روی صفحه، بین گیره قرار دهید.

۶ــ با پیچ حرکت دهنده تیغه را جابه‌جا کنید تا در محلی قرار گیرد که نور از نمونه عبور می‌کند.
۷ــ با پیچ تنظیم تند صفحه را به آهستگی به بالا حرکت دهید تا تصویر نمونه دیده شود.
۸ــ بعد از مشاهده تصویر می‌توانید با پیچ کند وضوح تصویر را بیشتر کنید.
۹ــ با پیچ حرکت دهنده تیغه می‌توانید نمونه را در وسط میدان دید قرار دهید و بخش‌های مختلف آن را بررسی کنید.
۱۰ــ می‌توانید هنگام کار با میکروسکوپ با استفاده از دیافراگم میزان نور ورودی را کم یا زیاد کنید تا تصویر بهتری از نمونه ببینید.
۱۱ــ پس از بررسی نمونه با بزرگ‌نمایی کم می‌توانید از عدسی‌های شیئی دیگر استفاده کنید. برای این کار با چرخاندن صفحه چرخان در جهت عقربه‌های ساعت عدسی‌های موردنظر را در مسیر نور قرار دهید.
۱۲ــ به بزرگ‌نمایی نوشته شده روی عدسی‌ها توجه کنید.
بزرگنمایی میکروسکوپ در هر حالت با ضرب بزرگ‌نمایی عدسی چشمی در بزرگ‌نمایی عدسی شیئی که در مسیر نور قرار دارد به‌دست می‌آید.
۱۳ــ در بزرگ‌نمایی بالا از پیچ تنظیم کند برای وضوح تصویر استفاده کنید.
۱۴ــ برای استفاده از عدسی ۱۰۰ × از روغن مخصوص (ایمرسیون) استفاده می‌شود. در این وضعیت قبل از قرار دادن عدسی ۱۰۰ × در مسیر نور یک قطره روغن را روی تیغک می‌چکانیم و سپس عدسی را در مسیر نور قرار می‌دهیم.
ــ به‌نظر شما چرا از این روغن استفاده می‌کنند؟
۱۵ــ پس از کار با میکروسکوپ در صورت استفاده از روغن حتماً عدسی و نمونه را با پنبه و زایلول تمیز کنید تا باقیمانده روغن برداشته شود.
۱۶ــ به‌خاطر داشته باشید که همیشه با احتیاط کامل با میکروسکوپ کار کنید، چون وسیله‌ای حساس، دقیق و گران قیمت است. پس
ــ همواره آن را با دو دست حمل کنید و آن را روی میز نکشید.
ــ اگر برای مدتی نمی‌خواهید از آن استفاده کنید میکروسکوپ را خاموش کنید.
ــ آن را روی لبه میز یا کتاب قرار ندهید.
ــ در انتهای کار دوشاخه را از پریز برق بیرون بکشید، سیم آن را جمع کنید و میکروسکوپ را با روپوش آن بپوشانید.

✓ فعالیت ۲ـ۲

مشاهده پَر با کمک میکروسکوپ

از معلم خود یک پَر پرنده، مانند پَر کبوتر، بگیرید.
۱ــ با کمک قیچی قطعاتی به ابعاد تقریبی $5mm^2$ از آن تهیه کنید.
۲ــ یک قطعه پَر را روی تیغهٔ میکروسکوپ قرار دهید (شکل ۵ــ۲).
۳ــ با کمک قطره‌چکان یا وسیله مشابهی، یک قطره روغن سدر یا روغن زیتون روی نمونه بریزید.
۴ــ روی قطعهٔ پر را با تیغک بپوشانید و به‌آرامی روی



شکل ۵ ــ۲

آن فشار وارد آورید، تا روغن به‌طورکامل در زیر تیغه پخش شود.

۵ــ اکنون ساختار پر را زیر میکروسکوپ بررسی کنید. تصویری از آنچه در میکروسکوپ می‌بینید، رسم کنید به‌طوری که جزئیات ساختار پر را نشان دهد.

۶ــ برای تصویر خود مقیاس تهیه کنید. برای این کار یک خط‌کش شفاف را روی صفحهٔ میکروسکوپ قرار دهید و با کمک میکروسکوپ، قطر میدان‌دید میکروسکوپ را در بزرگ‌نمایی موردنظر برحسب میلی‌متر اندازه‌گیری و با اندازه تصویری که رسم کرده‌اید، مقایسه کنید.

شکل ۶ ــ ۲

شکل ۷ــ ۲

سلول‌های مختلف اندازه‌های متفاوتی دارند

کوچک‌ترین سلول‌ها، باکتری‌ها هستند که اندازهٔ بیشتر آنها بین ۱μm تا ۱۰μm است. اندازهٔ بیشتر سلول‌های گیاهی و جانوری بین ۱۰μm تا ۱۰۰μm است. اندازه سلول‌های دراز عصبی و ماهیچه‌ای و سلول‌های تخم بسیاری از جانوران، بیش از این مقدار است.

اندازه و شکل هر سلول، به عوامل متفاوتی بستگی دارد، مثلاً تخمک پرندگان حجیم است چون مقدار زیادی مواد غذایی را برای رشد جنین، در خود جای داده است. سلول‌های ماهیچه‌ای درازند در نتیجه می‌توانند قسمت‌های مختلف بدن را به یکدیگر نزدیک کنند. سلول‌های عصبی نیز درازند، در نتیجه می‌توانند پیام‌های عصبی را به سرعت از یک نقطهٔ بدن به نقطه‌ای دیگر منتقل کنند. از سوی دیگر، کوچک بودن اندازهٔ سلول نیز فواید زیادی دارد. مثلاً گلبول‌های قرمز خون فقط ۸μm قطر دارند و در نتیجه می‌توانند از درون باریک‌ترین رگ‌های بدن عبور کنند.

اندازهٔ سلول‌ها از حد معینی بزرگ‌تر و از حد معینی کوچک‌تر نمی‌شود

کوچک‌ترین اندازهٔ سلول باید به قدری باشد که بتواند به مقدار کافی DNA، پروتئین و ساختارهای لازم برای زیستن و تکثیر را در خود جای دهد. عامل محدودکنندهٔ اندازهٔ سلول، **نسبت سطح به حجم** است : سطح سلول باید به اندازه‌ای باشد که بتواند به مقدار کافی مواد غذایی از محیط بگیرد و مواد زاید به محیط دفع کند. سلول‌های بزرگ‌تر، سطح بزرگ‌تری دارند، اما نسبت سطح به حجم آنها در مقایسه با سلول‌های کوچک‌تر هم‌شکل خود، کوچک‌تر است. برای درک بهتر به شکل ۸ ــ ۲ نگاه کنید. در این شکل، یک سلول مکعبی شکل بزرگ و ۲۷ سلول مکعب شکل کوچک نشان داده شده است (دایره‌های بنفش رنگ، هسته‌های سلول را نشان می‌دهند). هر دو مورد، در مجموع حجم یکسانی دارند :

$$\text{حجم} = ۳۰\mu m \times ۳۰\mu m \times ۳۰\mu m = ۲۷,۰۰۰\mu m^۳$$

اما مساحت آن دو متفاوت است :

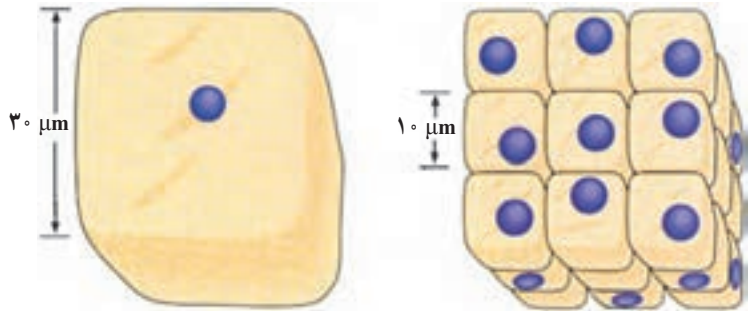
$$\text{مساحت مکعب بزرگ} = ۶ \times (۳۰\mu m \times ۳۰\mu m) = ۵۴۰۰\ \mu m^۲$$

$$\text{مساحت هر مکعب کوچک} = ۶ \times (۱۰\mu m \times ۱۰\mu m) = ۶۰۰\mu m^۲$$

مجموع مساحت همهٔ ۲۷ مکعب کوچک برابر است با $۶۰۰\mu m^۲ \times ۲۷$ که معادل است با $۱۶۲۰۰\mu m^۲$، یعنی سه برابر مساحت مکعب بزرگ. پس می‌بینیم که نسبت سطح به حجم در سلول بزرگ‌تر، کوچک‌تر است. در مواردی که حجم سلول خیلی زیاد باشد، سطح آن نمی‌تواند احتیاجات حجم را برآورده کند؛ بنابراین، نسبت سطح به حجم است که اجازه نمی‌دهد سلول از حد معینی بزرگ‌تر باشد.

خاطرنشان می‌کنیم که همهٔ سلول‌ها مکعب کامل یا کرهٔ

کامل نیستند. شکل‌های متعددی از سلول‌ها وجود دارد که بر محدودیت اندازه چیره شده‌اند. سلول‌های ماهیچه‌ای و عصبی می‌توانند بسیار دراز باشند، اما به علت باریک بودن، به ازای هر واحد حجم، سطح بیشتری نسبت به سلول‌های کروی شکل دارند.



شکل ۸ــ۲ــ سمت چپ : سطح یک سلول مکعبی بزرگ $5400\ \mu m^2$ است. سمت راست : مجموع سطح این ۲۷ سلول $162200\ \mu m^2$ است.

فعالیت ۳ـ۲

۱ــ فرض کنید میکروسکوپ شما دارای یک عدسی چشمی و دو عدسی شیئی است. قدرت بزرگ‌نمایی عدسی چشمی ۱۰× و قدرت بزرگ‌نمایی عدسی‌های شیئی ۱۰× و ۴۰× است. کمترین و بیشترین بزرگ‌نمایی میکروسکوپ شما چقدر است؟

۲ــ یک نمونه ۰/۵ mm طول دارد. طول آن در زیر میکروسکوپ با این دو عدسی شیئی چقدر خواهد بود؟ فرض کنید تصویری که شما از نمونه کشیده‌اید، ۲ cm طول دارد. چگونه برای طرح خود مقیاس تهیه می‌کنید؟ چرا برای زیست‌شناسان اختصاص دادن مقیاس به تصاویری که تهیه می‌کنند، لازم است؟

خودآزمایی ۱ـ۲

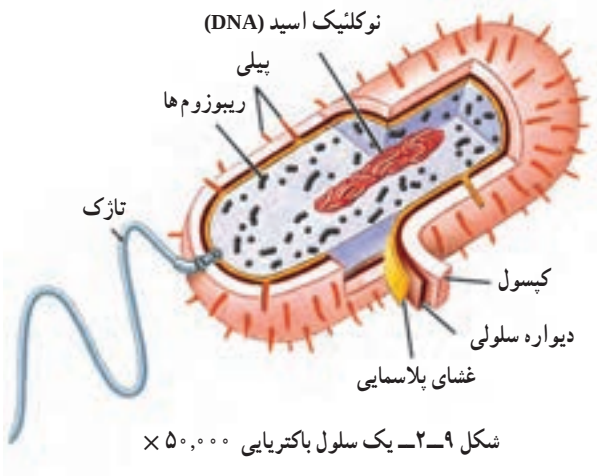
۱ــ قدرت تفکیک را تعریف کنید.

۲ــ اندازه و شکل هر سلول به چه عواملی بستگی دارد؟

۳ــ چرا اندازهٔ سلول‌ها از حد معینی بزرگ‌تر یا کوچک‌تر نمی‌شود؟

سلول‌های پروکاریوتی کوچک‌اند و ساختار ساده دارند

از عمر زمین، مدت زمان زیادی می‌گذرد. طی این مدت، دو نوع سلول پروکاریوتی و یوکاریوتی، با ساختارهایی متفاوت نسبت به یکدیگر، پدید آمده‌اند. باکتری‌ها، پروکاریوتی و سلول‌های بقیهٔ جانداران، یوکاریوتی‌اند. در شکل ۹ــ۲ یک سلول باکتریایی نشان داده شده است.



شکل ۹ــ۲ــ یک سلول باکتریایی ۵۰,۰۰۰ ×

برای دیدن ساختار دقیق هر سلول، باید از میکروسکوپ الکترونی استفاده کنیم. سلول‌های پروکاریوتی نیز از این قاعده مستثنی نیستند، چون بسیار ریزند. سلول پروکاریوتی، هستهٔ مشخص و سازمان یافته ندارد و DNA و پروتئین‌های همراه آن درون ناحیهٔ هسته مانندی به نام **ناحیهٔ نوکلئوئیدی** قرار گرفته است. از آن‌جا که هیچ غشایی ناحیهٔ نوکلئوئیدی را احاطه نمی‌کند، DNA و پروتئین‌های همراه آن در تماس مستقیم با دیگر محتویات سلول هستند. ریبوزوم‌ها، از دیگر اجزای سلول هستند که با توجه به اطلاعاتی که از DNA می‌رسد، آمینواسیدها را به یکدیگر متصل می‌کنند و پلی‌پپتید می‌سازند. چنان‌که می‌دانید، پروتئین‌ها از پلی‌پپتیدها تشکیل شده‌اند و DNA با واسطه‌هایی، نوع پروتئین را تعیین و از این راه، فعالیت‌های سلول را کنترل می‌کند.

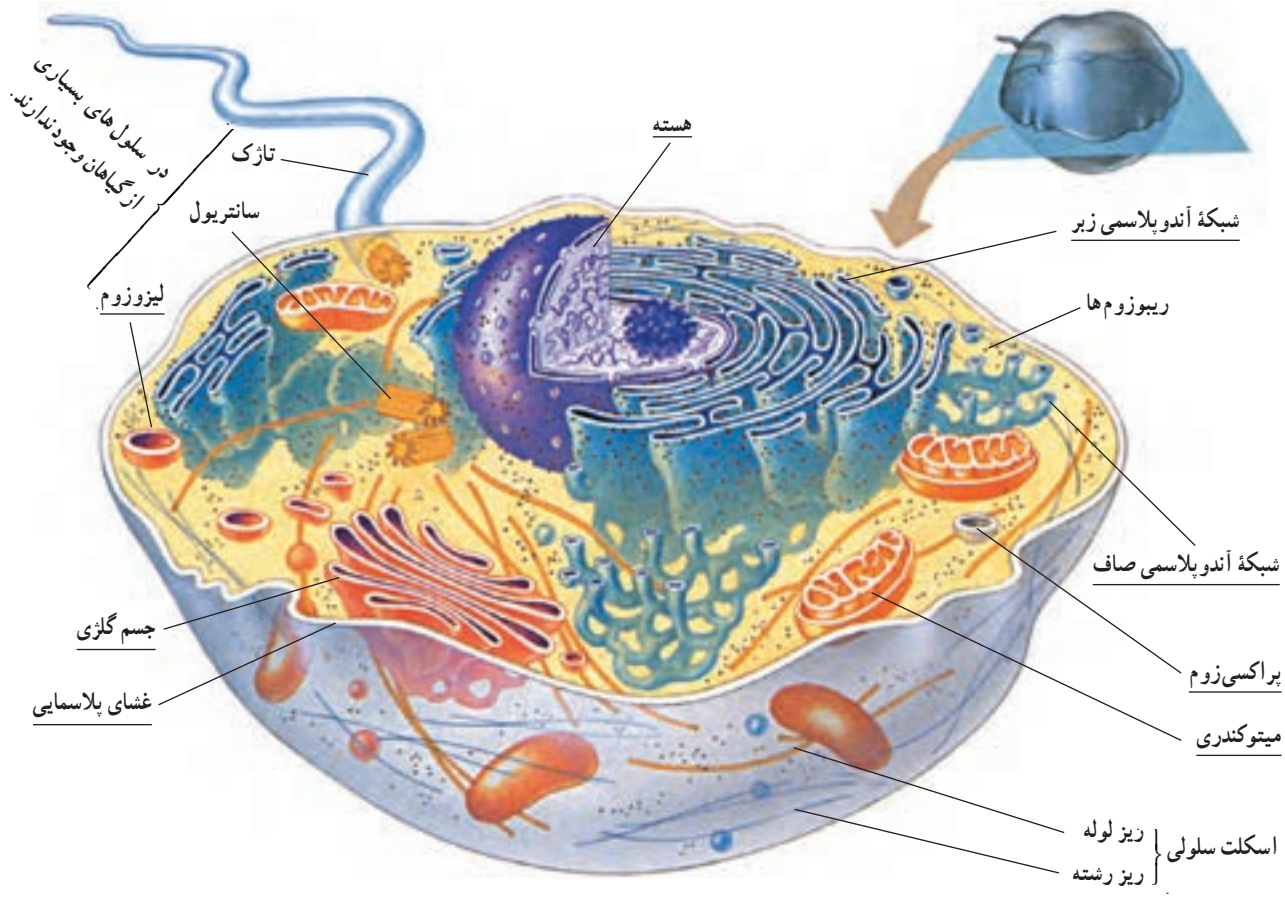
غشای پلاسمایی، سیتوپلاسم سلول باکتری را دربر می‌گیرد. در بیشتر باکتری‌ها، اطراف غشای پلاسمایی را دیواره‌ای تقریباً سخت فراگرفته که آن را **دیوارهٔ سلولی باکتریایی** می‌نامند. این دیواره از سلول محافظت و سلول را در حفظ کردن شکل، یاری می‌کند. در بعضی از باکتری‌ها، دیوارهٔ سلولی به وسیلهٔ پوشش چسبناکی به نام **کپسول** احاطه شده است. کپسول نیز باعث محافظت سلول می‌شود. همچنین، کپسول به بعضی از باکتری‌ها کمک می‌کند تا به سطوح مختلف، مثلاً به سنگ‌هایی که در مسیر جریان سریع آب در رودخانه قرار دارند یا به بافت‌های درون بدن آدمی بچسبند. بعضی از باکتری‌ها، برآمدگی‌هایی بر سطح خود دارند. این برآمدگی‌های مو مانند را اگر کوتاه باشند، **پیلی** (مفرد آن : **پیلوس**) می‌نامند. پیلی به چسبیدن باکتری به سطوح مختلف کمک می‌کند. برآمدگی‌های بلند را **تاژک** می‌نامند. تاژک با حرکت‌های خود باکتری را در محیط مایع پیرامون به جلو می‌راند.

درون سلول‌های یوکاریوتی بخش‌های عمل کنندهٔ مجزایی وجود دارد

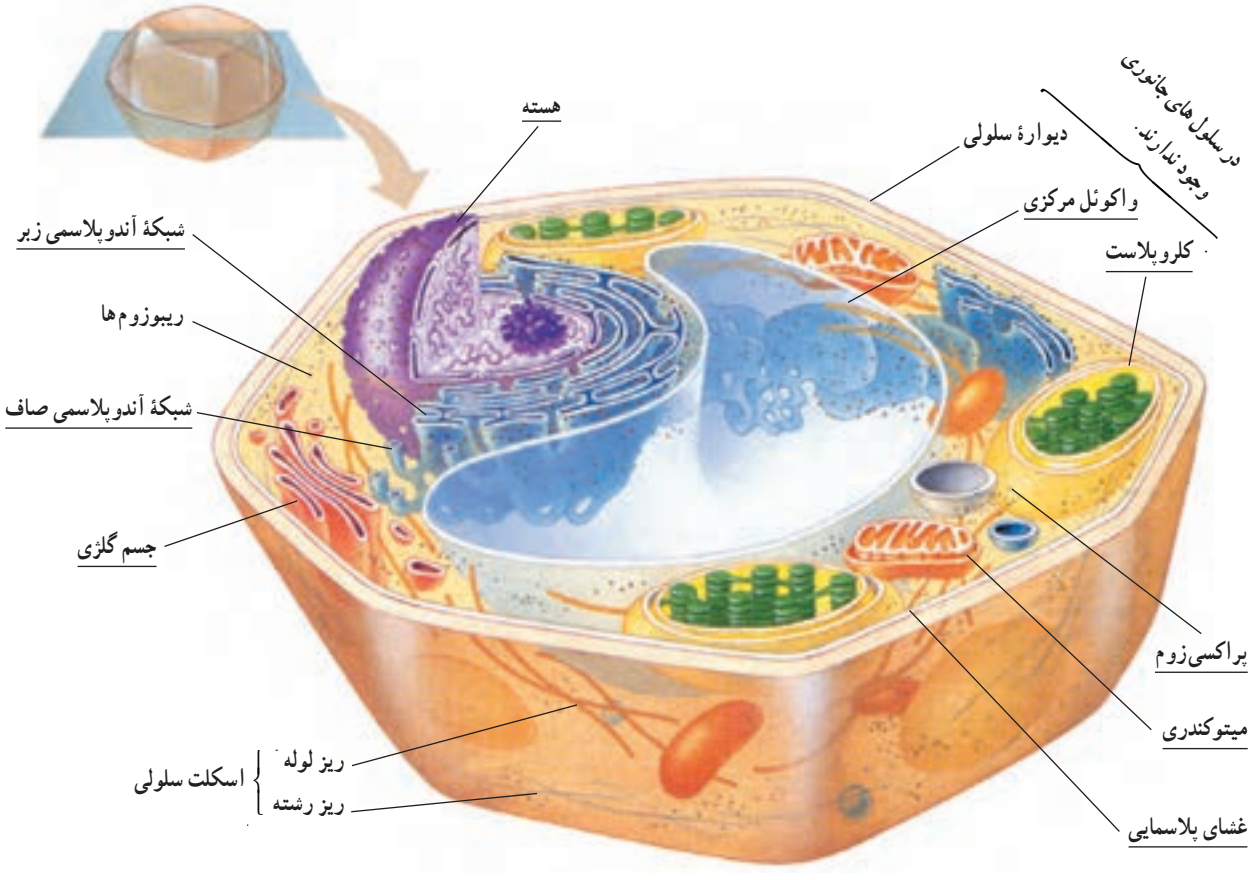
همهٔ سلول‌های یوکاریوتی، از هر نوعی که باشند ــ جانوری، گیاهی، آغازی یا قارچی ــ با یکدیگر شباهت‌های اساسی دارند، اما با سلول‌های پروکاریوتی بسیار متفاوت‌اند. در این قسمت، ساختار یک سلول جانوری و یک سلول گیاهی را به عنوان نمونه‌هایی از سلول‌های یوکاریوتی، بررسی می‌کنیم.

شکل ۱۰ــ۲ یک سلول جانوری را نشان می‌دهد. جزئیاتی را که در شکل نشان داده شده است، با میکروسکوپ الکترونی گذاره می‌توان دید. در نگاه اول، درمی‌یابیم که سلول یوکاریوتی، از سلول پروکاریوتی پیچیده‌تر است. آشکارترین تفاوت سلول‌های پروکاریوتی و یوکاریوتی این است که، اندامک‌های گوناگونی در سیتوپلاسم سلول‌های یوکاریوتی وجود دارد. توجه داشته باشید که این اندامک‌ها را غشا می‌پوشاند.

در سلول‌های یوکاریوتی، غشاهایی سیتوپلاسم را به قسمت‌های مجزا تقسیم می‌کنند. زیست‌شناسان، قسمت‌هایی را که با غشاهایی احاطه شده‌اند، **اندامک** می‌نامند (در شکل‌های ۱۰ــ۲ و ۱۱ــ۲ زیر نام هر یک از اندامک‌ها، خط کشیده شده است). اندامک‌هایی که در شکل ۱۰ــ۲ دیده می‌شوند، عبارت‌اند از : هسته، شبکهٔ آندوپلاسمی، جسم گلژی، میتوکندری، لیزوزوم و پراکسی‌زوم. توجه داشته باشید که در سلول زنده، بیشتر اندامک‌ها بی‌رنگ‌اند و استفاده از رنگ در این شکل، فقط برای سهولت تشخیص آنهاست.



شکل ۱۰ــ۲ــ یک سلول جانوری ۸۰۰۰×



شکل ۱۱ــ۲ــ یک سلول گیاهی ۸۰۰۰×

بسیاری از فعالیت‌های شیمیایی سلول، یا به عبارت دیگر **متابولیسم سلولی**، در فضای درون اندامک‌ها انجام می‌گیرد. این فضاها از مواد سیال (روان) پر شده‌اند. در فضای درون هر اندامک، وضعیت خاصی که برای انجام واکنش‌های شیمیایی ویژه مورد نیاز است، ایجاد و حفظ می‌شود. این وضعیت در اندامک‌های گوناگون، متفاوت است. بنابراین، فرآیندهای متفاوت متابولیسمی که به وضعیت‌های متفاوتی نیاز دارند، می‌توانند به طور همزمان در یک سلول به انجام برسند؛ چون هر یک از آنها در اندامک جداگانه‌ای به وقوع می‌پیوندد. مثلاً در شبکهٔ آندوپلاسمی هورمون‌های استروئیدی ساخته می‌شوند، در پراکسی‌زوم‌ها، که در مجاورت شبکهٔ آندوپلاسمی قرار دارند، هیدروژن پراکسید (H_2O_2) تولید می‌شود. H_2O_2 برای سلول سمی است و طی بعضی از واکنش‌های متابولیسمی، به عنوان محصول فرعی تولید می‌شود. چگونه استروئیدها از تخریب به‌وسیلهٔ H_2O_2 در امان می‌مانند؟ به علت وجود غشا H_2O_2 درون پراکسی‌زوم‌ها باقی می‌ماند و در همان‌جا، به سرعت به H_2O تبدیل می‌شود.

یکی دیگر از فواید غشاهای درون سلولی این است که این غشاها مجموع مساحت غشاهای سلول را به مقدار قابل توجهی افزایش می‌دهند. در سلول‌های یوکاریوتی، غشاهای درونی سطوحی را فراهم می‌کنند که در آنها فرآیندهای مهم متابولیسمی روی می‌دهند. در واقع بسیاری از آنزیم‌هایی که وجود آنها برای فرآیندهای متابولیسمی لازم است، درون غشای اندامک‌ها جای دارند. اگر غشاهای درونی موجود نبودند، سلول‌های یوکاریوتی احتمالاً سطح کافی برای پاسخ‌گویی به نیازهای متابولیسمی خود در اختیار نمی‌داشتند.

اگر شکل‌های ۱۰ــ۲ و ۱۱ــ۲ را با یکدیگر مقایسه کنید، درخواهید یافت که تفاوت‌هایی در نوع اندامک‌های این سلول‌ها وجود دارد.

برای مثال سانتریول که از ساختارهای سلولی بدون غشا است و در سازمان‌دهی میکروتوبول‌ها، تشکیل دوک تقسیم و تشکیل تاژک و مژک‌ها دخالت دارد، در سلول‌های جانوری و گیاهان ابتدایی مثل خزه‌ها و سرخس‌ها وجود دارد؛ اما در گیاهان پیشرفته دیده نمی‌شود. سلول‌های جانوری ممکن است یک یا چند تاژک داشته باشند؛ اما به جز سلول‌های جنسی نر بعضی گونه‌های گیاهی، سلول‌های گیاهی تاژک ندارند (تاژک سلول‌های یوکاریوتی از نظر ساختار و نحوهٔ عمل با تاژک باکتری‌ها تفاوت دارد).

سلول گیاهی اجزایی دارد که سلول جانوری از آنها بی‌بهره است. مثلاً سلول گیاهی (همانند سلول‌های قارچ‌ها و بسیاری از آغازیان) دیوارهٔ سلولی سخت و ضخیمی دارد. دیوارهٔ سلولی، از سلول محافظت می‌کند و سلول را در حفظ شکل یاری می‌دهد. دیوارهٔ سلولی گیاهی، از نظر ساختار شیمیایی با دیوارهٔ سلولی باکتریایی متفاوت است و از سلولز ساخته شده است. به سلول گیاهی که دیواره سلولی آن برداشته شده است، **پروتوپلاست** می‌گویند. برخلاف بیشتر سلول‌های جانوری، بسیاری از سلول‌های بالغ گیاهی به شکل چند وجهی هستند.

پلاست اندامکی است که در سلول‌های گیاهی وجود دارد، اما در سلول‌های جانوری یافت نمی‌شود. پلاست‌ها انواع متفاوتی دارند. در **کلروپلاست‌ها** فتوسنتز رخ می‌دهد (کلروپلاست در بعضی از آغازیان نیز وجود دارد). وجود یک واکوئُل مرکزی بزرگ، ویژهٔ بسیاری از سلول‌های گیاهی بالغ است. واکوئل کیسه‌ای از جنس غشاست که در خود آب و مواد شیمیایی گوناگونی را ذخیره می‌کند. در بیشتر سلول‌های گیاهی بالغ، واکوئُل مرکزی آنزیم‌هایی دارد که گوارش سلولی را به انجام می‌رسانند. علاوه بر این، واکوئل‌ها با جذب آب اضافی و منبسط شدن می‌توانند به بزرگ شدن سلول کمک کنند.

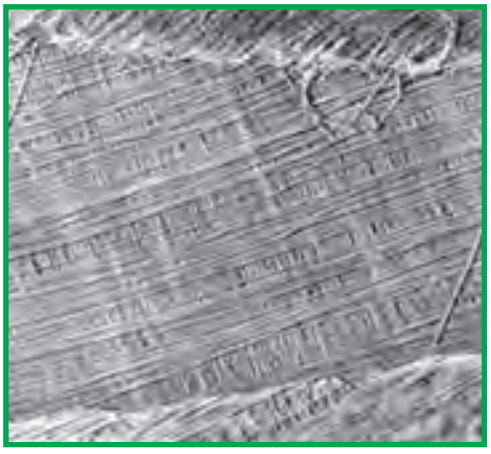
گرچه تاکنون تأکید ما بر اندامک‌ها بوده است، اما در سلول‌های یوکاریوتی اجزای دیگری نیز وجود دارد (در شکل‌های ۱۰ــ۲ و ۱۱ــ۲ زیر این ساختارها خط کشیده نشده است). از میان این اجزا می‌توان سانتریول‌ها و اسکلت سلولی را نام برد. همهٔ این‌ها از لوله‌هایی پروتئینی به نام **ریز لوله** (میکروتوبول) و رشته‌های پروتئینی به نام **ریز رشته** ساخته شده‌اند. نقطه‌های قهوه‌ای رنگی که در شکل‌ها دیده می‌شوند، **ریبوزوم‌ها** هستند. بعضی ریبوزوم‌ها درون مایع سیتوپلاسمی قرار دارند و بعضی دیگر به بخش‌هایی از شبکهٔ آندوپلاسمی و نیز غشای خارجی هسته چسبیده‌اند. همچنین ریبوزوم‌ها درون میتوکندری و کلروپلاست نیز وجود دارند.

دیوارهٔ سلولی گیاهان که ضخامت آن ۱۰ تا ۱۰۰ برابر غشای پلاسمایی است، عمدتاً از رشته‌های سلولزی نازکی ساخته شده است. این رشته‌ها در سیمانی از جنس سایر پلی‌ساکاریدها و پروتئین قرار گرفته‌اند. در شکل ۱۲ــ۲ دیوارهٔ سلولی چند سلول گیاهی نشان داده شده است.

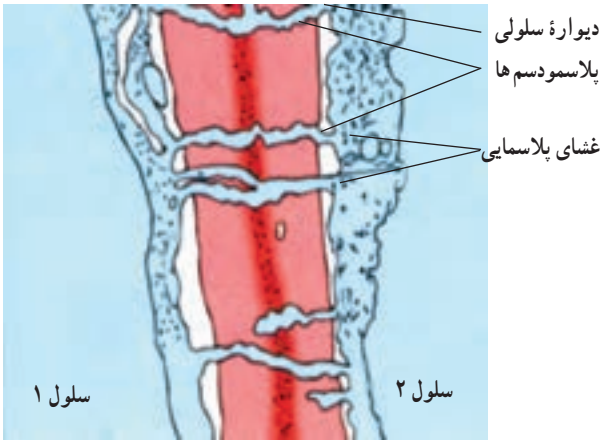
به شکل ۱۲ــ۲ توجه کنید، دیوارهٔ سلولی چند لایه‌ای است. یکی از لایه‌ها بین سلول‌های مجاور مشترک است. این لایه **تیغهٔ میانی** نام دارد. این لایه سلول‌های مجاور را به هم می‌چسباند. مجاور تیغهٔ میانی لایه‌ای به نام **دیوارهٔ نخستین** قرار گرفته است. در بعضی سلول‌ها، به‌ویژه سلول‌های مُسن، در سطح درونی دیوارهٔ نخستین دیوارهٔ دیگری به نام **دیوارهٔ دومین** رسوب می‌کند و ضخامت دیواره را افزایش می‌دهد.

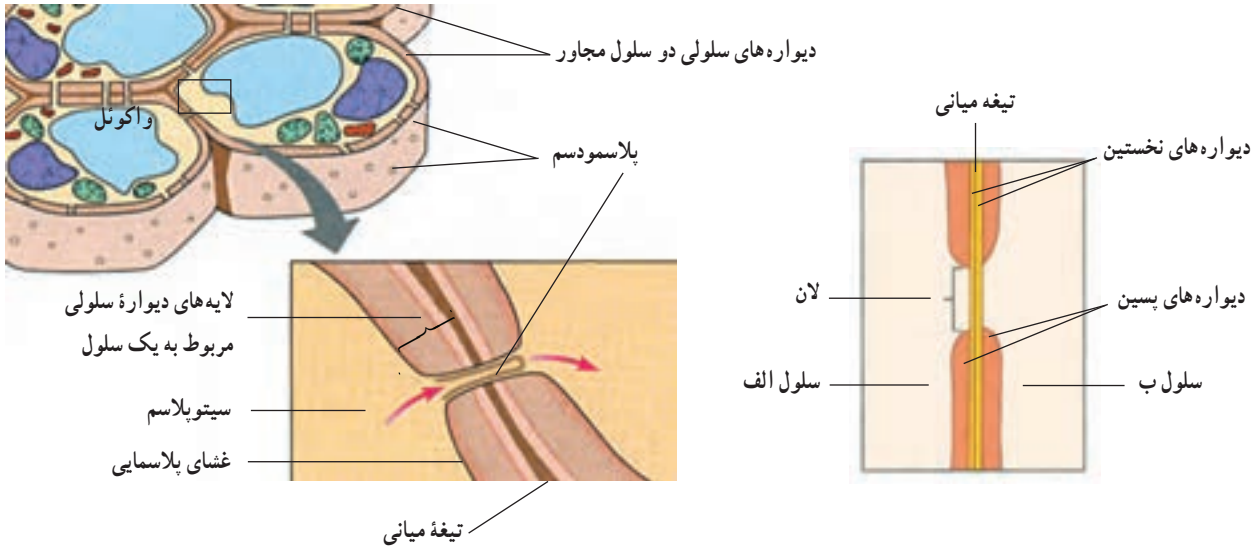
دیوارهٔ سلولی سلول‌های گیاهی، ضخیم است، اما منافذی دارد که از طریق آنها ارتباط بین سلول‌های مجاور برقرار می‌شود. مادهٔ زنده‌ای که درون این منافذ را پر می‌کند، **پلاسمودسم** (شکل ۲۴ــ۶) نام دارد. موادی از طریق پلاسمودسم‌ها از سلولی به سلول‌های مجاور منتقل می‌شود. آب، مواد غذایی و پیام‌های شیمیایی از جملهٔ این مواد هستند.

دیوارهٔ سلولی در بعضی نقاط نازک‌تر می‌شود. این مناطق نازک‌تر **لان** نامیده می‌شوند. لان‌های سلول‌های مجاور، معمولاً در مقابل یکدیگر قرار می‌گیرند و دیواره در آن قسمت در مجموع نازک‌تر از سایر بخش‌هاست.



تصویری از ساختار دیوارهٔ سلولی زیر میکروسکوپ الکترونی (۳۰,۰۰۰ ×) جهت‌گیری رشته‌های سلولزی را تفسیر کنید.





شکل ۱۲ــ۲ــ دیوارهٔ سلولی سلول‌های گیاهی و ارتباط میان سلول‌ها

ساختار غشای سلولی برای کاری که انجام می‌دهد، مناسب است

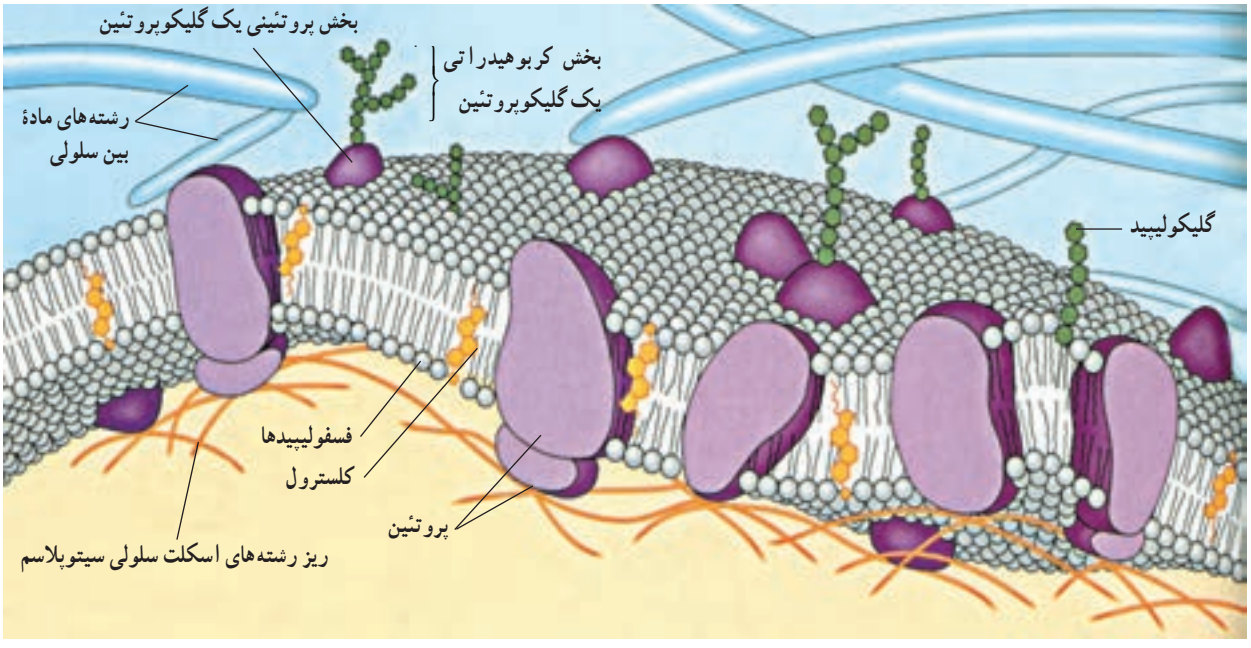
یکی از کارهای غشای پلاسمایی، که پیرامون سلول را فرا گرفته است، آن است که مانند دیواره‌های ظرفی که مواد درون خود را از محیط پیرامون جدا می‌کند، مواد درون سلول را از محیط اطراف جدا می‌کند؛ اما نمی‌توان غشای پلاسمایی را کاملاً شبیه دیواره‌های ظرف دانست چون، غشای پلاسمایی بعضی مواد را از خود عبور می‌دهد و از نفوذ بعضی دیگر جلوگیری می‌کند، یعنی نفوذپذیری انتخابی دارد. اگر کمی به این موضوع بیندیشید، خود به اهمیت آن پی خواهید برد.

غشای سلولی برای آن که مرز مناسبی بین محتویات سلول و محیط پیرامونی به‌وجود آورد، باید به بسیاری مواد اجازهٔ ورود یا خروج ندهد؛ اما سلول در همه حال تا وقتی که زنده است، به جذب یا دفع بعضی مواد نیاز دارد. بنابراین، غشای سلول نسبت به مواد تراوایی نسبی دارد، یعنی فقط به بعضی مواد اجازهٔ ورود یا خروج می‌دهد و برای این کار ساختار ویژه‌ای دارد که در شکل ۱۳ــ۲ نشان داده شده است.

بیشترین تعداد مولکول‌های غشا، مولکول‌های فسفولیپیدی هستند. می‌دانیم بخشی از مولکول‌های فسفولیپیدی نیز مانند سایر مواد لیپیدی آب گریز هستند. بخش دیگر این مولکول‌ها آب دوست هستند. در نتیجه فسفولیپیدهای غشا به صورت دولایه‌ای به گونه‌ای قرار گرفته‌اند که سدی در برابر مولکول‌های آب و مواد محلول در آن، ایجاد می‌کند. البته این سد نسبت به آب کاملاً غیرقابل نفوذ نیست و مولکول‌های آب به علت کوچکی، می‌توانند به مقدار اندک از آن عبور کنند. مولکول‌های لیپیدی به آسانی از این بخش غشا عبور می‌کنند.

به مولکول‌های درشت پروتئینی شکل ۱۳ــ۲ توجه کنید. بعضی از این مولکول‌های پروتئینی به‌ویژه آنها که بر سطح خارجی قرار گرفته‌اند، مولکول‌هایی **پذیرنده** هستند؛ یعنی به مولکول‌های دیگر متصل می‌شوند و از این راه به برقراری اتصال فیزیکی میان سلول‌ها و مولکول‌ها کمک می‌کنند. پروتئین‌هایی که در سراسر عرض غشا قرار دارند کانال‌ها یا منافذی را برای عبور مواد در غشا ایجاد می‌کنند. مولکول‌ها از یک سمتِ این پروتئین‌ها وارد و از سمت دیگر آن خارج می‌شوند. کانال‌های پروتئینی تخصصی عمل می‌کنند، یعنی فقط به یک نوع مولکول اجازه عبور می‌دهند (مولکول‌های کوچک مانند آب نیز می‌توانند از این کانال‌ها عبور کنند). بعضی از این کانال‌ها همیشه باز هستند و بعضی از آن‌ها فقط در موقع عبور مواد باز می‌شوند.

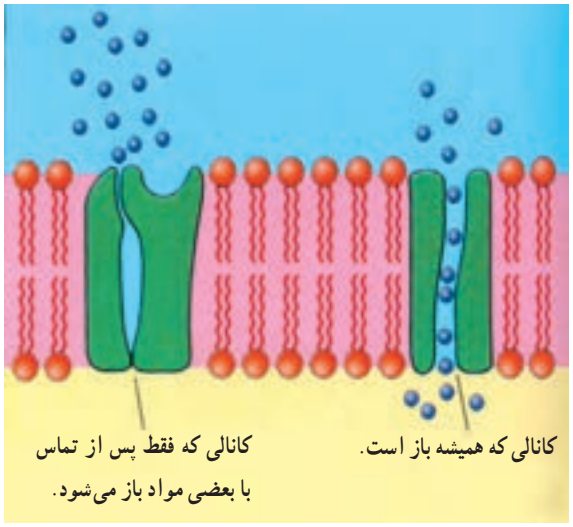
بعضی از پروتئین‌های غشا ناقل هستند. پروتئین‌های ناقل



شکل ۱۳ــ۲ــ ساختار غشا

موادی مانند یون‌ها را منتقل می‌کنند (شکل ۱۴ــ۲).

غشای پلاسمایی با دیوارهٔ ظرف تفاوت‌های فراوانی دارد. بنابر آنچه گفته شد، غشاها برای تنظیم وضعیت درون سلولی اهمیت زیادی دارند.

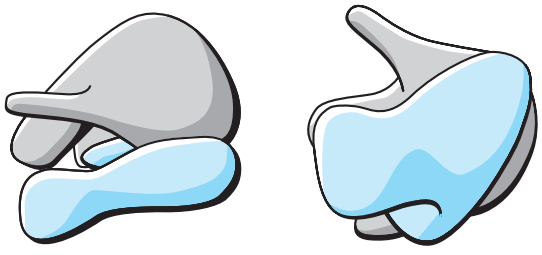


شکل ۱۴ــ۲ــ عبور مواد از غشا با کمک پروتئین‌های غشایی

سازمان درون سلولی از اجزای گوناگونی ساخته شده است

ریبوزوم : ریبوزوم‌ها از اجزای بسیار ریز سلول هستند. این اجزا در سیتوپلاسم و نیز درون اندامک‌هایی، مانند میتوکندری و کلروپلاست یافت می‌شوند. وظیفهٔ ریبوزوم‌ها مشارکت در پروتئین‌سازی است.

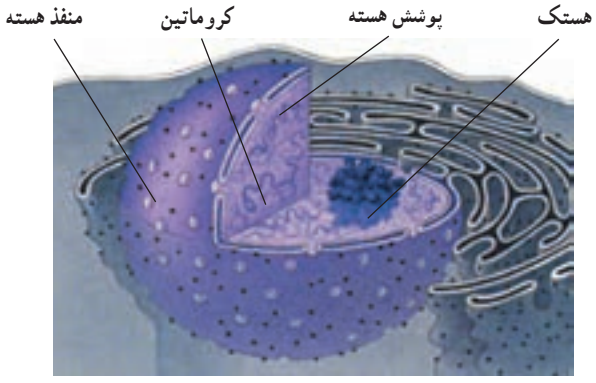
هر ریبوزوم از دو بخش غیرمساوی تشکیل شده است. هر دو این بخش‌ها از پروتئین و انواع ویژه‌ای RNA که به آنها RNA های ریبوزومی (به اختصار rRNA) می‌گویند، ساخته شده است. در شکل ۱۵ــ۲ نمایی از ساختار و اندازهٔ این دو بخش، نسبت به یکدیگر، نشان داده شده است.



شکل ۱۵ــ۲ــ نماهایی از ساختار یک ریبوزوم از دو جهت مختلف.

ریبوزوم‌های سلول‌های پروکاریوتی ساختاری ساده‌تر و اندازه‌ای کوچک‌تر دارند و به ریبوزوم‌های درون میتوکندری‌ها و کلروپلاست‌های سلول‌های یوکاریوتی شبیه هستند؛ در حالی که ریبوزوم‌های موجود در مادهٔ زمینه‌ای سیتوپلاسم (سیتوسُل) سلول‌های یوکاریوتی و ریبوزوم‌های چسبیده به برخی بخش‌های شبکه آندوپلاسمی این سلول‌ها، ساختاری پیچیده‌تر و اندازه‌ای کمی بزرگ‌تر از ریبوزوم‌های سلول‌های پروکاریوتی دارند. زیست‌شناسان برای شباهتی که شرح داده شد اهمیت زیادی قائل هستند (آیا می‌دانید چرا؟).

هسته : بیشتر مادهٔ ژنتیک سلول‌های یوکاریوتی در ساختار اندامک هسته جادارد (شکل ۱۶ــ۲). اغلب سلول‌های یوکاریوتی یک هسته و بعضی دو یا چند هسته دارند. هسته مرکز تنظیم ژنتیک سلول یوکاریوتی است. DNA موجود در هسته فعالیّت‌های سلول را رهبری می‌کند. هسته را **پوشش هسته** احاطه می‌کند. پوشش هسته از دو غشای منفذدار تشکیل شده است. تبادل مواد بین هسته و سیتوپلاسم از همین منافذ صورت می‌گیرد. درون هسته از مایعی به اسم **شیرهٔ هسته** پر شده است که DNA و پروتئین‌های متصل به آن، هستک یا هستک‌ها و پروتئین‌های تشکیل‌دهندهٔ اسکلت هسته‌ای در آن قرار دارند. پروتئین‌های اسکلت هسته‌ای به صورت شبکه درهم رفته‌ای در هسته قرار دارند و موجب پایداری شکل هسته و پایداری پوشش هسته‌ای می‌شوند. درون هسته یک یا چند تودهٔ متراکم دیده می‌شود این توده از رشته‌ها و دانه‌هایی تشکیل شده است و **هستک** نام دارد. هستک، جای بخشی از DNA و پروتئین‌های متصل به آن، RNA و پروتئین است و محلّی است که پیش‌سازهای ریبوزوم‌ها در آن ساخته می‌شوند.



شکل ۱۶ــ۲ــ هسته همراه با بخشی از سیتوپلاسم

خودآزمایی ۲-۲

۱ــ سلول‌های پروکاریوتی و یوکاریوتی چه شباهت‌ها و چه تفاوت‌هایی دارند؟

۲ــ شکل ساده‌ای از یک باکتری رسم کنید و قسمت‌های مختلفی را که رسم کرده‌اید، نام‌گذاری و کار هر قسمت را بیان کنید.

۳ــ وجود غشاهای درون سلولی چه مزایایی برای سلول‌ها دارد؟

۴ــ سانتریول از چه چیزی ساخته شده و چه وظایفی را بر عهده دارد؟

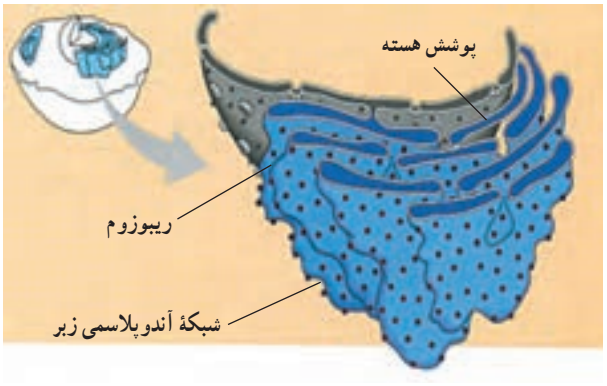
۵ــ پروتئین‌های غشا، چه کارهایی را انجام می‌دهند؟

۶ــ ساختار و عمل ریبوزوم را توضیح دهید.

دستگاه غشایی درونی از اندامک‌های غشادار تشکیل شده است

گروهی از اندامک‌های یوکاریوتی از غشاهای به هم مرتبط تشکیل شده‌اند. بعضی از این غشاها به‌طور فیزیکی به هم پیوسته‌اند، اما بعضی دیگر از هم جدا هستند. در مجموع، این غشاها شبکه‌ای درون سیتوپلاسم تشکیل می‌دهند که زیست شناسان آن را **دستگاه غشایی درونی** می‌نامند. اندامک‌های این دستگاه در ساخت، ذخیره و ترشح مولکول‌های مهم زیستی با یکدیگر همکاری می‌کنند.

شبکهٔ آندوپلاسمی، بهترین مثال برای معرفی آن قسمت از دستگاه غشایی درونی است که از غشاهای به هم پیوسته تشکیل شده است. واژهٔ «آندوپلاسم» از زبان یونانی گرفته شده و به معنی «درونِ سلول» است. دو نوع شبکهٔ آندوپلاسمی در سلول دیده می‌شود : **شبکهٔ آندوپلاسمی زبر** و **شبکهٔ آندوپلاسمی صاف** که غشای سازندهٔ آنها، به هم و نیز به غشای خارجی پوشش هسته پیوسته است (شکل ۱۶ــ۲).



شکل ۱۷ــ۲ــ بخشی از شبکهٔ آندوپلاسمی زبر

شبکهٔ آندوپلاسمی، فضای درون سلول را به دو قسمت تقسیم می‌کند : فضای درون شبکهٔ آندوپلاسمی و فضای بیرون شبکهٔ آندوپلاسمی. تقسیم کردن فضای درون سلول به قسمت‌های مختلف، کار اصلی دستگاه غشایی درونی است.

شبکهٔ آندوپلاسمی زبر : شبکهٔ آندوپلاسمی زبر را از آن جهت زبر می‌خوانند که در ریزنگارهای میکروسکوپ الکترونی، روی آن دانه‌هایی دیده می‌شود (شکل ۱۷ــ۲). این دانه‌ها، ریبوزوم‌ها هستند. شبکهٔ آندوپلاسمی زبر، از کیسه‌های پهنی ساخته شده است که به یکدیگر متصل‌اند. این شبکه دو کار مهم برعهده دارد : اول، **غشاسازی**. بعضی از پروتئین‌هایی که به وسیله ریبوزوم‌ها ساخته می‌شوند و نیز فسفولیپیدهایی که توسط آنزیم‌های شبکهٔ آندوپلاسمی زبر ساخته می‌شوند، درون غشای این شبکه جای می‌گیرند. در نتیجه، غشای شبکهٔ آندوپلاسمی وسیع‌تر می‌شود، تا این که قسمتی از آن به دیگر اندامک‌ها فرستاده می‌شود.

دومین کار مهمی که شبکهٔ آندوپلاسمی زبر انجام می‌دهد،

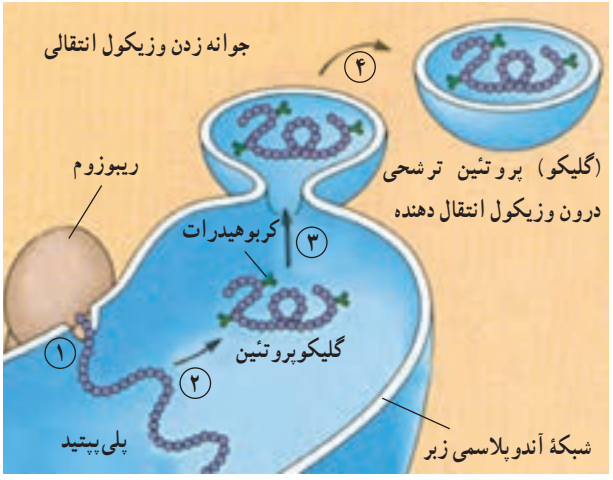
ساخت پروتئینهایی است که قرار است به خارج از سلول ترشح شوند. از این پروتئین‌های ترشحی می‌توان پادتن‌ها را مثال زد. پادتن‌ها، مولکول‌های دفاعی بدن هستند که توسط گلبول‌های سفید خون ساخته و ترشح می‌شوند. هر مولکول پادتن از چند رشته پلی‌پپتید ساخته شده است. ریبوزوم‌های شبکهٔ آندوپلاسمی زبر، پلی‌پپتیدهای مولکول‌های پادتن را می‌سازند. این پلی‌پپتیدها درون شبکهٔ آندوپلاسمی کنار هم قرار می‌گیرند و به این ترتیب، پادتن کامل و فعال حاصل می‌شود. در شکل ۱۸ــ۲ ساخته شدن و بسته‌بندی پروتئینی ترشحی که فقط از یک رشتهٔ پلی‌پپتیدی ساخته شده است، مشاهده می‌شود :

۱ــ پلی‌پپتید ساخته و به درون شبکهٔ آندوپلاسمی وارد می‌شود.

۲ــ زنجیره‌های کوچکی از مولکول‌های قند به پلی‌پپتید اضافه می‌شود. بدین ترتیب یک مولکول **گلیکوپروتئین** حاصل و مولکول برای ارسال به خارج از شبکهٔ آندوپلاسمی، آماده می‌شود.

۳ــ شبکهٔ آندوپلاسمی گلیکوپروتئین را در کیسه‌های ریزی به نام **وزیکول (کیسه چه) انتقالی** بسته‌بندی می‌کند.

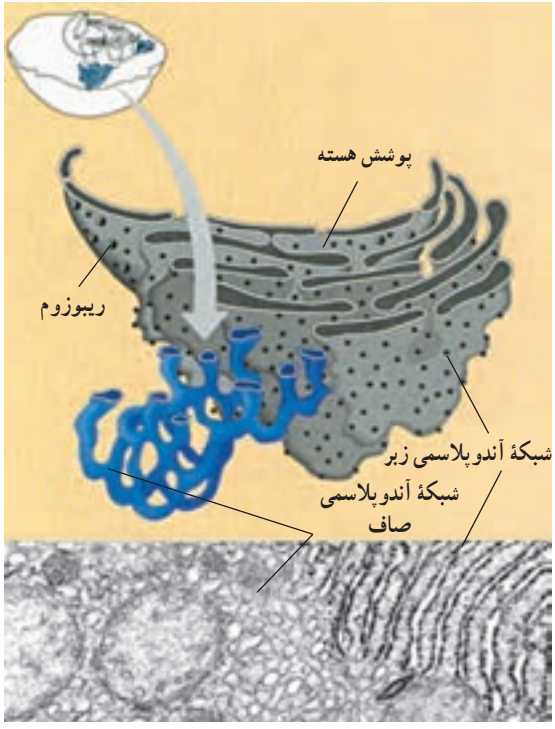
۴ــ این وزیکول از غشای شبکهٔ آندوپلاسمی به بیرون جوانه می‌زند. اکنون پروتئین ترشحی، به دستگاه گلژی منتقل می‌شود تا بقیهٔ کارهای لازم برای ترشح آن، انجام شود. بعد از آماده شدن پروتئین برای ترشح، وزیکول انتقالی به سوی غشای پلاسمایی می‌رود تا محتویات خود را به خارج از سلول ترشح کند.



شکل ۱۸ــ۲ــ ساخته شدن و بسته‌بندی یک پروتئین ترشحی در شبکهٔ آندوپلاسمی زبر

شبکهٔ آندوپلاسمی صاف : شبکهٔ به هم پیوسته‌ای از لوله‌ها و کیسه‌های غشادار و بدون ریبوزوم است (شکل ۱۹ــ۲) که درون غشای آن، آنزیم‌های متعددی جای گرفته است. این آنزیم‌ها کارهای اصلی این شبکه را انجام می‌دهند. یکی از مهم‌ترین کارهای شبکهٔ آندوپلاسمی صاف، ساخت موادی مانند اسیدهای چرب، فسفولیپیدها و استروئیدهاست. هر یک از این فرآورده‌ها توسط نوع خاصی سلول تولید می‌شود.

در سلول‌های جگر ما شبکه‌های آندوپلاسمی صاف گسترده‌ای وجود دارد که کارهای دیگری نیز انجام می‌دهند. در این شبکهٔ آندوپلاسمی، آنزیم‌های خاصی وجود دارد که به تنظیم مقدار قندی که از سلول‌های جگر به جریان خون آزاد می‌شود، کمک می‌کند. همچنین آنزیم‌های دیگری وجود دارد که داروها و نیز مواد شیمیایی مضر را تغییر می‌دهند. این کار سلول‌های جگر را **سم‌زدایی** می‌نامند. یکی دیگر از کارهای شبکهٔ آندوپلاسمی صاف، ذخیرهٔ یون کلسیم است. در بافت ماهیچه‌ای یون کلسیم برای انقباض ماهیچه‌ها لازم است. وقتی پیام عصبی به سلول ماهیچه‌ای می‌رسد یون کلسیم از شبکهٔ آندوپلاسمی صاف نشت می‌کند، به درون سیتوپلاسم وارد و موجب انقباض سلول می‌شود.



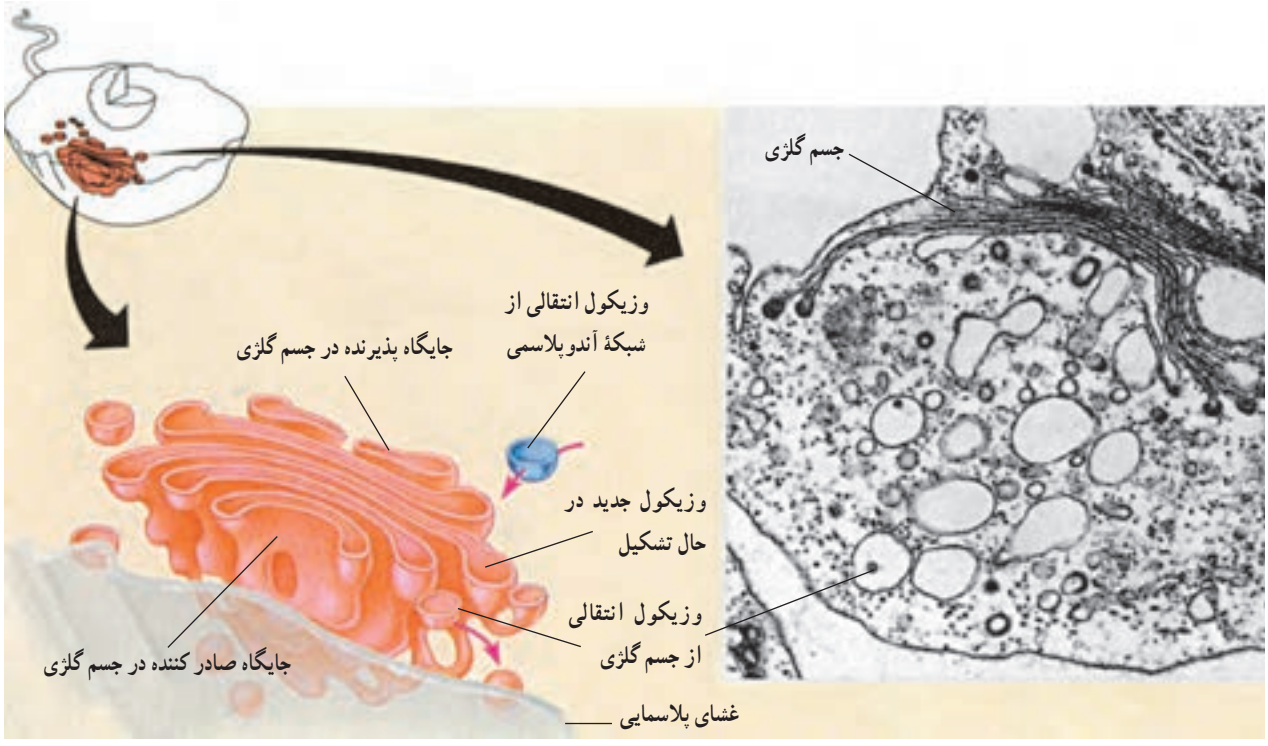
شکل ۱۹ــ۲ــ شبکهٔ آندوپلاسمی صاف

جسم گلژی، به پاس پژوهش‌های **کامیلو گلژی**، زیست‌شناس و پزشک ایتالیایی، به این اسم نام‌گذاری شد. گلژی با استفاده از میکروسکوپ نوری و نیز روش‌های رنگ‌آمیزی سلول، موفق به کشف این اندامک شد. مشاهدهٔ جسم گلژی با میکروسکوپ الکترونی نشان می‌دهد که این اندامک از کیسه‌های پهنی که روی هم قرار گرفته‌اند، تشکیل شده است (شکل ۲۰ــ۲). جنس این کیسه‌ها از غشاست. همان‌گونه که در شکل می‌بینید، این کیسه‌ها، برخلاف کیسه‌های شبکهٔ آندوپلاسمی، به‌طور فیزیکی به هم پیوسته نیستند. تعداد اجسام گلژی در هر سلول از چند عدد تا چند صد عدد است. این تعداد، به میزان فعالیت سلول در ترشح پروتئین‌ها و مواد ترشحی دیگر بستگی دارد.

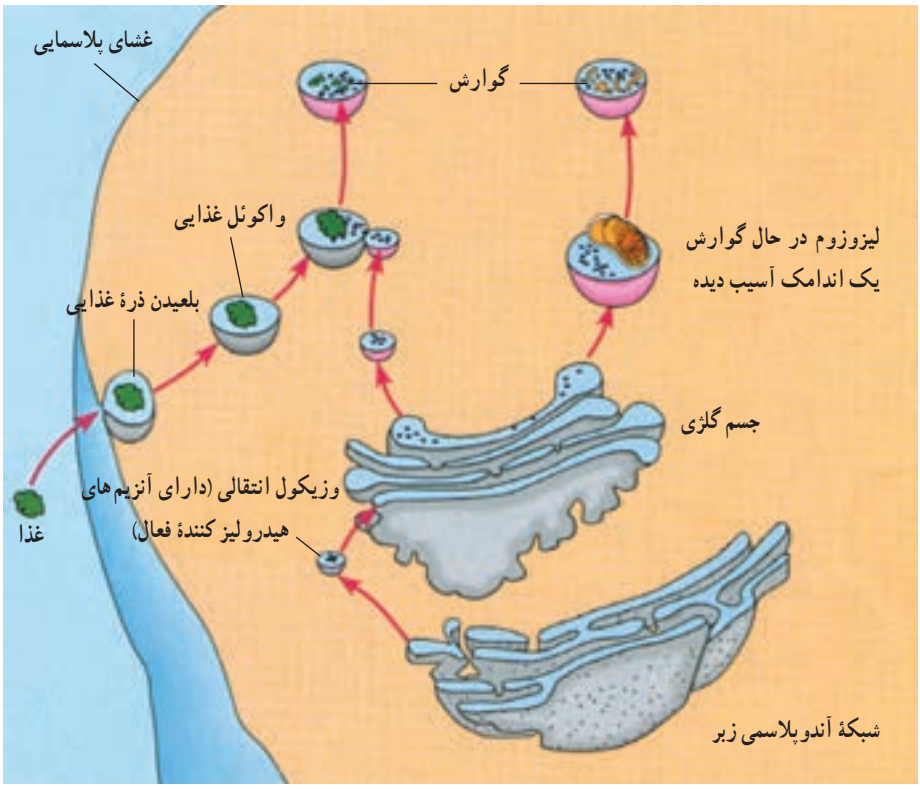
جسم گلژی با همکاری شبکهٔ آندوپلاسمی کارهای متعددی انجام می‌دهد. مولکول‌هایی که توسط شبکهٔ آندوپلاسمی تولید می‌شوند، به وسیلهٔ وزیکول‌های انتقالی به جسم گلژی می‌رسند. در جسم گلژی، این مولکول‌ها دستخوش تغییرات شیمیایی می‌شوند و در نتیجهٔ این تغییرات، مولکول‌ها نشانه‌گذاری می‌شوند و بر حسب نشانه‌ای که دارند، به نقاط مختلف سلول فرستاده می‌شوند.

لیزوزوم، جزء دیگر دستگاه غشایی درونی، است. شبکهٔ آندوپلاسمی زبر و جسم گلژی لیزوزوم‌ها را تولید می‌کنند. لیزوزوم کیسه‌ای است غشایی (غشادار) که دارای آنزیم‌های تجزیه‌کننده است (شکل ۲۱ــ۲). به یاد بیاورید که تقسیم کردن فضای درون سلول به قسمت‌های مختلف، کار اصلی دستگاه غشایی درونی است. غشای لیزوزوم، در واقع پیرامون قسمتی را فرا گرفته است که آنزیم‌های گوارشی در آن‌جا ذخیره می‌شوند. بدین ترتیب دیگر قسمت‌های سیتوپلاسم از گزند آنزیم‌های گوارشی در امان می‌مانند. بدون لیزوزوم، هیچ سلولی نمی‌تواند آنزیم‌های گوارشی را درون خود داشته باشد.

لیزوزوم چند کار گوارشی متفاوت انجام می‌دهد. بسیاری از سلول‌ها، مواد غذایی را می‌بلعند، یعنی آن را از راه کیسه‌های سیتوپلاسمی ریزی به نام واکوئل‌های غذایی به سیتوپلاسم وارد می‌کنند. لیزوزوم‌ها با پیوستن به واکوئل‌های غذایی، آنزیم‌های گوارشی را به درون واکوئل تخلیه و محتوای درون واکوئل را تجزیه می‌کنند. مولکول‌های کوچکِ حاصل از این گوارش، مثل آمینواسیدها، واکوئل را ترک می‌کنند و به مصرف سلول



شکل ۲۰ــ۲ــ جسم گلژی



شکل ۲۱ــ۲ــ خاستگاه و کار لیزوزوم‌ها

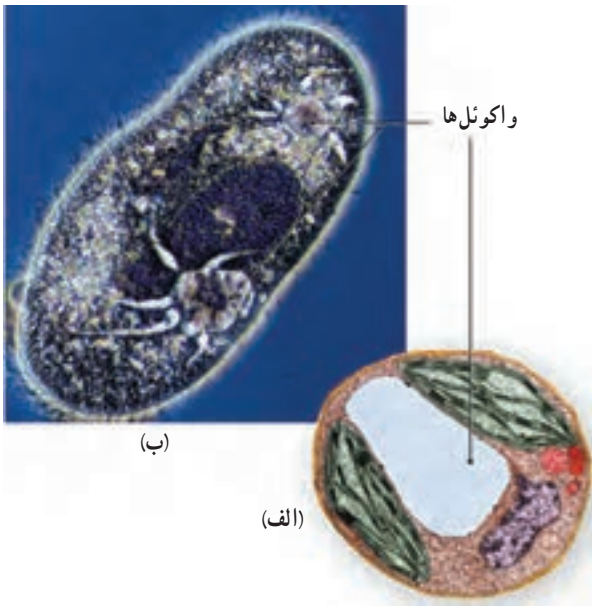
می‌رسند. یکی دیگر از کارهای لیزوزوم، بلع و گوارش اندامک‌های آسیب دیده یا پیر سلول است. از اجزای حاصل از تجزیهٔ اندامک‌های آسیب‌دیده یا پیر، اندامک‌های جدیدی بازسازی می‌شود. لیزوزوم‌ها در نمو جنینی نیز نقشی حیاتی دارند. مثلاً آنزیم‌های لیزوزومی، بافت‌هایی را که در زمان جنینی بین انگشتان دست و پا قرار دارد، نابود و انگشتان را از یکدیگر جدا می‌کنند.

واکوئل‌ها، نیز همانند لیزوزوم‌ها کیسه‌هایی از جنس غشا هستند که به دستگاه غشایی درونی تعلق دارند. واکوئل‌ها، شکل و اندازه‌های متفاوتی دارند و کارهای مختلفی نیز انجام می‌دهند. پیش از این دیدیم که واکوئل‌های گوارشی و لیزوزوم‌ها با یکدیگر همکاری دارند. در شکل ۲۲ــ۲ــ الف، یک **واکوئل مرکزی** را درون یک سلول گیاهی بالغ می‌بینیم. این واکوئل را می‌توان به‌عنوان یک لیزوزوم بزرگ در نظر گرفت. واکوئل مرکزی، با جذب آب به بزرگ شدن سلول گیاهی کمک می‌کند. همچنین، مواد شیمیایی حیاتی یا فرآورده‌های دفعی حاصل از متابولیسم سلول را ذخیره می‌کند. واکوئل‌های مرکزی در گلبرگ گیاهان ممکن است رنگیزه‌هایی داشته باشند که سبب جذب حشرات به هنگام گرده‌افشانی می‌شوند. در بعضی از گیاهان واکوئل‌ها حاوی مواد سمّی هستند و به این ترتیب گیاه در برابر جانوران گیاهخوار و بعضی از آفات گیاهی از خود دفاع می‌کند.

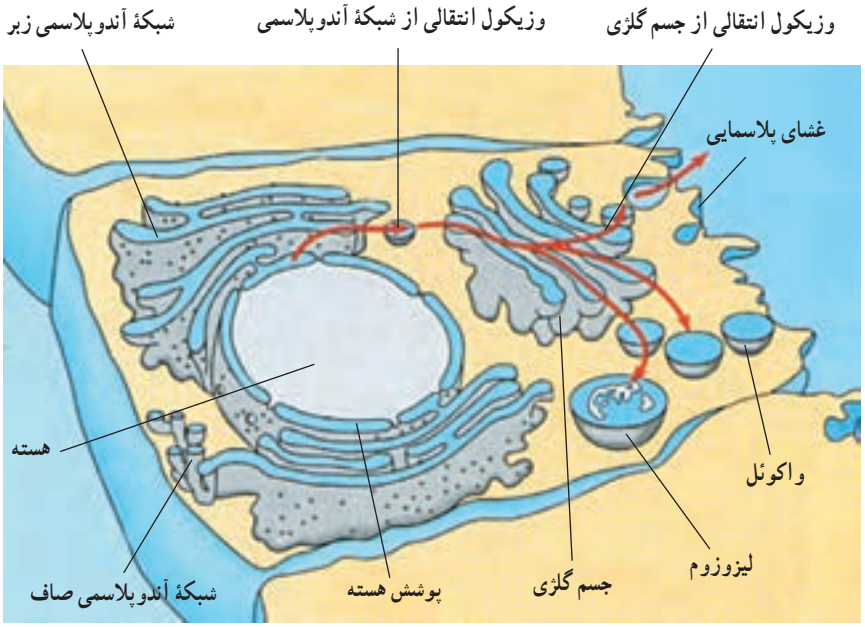
شکل ۲۲ــ۲ــ ب، نوع بسیار متفاوتی از واکوئل را در یک تک‌سلولی به نام **پارامسی** نشان می‌دهد. در این شکل، دو **واکوئل ضربان‌دار** دیده می‌شود که آب اضافی را از سلول جمع می‌کنند و آن را به بیرون می‌رانند. چنین فعالیتی برای آغازیانی که در آب شیرین زندگی می‌کنند، بسیار ضروری است. چون آب دائماً وارد آنها می‌شود، اگر راهی برای دفع آب اضافی وجود نداشته باشد، سلول آن قدر حجیم می‌شود که سرانجام می‌ترکد. در واقع واکوئل‌های ضربان‌دار برای حفظ محیط درونی سلول، حیاتی هستند.

نحوهٔ ارتباط اندامک‌های دستگاه غشایی درونی : در شکل ۲۳ــ۲ خلاصه‌ای از نحوهٔ ارتباط اندامک‌های مختلف دستگاه غشایی درونی نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده

می‌شود، پیوستگی‌های **ساختاری** مستقیمی بین پوشش هسته، شبکهٔ آندوپلاسمی زبر و شبکهٔ آندوپلاسمی صاف برقرار است. پیکان‌ها پیوستگی‌های کاری را در دستگاه غشایی درونی نشان می‌دهند. مثلاً وزیکول انتقالی در شبکهٔ آندوپلاسمی ساخته می‌شود، بعد به جسم گلژی وارد می‌شود و سرانجام به لیزوزوم یا واکوئل تبدیل می‌شود. چه مطالب دیگری از این شکل قابل استنتاج‌اند؟



شکل ۲۲ــ۲ــ الف. یک واکوئل مرکزی در یک سلول گیاهی(۷,۷۰۰ ×).
ب. واکوئل ضربان‌دار در پارامسی(۸۰۰ ×)



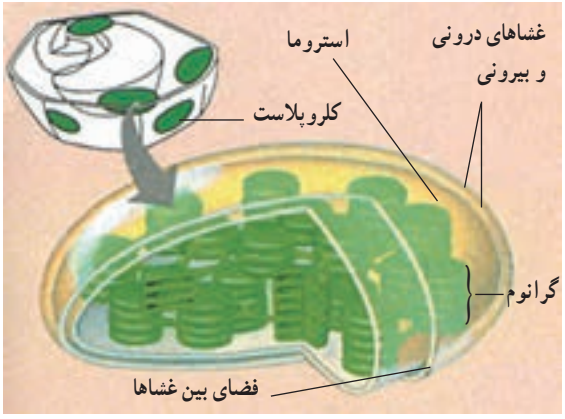
شکل ۲۳ــ۲ــ ارتباط بخش‌های مختلف دستگاه غشایی درونی

خودآزمایی ۲-۳

۱ــ دستگاه غشایی درونی از چه اندامک‌هایی تشکیل شده است؟
۲ــ سم‌زدایی بر عهدهٔ کدام یک از اندامک‌های سلول است؟
۳ــ منشأ لیزوزوم کجاست؟
۴ــ نحوهٔ ارتباط اندامک‌های مختلف دستگاه غشایی درونی را توضیح دهید.

کلروپلاست، انجام فتوسنتز را بر عهده دارد و در گیاهان و بعضی از آغازیان، مانند جلبک‌ها یافت می‌شود. فتوسنتز، فرآیندی است که طی آن انرژی نوری خورشیدی جذب و به انرژی شیمیایی نهفته در مولکول‌های قند، تبدیل می‌شود. بخشی از این قندها برای تهیه مواد غذایی دیگر به‌کار می‌روند. دنیای زنده، تا حد زیادی مرهون انرژی‌ای است که در فتوسنتز ذخیره می‌شود. با نگاهی به ساختار درونی کلروپلاست با میکروسکوپ الکترونی، نیروگاهی خورشیدی را خواهیم دید که بسیار موفق‌تر از هر آن چیزی عمل می‌کند که تاکنون توسط قدرت ابتکار و نبوغ آدمی ساخته شده است.

غشاها، فضای درون کلروپلاست را به سه قسمت تقسیم و ساختار کلروپلاست را با کاری که انجام می‌دهد، متناسب کرده‌اند. در شکل ۲۴ــ۲ این قسمت‌ها را می‌بینید. یک قسمت، فضای باریکی است که بین غشای خارجی و درونی کلروپلاست وجود دارد. قسمت دوم، فضایی است که توسط غشای درونی محصور شده است. این قسمت، توسط مادهٔ سیالی به نام **بستره** پر شده است و در آن شبکه‌ای از لوله‌ها و قُرص‌های غشادارِ توخالی، وجود دارد. فضای درون این لوله‌ها و قرص‌های غشایی، سومین قسمت



شکل ۲۴ــ۲ــ کلروپلاست و اجزای آن

از فضاهای درون کلروپلاست است. توجه داشته باشید که این قرص‌ها به صورت دسته‌های چندتایی روی یکدیگر قرار می‌گیرند. هر دسته را یک **گرانوم** می‌نامیم. گرانوم‌ها مکان‌هایی هستند که در آن‌جا انرژی خورشیدی به دام می‌افتد. خواهیم دید که هر قسمت از کلروپلاست نقش ویژه‌ای را در تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی شیمیایی ایفا می‌کند.

علاوه بر کلروپلاست‌ها، در سلول‌های گیاهان ممکن است انواع دیگری از پلاست‌ها دیده شوند که در آنها مواد متفاوتی، مثل نشاسته، ذرات رنگی، پروتئین‌ها و لیپیدها ذخیره می‌شوند.

میتوکندری : میتوکندری، اندامکی است که انرژی شیمیایی را از شکلی به شکل دیگر تبدیل می‌کند. این اندامک، انجام تنفس سلولی را بر عهده دارد. تنفس سلولی، فرآیندی است که طی آن، انرژی شیمیایی غذاها مانند قندها، به انرژی شیمیایی مولکول سوختی سلول، یعنی ATP (آدنوزین تری‌فسفات) تبدیل می‌شود.

ساختار میتوکندری همانند دیگر اندامک‌ها، با کاری که انجام می‌دهد، متناسب است (شکل ۲۶ــ۲). میتوکندری، همانند کلروپلاست، دارای دو غشاست، اما فضای درون آن فقط از دو قسمت تشکیل شده است : یک قسمت، فضای بین دو غشاست و قسمت دیگر، فضایی است که غشایی درونی آن را احاطه کرده و با ماده‌ای سیال به نام **ماتریکس** پر شده است. بسیاری از واکنش‌های شیمیایی مربوط به تنفس سلولی، درون ماتریکس رخ می‌دهند. غشای درونی، بسیار چین‌خورده است و آنزیم‌هایی که ساختن ATP را بر عهده دارند، درون این غشا و نیز بر سطح آن جای گرفته‌اند. هر چین‌خوردگی، یک تیغه به نام **کریستا** را به‌وجود می‌آورد. کریستاها موجب افزایش سطح غشای درونی می‌شوند. افزایش سطح غشای درونی میتوکندری به نوبهٔ خود باعث بالا رفتن توانایی میتوکندری در تولید ATP می‌شود.

فعالیت ۴ـ۲

مشاهدهٔ سلول‌های گیاهی

۱ــ یک پیاز را به دو بخش تقسیم کنید.

۲ــ یکی از فلس‌های ضخیم را از داخل پیاز جدا کنید.

۳ــ با کمک انبرک، یکی از لایه‌های نازک را از سطح داخل فلس پیاز جدا کنید.

۴ــ با کمک قیچی یک قطعه کوچک از آن، به ابعاد $5mm^2$ تهیه کنید.

۵ــ قطعه کوچک از این لایهٔ نازک را روی تیغه بگذارید و یک قطره محلول یُددار رقیق روی آن بریزید. به‌طوری که محلول یُد، سراسر نمونه را فرابگیرد.

شکل ۲۵ــ۲

۶ــ یک تیغک روی نمونه بگذارید.

۷ــ تیغه را زیر میکروسکوپ ابتدا با بزرگ‌نمایی کم و سپس با بزرگ‌نمایی بالا، بررسی کنید. یک سطح از نمونه را که سلول‌های آن مشخص‌تر هستند، انتخاب و سپس ساختار آن سلول‌ها را با دقت مشاهده کنید.

۸ــ شکل یکی از سلول‌های پیاز را بکشید و بخش‌های مختلف آن را نام‌گذاری کنید؛ اگرچه پیاز بخشی از گیاه محسوب می‌شود و فلس‌های آن نوعی برگ هستند، ولی در سلول‌های آن هیچ کلروپلاستی پیدا نمی‌کنید. چرا؟

۹ــ خزه‌ای را تهیه کنید و یکی از برگ‌های کوچک آن را به کمک قیچی جدا کنید.

۱۰ــ برگ خزه را با یک قطره آب، روی تیغه بگذارید و روی آن را با تیغک بپوشانید.

۱۱ــ نمونه را با درشت‌نمایی کم، بررسی کنید. چه ساختارهایی می‌بینید که در سلول‌های پیاز نبودند؟ دلیل وجود آنها را در سلول‌های خزه توضیح دهید.

۱۲ــ یکی از مناسب‌ترین سلول‌ها را انتخاب کنید و آن را با بزرگ‌نمایی بالا ببینید.

۱۳ــ شکلی از سلول‌های خزه بکشید و جزئیات ساختاری آن را نام‌گذاری کنید.

۱۴ــ چرا دیدن هسته در سلول‌های خزه مشکل، یا غیرممکن است؟

۱۵ــ برای دیدن هسته چه اقدامی می‌توان انجام داد؟

خودآزمایی ۲ـ۴

۱ــ انرژی خورشید در کدام قسمت کلروپلاست به دام می‌افتد؟

۲ــ منظور از «تنفس سلولی» چیست؟

۳ ــ ساختار و عمل میتوکندری و کلروپلاست را با یکدیگر مقایسه کنید.

فعالیت ۲ـ۵

۱ــ قطر نوعی سلول $20\mu m$ است. برای ساختن خطی فرضی با ضخامت یک سلول و به طول $1cm$ چند عدد از این سلول‌ها لازم است؟

۲ــ دانش‌آموزی چند ریزنگار الکترونی که از یک مرکز تهیهٔ عکس با کمک میکروسکوپ الکترونی، گرفته

بود، به کلاس آورد تا به سایر دانش‌آموزان و معلم نشان دهد. این ریزنگارها عبارت بودند از : یک ریزنگار الکترونی از سلول‌های موش، دو ریزنگار الکترونی از سلول‌های برگ لوبیا و دو ریزنگار الکترونی از یک باکتری. متأسفانه او فراموش کرده بود نام تصاویر را یادداشت کند و نمی‌دانست کدام تصویر مربوط به کدام جاندار است. این عکس‌ها از بخشی از سلول تهیه شده بود و در آنها فقط چند جزء سلول قابل تشخیص بود. آیا شما می‌توانید با توجه به شرح این ریزنگارها، تشخیص دهید کدام عکس مربوط به کدام جاندار است؟

عکس الف) کلروپلاست، چند ریبوزوم، هسته

عکس ب) دیوارهٔ سلولی، غشای پلاسمایی

عکس ج) میتوکندری، دیوارهٔ سلولی و غشای پلاسمایی

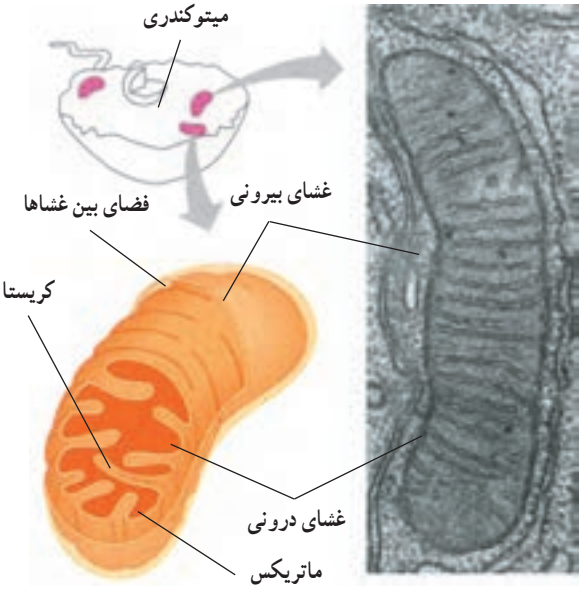
عکس د) غشای پلاسمایی، چند ریبوزوم

عکس هـ) هسته ، شبکهٔ آندوپلاسمی زبر

۳ــ فرض کنید سلولی کاملاً کروی شکل است و شعاعی به طول $10\ \mu m$ دارد. سطح این سلول چند میکرومتر مربع وسعت دارد؟ حجم آن را نیز محاسبه کنید. نسبت سطح این سلول به حجم آن چقدر است؟

اکنون فرض کنید سلولی کروی شکل دیگری شعاعی به طول $20\ \mu m$ دارد. سطح، حجم و نسبت سطح به حجم این سلول چقدر است؟ نسبت‌های سطح به حجم این دو سلول را با یکدیگر مقایسه کنید. از این مقایسه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

(یادآوری : r = شعاع کره، $4\pi r^2$ = مساحت کره و $\frac{4}{3}\pi r^3$ = حجم کره و $\pi = 3/14$).

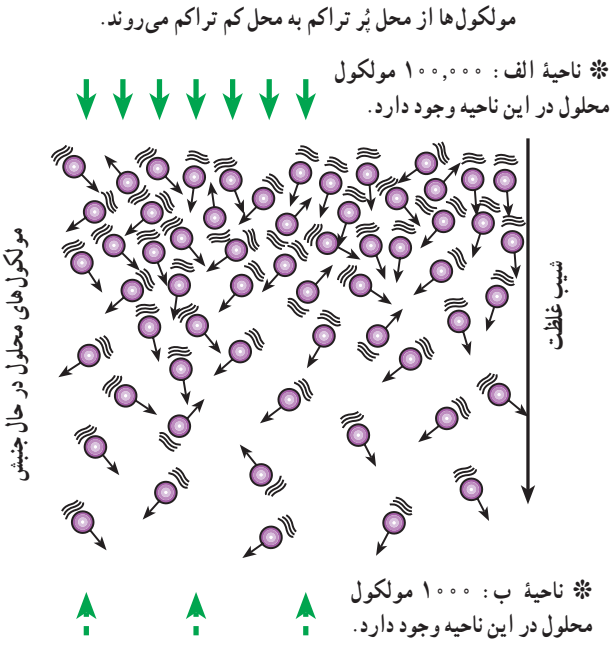


شکل ۲۶ــ۲ــ میتوکندری و بخش‌های آن

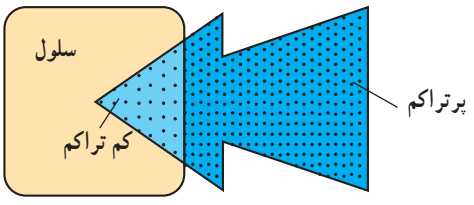
چگونه مواد به سلول وارد، یا از آن خارج می‌شوند

بسیاری از مواد از طریق **انتشار** به سلول وارد و یا از آن خارج می‌شوند. انتشار، یعنی حرکت ماده از جایی که تراکم آن بیشتر است به سوی محلی که تراکم همان ماده کمتر است. به عبارت دیگر، اختلاف غلظت (شیب غلظت) بین دو نقطه، باعث انتشار می‌شود.

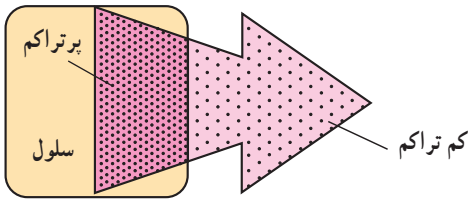
به شکل ۲۷ــ۲ دقت کنید. همان‌طور که می‌بینید مولکول‌ها در این محیط به طور یکسان پخش نشده‌اند و بین دو ناحیهٔ بالایی و پایینی، اختلاف غلظت وجود دارد. این اختلاف غلظت موجب پدیدار شدن شیب غلظت و یا شیب انتشار بین دو ناحیه می‌شود. از شکل می‌توانید استنباط کنید که مولکول‌ها به‌طور اتفاقی و در تمام جهات حرکت می‌کنند؛ به طوری که در مجموع، پس از مدتی حرکت مولکول‌ها موجب یکسان شدن غلظت در محیط این ماده بین دو ناحیه می‌شود. بنابراین شیب انتشار، یعنی حرکت مولکول‌ها، بیشتر در جهت یک نواختی غلظت در محیط است. به‌عبارت دیگر شیب انتشار از تراکم بیشتر به سمتِ تراکم کمتر است.



شکل ۲۷ــ ۲ــ انتشار مولکول‌ها در جهت شیب انتشار



الف) اکسیژن به درون سلول انتشار می‌یابد.



ب) دی‌اکسید کربن به بیرون از سلول انتشار می‌یابد.

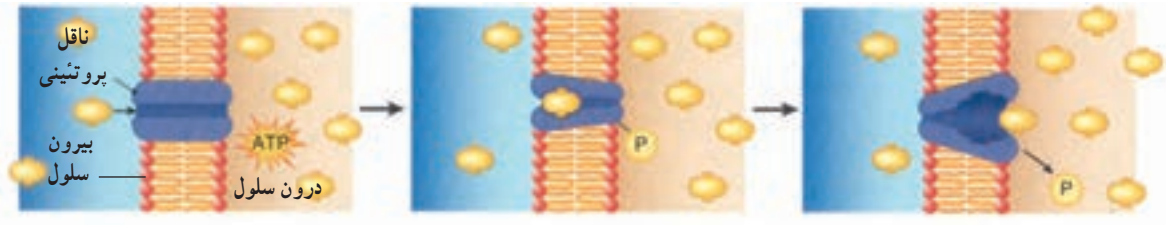
شکل ۲۸ــ۲ــ انتشار

حرکت خالص مولکول‌ها را در انتشار می‌توان از طریق تفریق تعداد مولکول‌هایی که به سمت غلظت بیشتر می‌روند از مولکول‌هایی که از این ناحیه دور می‌شوند و به سمت غلظت کمتر می‌روند، محاسبه کرد. مثلاً اگر ۵۰ مولکول به سمت جای غلیظ‌تر بروند اما ۳۰۰ مولکول از آن جا دور شوند، نتیجهٔ آن حرکت ۲۵۰ مولکول از جای دارای تراکم بیشتر به سوی جایی است که تراکم کمتر دارد.

نتیجهٔ نهایی انتشار یک ماده، یکسان شدن غلظت آن در همهٔ نقاطی است که آن ماده قرار دارد. اکسیژن از طریق انتشار وارد سلول می‌شود و دی‌اکسید کربن از همین طریق از سلول خارج می‌شود (شکل ۲۸ــ۲). بعضی مواد به راحتی نمی‌توانند از غشای فسفولیپیدی سلول عبور کنند. این مواد به کمک کانال‌های پروتئینی (شکل ۱۴ــ۲) از عرض غشا می‌گذرند. در این پدیده نیز جهت حرکت مواد از جای پرتراکم به جای کم تراکم است (انتشار) و چون عبور مواد از عرض غشا، با کمک کانال‌ها انجام می‌گیرد، به این نوع انتشار، **انتشار تسهیل شده** گفته می‌شود.

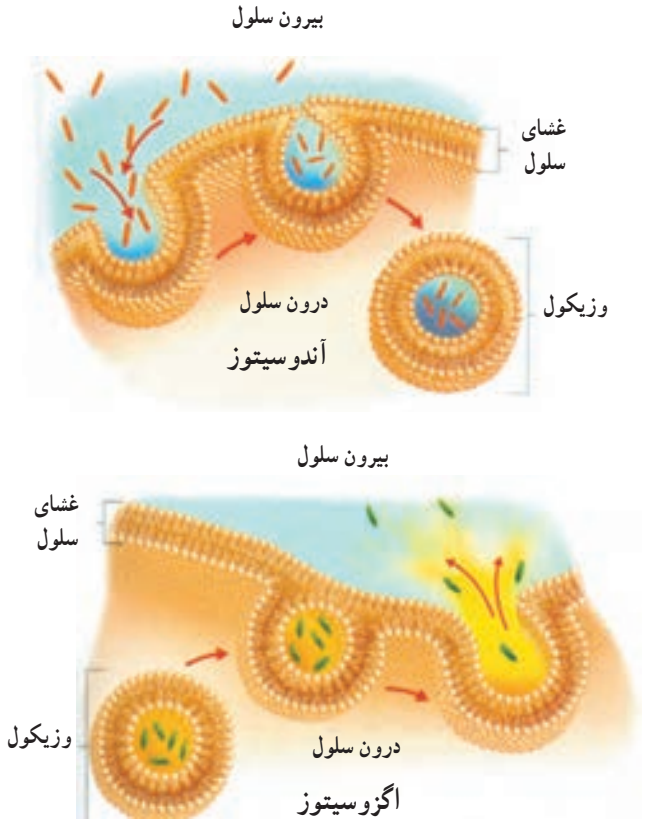
انتشار یک فرآیند کاملاً فیزیکی است و از انرژی زیستی استفاده نمی‌کند. افزایش گرمای محیط باعث افزایش سرعت انتشار می‌شود. چرا؟

بعضی از مواد برخلاف شیب غلظت، از عرض غشای سلول عبور می‌کنند. وقتی غلظت یک مولکول داخل سلول بیشتر از غلظت آن در بیرون سلول باشد، این انتظار هست که براساس پدیدهٔ انتشار مولکول‌ها در جهت شیب غلظت، از سلول خارج شوند؛ اما سلول با مصرف ATP و توسط ناقل‌های پروتئینی این مولکول‌ها را در جهت خلاف شیب غلظت، به درون سلول وارد می‌کند. به این نوع انتقال، **انتقال فعال** گفته می‌شود؛ بنابراین انتقال فعال، حرکت مواد از جای کم تراکم به سوی جای پرتراکم و برخلاف شیب غلظت است. (شکل ۲۹ــ۲) ریشه‌های گیاهان بعضی مواد را به این طریق از خاک جذب می‌کنند.



شکل ۲۹ــ۲ــ انتقال فعال

فقط ذرات بسیار کوچک، مانند یون‌ها و مولکول‌های کوچک، می‌توانند به وسیلهٔ انتشار و انتقال فعال به سلول‌ها وارد، یا از آنها خارج شوند. بعضی سلول‌ها می‌توانند ذرات بزرگ‌تر را به وسیله فرآیندی که **آندوسیتوز** نامیده می‌شود، جذب کنند. آندوسیتوز واژه‌ای یونانی و به معنای «ورود به سلول» است. موجودات تک‌سلولی، مانند آمیب، به این روش تغذیه می‌کنند. **اگزوسیتوز** بر عکس آندوسیتوز است. این دو فرآیند به انرژی زیستی نیاز دارند (شکل ۳۰ــ۲).



شکل ۳۰ــ۲ــ آندوسیتوز (بالا) و اگزوسیتوز (پایین)

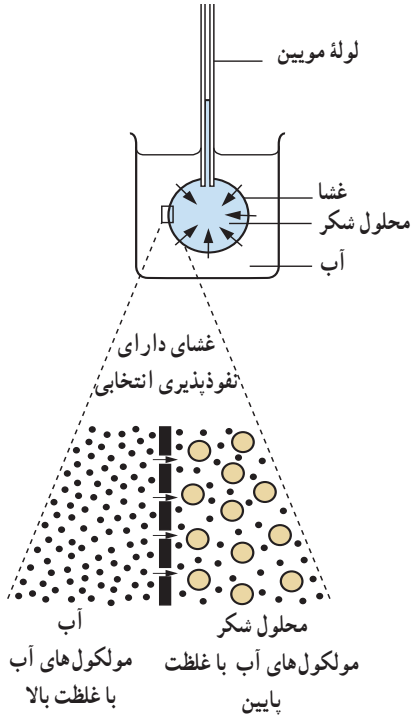
اسمز

آب از طریق نوع خاصی از **انتشار** که **اُسمُز** نامیده می‌شود، به سلول وارد و یا از آن خارج می‌شود.

کیسه‌ای که در شکل ۳۱ــ۲ می‌بینید، از غشای نازکی که خاصیت نفوذپذیری انتخابی دارد (مثلاً کاغذ سلوفان) ساخته شده است. این کیسه از محلول شکر پر شده است. انتهای باز کیسه به‌دور انتهای یک لولهٔ مویین بسته شده است. کیسه در ظرف آب قرار دارد.

بعد از زمان کوتاهی، آب از ظرف به کیسه وارد می‌شود. در نتیجه محلول شکر در لولهٔ مویین، بالا می‌رود فشاری که مایع درون لوله به مایع موجود در کیسه وارد می‌کند **فشار اسمزی** نام دارد. برای فهمیدن این که چرا این مسأله رخ می‌دهد، به شکل ۳۱ــ۲ نگاه کنید. مولکول‌های شکر از مولکول‌های آب بزرگ‌تر هستند. غشایی که کیسه از آن ساخته شده است، سوراخ‌های ریزی دارد. این سوراخ‌ها به اندازه‌ای هستند که فقط مولکول‌های آب از میان آنها عبور می‌کنند و به مولکول‌های شکر اجازهٔ عبور نمی‌دهند. ما این نوع غشا را **غشای دارای نفوذپذیری انتخابی** می‌نامیم.

انتشار آب از عرض یک غشای دارای **نفوذپذیری انتخابی**، **اُسمز** نامیده می‌شود. اسمز جایی روی می‌دهد که دو محلول با غلظت متفاوت آب، به‌وسیلهٔ یک غشای دارای نفوذپذیری انتخابی از یکدیگر جدا می‌شوند.



شکل ۳۱ــ۲ــ اسمز راه انتشار آب از غشای دارای تراوایی نسبی است.

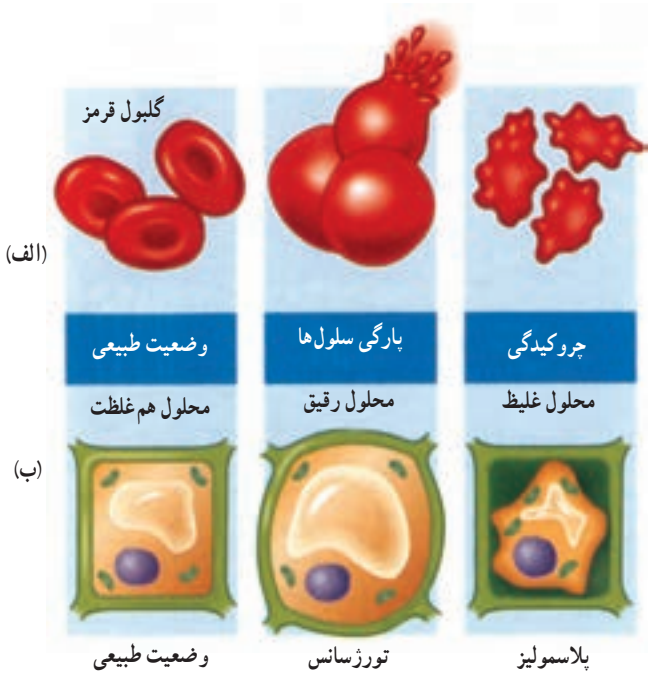
اسمز در سلول‌های انسانی : سلول‌های انسانی محتوی محلولی از نمک‌ها و مواد دیگرند که در آب حل شده‌اند و غشای سلول که نفوذپذیری انتخابی دارد، آنها را دربرمی‌گیرد. فرض

کنید یک گلبول قرمز خون را در آب خالص فرو برده‌اید. چه اتفاقی می‌افتد؟ آب از طریق اسمز وارد سلول می‌شود. سلول متورم می‌شود و سرانجام می‌ترکد (شکل ۳۲ــ۲ــ الف). سلول به این دلیل می‌ترکد که غشای سطحی آن به قدری نازک و ظریف است که نمی‌تواند در مقابل فشار داخل سلول مقاومت کند. بدیهی است که در درون بدن ما سلول‌ها نباید در خطر ترکیدن قرار داشته باشند. چه چیزی از این رویداد جلوگیری می‌کند؟ خون و مایعات دیگر بدن ما غلظتی مشابه غلظت درون سلول‌ها دارند، در نتیجه آب نمی‌تواند بیش از حد به طریق اسمز وارد شود.

اسمز در سلول‌های گیاهی : سلول‌های گیاهی نیز، مثل سلول‌های جانوری غشای پلاسمایی دارند؛ امّا در خارج از این غشا دیواره‌ای سلولی از جنس سلولز قرار دارد. در درون یک سلول گیاهی محلولی از نمک‌ها و سایر موادی که در آب حل شده‌اند، وجود دارد. بسیاری از این مواد در واکوئل‌ها قرار دارند. غشای پلاسمایی سلول‌های گیاهی، مثل غشای پلاسمایی سلول‌های جانوری، نفوذپذیری انتخابی دارد؛ امّا دیوارهٔ سلولی نسبت به آب و موادی که در آن حل شده‌اند، به‌طور کامل تراواست. اگر یک سلول گیاهی را در آب فرو ببریم چه اتفاقی می‌افتد؟

در این‌صورت آب از بیرون سلول، از میان دیوارهٔ سلولی و غشای پلاسمایی به درون واکوئل جریان می‌یابد. در نتیجه سلول باد می‌کند، امّا نمی‌ترکد. این پدیده **تورژسانس (آماس)** نام دارد. علت این است که دیوارهٔ سلولی از منبسط شدن سلول به مقدار زیاد جلوگیری می‌کند. دیوارهٔ سلولی کشیده می‌شود، امّا شکسته (پاره) نمی‌شود (شکل ۳۲ــ۲ــ ب).

تورژسانس در گیاهان خشکی بسیار مهم است. تورژسانس سلول‌ها، به گیاه کمک می‌کند تا استوار بمانند، مثلاً، وقتی همهٔ سلول‌های یک برگ به‌طور کامل متورم شده باشند، به یکدیگر فشار وارد می‌کنند و برگ در حالتی گسترده و منبسط قرار می‌گیرد. اگر گیاه آب از دست بدهد، سلول‌ها تورم خود را از دست می‌دهند و برگ‌ها پژمرده می‌شوند. این پدیدهٔ پژمرده شدن **پلاسمولیز** نامیده می‌شود. گیاهان علفی که چوب زیادی ندارند، برای آن‌که ساقه‌های خود را راست نگه دارند، به تورژسانس متکی‌اند. وقتی که چنین گیاهی پژمرده می‌شود، ساقه خم می‌شود.



شکل ۳۲ــ۲ــ اسمز در سلول‌های جانوری(الف) و گیاهی(ب)

خودآزمایی ۵ـ۲

۱ــ سلول، ذرات بزرگ را توسط چه فرآیندی جذب می‌کند؟
۲ــ منظور از غشای دارای نفوذپذیری انتخابی چیست؟
۳ــ تورژسانس چیست و چه موقع رخ می‌دهد؟

فعالیت ۶ـ۲

۱ــ برای هر یک از موارد زیر توضیحی ارائه دهید :

الف) اگر برگ‌های کاهو پژمرده شوند، می‌توان با قرار دادن آن در آب به مدت کوتاهی دوباره آن را تازه کرد.

ب) اگر روی تعدادی میوهٔ توت‌فرنگی شکر بپاشید، عصارهٔ آن به بیرون تراوش می‌کند.

۲ــ ممکن است تصور کنید، وقتی شخصی در آب شنا می‌کند، آب از پوست به طریقهٔ اسمز وارد بدن او می‌شود، امّا چنین نمی‌شود. چرا؟

۳ــ اگر یک گلبول قرمز خون و یک سلول گیاهی در محلولی فرو برده شوند که غلظت نمک‌های موجود در آن بیشتر از غلظت نمک‌های درون سلول‌ها باشد، چه اتفاقی برای هر کدام می‌افتد؟ چرا؟

فعالیت ۷ـ۲

۱ــ اریترومایسین دارویی است که خاصیت آنتی‌بیوتیکی دارد. این دارو از پروتئین‌سازی در سلول‌های باکتری جلوگیری می‌کند، اما بر پروتئین‌سازی سلول‌های بدن ما چنین اثری ندارد. با توجه به اطلاعاتی که از این فصل به دست آورده‌اید، یک فرضیه برای وجود چنین خاصیتی بیان کنید. این آنتی‌بیوتیک چه اثری بر سلول‌های ما دارد؟

۲ــ فکر می‌کنید چرا تعداد میتوکندری‌های بعضی سلول‌های بدن بیشتر است؟ این سلول‌ها کدام‌اند؟

۳ــ درسال ۱۹۹۷ انسان توانست با کمک نوعی میکروسکوپ الکترونی بسیار پیشرفته، ذره‌ای به بزرگی ۴ اتم، یعنی یک نانومتر را ببیند. قدرت تفکیک این میکروسکوپ چقدر بوده است؟

۴ــ در شکل‌های زیر بخش‌های تعیین شده را نام‌گذاری کنید.