

### اساس شیمیایی حیات

- هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود در پایان این فصل بتواند:
- ۱- خواص حیاتی آب و اهمیت آن در حفظ اجزای بدن و اعمال آن را شرح دهد.
  - ۲- تفاوت مواد معدنی و مواد آلی و اهمیت هر یک را توضیح دهد.
  - ۳- انواع مولکولهای بزرگ آلی را نام برده و ساختمان و واحدهای تشکیل دهنده هر کدام را شرح دهد.
  - ۴- اعمال مولکولهای بزرگ آلی را به طور خلاصه توضیح دهد.
  - ۵- آتیم و چگونگی عمل آن را به طور خلاصه شرح دهد.
  - ۶- ساختمان، ترکیب و عملکرد مولکولهای RNA و DNA را مقایسه نماید.
  - ۷- نحوه دو برابر شدن (همانندسازی) مولکول DNA را توضیح دهد.
  - ۸- دلیل تشابه سلولهای حاصل از هر تقسیم با یکدیگر و با سلول اولیه را توضیح دهد.

می‌دانید که کوچکترین واحد تشکیل دهنده هر ماده «اتم» است. اتمها ترکیب می‌شوند و «مولکولها»ی مختلفی را می‌سازند. خواص هر ماده به خواص مولکولهای آن وابسته است. برای مثال مولکول اکسیژن از دو اتم اکسیژن، تشکیل شده است که خواص گاز اکسیژن نیز مربوط به خواص مولکولهای آن است. مولکول آب نیز از یک اتم اکسیژن و دو اتم هیدروژن تشکیل شده است و همه خواص آن مثل مایع بودن، قابلیت حل شدن مواد در آن، یخ زدن، بخار شدن و واکنش با مواد دیگر، به خواص مولکولی آن برمی‌گردد.

#### ۱-۲- آب و خواص حیاتی آن

آب، از بخشهای غیرآلی و مهم سلولهای بدن همه موجودات زنده است. واکنشهای زیادی مثل تبدیل انواع مواد به یکدیگر و تبدیل انواع انرژی به یکدیگر (نظیر تبدیل انرژی شیمیایی به

مکانیکی در ماهیچه یا تبدیل انرژی نورانی به پیام الکتریکی در چشم و... در بدن اتفاق می افتد. آب، محیطی است که همه مولکولهای بدن در آن به صورت «معلق» و یا محلول قرار می گیرند و همه «واکنشهای سلولی» در آن رخ می دهد. علاوه، آب «انتقال دهنده» نیز می باشد برای مثال در ورود و خروج مواد به سلول یا در کل بدن (مثلاً در خون) یا انتقال مواد سمّی و زاید (مثل ادرار) دخالت دارد. همچنین به طور مستقیم در بسیاری از واکنشهای سلولی شرکت کرده، در سوخت و ساز مواد سهم دارد. حدود ۶۵ تا ۷۰ درصد مواد کل بدن را آب تشکیل می دهد. خواص مولکول آب، باعث می شود که این ماده نسبت به بسیاری از مواد دیگر، برای گرم شدن به انرژی گرمایی زیادی نیاز داشته باشد؛ به همین دلیل سلولهای ما تا حدی در برابر گرما مقاومند و سالم می مانند و به هنگام نیاز با عرق کردن و تبخیر آن در هنگام گرم شدن بدن، انرژی گرمایی مصرف می شود و سطح پوست نیز خنک می گردد. در عوض، آب برای یخ زدن نیز محتاج زمان و سرمای بیشتری نسبت به برخی مواد دیگر است. پس آب در نگهداری و حفظ تعادل بدن نقش اساسی دارد. به همین دلیل از دست رفتن آب بدن، نتایج نامطلوبی را در پی خواهد داشت. جالب است بدانیم که بیشتر سطح کره زمین را نیز آب تشکیل می دهد. مواد دیگری نیز مثل آهن، مس، روی، سنگ آهک و... در روی زمین موجودند که بسیاری از آنها توسط گیاهان جذب می شوند و در ساخت مواد غذایی و پیکره گیاه به کار می روند. جاندارانی که از گیاهان و مواد معدنی تغذیه می کنند نیز با ایجاد تغییر در این مواد، آنچه را که نیاز دارند می سازند. این مواد ساخته شده در بدن موجودات زنده را «مواد آلی» می نامند، که دارای کربن فراوان می باشند. امروزه دانشمندان قادرند بسیاری از مواد آلی را به صورت مصنوعی و در محیط آزمایشگاهی تهیه کنند.

## ۲-۲- مواد معدنی

مواد غیرآلی را که در بدن جانداران مورد استفاده قرار می گیرند، «مواد معدنی» می نامند. مواد آلی با استفاده و کمک مواد معدنی، خاک، آب، دی اکسید کربن، اکسیژن و نور خورشید در گیاهان سبز ساخته می شوند که بعداً به بدن یک جانور گیاهخوار و بتدریج به بدن جانوران گوشتخوار دیگر منتقل می شوند. در بدن موجودات گیاهخوار نیز، تغییر و ساخت مواد آلی از مواد آلی اولیه بدست آمده از گیاهان، آب و همچنین مواد معدنی موجود در آب، غذاها و پیکره گیاهان و اکسیژن موجود در هوا صورت می گیرد. در بدن جانوران گوشتخوار نیز این واکنشها وجود دارند. انسانها نیز از گیاهان و جانوران تغذیه می کنند. قسمتهای زنده (مثل دانه، پیاز و سبزیجات تازه) و مرده گیاه (مثل آردگندم و برنج) در برنامه غذایی ما جای دارند که سرشار از مواد معدنی و مواد آلی هستند.

همچنانکه از غذاهای جانوری مثل گوشت، تخم مرغ، لبنیات و... نیز مواد مورد نیاز خود را دریافت می‌کنیم. پس بسیاری از مواد معدنی موجود در بدن ما در ساختار کره زمین نیز موجودند. برخی از آنها به میزان فراوان در ساختار بدن ما به کار رفته‌اند و به همین دلیل روزانه به مصرف میزان زیادی از آنها نیازمندیم، درحالی که برخی دیگر مقدار بسیار اندکی از نیازهای روزانه ما را تشکیل می‌دهند و عناصر کمیاب<sup>۱</sup> نامیده می‌شوند اما اهمیت آنها از بقیه مواد کمتر نیست. سدیم و کلر، دو عنصر فراوان هستند که غالباً از طریق مصرف نمک طعام، به میزان کافی تأمین می‌شوند. همچنین کلسیم در لبنیات و فسفر و پتاسیم که در بیشتر غذاهای گیاهی و جانوری موجودند، جزء عناصر فراوان بدن هستند درحالی که آهن (در جگر، دل، قلوه و لوبیا)، مس (در غذاهای مختلف) روی (در گوشت، ماهی، زرده تخم مرغ و شیر) و منگنز از عناصر کمیاب محسوب می‌شوند.

مواد معدنی، علاوه بر این که در ساخت مواد آلی به کار می‌روند یا به ساخت آنها کمک می‌کنند، دارای دو کارکرد اصلی دیگر نیز هستند، نخستین کارکرد آنها، شرکت در ساختمان بدن است و بر رشد و سلامت استخوانها، غضروفها، دندانها، خون و بافتهای نرم بدن تأثیر دارند. کارکرد دوم یعنی کارکرد تنظیم‌کنندگی آنها در لخته شدن خون، ایجاد پیام عصبی، تنظیم ضربان قلب، حفظ و نگهداری آب سلولها و... قابل مشاهده است که با بسیاری از این موارد در فصلهای آینده آشنا خواهید شد.

### ۲-۳- مولکولهای بزرگ

کربن یکی از مهمترین عناصر تشکیل دهنده مولکولهای آلی است. اتمهای کربن با اتصال به یکدیگر زنجیره‌ای می‌سازند که با اتصال اتمهای مختلف هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن، فسفر، گوگرد و... به این زنجیره، مولکولهای کوچک مواد آلی ساخته می‌شوند و مهمترین آنها شامل قندهای ساده (هیدراتهای کربن<sup>۲</sup> ساده)، اسیدهای چرب، اسیدهای آمینه و نوکلئوتیدها هستند. از ترکیب مولکولهای کوچک مواد آلی، مولکولهای بزرگ مواد آلی ساخته می‌شوند. پس مولکولهای کوچک واحدهای تشکیل دهنده مولکولهای بزرگ هستند. مولکولهای بزرگ مواد آلی شامل قندها (هیدراتهای کربن)، چربیها (لیپیدها<sup>۳</sup>)، پروتئینها و اسیدهای هسته‌ای (اسیدهای نوکلئیک<sup>۴</sup>) می‌باشند.

۲-۳-۱- هیدراتهای کربن یا قندها: واحد تشکیل دهنده مولکولهای بزرگ قند، مولکولهای کوچک قندهای ساده هستند. این ترکیبات شامل زنجیره‌ای از اتمهای کربن هستند (اگر کربن را با حرف C مشخص کنیم می‌توانیم این زنجیره را به صورت  $C \cdot C \cdot C \cdot C$  نمایش دهیم) که

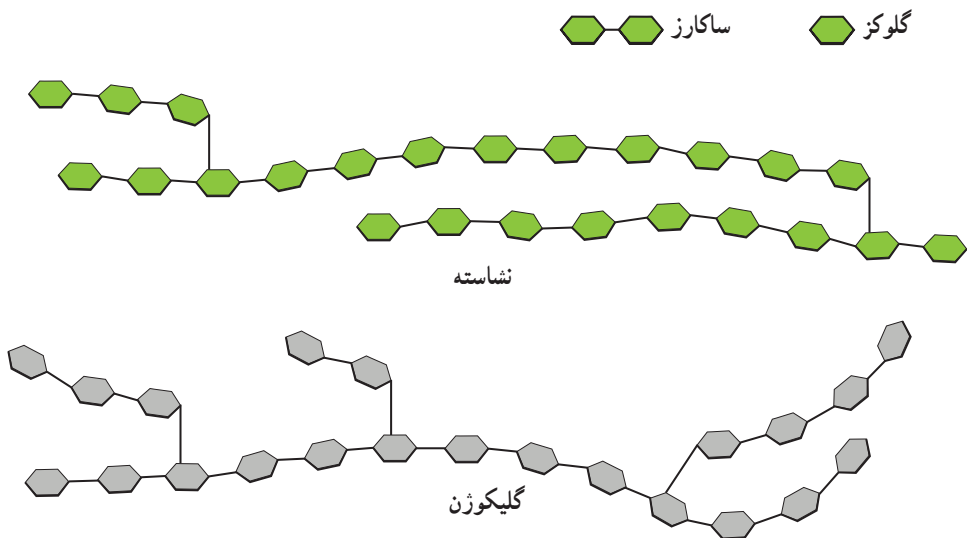
۱- Trace Elements

۲- Carbohydrates

۳- Lipids

۴- Nucleic Acids

اتمهای هیدروژن و اکسیژن به اطراف آنها متصل شده‌اند. فراوانترین قند ساده، گلوکز می‌باشد که مزه‌ای شیرین دارد. از اتصال مولکولهای قندهای ساده به یکدیگر مولکولهای بزرگتر قندی ساخته می‌شوند. ساکارز<sup>۱</sup> (شکر) و لاکتوز<sup>۲</sup> (قند شیر) از به هم پیوستن دو مولکول قند ساده تشکیل شده‌اند. در برخی از هیدراتهای کربن تعداد بیشتری مولکول کوچک به کار رفته است. سلولز (که در ساخت دیواره سلولهای گیاهی به کار می‌رود) نشاسته، گلیکوژن<sup>۳</sup> (که در کبد ذخیره می‌شود) و کیتین<sup>۴</sup> (ماده سخت روی بدن حشرات و سخت پوستانی نظیر خرچنگ و مورچه) همگی از به هم پیوستن تعداد زیادی مولکول گلوکز ساخته شده‌اند (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲- مولکولهای نشاسته، گلیکوژن، گلوکز و ساکارز

هیدراتهای کربن وظایف مهمی دارند. شرکت در ساختمان بدن موجودات زنده یکی از وظایف آنهاست که گاهی با استحکام بخشی همراه است. برای مثال سلولز به سلولهای گیاهی استحکام می‌بخشد و کیتین اسکلت بدنی خوبی برای بسیاری از بندپایان به حساب می‌آید. مولکولهای قند گاهی به مولکولهای چربی و یا پروتئینی وصل می‌شوند. عمل دیگر هیدراتهای کربن ذخیره انرژی است. گلیکوژن و نشاسته، منبع ذخیره انرژی هستند که در هنگام نیاز ابتدا تجزیه و به واحدهای گلوکز تبدیل می‌شوند تا انرژی آنها قابل استفاده گردد. زیرا گلوکز منبع اصلی انرژی سلول است. بیشتر انرژی شناخته شده موجود در بدن به دو صورت عمده وجود دارد:

۱- Saccharose

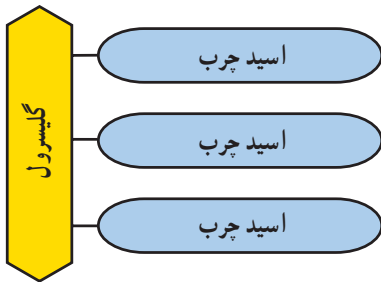
۲- Lactose

۳- Glycogen

۴- Kitin

۱- گرما که مقداری از آن صرف گرم نگه داشتن بدن می شود و بقیه آن نیز تلف می گردد.  
 ۲- انرژی شیمیایی که در مولکولهای مختلفی ذخیره می شود اما نهایتاً برای مصرف در مولکولی به نام ATP<sup>۱</sup> ذخیره می گردد. این مولکول در سوخت و ساز بدن نقشی اساسی بازی می کند.

۲-۳-۲- چربیها یا لیپیدها: واحد تشکیل دهنده چربیهای معمولی، اسید چرب می باشد که خود از یک زنجیره کربن متصل به اتمهای هیدروژن و اکسیژن تشکیل شده است. از ترکیب سه اسید



چرب با یک مولکول گلیسرول، یک مولکول چربی معمولی ساخته می شود. به این نوع چربی «تری گلیسرید»<sup>۲</sup> نیز گفته می شود (شکل ۲-۲). اسیدهای چرب انواع مختلفی دارند به همین دلیل چربیها نیز خواص مختلفی پیدا می کنند.

شکل ۲-۲- شکل ساده یک مولکول تری گلیسرید

انواع دیگری از چربیها نیز وجود دارند. برای مثال فسفولیپیدها گروهی از چربیها هستند که در ساختمان آنها فسفر نیز به کار رفته است. این مواد به فراوانی در غشای سلول به کار رفته اند. مومها نیز دسته ای دیگر از چربیها هستند. ترشحات گوش خارجی که برای محافظت از آن در برابر گرد و غبار و رطوبت تولید می شوند، از این نوعند. استروئیدها<sup>۳</sup>، گروه دیگری از چربیها هستند که ساختمان متفاوتی دارند و هورمونهای جنسی که در تنظیم بسیاری از اعمال بدن دخالت دارند و همچنین کلسترول در این دسته قرار می گیرند.

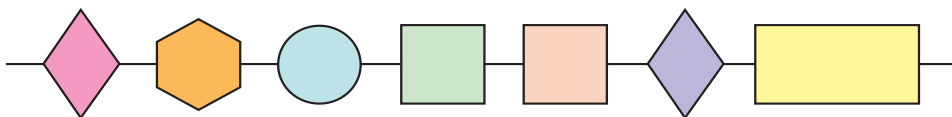
نقش چربیها نیز در ذخیره انرژی بسیار مهم است. وقتی مقدار غذا بیش از حد لازم باشد قسمتی از آن به صورت چربی در بدن ذخیره می شود و سپس در هنگام نیاز مورد استفاده قرار می گیرد، مقدار انرژی چربیها، در وزن مساوی، دو برابر مقدار انرژی هیدراتهای کربن است. چربیها در اطراف بعضی از اندامهای بدن جانوران (زیر پوست، اطراف قلب و ...) جمع می شوند تا به عنوان عایق، از آنها در برابر ضربات محافظت کنند. چربیها در صورت لزوم به اسیدهای آمینه و قندها تبدیل می شوند.

۳-۳-۲- پروتئینها: پروتئینها گروه بسیار مهمی از مولکولهای بزرگ بدن جاندارانند که از اتصال واحدهایی به نام اسید آمینه تشکیل می شوند (شکل ۳-۲). در ساختمان اسیدهای آمینه

۱- Adenosine 5.- Triphosphate (ATP)

۲- Triglycerids

۳- Steroids



شکل ۳-۲ - پروتئین‌ها از اتصال واحدهای اسید آمینه تشکیل می‌شوند.

علاوه بر کربن، هیدروژن و اکسیژن، گوگرد و نیتروژن نیز شرکت می‌کنند. بیست نوع اسید آمینه در ساختمان پروتئینهای بدن جانداران شناسایی شده است. بدن انسان خود قادر به ساختن ۱۱ نوع اسید آمینه از مواد دیگر است اما ۹ نوع دیگر را باید از غذاهایی که دریافت می‌کند تأمین نماید تا نگهداری، رشد و ترمیم سلولها و بافتها، امکان‌پذیر گردد.

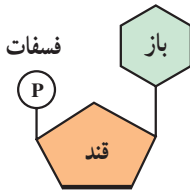
پروتئینهای جانوری بیشترین انواع اسیدهای آمینه را در خود دارند. تعداد، نوع و ترتیب اسیدهای آمینه‌ای که در ساختمان یک مولکول پروتئین شرکت می‌کنند بسیار مختلف است به همین دلیل تعداد انواع پروتئینها عملاً به قدری زیاد است که حتی دو موجود را نمی‌توان یافت که پروتئینهای کاملاً مشابهی داشته باشند.

اما هرچه شباهت دو جاندار بیشتر باشد، پروتئینهای مشابه‌تری هم دارند. پروتئینها در ساختمان سلولها و مواد مابین سلولها در کل بدن شرکت می‌کنند. آنزیمها<sup>۱</sup> دسته‌ای از پروتئینها هستند که بدون تجزیه شدن، در واکنشهای شیمیایی دخالت کرده، سرعت آنها را در بدن بالا می‌برند. هر آنزیم، ویژه یک نوع واکنش است و در واکنشهای مربوط به مواد دیگر شرکت نمی‌کند. آنزیمها در برابر شرایط مختلف محیطی مثل گرما، اسید و مقدار نمک و... بسیار حساسند و خیلی زود خراب می‌شوند. به همین دلیل، آنها تنها در شرایط تنظیم شده بدن قادر به فعالیتند. پروتئینها در موارد دیگری نظیر تنظیم اعمال بدن (تعدادی از هورمونها و پیامبرهای داخل بدن از جنس پروتئین هستند)، دفاع بدن، انتقال مواد (در سلول، بین سلولهای مختلف و محیط آنها و همچنین در کل بدن مثلاً در خون) نیز شرکت می‌کنند.

مواد مختلف برحسب نیاز سلول شکسته و یا ساخته می‌شوند. در این میان انرژی گاهی درون برخی مولکولها مثل ATP ذخیره می‌شود و گاهی به مصرف می‌رسد. به مجموع واکنشهای مزبور که شامل سوخت‌وساز مولکولها می‌شوند و به کمک آنزیمها تسهیل می‌گردند، «متابولیسم سلولی<sup>۲</sup>» یا «سوخت‌وساز سلولی» می‌گویند. در فصلهای آینده با کارکرد پروتئینها بیشتر آشنا می‌شوید.

۳-۲-۴ اسیدهای هسته‌ای: این گروه ترکیبات کربن دار از واحدهایی به نام نوکلئوتید درست شده‌اند. هر مولکول اسید هسته‌ای، هزاران نوکلئوتید دارد. هر نوکلئوتید خود از سه قسمت

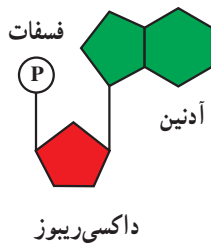
اصلی تشکیل شده است :



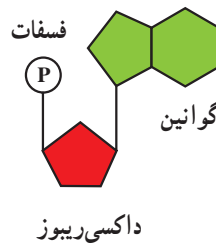
یک مولکول باز آلی کوچک، یک قند ساده و یک بخش فسفردار معدنی به نام فسفات (شکل ۴-۲).  
جالب است بدانیم، ATP که در سوخت و ساز بدن نقش دارد یک نوکلئوتید است که به جای یک مولکول فسفات، سه مولکول فسفات به آن متصل است.

شکل ۴-۲ - شکل ساده یک نوکلئوتید

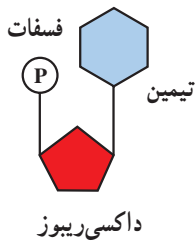
اسیدهای هسته‌ای به دو گروه بزرگ تقسیم می‌شوند که آنها را با علامتهای DNA (داکسی‌ریبونوکلئیک اسید<sup>۱</sup>) و RNA (ریبونوکلئیک اسید<sup>۲</sup>) مشخص می‌کنند. نوع قند واحدهای نوکلئوتید در DNA، داکسی‌ریبوز<sup>۳</sup> و در RNA ریبوز<sup>۴</sup> است. به علاوه RNA و DNA، هریک دارای چهار نوع نوکلئوتید هستند که نوع بازهای آلی آنها فرق دارد. بازهای آلی که در ساختمان نوکلئوتیدهای DNA شرکت می‌کنند شامل تیمین<sup>۵</sup>، گوانین<sup>۶</sup>، آدنین<sup>۷</sup> و سیتوزین<sup>۸</sup> می‌باشند. در مولکول RNA به جای تیمین، باز آلی اوراسیل<sup>۹</sup> به کار رفته است (شکل ۵-۲). از به هم پیوستن واحدهای نوکلئوتید مربوط به مولکول RNA یک رشته RNA حاصل می‌شود. اما مولکولهای DNA که



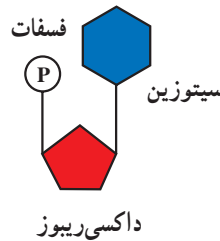
داکسی‌ریبوز



داکسی‌ریبوز



داکسی‌ریبوز



داکسی‌ریبوز

شکل ۵-۲ - واحدهای نوکلئوتیدی تشکیل‌دهنده ساختمان DNA

۱- Deoxyribonucleic Acid

۲- Ribonucleic Acid

۳- Deoxyribose

۴- Ribose

۵- Thymine

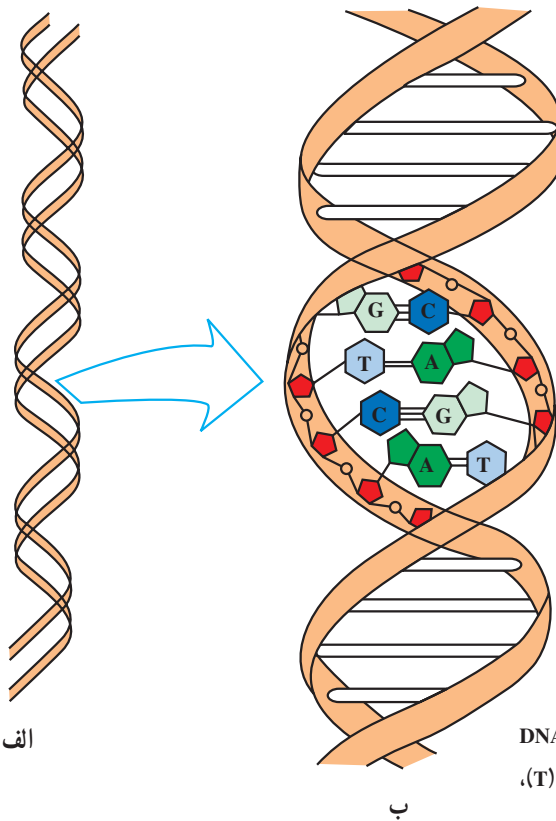
۶- Guanine

۷- Adenine

۸- Cytosine

۹- Uracyle

به طریق مشابه ایجاد می‌گردند معمولاً دو رشته‌ای هستند که مانند دو پایه نردبان به‌طور موازی در کنار هم قرار گرفته و پیچ خورده‌اند. در این ساختمان همیشه گوانین و سیتوزین در مقابل هم و آدنین و تیمین نیز در برابر یکدیگر قرار می‌گیرند. رشته DNA بسیار دراز است و چون در تعداد نوکلئوتید، ترتیب محل قرار گرفتن انواع نوکلئوتیدها و تکرار انواع آنها قانونی وجود ندارد، عملاً انواع مولکولهای DNA هم بسیار زیاد است (شکل ۶-۲). مولکول DNA می‌تواند از وسط باز شود و هر رشته آن الگوی ساخته شدن یک رشته مکمل جدید در مقابل خود قرار گیرد به دلیل ثابت بودن نوع بازهایی که

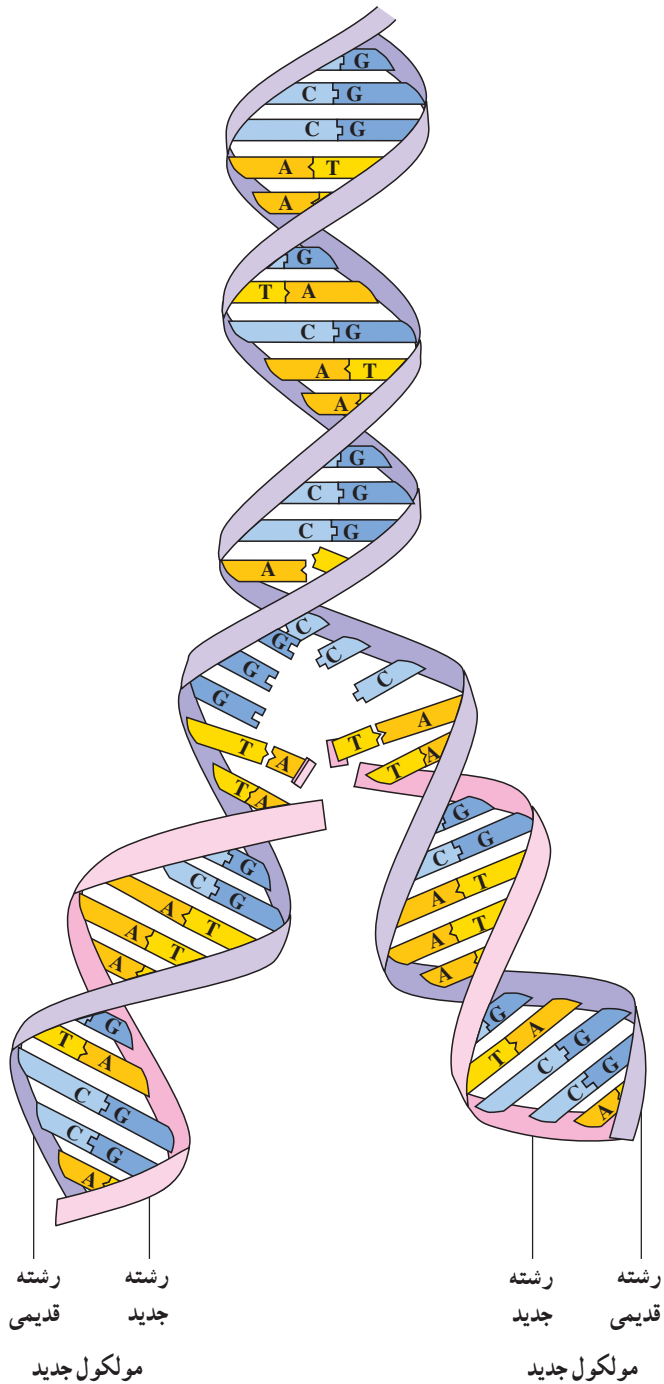


شکل ۶-۲ - مولکول DNA، الف - مارپیچ DNA  
 ب - به جفت بودن بازهای آلی آدنین (A)، تیمین (T)،  
 گوانین (G) و سیتوزین (C) دقت کنید.

در مقابل هم قرار می‌گیرند، هر جا یک گوانین در رشته الگو قرار داشته باشد یک سیتوزین در مقابل آن قرار می‌گیرد و برعکس، همچنین هر جا یک آدنین در رشته الگو قرار بگیرد یک تیمین در برابر آن قرار داده می‌شود و برعکس. به این ترتیب از هر مولکول DNA دو مولکول DNA مشابه مولکول اول حاصل می‌گردد (شکل ۷-۲). به دلیل وجود همین خاصیت، DNA که اطلاعات وراثتی سلول را دربر دارد هنگام تقسیم سلول، دو برابر می‌شود و هر قسمت از آن به یک سلول جدید وارد می‌گردد



مولکول اولیه



شکل ۷-۲- دو برابر شدن مولکول DNA قبل از شروع تقسیم سلول

در نتیجه دو سلول با اطلاعات وراثتی و خصوصیات مشابه، از سلول قبل حاصل می‌شوند. ترتیب قرار گرفتن نوکلئوتیدها در مولکول DNA، رمز ساخته شدن انواع پروتئینهاست. به این ترتیب هر

قسمت DNA حاوی رمز ساخته شدن یک مولکول پروتئینی کوچک است یعنی ترتیب نوکلئوتیدها مشخص می‌کند چه اسیدهای آمینه‌ای و با چه ترتیبی به یکدیگر متصل شوند. پروتئین تولید شده عمل خود را که می‌تواند ساختمانی، آنزیمی، تنظیمی و... باشد، انجام می‌دهد و مثلاً با عمل آنزیمی خود ساخت چربیها، پروتئینها، قندها و اسیدهای هسته‌ای جدیدی را تسهیل می‌بخشد. به همین دلیل هر سلولی که از تقسیم سلول قبل حاصل می‌شود و یک نسخه از اطلاعات وراثتی سلول قبل را به صورت مولکولهای DNA دریافت می‌کند و پروتئینها و مواد مطابق با آن اطلاعات را تولید می‌کند شبیه سلول اولیه می‌شود. اگر در هنگام مضاعف‌سازی DNA، نوع نوکلئوتید به کار رفته، مشابه الگو نباشد و در جاگذاری نوکلئوتیدها اشتباهی صورت گیرد و یا نوکلئوتیدی به اشتباه حذف شود و یا اضافه گردد احتمال اشتباه شدن رمز بسیار زیاد است. این فرآیند نوعی جهش است که معمولاً به ایجاد تغییر در اطلاعات وراثتی مربوط به یک مولکول پروتئینی کوچک منجر می‌گردد.

مولکولهای RNA در ترکیب کردن اسیدهای آمینه و ساختن پروتئینها شرکت دارند. این اعمال نیز به کمک برخی از آنزیمها انجام می‌گیرد که در فصل آینده با این موضوع بیشتر آشنا خواهید شد. مواد موجود در طبیعت به صورت مواد معدنی، آب و برخی گازها نظیر اکسیژن، دی‌اکسیدکربن و نیتروژن در ساختمان بدن موجودات زنده شرکت می‌کنند و مادهٔ زنده را می‌سازند که در ساختمان سلول و انجام اعمال حیاتی بدن به کار می‌روند.

## دربارهٔ این پرسشها بحث کنید

- ۱- اهمیت وجود و وظایف آب را در بدن شرح دهید.
- ۲- چرا باید غذاهای حاوی مواد معدنی مصرف کنیم؟
- ۳- انواع مولکولهای بزرگ و واحدهای تشکیل دهندهٔ آنها را معرفی کنید.
- ۴- هیدراتهای کربن چه نقشهایی دارند؟
- ۵- انواع چربیها را معرفی کنید.
- ۶- پروتئینها چه وظایفی برعهده دارند؟
- ۷- اختلافات ساختمانی RNA و DNA را معرفی کنید.
- ۸- محتویات DNA سلول در چه زمانی و چگونه دوبرابر می‌شود؟
- ۹- چرا از تقسیم شدن هر سلول، سلولهای کاملاً شبیه همان سلول اولیه ایجاد می‌شود؟