

# جزوه آمادگی امتحان نهایی زیست‌شناسی دوازدهم

دکتر پوریا خیراندیش - دکتر فرزام فرهمندندیا  
دکتر شایان تاکی - دکتر ایمان روستا

◀ دربردارنده سوالات دوره‌های گذشته زیست‌شناسی در امتحانات  
نهایی و پاسخ آن‌ها در کتاب درسی

◀ به انضمام سوالات تالیفی از قسمت‌هایی که طرح سوال تاکنون  
از آنها صورت نگرفته است همراه با پاسخ آن‌ها در کتاب درسی

توشه‌ای برای موفقیت



## فصل ۱

# مولکول‌های اطلاعاتی



### جاخالی تأثیفی

یکی از پرسش‌هایی که یافتن جوابی برای آن بیش از پنجاه سال طول کشید، این بود که ژن چیست و از چه ساخته شده است؟

پاسخ این سؤال، به ظاهر شاید ساده باشد ولی برای رسیدن به آن، پژوهش‌ها و آزمایش‌های زیادی انجام شد که در حال حاضر هم ادامه دارد.

در این فصل مطالب در قالب زنجیره‌ای از آزمایش‌ها توضیح داده می‌شود که نتایج آنها آگاهی ما را از ژن و مولکول‌های مرتبط به آن یعنی دنا (DNA)، رنا (RNA) و پروتئین بیشتر می‌کند. آشنا شدن با ساختار این مولکول‌ها مقدمه‌ای است برای فهم بهتر فصل‌های دیگر این کتاب. همچنین، در کنار این مباحث با سازوکار مولکولی و چگونگی ذخیره و انتقال اطلاعات و راثتی آشنا می‌شویم.



طرح سوالات عددی و  
محاسباتی از مباحث این فصل  
در همه آزمون‌ها از جمله  
کنکور سراسری ممنوع است.

به منظور آمادگی کامل برای امتحان نهایی زیست‌شناسی دوازدهم و تکمیل این جزو، کلاس آمادگی امتحان نهایی دکتر خیراندیش و دکتر فرهمندیا در گروه آموزشی ماز را مورخ شنبه و یکشنبه ۱۳ و ۱۴ خردادماه از ساعت ۱۲:۰۰ تا ۱۵:۰۰ مشاهده نمایید.

گفتار ۱ نوکلئیک اسیدها

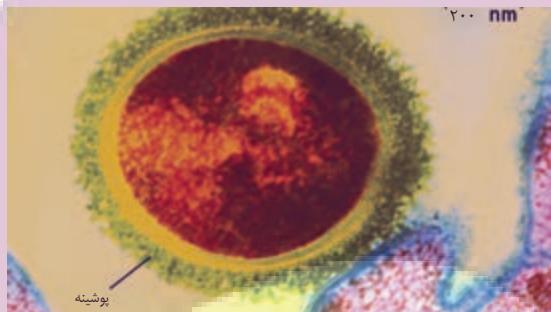
جاخالی تأليفی

هریک از یاخته‌های بدن ما ویژگی‌هایی مانند شکل و اندازه دارند. این ویژگی‌ها تحت فرمان هسته هستند. دستورالعمل‌های هسته در حین تقسیم از یاخته‌ای به یاخته دیگر و در حین تولید مثل انسانی به نسل دیگر منتقل می‌شود. اطلاعات و دستورالعمل فعالیت‌های یاخته در چه قسمتی از هسته ذخیره می‌شود؟ فعلاً آموختیم که فامن‌ها در هسته قرار دارند و در ساختار آنها دنا و پروتئین مشارکت می‌کنند. کدام یک از یین دو ماده، ذخیره کننده اطلاعات و راثی است؟

پاسخ این سؤال مشخص شده است. این ماده دنا است که به عنوان ماده ذخیره کننده اطلاعات در اشتی عمل می کند. اما دانشمندان چگونه به این پاسخ رسیده اند؟

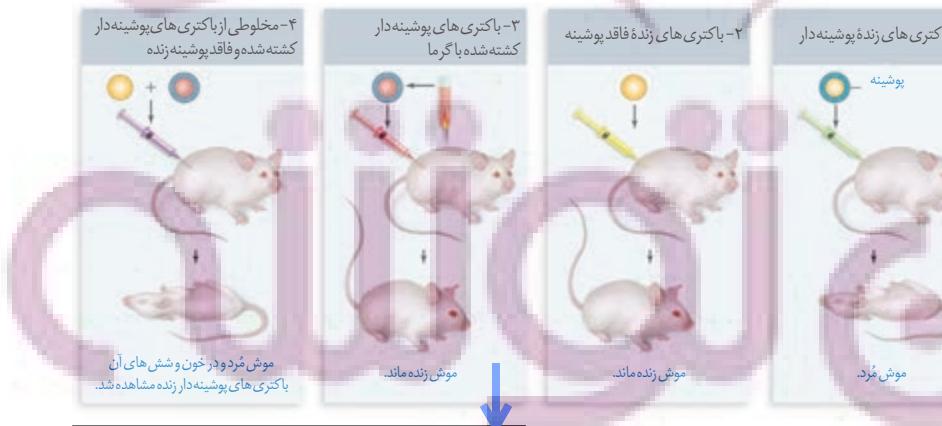
اطلاعات اولیه در مورد ماده و راثتی از فعالیت‌ها و آزمایش‌های باکتری‌شناسی انگلیسی به نام گریفیت<sup>۱</sup> دست آمد. او سعی داشت واکسنی برای آنفلوانزا تولید کند. در آن زمان تصور می‌شد عامل این بیماری، نوعی باکتری به نام استرپتوكوس نومونیا<sup>۲</sup> است. گریفیت با دو نوع از این باکتری، آزمایش‌هایی را روی موش‌ها انجام داد. نوع بیماری‌زای آن که پوشینه‌دار (کپسول‌دار) است در موش‌ها سبب سینه‌پهلو می‌شود. علی‌رغم بدن پوشینه آن موش‌ها ایمیار نمی‌کند (شکل ۱).

ف) گریفت عامل بیماری آنفلانزا را نوعی باکتری به نام استرپتوكوکوس نومونیا می‌دانست. (ص) (شهریور ۹۹)



### شکل ۱- باکتری پوشینه دار

زمایش‌ها و تاثیج کارگریفت را در شکل ۲ ملاحظه می‌کنید.



## شکل ۲- آزمایشات گریفیت و نتایج آن

شکل رویرو یکی از آزمایش‌های گرفتیت را نشان می‌دهد. نتیجه این آزمایش چیست؟ (خرداد ۹۹)

#### *S. pneumoniae*

دکتر بوریا خیراندیش - دکتر فرزام فرهمندنا - دکتر شایان تاکی - دکتر ایمان روستا  
های، گیفت مشخص شد که دنا (DNA) عاماً مؤثّر در آنتقا، صفات و آئینه است.

پیشتر بدانید



دانشمندی سوئیسی به نام میشر در سال ۱۸۶۹ نوکلئیک اسیدها را کشف کرد. او ترکیبات سفید رنگی را از هسته گوچه‌های سفید انسان و اسپرم ماهی استخراج کرد که نسبت بیترولز و فسفات در این ترکیبات با نسبت آن در ترکیبات حاصل از بخش‌های دیگر یاخته متفاوت بود. همین باعث شد که میشر این ترکیب زیستی را به عنوان ترکیب جدیدی معرفی کند. او این ماده را نوکلئیک اسید (اسید هسته‌ای) نامید؛ چون از هسته (Nucleus) استخراج شده بود و خاصیت اسیدی ضعیفی هم داشت.

\-Friedrich Miescher

الف) در آزمایش‌های گریفیت، ماهیت ماده و راثنی و چگونگی انتقال آن مشخص نشد. (ص) (شهریور ۱۴۰۰)  
 الف) از نتایج آزمایش‌های گریفیت مشخص شده که ماده و راثنی می‌تواند از یاخته‌ای به یاخته دیگر منتقل شود. (ص) (شهریور ۹۸)  
 (ف) گرفته‌ترین از این آزمایش نتایج گفت: که محمد امیری نه در یاخته‌های زنده اهلی، بلکه همان‌جا نبسته بود. (ص) (شهریور ۹۸)

سیشتم دادا

گریفیت در سال ۱۹۲۸ نشان داد  
که خصوصیات یک باکتری به  
باکتری دیگر قابل انتقال است.



گریفیت مشاهده کرد تزریق باکتری های پوشینه دار به موش باعث بروز علائم بیماری و مرگ در آنها می شود؛ در حالی که تزریق باکتری های بدون پوشینه به موش های مشابه، باعث بروز علائم بیماری نمی شود. او در آزمایش دیگری باکتری های پوشینه دار کشته شده با گرمارا به موش ها تزریق و مشاهده کرد که موش ها سالم ماندند. گریفیت تنجیجه گرفت وجود پوشینه به تنها یکی عامل مرگ موش ها نیست.

سپس مخلوطی از باکتری‌های پوشینه دار کشته شده با گرمای زندگانی بدون پوشینه را به موش‌ها تزریق کرد؛ برخلاف انتظار، موش‌ها مردند! او در بررسی خون و شش های موش‌های مرده، تعداد زیادی باکتری‌های پوشینه دار زنده مشاهده کرد. مسلماً باکتری‌های مرده، زنده نشده‌اند بلکه تعدادی از باکتری‌های بدون پوشینه به نحوی تغییر کرده و پوشینه دار شده‌اند.

از نتایج این آزمایش‌ها مشخص شد که مادهٔ وراثتی می‌تواند به یاختهٔ دیگری منتقل شود ولی ماهیت

یعنی ماده و چگونگی انتقال آن مشخص نشد.

لف) از نتایج آزمایش‌های گرفتاری ماهیت ماده وراثتی و چگونگی انتقال آن به یاخته دیگری مشخص شد. (خ) (خرداد ۱۴۰۱) **نتیجه** هر یک از آزمایش‌های زیر را بنویسید.

**عامل اصلی انتقال صفات و راثتی، مولکول دنا است**

عامل مؤثر در انتقال این صفت تا حدود ۱۶ سال بعد از گریفیت همچنان ناشناخته ماند. تا اینکه تایج کارهای دانشمندی به نام ایوری<sup>۱</sup> و همکارانش عامل مؤثر در آن را مشخص کرد. آنها ابتدا از عصارة استخراج شده از باکتری‌های کشتته شده پوشینه‌دار استفاده کردند، آن‌ها تمام مهندسی بودند. این ایوری با اضافه کردن آنزیم تخریب کننده پروتئین به عصارة باکتری‌های پوشینه‌دار و انتقال این مخلوط به محیط تخریب کردند. به نظر شما چگونه این کار انجام شد؟

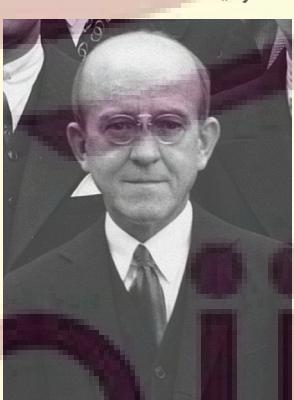
آنها سپس باقی مانده محلول را به محیط کشت باکتری فاقد پوشینه اضافه کردند و دیدند که انتقال

**نتیجه** هر یک از آزمایش‌های زیر را بنویسید.

صفت صورت می کیرد، پس می توان نتیجه گرفت که پروتئین ها ماده و راتقی نیستند.

د. آنهاش دیگر، علاوه بر استخراج شاهدان اکتفی نهادند، کشته شان را برشندان نادیگر، گذاشتند.

ایوری و همکارانش برای اولین بار  
در سال ۱۹۴۴ نشان دادند که دنا،  
مادهٔ ژنتیک است.



لایه‌ای که در آن دنا وجود دارد انجام می‌شود.  
تالیفی: آزمایش دوم ایوری را شرح دهد.

نتایج این آزمایش‌ها، اینوری و همکارانش، را به این نتیجه رساند که عامل اصلی و مؤثر در انتقال صفات،

دنا است. به عبارت ساده‌تر، دنا همان ماده‌وارثه است. با این حالت نتایج به دست آمده مورد قیمت، عده‌ای قرار

نگفت: حون، در آن میان سیاری، از دانشمندان بزرگ، باور بودند که به تئیزها ماده‌وارثه هستند.

د، آزمایش‌های دیگر، عصاوه باکتریهای بوشینه‌دا، استخراج آنها به جها، قسمت تقسیمه

کدنده به هر قسمت، آن را تخمین زنندگانی کنند و مماداً آن را بروزهای ایجاد کنند.

مکانیک انسانی) از آن افکه کردند. نتیجه، کارافرایانه با کمترین سازمانی این اشتباع را می‌توانند.

وَإِنْ هُوَ إِلَّا مُبَشِّرٌ وَمُنذِّرٌ وَهُوَ أَكْبَرُ مُنذِّرٍ

نیز اپنے مکانی کو بھی خوبی سے پہنچانے کا تجربہ کر سکتے ہیں۔

نتقال صورت می‌گیرد به جز ظرفی که حاوی انزیم تخریب کننده دینا است.

**نآلیفی:** آزمایش سوم ایوری را شرح دهید؟

الف) قند موجود در ساختار دنا (DNA) سنتگین تر است یا قند موجود در رنا (RNA)؟

قند مولکول دنا (DNA) و رنا (RNA) را با یکدیگر مقایسه کنید. (دو مورد) (خرداد ۱۴۰۰)

ساختار نوکلئیک اسیدها (الف) دئوکسی‌ریبوز یک اکسیژن (کمتر بیشتر) از ریبوز دارد. (خرداد ۹۹)

نوکلئیک اسیدها که شامل دئوکسی‌ریبونوکلئیک اسید (DNA) و ریبونوکلئیک اسید (RNA) هستند، همگی بسپارهایی (پلیمرهایی) از واحدهای نکرالشونده‌به‌نام نوکلئوتید هستند. با توجه به شکل ۳ هر نوکلئوتید شامل سه بخش است: یک قند پنج کربنی، یک باز آلی نیتروژن دار و یک تاسه گروه فسفات.

قند پنج کربنی در DNA، دئوکسی‌ریبوز و در RNA، ریبوز است. دئوکسی‌ریبوز یک

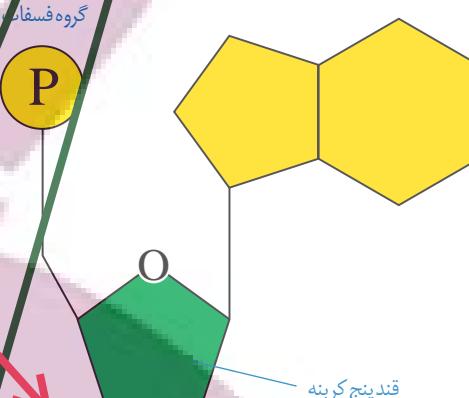
اکسیژن کمتر از ریبوز دارد. باز آلی نیتروژن دار می‌تواند پورین باشد که ساختار

دو حلقه‌ای دارد؛ شامل آدنین (A) و گوانین (G) یا می‌تواند پیریمیدین باشد که

ساختار تک حلقه‌ای دارد؛ شامل تیمین (T) سیتوزین (C) و یوراسیل (U). در

DNA باز یوراسیل شرکت ندارد و به جای آن تیمین وجود دارد و در RNA به جای تیمین،

باریوراسیل وجود دارد.



(الف) بازهای آلی نیتروژن دار که ساختار دو حلقه‌ای دارند را (بیورین - پیریمیدین) می‌نامند. (شهریور ۱۴۰۰)  
(الف) باز آلی نیتروژن دار می‌تواند ..... باشد که ساختار دو حلقه‌ای دارد؛ شامل آدنین (A) و گوانین (G) (شهریور ۹۸)

شکل ۳-۳- اجزای یک نوکلئوتید

برای تشکیل یک نوکلئوتید، باز آلی نیتروژن دار و گروه یا گروه‌های فسفات با پیوند اشتراکی

(کووالانسی) به دو سمت قند متصل می‌شوند (شکل ۳).

نوکلئوتیدها از نظر نوع قند، نوع باز آلی و تعداد گروه‌های فسفات با یکدیگر تفاوت دارند.

نوکلئوتیدها با نوعی پیوند اشتراکی به نام **فسفودی استر** به هم متصل می‌شوند و رشته

**پلی‌نوکلئوتیدی رامی سازند**. در تشکیل پیوند فسفودی استر، فسفات یک نوکلئوتید به گروه هیدروکسیل

(OH) از قدر مربوط به نوکلئوتید دیگر متصل می‌شود (شکل ۵). رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی یا به تنهایی

نوکلئیک اسید رامی سازند، مثل RNA، یا به صورت دو تایی مقابل هم قرار می‌گیرند و نوکلئیک اسیدهایی

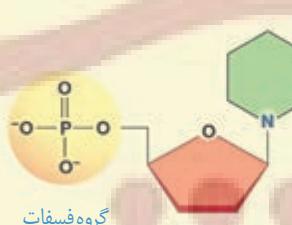
مثل DNA رامی سازند.



### بیشتر بدانید

انواع بازهای آلی نیتروژن دار و پرتوزها

ساختار پایه‌ای یک نوکلئوتید

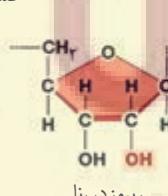


بازهای آلی نیتروژن دار



سیتوزین (C) یوراسیل در RNA (U) تیمین در DNA (T)

قندها



قندپنج کربنی

دئوکسی‌ریبوز در DNA

ریبوز در RNA

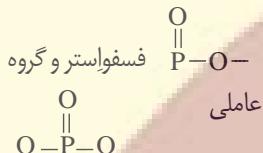
## جاخالی تألفی

**بیشتر بدانید**

**فسفودی استر**

در درس شیمی با استرها آشنا شدید

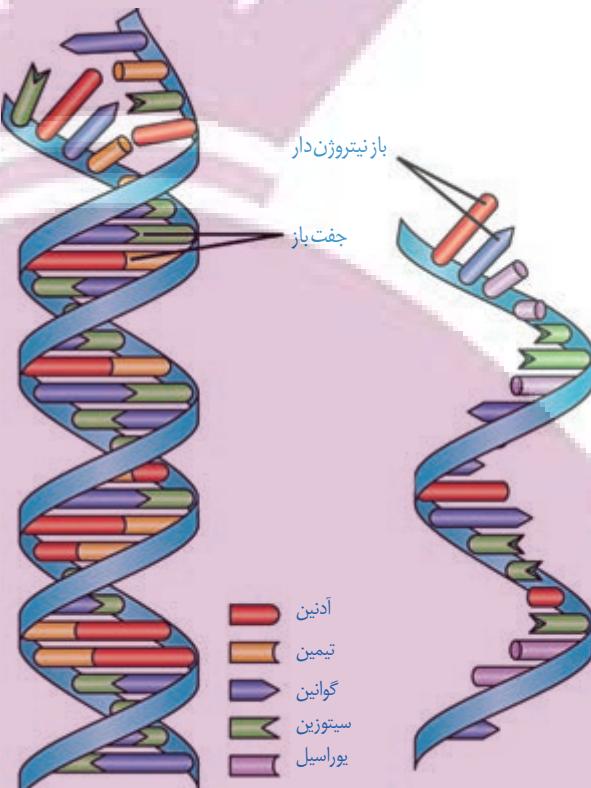
$\text{O} \parallel \text{C}-\text{O}$   
که دارای گروه عاملی  
هستند این گروه عاملی در ساختار  
برخی مواد سازنده بدن موجودات  
زندگی جمله نوکلئیک اسیدها وجود  
دارد. با این توصیف گروه عاملی



فسفودی استر نامیده می‌شوند  
که در زیست‌شناسی آن را پیوند  
فسفودی استر می‌خوانند.

بنابراین مولکول‌های دنا از دو رشته‌پلی نوکلئوتید و مولکول‌های رنا از یک رشته‌پلی نوکلئوتید تشکیل

می‌شوند (شکل ۴).



(الف) دو انتهای رشته‌های پلی نوکلئوتیدی نیز می‌توانند با پیوند ..... به هم متصل شوند و نوکلئوتیک اسید حلقوی را ایجاد کنند. (دی ۱۴۰۰)

(الف) دو انتهای رشته‌های پلی نوکلئوتید می‌توانند با پیوند فسفودی استر به هم

متصل شوند و نوکلئیک اسید حلقوی - خطی را ایجاد کنند. (دی ۹۸)

شکل ۴- دنای دور رشته‌ای و رنای تک رشته‌ای

دو انتهای رشته‌های پلی نوکلئوتید نیز می‌توانند با پیوند فسفودی استر به هم متصل شوند و

نوکلئیک اسید حلقوی را ایجاد کنند؛ برای مثال دنا در باکتری‌ها به صورت حلقوی است.

در نوکلئیک اسیدهای خطی گروه فسفات در یک انتها و گروه هیدروکسیل در انتهای دیگر آزاد

است؛ بنابراین هر رشته دنا و رنای خطی همیشه دو سر متفاوت دارد (شکل ۵).

(الف) در نوکلئیک اسیدهای خطی گروه فسفات در یک انتها و گروه هیدروکسیل در انتهای دیگر آزاد است. (ص) (خرداد ۹۹)

## تلاش برای کشف ساختار مولکولی دنا

در ابتدا تصور می‌شد که چهار نوع نوکلئوتید موجود در دنا به نسبت مساوی در سراسر مولکول توزیع شده‌اند. بر این اساس دانشمندان انتظار داشتند که مقدار ۴ نوع بازآلی در تمامی مولکول‌های دنا از هر جانداری که به دست آمده باشد با یکدیگر برابر باشد.

اما مشاهدات و تحقیقات چارکاف روی دنایان جانداران نشان داد که مقدار آدنین در دنا با مقدار

تیمین برابر است و مقدار گوانین در آن با مقدار سیتوزین برابر می‌کند. تحقیقات بعدی دانشمندان دلیل

این برابری نوکلئوتیدها را مشخص کرد.

تألیفی: چارکاف دلیل برابری تعداد نوکلئوتیدهای تیمین و آدنین را مشخص کرد (ص/غ).

تألیفی: چارکاف دلیل برابری تعداد نوکلئوتیدهای تیمین و آدنین را مشخص کرد (ص/غ).

شکل ۵- بخشی از رشته نوکلئیک اسید

\_Erwin Chargaff

نوسنگی برای موفقیت

دکتر پوریا خیراندیش - دکتر فرزام فرهمندیا - دکتر شایان تاکی - دکتر ایمان روستا

## بیشتر بدانید

برخی از نتایج آزمایش‌های چارگاف (درصد)

$A+T$ $G+C$	$A+G$ $T+C$	C	G	T	A	گونه
۱/۶۶	۱/۰۰	۱۸/۴	۱۹/۱	۳۱/۵	۳۱/۰	انسان
۱/۲۲	۰/۹۹	۲۲/۶	۲۲/۵	۲۷/۶	۲۷/۳	مگس سرکه

نتیجه هر یک از آزمایش‌های زیر را بنویسید.

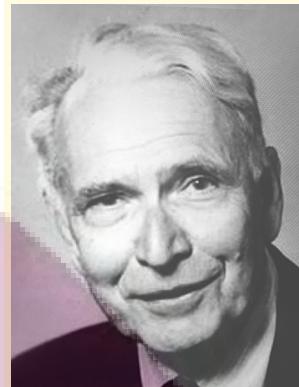
ج) بررسی تصاویر تهیه شده از مولکول‌های دنا با استفاده از پرتو ایکس توسط ویلکینز و فرانکلین (دو مورد) (دی ۹۹) ویلکینز و فرانکلین با استفاده از پرتو ایکس از مولکول‌های دنا تصاویری تهیه کردند.

دو نتیجه حاصل از بررسی این تصاویر را بنویسید. (خرداد ۹۸)

### استفاده از پرتو ایکس برای تهیه تصویر از دنا

## بیشتر بدانید

چارگاف در سال ۱۹۵۰ نشان داد که در دنای جانداران گوناگون  $A=T$  و  $G=C$  است.



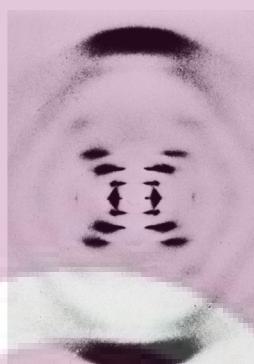
ویلکینز<sup>۱</sup> و فرانکلین<sup>۲</sup> با استفاده از پرتو ایکس از مولکول‌های دنا تصاویری تهیه کردند (شکل ۶).

با بررسی این تصاویر در مورد ساختار دنا نتایجی را به دست آوردند از جمله اینکه دنا حالت مارپیچی و

بیش از یک رشته دارد. البته با استفاده از این روش ابعاد مولکول‌ها را نیز تشخیص دادند.



فرانکلین



ویلکینز

شکل ۶\_ تصویر تهیه شده با پرتو ایکس از مولکول دنا توسط ویلکینز و فرانکلین

### مدل مولکولی دنا

واتسون<sup>۳</sup> و کریک<sup>۴</sup> با استفاده از نتایج آزمایش‌های چارگاف و داده‌های حاصل از تصاویر تهیه شده با پرتو ایکس و با استفاده از یافه‌های خود، مدل مولکولی نزدبان مارپیچ را ساختند که باعث شد در سال ۱۹۶۲ جایزه نوبل را دریافت کنند. نتایج حاصل از این تحقیقات با پژوهش‌های امروزی مورد تأیید قرار گرفته‌اند.



شکل ۷\_ واتسون و کریک و مدل پیشنهادی آنها برای دنا

(الف) مکمل بودن بازهای آلی نتایج آزمایش‌های چارگاف را تأیید می‌کند. (ص) (خرداد ۹۸)

۱\_Maurice Wilkins

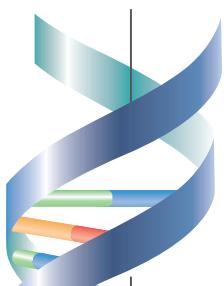
۲\_Rosalind Franklin

۳\_James Watson

۴\_Francis Crick

الف) در مدل نردهبان مارپیچ DNA پله‌ها از چه مولکولی ساخته شده‌اند؟ (شهریور ۱۴۰۰)

(الف) در مدل پیشنهادی واتسون و کریک، پله‌های این نردهبان را (قند و فسفات - بازهای آلو) تشکیل می‌دهند. (شهریور ۹۹)



## نکات کلیدی مدل واتسون و کریک

هر مولکول دنا در حقیقت از دو رشته پلی‌نوکلئوتیدی ساخته شده است که به دور محوری فرضی پیچیده شده و ساختار مارپیچ دو رشته‌ای را ایجاد می‌کند. این مارپیچ اغلب با یک نردهبان پیچ خورده مقایسه می‌شود. ستون‌های این نردهبان را قند و فسفات و پله‌ها را بازهای آلو تشکیل می‌دهند. بین قند یک نوکلئوتید و قند نوکلئوتید مجاور پیوند فسفودی است، و بین بازهای روبه‌روی هم پیوند هیدروژنی برقرار است (شکل ۸). الف) در دو رشته دنا، بین C و G نسبت به A و T پیوند هیدروژنی (بیشتری - کمتری) تشکیل می‌شود. (دی ۹۹)

پیوندهای هیدروژنی بین بازها، دو رشته دنا را در مقابل هم نگه می‌دارد. این پیوندها بین جفت بازها به صورت اختصاصی تشکیل می‌شوند. آدنین (A) با تیمین (T) روبه‌روی هم قرار می‌گیرند و گوانین (G) با سیتوزین (C) جفت می‌شوند. به این جفت بازها بازهای مکمل می‌گویند. بین C و G نسبت به T و A پیوند هیدروژنی بیشتری تشکیل می‌شود. (خرداد ۹۹)



قرارگیری جفت بازها به این شکل باعث می‌شود که قطر مولکول دنا در سراسر آن یکسان باشد؛

زیرا یک باز تک حلقه‌ای در مقابل یک باز دو حلقه‌ای قرار می‌گیرد و باعث پایداری مولکول دنا می‌شود.

نتیجه دیگر جفت شدن بازهای مکمل این است که اگرچه دو رشته یک مولکول دنا نیستند،

ولی شناسایی ترتیب نوکلئوتیدهای هر کدام می‌تواند ترتیب نوکلئوتیدهای رشته دیگر را هم مشخص

کند؛ مثلاً اگر ترتیب نوکلئوتیدها در یک رشته ATGC باشد ترتیب نوکلئوتیدها در رشته مکمل آن باید

TACG باشد.

اگرچه هر پیوند هیدروژنی به تنها یک انرژی پیوند کمی دارد، ولی وجود هزاران یا میلیون‌ها نوکلئوتید

و برقراری پیوند هیدروژنی بین آنها به مولکول دنا حالت پایدارتری می‌دهد. در عین حال، دو رشته دنا در

موقع نیاز هم می‌توانند در بعضی نقاط از هم جدا شوند، بدون اینکه پایداری آنها به هم بخورد.

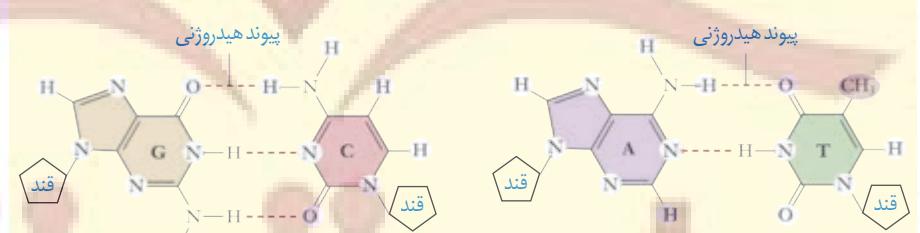
الف) چرا قطر مولکول دنا در سراسر آن یکسان است؟ (خرداد ۱۴۰۰) چرا قطر مولکول دنا در سراسر آن یکسان است؟ (شهریور ۹۸)

به چه دلیل قطر مولکول DNA در سراسر آن یکسان است؟ (دی ۱۴۰۰)

بیست و یکم

شکل ۸- مدل مارپیچ دورشته‌ای دنا

بازهای مکمل و پیوندهای هیدروژنی بین آنها



ب) برقراری چه پیوندی بین نوکلئوتیدهای دنا باعث می‌شود دو رشته دنا در موقع نیاز در بعضی نقاط از هم جدا شوند، بدون اینکه پایداری آنها به هم بخورد؟

## بیشتر بدانید

### تاریخ علم

سال ۱۸۶۹ م: میشر در عصارة یاخته‌ها به وجود اسیدهای هسته‌ای (نوكلئیک اسیدها) پی‌برد.

سال ۱۹۲۸ م: گریفیت نشان داد که خصوصیات یک باکتری به باکتری دیگر قابل انتقال است.

سال ۱۹۴۴ م: ایوری و همکارانش برای اولین بار نشان دادند که دنا، ماده ژنتیک است.

سال ۱۹۵۰ م: چارگاف نشان داد که در دنای جانداران گوناگون تعداد T مساوی تعداد A و تعداد C مساوی تعداد G است.

سال ۱۹۵۲ م: فرانکلین و ویلکینز نشان دادند که دنا ساختار مارپیچی و چندرشته‌ای دارد.

سال ۱۹۵۳ م: واتسون و کریک مدل مارپیچ دورشته‌ای را برای دنا ارائه کردند.

## رنا و انواع آن

تألیفی: مولکول رنا از روی بخشی از یکی از رشته‌های دنا ساخته می‌شود (ص/غ).

گفتیم که نوع دیگری از نوكلئیک اسیدها، رنا است. مولکول رنا تک رشته‌ای است و از روی بخشی از یکی از رشته‌های دنا ساخته می‌شود. رناها نقش‌های متعددی دارند که به بعضی از آنها اشاره می‌کنیم:

**رنا پیک (mRNA)**: اطلاعات را از دنا به رنا تن‌ها می‌رساند. رنا تن با استفاده از اطلاعات رنا پیک، پروتئین‌سازی می‌کند که در فصل بعد با آن آشنا خواهد شد.

**رنا ناقل (tRNA)**: آمینواسیدها را برای استفاده در پروتئین‌سازی به سمت رنا تن‌ها می‌برد.

**رنا رناتنی (rRNA)**: در ساختار رنا تن‌ها علاوه بر پروتئین، رنا رناتنی نیز شرکت دارد. علاوه بر این نقش‌ها، رناها نقش آنژیمی و دخالت در تنظیم بیان ژن نیز دارند.

## ژن چیست؟

در طی این گفتار با ساختار دنا آشنا شدید. طبق آزمایش‌های ایوری و همکارانش، اطلاعات و راشتی در دنا قرار دارد و از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شوند. این اطلاعات در واحدهایی به نام ژن سازماندهی شده‌اند. ژن بخشی از مولکول دنا است که بیان آن می‌تواند به تولید رنا یا پلی‌پیتید بینجامد. اینکه رنا چگونه دستور العمل‌های دنا را اجرامی کند، در فصل‌های آینده با آن آشنا خواهد شد.

(الف) ژن بخشی از مولکول دنا است که بیان آن می‌تواند به تولید ..... یا ..... بینجامد. (دی ۹۹)

## دخالت نوكلئوتیدها در واکنش‌های سوخت و سازی\*

نوكلئوتیدها علاوه بر شرکت در ساختار دنا و رنا نقش‌های اساسی دیگری نیز در یاخته بر عهده دارند.

برای مثال نوكلئوتید آدنین دار ATP (آدنوزین تری فسفات) به عنوان منبع رایج انرژی در یاخته است و یاخته در فعالیت‌های مختلف از آن استفاده می‌کند.

همچنین نوكلئوتیدها در ساختار مولکول‌هایی وارد می‌شوند که در فرایندهای فتوسنتز و تنفس یاخته‌ای نقش حامل الکترون را بر عهده دارند. با این مولکول‌ها در فصل‌های آینده آشنا خواهد شد.

## جاخالی تأثیری

- ۱\_messenger RNA
- ۲\_transfer RNA
- ۳\_ribosomal RNA
- ۴\_Metabolism

## گفتار ۲ همانندسازی دنا

پنجمین

(خود)

الف) دستورالعمل‌های هسته در حین تقسیم از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شود. (خ) (دی ۱۴۰۰)

با توجه به اینکه دنا به عنوان ماده وراثتی، حاوی اطلاعات یاخته است، این پرسش مطرح می‌شود که هنگام تقسیم یاخته، این اطلاعات چگونه بدون کم و کاست به دو یاخته حاصل از تقسیم می‌رسند؟

این کار با همانندسازی دنا انجام می‌شود. به ساخته شدن مولکول

**دنا جدید از روی دنای قدیمی همانندسازی می‌گویند.**

با توجه به مدل واتسون و کریک وجود رابطه مکملی بین بازها تا حد زیادی همانندسازی دنا قابل توضیح است؛ گرچه طرح‌های مختلفی برای همانندسازی دنا پیشنهاد شده بود (شکل ۹). در کدام طرح همانندسازی، هر دو رشته دنای قبلی (اولیه) به صورت دست‌نخورده باقی می‌ماند وارد یکی از یاخته‌های حاصل از تقسیم می‌شوند؟ (خرداد ۱۴۰۰)

**۱- همانندسازی حفاظتی:** در این طرح هر دو رشته دنای قبلی

(اولیه) به صورت دست‌نخورده باقی مانده، وارد یکی از یاخته‌های حاصل از تقسیم می‌شوند، دو رشته دنای جدید هم وارد یاخته دیگر می‌شوند. چون دنای اولیه به صورت دست‌نخورده در یکی از یاخته‌ها حفظ شده است به آن همانندسازی حفاظتی می‌گویند.

تألیفی: همانندسازی نیمه حفاظتی را توضیح دهید؟

**۲- همانندسازی نیمه حفاظتی:** در این طرح در هر یاخته یکی

از دورشته دنا مربوط به دنای اولیه است و رشته دیگر با نوکلوتیدهای جدید ساخته شده است. چون در هر یاخته حاصل، فقط یکی از دو رشته دنای قبلی وجود دارد، به آن نیمه حفاظتی می‌گویند.

**۳- همانندسازی غیر حفاظتی (پراکنده):** در این طرح هر کدام از دنای‌های حاصل، قطعاتی از

رشته‌های قبلی و رشته‌های جدید را به صورت پراکنده در خود دارند. تألفی: همانندسازی غیر حفاظتی (پراکنده) را توضیح دهید؟

## کدام طرح مورد تأیید قرار گرفته است؟

مزلسون<sup>۱</sup> و استال<sup>۲</sup> با به کارگیری روش علمی پاسخ این پرسش را به دست آورده‌اند. آنها فرضیه‌های متعدد ارائه شده را در نظر گرفتند و با توجه به امکانات، آزمایشی را طراحی کردند تا بتوانند به پاسخ قانع‌کننده‌ای برسند. برای شروع کار، آنها باید بتوانند رشته‌های دنا از نوساز را از رشته‌های قدیمی تشخیص دهند. آنها با این هدف دنا را با استفاده از نوکلوتیدهایی که ایزوتوپ سنگین نیتروژن (<sup>15</sup>N) دارند، نشانه‌گذاری کردند. (الف) مزلسون و استال برای نشانه‌گذاری دنا از چه نوکلوتیدهایی استفاده کردند؟ (خرداد ۱۴۰۱)

(الف) برای تشخیص رشته‌های دنای نوساز از رشته‌های قدیمی، نوکلوتیدها را با چه ایزوتوپ نشانه‌گذاری کردند؟ (شهریور ۹۹)

۱\_ Replication

۲\_ Meselson

۳\_ Stahl

..... با غلظت‌های متفاوت و در سرعتی بسیار بالا گریز دادند. (دی ۱۴۰۰)

(الف) در آزمایش مزلسون و استال، N<sup>15</sup> در ساختار (باز آلی - قند) که در ساخت دنای باکتری شرکت می‌کنند، وارد شدند.

دِناهایی که با N<sup>15</sup> ساخته می‌شوند نسبت به دِناهای معمولی که در نوکلئوتیدهای خود N<sup>14</sup> دارد چگالی بیشتری دارند. بنابراین، به وسیله گریزانه با سرعت بسیار بالا<sup>۱۵</sup> می‌توان آنها را از هم جدا کرد.

آنها ابتدا باکتری‌ها را در محیط دارای N<sup>15</sup> کشت دادند. N<sup>15</sup> در ساختار بازهای آلی نیتروژن دار که در ساخت دنای باکتری شرکت می‌کنند، وارد شدند. پس از چندین مرحله رشد و تکثیر در این محیط،

باکتری‌هایی تولید شدند که دنای سنگین‌تری نسبت به باکتری‌های اولیه داشتند.

سپس این باکتری‌ها را به محیط کشت دارای N<sup>14</sup> منتقل کردند. با توجه به اینکه تقسیم باکتری‌ها حدود ۲۰ دقیقه طول می‌کشد در فواصل ۲۰ دقیقه‌ای باکتری‌ها را از محیط کشت جدا و بررسی کردند.

برای سنجش چگالی دنها در هر فاصله زمانی، دنای باکتری را استخراج و در شبیه از محلول سزیم کلرید با غلظت‌های متفاوت و در سرعتی بسیار بالا گریز دادند؛ در نتیجه مواد بر اساس چگالی در بخش‌های متفاوتی از محلول در لوله قرار گرفتند. مراحل آزمایش مزلسون و استال و نتایج آن را در شکل ۱۰ می‌بینید.

همان‌طور که مشاهده می‌کنید نتایج این آزمایش نشان داد که همانندسازی دنا، نیمه حفاظتی است.

(ب) با توجه به نتایج آزمایش‌های مزلسون و استال، کدام طرح همانندسازی دنا مورد تأیید قرار گرفت؟ (دی ۹۸)

(ب) با توجه به نتایج آزمایش‌های آن‌ها، کدام طرح همانندسازی دنا مورد تأیید قرار گرفت؟ (شهریور ۹۹) نری E.coli در محیط N<sup>15</sup> رشد کرده و تکثیر شده است.

(ب) کدام طرح همانندسازی DNA، مورد تأیید قرار گرفت؟ (شهریور ۱۴۰۰)



شکل ۱۰ - آزمایش‌های مزلسون و استال و نتایج به دست آمده:

(الف) دنای باکتری‌های اولیه پس از گریز دادن، یک نوار در انتهای لوله تشکیل دادند چون هر دور شته دنای آنها N<sup>15</sup> و چگالی سنگینی داشت.

(ب) دنای باکتری‌های حاصل از دور اول همانندسازی در محیط کشت حاوی N<sup>14</sup> (بعد از ۲۰ دقیقه) پس از گریز دادن، نواری در میانه لوله تشکیل دادند. پس دنای آنها چگالی متواتسط داشت.

(پ) دنای باکتری‌های حاصل از دور دوم همانندسازی (بعد از ۴۰ دقیقه) پس از گریز دادن دو نوار، یکی در میانه و دیگری در بالای لوله تشکیل دادند. پس نیمی از آنها چگالی متواتسط و نیمی چگالی سبک داشتند. چرا؟

## بیشتر بدانید

### گریزانه همچگال

برای جدایکردن ذره هایی با چگالی متفاوت و تعیین چگالی آنها از روشنی به نام گریزانه همچگال استفاده می شود. در این روش محلولی از نمک یک فلز سنگین مثل سریم کرید رادر لوله آزمایش قرار می دهند. غلظت این ماده و چگالی آن به طور یکنواخت از پایین به بالای لوله کم می شود و به اصطلاح شبیب پیوسته ای از غلظت های مختلف نمک در آن وجود دارد.

با ورود مولکول های مدنظر در این محلول و حرکت آنها حین سانتریفیوژ، براساس چگالی خود در نقطه ای متوقف می شوند. چون ذره ها با چگالی یکسان در یک منطقه تجمع می یابند، نوارهایی را تشکیل می دهند که به آسانی قابل تشخیص اند. با مشخص شدن چگالی محلول در هر نقطه از لوله، می توان چگالی ذره های مورد آزمایش را معلوم کرد.

با مشخص شدن اینکه همانندسازی به صورت نیمه حفاظتی انجام می شود، سؤال دیگری مطرح شد: دو رشته دنا چگونه از یکدیگر باز می شوند؟ آیا هر دو رشته کاملاً از یکدیگر جدا می شوند و سپس همانندسازی انجام می شود یا جدا شدن دورشته تدریجی و همراه با آن همانندسازی انجام می شود؟ تحقیقات نشان داده است در محلی که قرار است همانندسازی انجام شود دورشته از هم باز می شوند. بقیه قسمت ها بسته هستند و به تدریج باز می شوند.

## عوامل و مراحل همانندسازی

تألیفی: مهمترین عوامل مؤثر در همانندسازی را نام ببرید؟

در همانندسازی عوامل متعددی مؤثرند که مهمترین آنها به شرح زیر است:

- مولکول دنا به عنوان الگو

- واحدهای سازنده دنا که بتوانند در کنار هم نسخه مکمل الگو را بسازند. این واحدهای نوکلئوتیدهای

آزاد داخل یاخته و سه فسفاته هستند که در لحظه اتصال به رشته پلی نوکلئوتید در حال ساخت، دو فسفات خود را از دست می دهند.

- آنزیم های لازم برای همانندسازی که ضمن باز کردن دو رشته نوکلئوتیدها را به صورت مکمل

روبه روی هم قرار می دهد و با پیوند فسفودی استر به هم وصل می کند.

ب) باز شدن پیچ و تاب DNA و جدا شدن هیستون ها از آن توسط آنزیم هلیکاز صورت می گیرد. (غ) (دی ۱۴۰۰)

**مراحل همانندسازی:** قبل از همانندسازی دنا باید پیچ و تاب فامینه، باز و پروتئین های همراه آن یعنی

هیستون ها از آن جدا شوند تا همانندسازی بتواند انجام شود. این کارها با کمک آنزیم هایی انجام می شود.

سپس آنزیم هلیکاز<sup>۱</sup> ماریپیچ دنا و دورشته آن را از هم باز می کند(شکل ۱۱).

(الف) در هر دوراهی همانندسازی، یک هلیکاز و یک دنابسپاراز DNA پلی مراز) دیده می شود. (غ) (دی ۹۹)

(الف) در محل هر دو راهی همانندسازی چند آنزیم دنابسپاراز (DNA پلی مراز) فعالیت دارد؟ (شهریور ۹۹)



شکل ۱۱- همانندسازی دنا

(الف) برای باز شدن دو رشته دنا آنزیم هلیکاز چه پیوندهایی را از هم باز می کند؟ (شهریور ۹۸) ب) در محل هر دو راهی همانندسازی آنزیم هلیکاز چه پیوندهایی را از هم باز می کند؟ (شهریور ۹۹)

به نظر شما برای باز شدن دورشته دنا آنزیم هلیکاز چه پیوندهایی را از هم باز می کند؟

انواع دیگری از آنزیم های با هم دیگر فعالیت می کنند تا یک رشته دنا در مقابل رشته الگو ساخته شود.

یکی از مهم ترین آنها که نوکلئوتیدهای مکمل را با نوکلئوتیدهای رشته الگو جفت می کند **دنابسپاراز<sup>۲</sup>**

(DNA پلی مراز) است. با توجه به اینکه در محل همانندسازی، همانندسازی در دو جهت انجام می شود؛

به آن همانندسازی دو جهتی نیز می گویند.

دو آنزیم مهم که برای همانندسازی دنا لازم هستند را نام ببرید. (دی ۹۸)

۱-Helicase

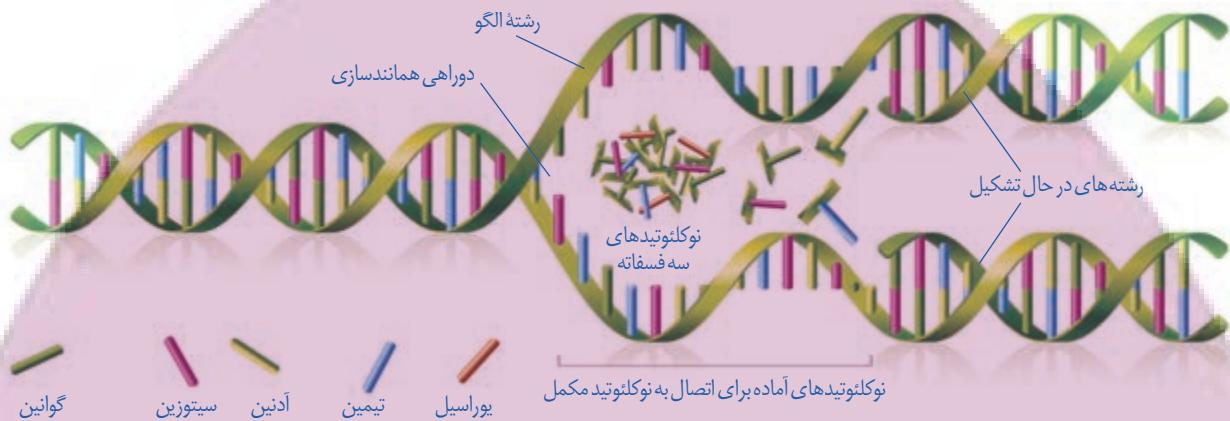
۲-DNA Polymerase

ج) در همانندسازی DNA اضافه شدن یک نوکلئوتید به انتهای رشته در حال تشکیل به چه چیزی بستگی دارد؟ (شهریور ۱۴۰۰)

**دوراهی همانندسازی:** در شکل ۱۱ می‌بینید در محلی که دو رشته دنا از هم جدا می‌شوند دو ساختار Z مانند وجود می‌آید که به هریک از آنها دوراهی همانندسازی می‌گویند. در فاصله بین این پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته از هم گسیخته و دو رشته از یکدیگر باز شده‌اند. همچنین پیوندهای فسفودی استر جدیدی در حال تشکیل هستند. دنابسپاراز نوکلئوتیدها را به انتهای رشته در حال تشکیل اضافه می‌کند. اضافه شدن یک نوکلئوتید به نوع بازی بستگی دارد که در نوکلئوتید رشته الگو قرار دارد. هر نوکلئوتید باید با نوکلئوتید روى رشته الگو مکمل باشد. هنگام اضافه شدن هر نوکلئوتید سه فسفاته به انتهای رشته پلی نوکلئوتید دو تا از فسفات‌های آن از مولکول جدا می‌شوند و نوکلئوتید

به صورت تک فسفاته به رشته متصل می‌شود (شکل ۱۲).

ب) در هنگام اضافه شدن هر نوکلئوتید به انتهای رشته پلی نوکلئوتید در حال تشکیل، چه تغییراتی در تعداد گروه فسفات ایجاد می‌شود؟ (خرداد ۱۴۰۱)



شکل ۱۲ – همانندسازی دنا

## فعالیت‌های آنزیم دنابسپاراز

همانندسازی دنا با دقت زیادی انجام می‌شود؛ این دقت تاحدود زیادی مربوط به رابطه مکملی بین نوکلئوتیدها است. اگرچه آنزیم دنابسپاراز، نوکلئوتیدها را براساس رابطه مکملی مقابله هم قرار می‌دهد ولی گاهی در این مورد اشتباهی هم صورت می‌گیرد؛ بنابراین آنزیم دنابسپاراز پس از برقراری هر پیوند فسفودی استر، بر می‌گردد و رابطه مکملی نوکلئوتید را بررسی می‌کند که رابطه آن درست است یا اشتباه؟ اگر اشتباه باشد آن را برداشت و نوکلئوتید درست را به جای آن قرار می‌دهد. برای حذف نوکلئوتید نادرست باید بتواند پیوند فسفودی استر را بشکند و نوکلئوتید نادرست را از دنا جدا کند. توانایی بریدن دنا را فعالیت

**نوکلئازی گویند** که در آن پیوند فسفودی استر می‌شکند. بنابراین آنزیم دنابسپاراز، هم فعالیت بسپارازی

(پلیمرازی) دارد که در آن پیوند فسفودی استر را تشکیل می‌دهد و هم فعالیت نوکلئازی که در آن پیوند فسفودی استر را برای رفع اشتباه می‌شکند. فعالیت نوکلئازی دنابسپاراز را که باعث رفع اشتباه‌ها در

همانندسازی می‌شود، **ویرایش می‌گویند**. الف) آنزیم (هیلکار - دنابسپاراز یا DNA پلیمراز) فعالیت نوکلئازی دارد. (خرداد ۹۸)

(ب) کدام فعالیت آنزیم دنابسپاراز (DNA پلیمراز) سبب ویرایش می‌شود؟ (شهریور ۹۸)

(ب) به فعالیت نوکلئازی دنابسپاراز، که باعث رفع اشتباه‌ها در همانندسازی می‌شود، چه می‌گویند؟ (شهریور ۹۹)

## همانند سازی در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها

در پروکاریوت‌ها که شامل همه باکتری‌ها می‌شوند، مولکول‌های وراشی در غشا محصور نشده

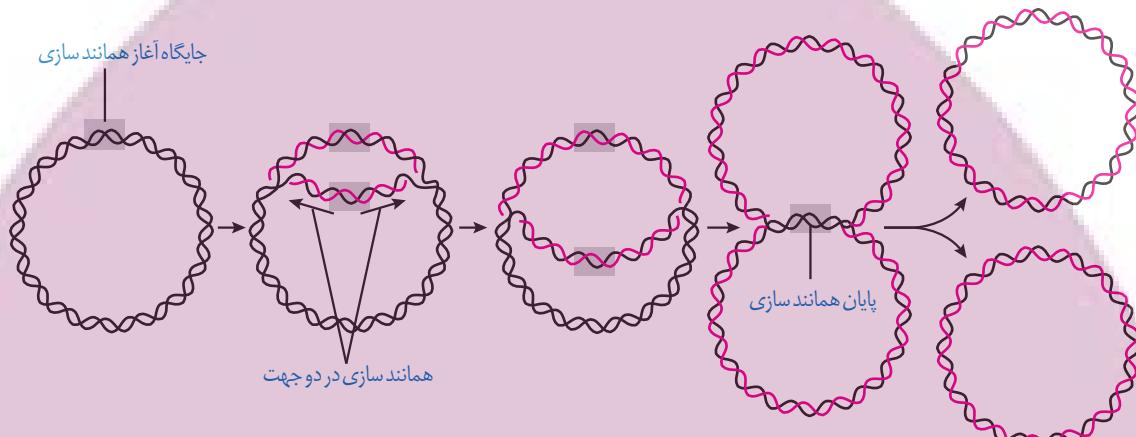
## جاخالی تألفی

و فامتن اصلی دارای یک مولکول دنای حلقوی است که در سیتوپلاسم قرار دارد و به غشای یاخته متصل است. پروکاریوت‌ها علاوه بر دنای اصلی ممکن است مولکول‌هایی از دنایی دیگر به نام **دیسک** (پلازمید) داشته باشند. اطلاعات این مولکول‌ها می‌تواند ویژگی‌های دیگری را به باکتری بدهد مانند افزایش مقاومت باکتری در برابر پادزیست (آنتی‌بیوتیک)‌ها.

غلب پروکاریوت‌ها فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در دنای خود دارند. در این جایگاه دو رشته دنا از هم باز می‌شوند. همانند پوکاریوت‌ها، همانندسازی دوچهتی در باکتری‌ها تیز وجود دارد؛ یعنی از یک نقطه همانندسازی شروع و در دو جهت ادامه می‌یابد تا به همدیگر رسیده و همانندسازی پایان یابد.

تألفی: باکتری‌ها برخلاف پوکاریوت‌ها، دارای همانندسازی تکچهتی هستند (ص/غ).

(شکل ۱۳).



شکل ۱۳- همانندسازی دوچهتی دنا در پروکاریوت‌ها با یک نقطه آغاز

(الف) در پوکاریوت‌ها، دنای سیتوپلاسمی در چه قسمت‌هایی از یاخته دیده می‌شود؟ (خرداد ۹۹)

در پوکاریوت‌ها که بقیه موجودات زنده یعنی آغازیان، قارچ‌ها، گیاهان و جانوران را شامل می‌شوند دنا در هر فامتن به صورت خطی است و مجموعه‌ای از پروتئین‌ها که مهم‌ترین آنها هیستون‌ها هستند همراه آن قرار دارند. بیشتر دنا درون هسته قرار دارد که به آن **دنای هسته‌ای** می‌گویند. در پوکاریوت‌ها علاوه بر هسته در سیتوپلاسم نیز مقداری دنا وجود دارد که به آن **دنای سیتوپلاسمی** می‌گویند. این

نوع از دنا که حالت حلقوی دارد در راکیزه (میتوکندری) و دیسه (پلاست) دیده می‌شود. (الف) دنا [DNA] در راکیزه (میتوکندری) و دیسه (پلاست) دیده می‌شود. (الف) در چندین فامتن داشته باشدند مدت زمان زیادی برای همانندسازی لازم است. (خرداد ۱۴۰۰)

**د) دنای سیتوپلاسمی جانوران در کدام قسمت یاخته وجود دارد؟ (شهریور ۱۴۰۰)**  
همانندسازی در پوکاریوت‌ها بسیار پیچیده‌تر از پروکاریوت‌ها است. علت این مسئله وجود مقدار زیاد دنا و قرار داشتن در چندین فامتن است که هر کدام از آنها چندین برابر دنای باکتری هستند. بنابراین اگر فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در هر فامتن داشته باشدند مدت زمان زیادی برای همانندسازی لازم است.

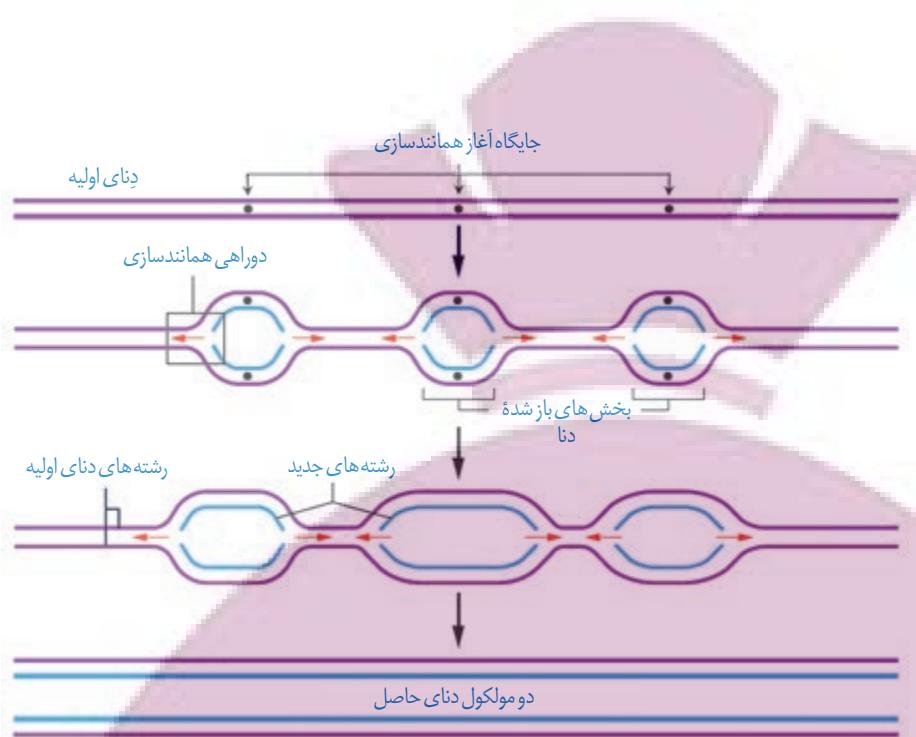
به همین علت در پوکاریوت‌ها، آغاز همانندسازی در چندین نقطه در هر فامتن انجام می‌شود (شکل ۱۴). تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی در پوکاریوت‌ها حتی می‌تواند بسته به مراحل رشد و نمو تنظیم شود؛ مثلاً در دوران جنینی در مراحل مورولا و بلاستولا (مرحله تشکیل بلاستوسیست) سرعت تقسیم زیاد و تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی هم زیاد است ولی پس از تشکیل اندام‌ها، سرعت تقسیم و تعداد جایگاه‌های آغاز کم می‌شوند. (الف) تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی در مرحله بلاستولا (زیاد - کم) است. (دی ۱۴۰۰)

(ج) به چه علت در پوکاریوت‌ها، آغاز همانندسازی در چندین نقطه در هر فامتن انجام می‌شود؟ (خرداد ۱۴۰۱)

(الف) چرا در پوکاریوت‌ها، آغاز همانندسازی در چندین نقطه در هر فامتن (کروموزوم) انجام می‌شود؟ (خرداد ۹۹)

دکتر پوریا خیراندیش - دکتر فرزام فرهمندیا - دکتر شایان تاکی - دکتر ایمان روستا

شکل ۱۴- همانندسازی در یوکاریوت‌ها



درباره همانندسازی دنا (DNA) به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

الف) با توجه به شکل زیر، در مجموع چند دوراهی همانندسازی دیده می‌شود؟



ب) مهمترین پروتئین‌های همراه با دنای خطی در فام‌تن (کروموزوم) قارچ‌ها، چه نام دارند؟

# ابران نویس

## آشوه‌های برای موفقیت

گفتار ۳ پروتئین‌ها

علاوه بر دنا و رنا که در یاخته ذخیره و انتقال اطلاعات را بر عهده دارند مولکول های دیگری نیز هستند که به انجام فرایندهای مختلف یاخته ای کمک می کنند. از جمله این مولکول ها پروتئین ها هستند که نقش بسیار مهمی در فرایندهای یاخته ای دارند.

**الف) نام گروه اسیدی موجود در ساختار آمینو اسیدها**

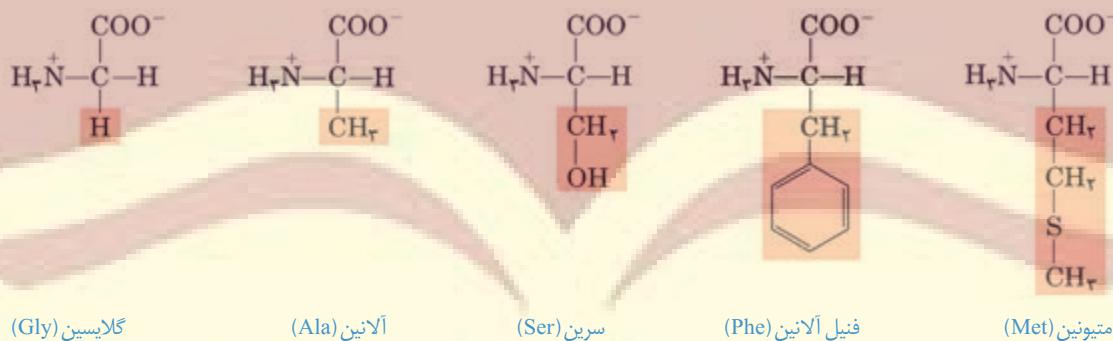
پروتئین‌ها بسیارهایی از آمینواسید‌ها هستند. نوع، ترتیب و تعداد آمینواسید‌ها در پروتئین، ساختار و عمل آنها را مشخص می‌کند. آمینواسیدها همان‌طور که از نامشان برمی‌آید یک گروه آمین ( $\text{NH}_2$ ) و یک گروه اسیدی کربوکسیل ( $\text{COOH}$ ) دارند. همان‌طور که در شکل ۱۵ می‌بینید گروه آمین و کربوکسیل به همراه یک هیدروژن و گروه R همگی به یک کربن مرکزی متصل‌اند و چهار ظرفیت آن را پر می‌کنند. گروه R در آمینو اسیدهای مختلف متفاوت است و ویژگی‌های منحصر به فرد هر آمینواسید به آن بستگی دارد.

## شکل ۱۵- ساختار عمومی یک آمینو اسید

داده. الف) ویژگی‌های منحصر به فرد هر آمینواسید به ..... آن بستگی دارد. (شهریور ۱۴۰۰)

پیشتر پدانید

نمونه‌هایی از آمینواسیدها را در زیر می‌بینید که به دلیل تفاوت در  $R$  ویژگی‌های مختلف دارند.



بهندستید، آمنه‌اسدها، ایه بکدیگ، متھا، مه، کند

آمینو اسیدهای مختلف با حضور آنژیم، واکنش سنتز آبدھی را انجام می‌دهند. در این نوع واکنش با خروج یک مولکول آب، یک آمینو اسید با آمینو اسید دیگر پیوند اشتراکی ایجاد می‌کند. این پیوند اشتراکی بین آمینو اسیدها را پیوند پیتندی می‌گویند. شکل ۱۶ الگوی ساده‌ای از چگونگی تشکیل این پیوند را نشان می‌دهد.

(د) پروتئین‌ها از یک یا چند زنجیره بلند و (بدون شاخه - شاخه‌دار) از پلی‌پپتیدها ساخته شده‌اند. (دی ۱۴۰۰)

(ب) پروتئین‌ها از یک یا چند زنجیره بلند و انشعاب دار از پلی‌پپتیدها ساخته شده‌اند. (غ) (خرداد ۹۹)

وقتی تعدادی آمینواسید با پیوند پپتیدی به هم وصل شوند،

زنجیره‌ای از آمینواسیدها به نام پلی‌پپتید تشکیل می‌شود. پروتئین‌ها

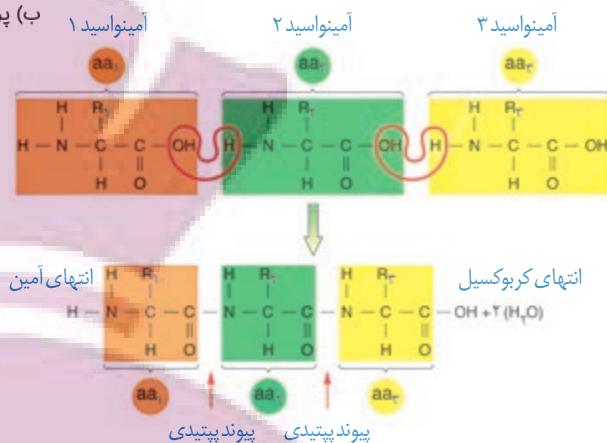
از یک یا چند زنجیره بلند و بدون شاخه از پلی‌پپتیدها ساخته شده‌اند.

هر نوع پروتئین، ترتیب خاصی از آمینواسیدها را دارد که با استفاده از

روش‌های شیمیایی، آمینواسیدها را جدا و آنها را شناسایی می‌کنند.

اگرچه آمینواسیدها در طبیعت انواع گوناگونی دارند اما فقط ۲۰ نوع از

آنها در ساختار پروتئین‌ها به کار می‌روند.



شکل ۱۶- تشکیل پیوند پپتیدی

## سطوح مختلف ساختاری در پروتئین‌ها

شکل فضایی پروتئین، نوع عمل آن را مشخص می‌کند.

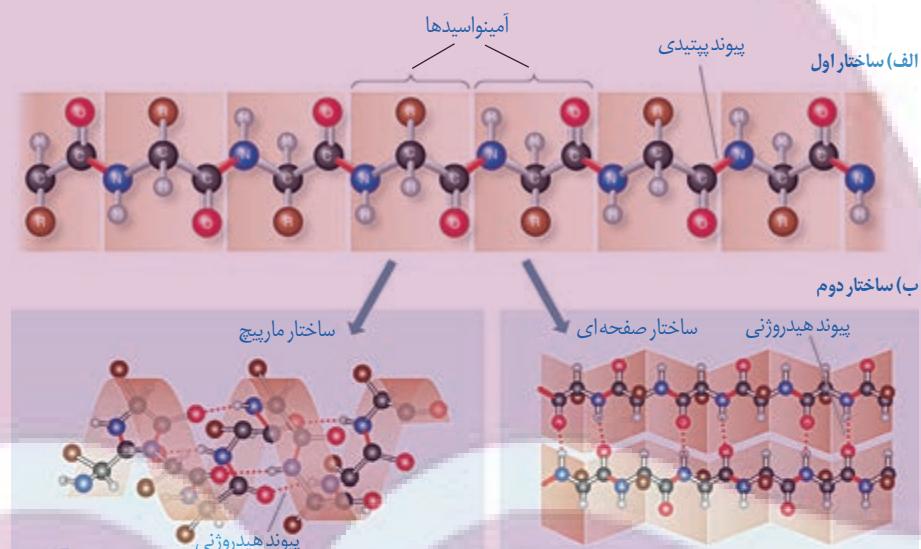
یکی از راه‌های پی‌بردن به شکل پروتئین استفاده از پرتوهای ایکس است. با استفاده از تصاویر حاصل از آن و روش‌های دیگر، محققین

از آن و روش‌های دیگر، محققین به ساختار سه‌بعدی پروتئین‌ها بی‌می‌برند که در آن حتی جایگاه هر اتم را می‌توانند مشخص کنند.

اولین پروتئینی که ساختار آن شناسایی شد میوگلوبین بود. آیا

به یاد می‌آورید میوگلوبین در بدن چه نقشی دارد؟ این پروتئین از یک رشتهٔ پلی‌پپتید تشکیل شده است.

ساختار پروتئین‌ها در چهار سطح بررسی می‌شود که هر ساختار مبنای تشکیل ساختار بالاتر است (شکل ۱۷).



(الف) اولین پروتئینی که ساختار آن شناسایی شد، ..... بود. (دی ۹۸)

شکل ۱۷- ساختار پروتئین‌ها در چهار ساختار بررسی می‌شود.

## جاخالی تألفی

### ساختار اول پروتئین - توالی آمینواسیدها:

بروتئین ها را تعیین می کنند. ساختار اول با ایجاد پیوندهای پیتیدی بین آمینواسیدها شکل می گیرد و خطی

است. این پیوند در واقع نوعی پوند اشتراکی است. تغییر آمینواسید در هر جایگاه موجب تغییر در ساختار اول پروتئین می شود و ممکن است فعالیت آن را تغییر دهد. باز نظر گفتن ۲۰ نوع آمینواسید و اینکه محدودیتی در توالی آمینواسیدها در ساختار اول پروتئین ها وجود ندارد پروتئین های حاصل می توانند بسیار متنوع باشند.

با توجه به اهمیت توالی آمینواسیدها در ساختار اول، همه سطوح دیگر ساختاری در پروتئین های این ساختار

بستگی دارند (شکل ۱۷-الف).

## جاخالی تألفی

### ساختار دوم - الگوهای از پیوندهای هیدروژنی:

بین بخش هایی از زنجیره پلی پیتیدی می تواند پیوندهای هیدروژنی برقرار شود. این پیوندها منساً تشکیل ساختار دوم در پروتئین ها هستند که به

چند صورت دیده می شوند. دو نمونه معروف آنها ساختار مارپیچ و ساختار صفحه ای است (شکل ۱۷-ب).

(الف) تشکیل کدام ساختار پروتئین ها، در اثر برهم کنش های آب گریز است؟ (دی ۹۸) تألفی: دو نمونه معروف از ساختار دوم را ذکر کنید؟

### ساختار سوم - تاخورده و متصل به هم:

در ساختار سوم، تاخورده بیشتر صفحات و مارپیچ ها رخ می دهد و پروتئین ها به شکل های متفاوتی در می آیند. تشکیل این ساختار در اثر برهم کنش های

آب گریز است: به این صورت که گروه های R آمینواسیدهایی که آب گریزند، به یکدیگر نزدیک می شوند تا

در مععرض آب نباشند. سپس با تشکیل پیوندهای دیگری مانند هیدروژنی، اشتراکی و یونی ساختار سوم

پروتئین ثابت می شود. مجموعه این نیروها قسمت های مختلف پروتئین را به صورت به هم بیچیده در

کنار هم نگه می دارند (شکل ۱۷-پ). بنابراین با وجود این نیروها پروتئین های

دارای ساختار سوم، ثبات نسبی دارند. ایجاد تغییر در پروتئین، حتی تغییر یک

آمینواسید هم می تواند ساختار و عملکرد آن را به شدت تغییر دهد. میوگلوبین

نمونه ای از پروتئین ها با ساختار سوم است (شکل ۱۸-الف).

(ب) نمونه ای از پروتئین ها با ساختار نهایی چهارم، میوگلوبین است. (غ) (خرداد ۹۸)

### ساختار چهارم - آرایش زیر واحدها:

بعضی پروتئین ها ساختار چهارم دارند، این زیر واحد را به شدت تغییر دهد.

(ب) در چه صورت ساختار چهارم شکل می گیرد؟ (شهریور ۹۸)



(الف)

(ب) در چه صورت ساختار چهارم شکل می گیرد؟ (شهریور ۹۸)



(ب)

شکل ۱۸

(الف) میوگلوبین با ساختار سوم

(ب) هموگلوبین با ساختار چهارم

(ب) زنجیره های سازنده هموگلوبین، در ساختار دوم به چه شکل در می آیند؟ (شهریور ۹۹)

(الف) زنجیره های سازنده هموگلوبین، در ساختار دوم به شکل ..... در می آیند.

## فعالیت ۱

با استفاده از دو یا چند مفتول فلزی ساختار دوم، سوم و چهارم پروتئین‌ها را مدل‌سازی کنید.

ج) آنزیمهایی مثل پمپ سدیم - پتاسیم، فعالیت خود را در ..... انجام می‌دهند. (دی ۱۴۰۰)

### نقش پروتئین‌ها

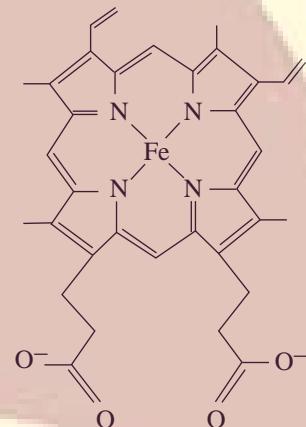
پروتئین‌ها متنوع‌ترین گروه مولکول‌های زیستی از نظر ساختار شیمیایی و عملکردی هستند. پروتئین‌ها در فرایندها و فعالیت‌های متفاوتی شرکت دارند از جمله **فعالیت آنزیمی** که در آن به صورت کاتالیزورهای زیستی عمل می‌کنند و سرعت واکنش شیمیایی خاصی را زیاد می‌کنند.

بعضی دیگر از پروتئین‌ها به صورت گیرنده‌هایی در سطح یاخته‌ها قرار دارند؛ مثلاً گیرنده‌های آنتی‌زنی در سطح لنفوцит‌ها نمونه‌ای از این پروتئین‌ها هستند. برخی پروتئین‌ها مثل هموگلوبین گازهای تنفسی را در خون منتقل می‌کنند.

پمپ سدیم - پتاسیم نیز که با آن آشنا هستید، پروتئینی است که در غشا وجود دارد. این پمپ یون‌های سدیم و پتاسیم را در عرض غشا جابه‌جا می‌کند و فعالیت آنزیمی هم دارد. آیا محل‌های فعالیت و نقش آنزیمی این پمپ را به یاد دارید؟ کلراژن پروتئینی است که باعث استحکام بافت پیوندی می‌شود. زردپی و رباط مقدار فراوانی از پروتئین کلراژن دارند (الف) هورمون‌ها، پیام‌های بین یاخته‌ای را در بدن جانوران ردوبدل می‌کند. (من) (خرداد ۱۴۰۰) انتقاض ماهیچه‌ها نیز ناشی از حرکت لغزشی دو نوع پروتئین روی یکدیگر یعنی اکتین و میوزین است. از دیگر پروتئین‌ها می‌توان به هورمون‌ها اشاره کرد. بیشتر هورمون‌ها از جمله اکسی‌توسین و انسولین که پیام‌های بین یاخته‌ای را در بدن جانوران ردوبدل می‌کنند تا تنظیم‌های مختلف در بدن انجام شود، پروتئینی هستند. همچنین پروتئین‌هایی مثل مهارکننده‌ها که بعداً با آنها آشنا خواهید شد، نقش‌های تنظیمی متعددی را در فعل و غیرفعل کردن ژن‌ها بر عهده دارند.

### بیشتر بدانید

هِم (Heme) ترکیبی آهن‌دار و غیر پروتئینی است و در ساختار پروتئین‌هایی مانند هموگلوبین و میوگلوبین وجود دارد. هم انواع متفاوتی دارد، فرمول شیمیایی رایج نبین آن  $C_{44}H_{44}N_4O_4Fe$  است. هر زنجیره هموگلوبین، یک گروه هم دارد که با داشتن آنم آهن می‌تواند به یک مولکول اکسیژن متصل شود؛ بنابراین مولکول هموگلوبین طرفیت حمل چهار اکسیژن را دارد.



### آنزیم‌ها

واکنش‌های شیمیایی در صورتی سرعت مناسب می‌گیرند که انرژی اولیه کافی برای انجام آن وجود داشته باشد. این انرژی را انرژی فعال سازی گویند. انجام واکنش‌ها در بدن موجود زنده نیز که با عنوان کلی سوخت‌وساز مطرح می‌شوند همین طور هستند. این واکنش‌ها با حضور آنزیم انجام می‌شوند. آنزیم امکان برخورد مناسب مولکول‌هارا افزایش و انرژی فعال سازی واکنش را کاهش می‌دهد. همچنین با این کار سرعت واکنش‌هایی را که در بدن موجود زنده انجام شدنی هستند زیاد می‌کند. بدون آنزیم ممکن است در دمای بدن سوخت‌وساز یاخته‌ها بسیار کند انجام شود و انرژی لازم برای حیات تأمین نشود. آنزیم‌های ترشحی دستگاه گوارش مثل آمیلاز بزاق و لیپاز در خارج یاخته عمل می‌کنند ولی آنزیم‌های

ب) چرا آنزیم، انرژی فعال سازی واکنش را کاهش می‌دهد؟ (دی ۹۸)

ج) آنزیم‌ها چه تأثیری بر انرژی فعال سازی واکنش دارند؟ (شهریور ۹۹)

آنزیم‌ها چه تأثیری بر انرژی فعال سازی واکنش‌ها دارند؟ (شهریور ۱۴۰۰)

مؤثر در تنفس یاخته‌ای، فتوستنتز و همانندسازی درون یاخته فعالیت می‌کنند. البته گروهی از آنزیم‌ها مثل پمپ سدیم–پتاسیم فعالیت خود را در غشا انجام می‌دهند.

(ج) بخش اختصاصی در آنزیم که پیش‌ماده در آن قرار می‌گیرد، چه نام دارد؟ (شهریور ۹۸)  
 (ب) نام بخش اختصاصی آنزیم که پیش‌ماده در آن قرار می‌گیرد، چیست؟ (خرداد ۹۹)

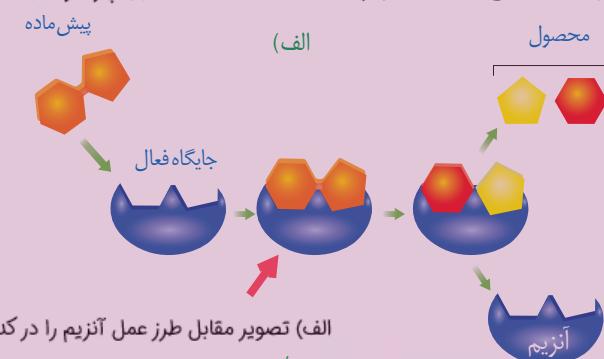
### ساختار آنزیم‌ها

بیشتر آنزیم‌ها پروتئینی هستند. آنزیم‌ها در ساختار خود بخشی به نام **جایگاه فعال**<sup>۱</sup> دارند. جایگاه فعال بخشی اختصاصی در آنزیم است که **پیش‌ماده<sup>۲</sup>** در آن قرار می‌گیرد. ترکیباتی که آنزیم روی آنها عمل می‌کند، پیش‌ماده و ترکیباتی که حاصل فعالیت آنزیم هستند، **فرآورده<sup>۳</sup>** یا محصول خوانده می‌شوند (شکل ۱۹).

ویتامین‌ها نیاز دارند که به این مواد ..... می‌گویند. (خرداد ۹۸)

بعضی آنزیم‌ها برای فعالیت به یون‌های فلزی مانند آهن، مس و یا مواد آلی مثل ویتامین‌ها بیاز دارند. به مواد آلی که به آنزیم کمک می‌کنند **کوآنزیم<sup>۴</sup>** می‌گویند. وجود بعضی از مواد سمی در محیط مثل سیانید و آرسنیک می‌تواند با قرار گرفتن در جایگاه فعال آنزیم، مانع فعالیت آن شود. بعضی از این مواد به همین طریق باعث مرگ می‌شوند.

ب) چرا مواد سمی مانند سیانید یا آرسنیک، مانع فعالیت آنزیم می‌شوند؟ (خرداد ۹۹) ب) چرا آرسنیک مانع فعالیت آنزیم می‌شود؟ (خرداد ۱۴۰۰)



شکل ۱۹\_ طرز عمل آنزیم در واکنش‌های سوخت‌وسازی (الف) تجزیه، (ب) ترکیب

ب) شکل آنزیم در جایگاه فعال با شکل پیش‌ماده یا بخشی از آن (مشابه - مکمل) یکدیگرند. (دی ۹۸)

- <sup>۱</sup>\_Active site
- <sup>۲</sup>\_Substrate
- <sup>۳</sup>\_Product
- <sup>۴</sup>\_Coenzyme

## عملکرد اختصاصی آنزیم‌ها

هر آنزیم روی یک یا چند پیش‌ماده خاص مؤثر است. بنابراین گفته می‌شود که آنزیم‌ها عمل اختصاصی دارند. شکل آنزیم در جایگاه فعال باشکل پیش‌ماده یا بخشی از آن مطابقت دارد و به اصطلاح مکمل یکدیگرند.

اگرچه آنزیم‌ها عملی اختصاصی دارند ولی برخی از آنها بیش از یک نوع واکنش را سرعت می‌بخشند. آیا می‌توانید مثالی از این نوع آنزیم‌ها بیاورید؟ الف) چرا یاخته‌ها به مقدار کم به آنزیم نیاز دارند؟ (دی ۹۹)

آنچه آنزیم‌ها در همه واکنش‌های شیمیایی بدن جانداران که شرکت می‌کنند؛ سرعت واکنش را زیاد می‌کنند اما در پایان واکنش‌ها دست نخورده باقی می‌مانند تا بدن بتواند بارها از آنها استفاده کند. به همین دلیل یاخته‌ها به مقدار کم به آنزیم‌ها نیاز دارند. البته به مرور مقداری از آنها از بین می‌روند و یاخته مجبور به تولید آنزیم‌های جدید می‌شود.

## عوامل مؤثر بر فعالیت آنزیم‌ها

عوامل متعددی از جمله pH، دما، غلظت آنزیم و پیش‌ماده بر سرعت فعالیت آنزیم‌ها تأثیر می‌گذارند.  
**pH محیط:** pH بیشتر مایعات بدن بین ۶ و ۸ است؛ مثلاً pH خون حدود ۷/۴ است. البته pH بعضی بخش‌ها خارج از این محدوده هستند. یکی از این موارد، pH ترشحات معده است که حدود ۲ می‌باشد. هر آنزیم در یک pH ویژه بهترین فعالیت را دارد که به آن pH بھینه می‌گویند؛ مثلاً pH بھینه پیشین حدود ۲ است در حالی که آنزیم‌هایی که از لوزالمعده به روده کوچک وارد می‌شوند pH بھینه حدود ۸ دارند. تغییر pH محیط با تأثیر بر پیوندهای شیمیایی مولکول پروتئین می‌تواند باعث تغییر شکل آنزیم شود و در نتیجه امکان اتصال آن به پیش‌ماده از بین برود، در نتیجه میزان فعالیت آن تغییر می‌کند.

**دما:** آنزیم‌های بدن انسان در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد بهترین فعالیت را دارند. این آنزیم‌ها در دمای بالاتر ممکن است شکل غیرطبیعی یا برگشت ناپذیر پیدا کنند و غیرفعال شوند. آنزیم‌هایی که در دمای پایین غیرفعال می‌شوند با برگشت دما به حالت طبیعی، می‌توانند به حالت فعال برگردند.

**غلظت آنزیم و پیش‌ماده:** مقدار بسیار کمی از آنزیم کافی است تا مقدار زیادی از پیش‌ماده را در واحد زمان به فراورده تبدیل کند. اگر مقدار آنزیم زیادتر شود تولید فراورده در واحد زمان افزایش می‌یابد. افزایش غلظت پیش‌ماده در محیطی که آنزیم وجود دارد نیز می‌تواند تا حدی باعث افزایش سرعت شود ولی این افزایش تا زمانی ادامه می‌یابد که تمامی جایگاه‌های فعال آنزیم‌ها با پیش‌ماده اشغال شوند. در این حالت سرعت انجام واکنش ثابت می‌شود.

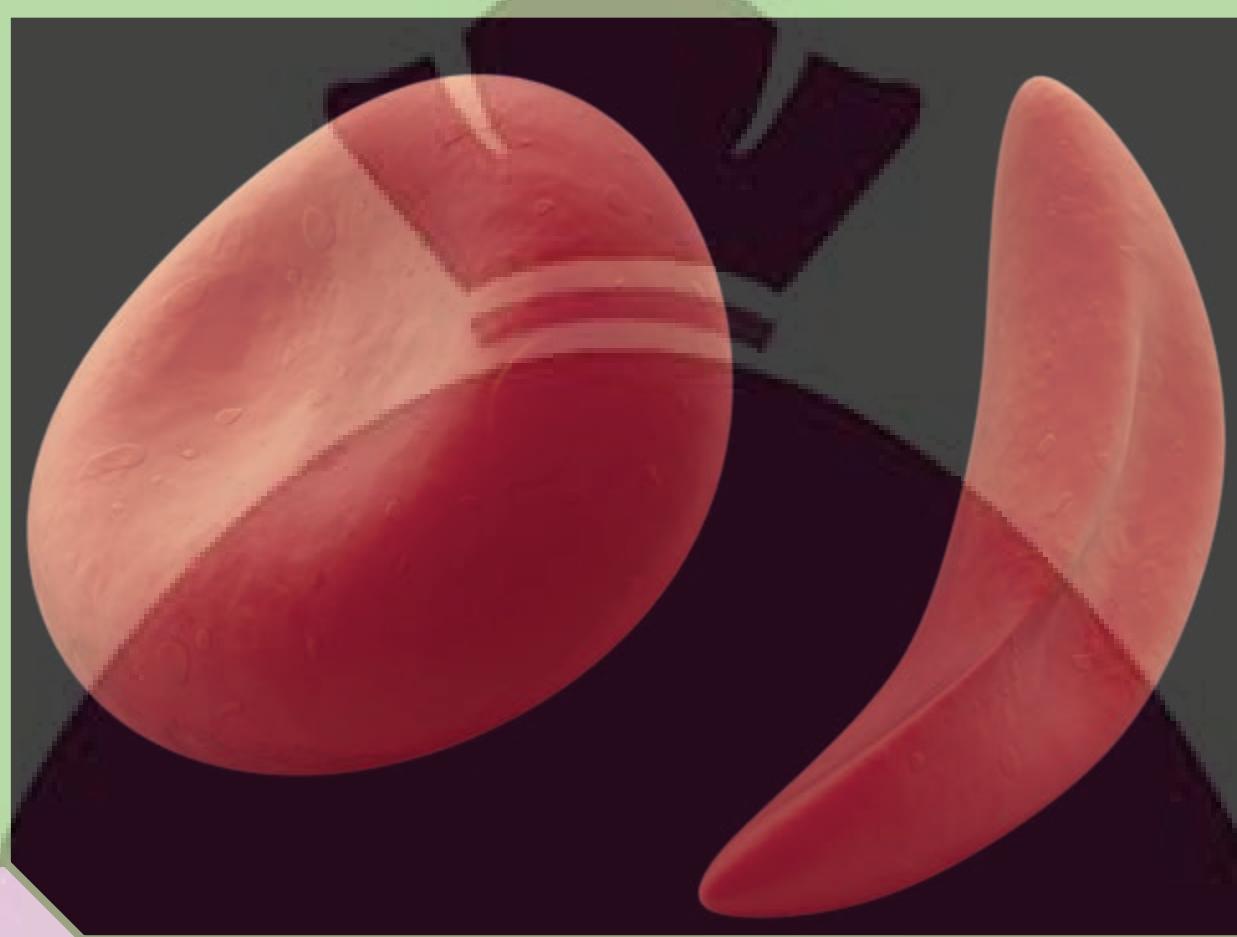
ج) افزایش غلظت پیش‌ماده در محیطی که آنزیم وجود دارد، تا چه زمانی می‌تواند باعث افزایش سرعت واکنش شود؟ (شهریور ۹۹)

## بیشتر بدانید

**باکتری‌های مقاوم به گرمایش**  
بعضی باکتری‌ها در چشممه‌های آب گرم زندگی می‌کنند. آنزیم‌های این باکتری‌ها در دمای حدود ۸۰ درجه سانتی گراد بیشترین فعالیت را دارند. دنای آنها هم درصد زیادی باز G و C دارد تا به پیوند هیدروژنی استحکام و ثبات بیشتری داشته باشد.

## فعالیت ۲

- الف) گفته می‌شود تب بالا خطرناک است، بین این مسئله و فعالیت آنزیم‌ها چه ارتباطی می‌بینید؟  
ب) با توجه به تأثیر متفاوت دمای کم و زیاد روی آنزیم‌ها، از این ویژگی آنزیم‌ها در آزمایشگاه‌ها چگونه می‌توان استفاده کرد؟  
ب) با توجه به تأثیر متفاوت دمای کم و زیاد روی آنزیم‌ها، از این ویژگی آنزیم‌ها در آزمایشگاه‌ها چگونه می‌توان استفاده کرد؟



## فصل ۲

# جریان اطلاعات در یاخته



تأثیری، تغییر رنگ ایجاد کننده بیماری کم خونی داسی شکل، بسیار جزئی است (ص/ح).

تصویر بالا دو گوییچه قرمز رانشان می‌دهد. گوییچه سمت راست مربوط به شخصی است که دچار نوعی بیماری ارشی به نام **کم خونی داسی شکل<sup>۱</sup>** است. علت این بیماری نوعی تغییر رنگی است که باعث می‌شود پروتئین هموگلوبین حاصل از آن دچار تغییر شود که نتیجه آن تغییر شکل گوییچه قرمز از حالت گرد به داسی شکل است. این تغییر رنگی، بسیار جزئی است و در آن تنها یک جفت از صدھا جفت نوکلئوتید دنا در افراد بیمار تغییر یافته است. همچنین این بیماری به نوعی، رابطه بین زن و پروتئین را نشان می‌دهد. به نظر شما اطلاعات زن‌ها چگونه در این یاخته‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد؟ آیا این اطلاعات در سایر یاخته‌ها نیز وجود دارد؟ چرا بعضی زن‌ها مانند زن سازنده هموگلوبین فقط در گوییچه‌های قرمز بروز می‌کنند و مثلاً در یاخته‌های بافت پوششی پوست بروز نمی‌کنند؟ این موارد نمونه پرسش‌هایی هستند که در این فصل به آنها پاسخ داده می‌شود.

طرح سوالات عددی و محاسباتی از مباحث این فصل در همه آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری منوع است.

به منظور آمادگی کامل برای امتحان نهایی زیست شناسی دوازدهم و تکمیل این جزو، کلاس آمادگی امتحان نهایی دکتر خیراندیش و دکتر فرهمندیا در گروه آموزشی ماز را مورخ شنبه و یکشنبه ۱۳ و ۱۴ خردادماه از ساعت ۱۲:۰۰ تا ۱۵:۰۰ لغایت ۱۵:۰۰ مشاهده نمایید.

## گفتار ۱ رونویسی

در فصل گذشته دیدیم که واحد سازنده مولکول دنا، نوکلئوتید است ولی پلیپیتیدها از آمینواسید تشکیل شده‌اند. چون دستورالعمل ساخت پلیپیتیدها در مولکول دنا قرار دارد، پس باید بین نوکلئوتیدهای زن و آمینواسیدهای پلیپیتید، ارتباطی وجود داشته باشد.

### دنا چگونه نوع آمینواسیدهای پلیپیتید را تعیین می‌کند؟

آموختید که در مولکول دنا، ۴ نوع نوکلئوتید وجود دارد که فقط در نوع بازهای آلی تفاوت دارند. در حالی که پلیپیتیدها از ۲۰ نوع آمینواسید تشکیل شده‌اند. پس از پژوهش‌هایی مشخص شد که هر ۶۴ توالی ۳ تابی از نوکلئوتیدهای دنا، بینگر نوعی آمینواسید است. با ۴ نوع نوکلئوتید به کار رفته در دنا، ۶۴ توالی ۳ نوکلئوتیدی مختلف ایجاد می‌شود که می‌توانند رمز ساخت پلیپیتیدهایی با ۲۰ نوع آمینواسید را جاخالی تألفی داشته باشند؛ به هر یک از این توالی‌های سه نوکلئوتیدی در دنا رمز می‌گویند.

### نقش مولکول رنا به عنوان میانجی

می‌دانیم که پلیپیتیدها بر اساس اطلاعات دنا و توسط رناً‌ها در سیتوپلاسم ساخته می‌شوند. در یاخته‌های دارای هسته، چون رناً‌ها درون هسته حضور ندارند، فرایند ساخت پلیپیتید در آن انجام نمی‌شود. با توجه به اینکه اطلاعات دنا برای ساخت پلیپیتید ضروری است و دنا هم از هسته خارج نمی‌شود، این سؤال پیش می‌آید که دستورات ساخت پلیپیتید چگونه به بیرون هسته منتقل می‌شود؟ پاسخ در مولکول رنا است. همان‌طور که دیدید انواعی از رنا در یاخته وجود دارند که در پروتئین‌سازی نقش دارند. این رناها از روی مولکول دنا ساخته می‌شوند. به ساخته شدن مولکول رنا از روی بخشی از جاخالی تألفی یک رشته دنا، رونویسی گفته می‌شود (شکل ۱).

شکل ۱- طرح ساده‌ای از فرایند رونویسی



آنزیمی که وظیفه ساخت این مولکول را دارد.	نوع رنا (RNA)
رنابسپاراز ۱	RNA با رنای رناتی
رنابسپاراز ۲	الف:
رنابسپاراز ۳	ب:

اساس رونویسی شبیه همانندسازی است. در این فرایند نیز با توجه به نوکلئوتیدهای رشته دنا، نوکلئوتیدهای مکمل در زنجیره رنا قرار می‌گیرد و به هم متصل می‌شوند. برخلاف همانندسازی که در هر چرخه یاخته‌ای یک بار انجام می‌شود، رونویسی یک ژن می‌تواند در هر چرخه بارها انجام شود و چندین رشته رنا ساخته شود. آیا می‌توانید تفاوت‌های دیگری برای این دو فرایند بیان کنید؟ ج) یک تفاوت همانندسازی و رونویسی را بنویسید. (خرداد ۹۹)

### آنژیم‌های ویژه‌ای رونویسی را تسهیل می‌کنند

(الف)

در پروکاریوت‌ها (یک نوع / انواع) رنابسپاراز RNA پلی‌مرازا، وظیفه ساختن انواع رنا را بر عهده دارد. (خرداد ۱۴۰۱)

در یاخته انواعی از رنا ساخته می‌شود. عمل رونویسی از دنا به کمک آنزیم‌ها انجام می‌شود. این آنزیم‌ها را، تحت عنوان کلی **رنابسپاراز ۱** نام‌گذاری می‌کنند.

در پروکاریوت‌ها یک نوع رنابسپاراز وظیفه ساخت انواع رنا بر عهده دارد. در بیکاریوت‌ها، انواعی از

رنابسپاراز، ساخت رناهای مختلف را انجام می‌دهند؛ مثلاً رنای بیک توسط رنابسپاراز ۲، رنای ناقل توسط

رنابسپاراز ۳ و رنای رناتی توسط رنابسپاراز ۱ ساخته می‌شود.

(الف) در بیکاریوت‌ها رنای رناتی (rRNA) توسط کدام رنابسپاراز ساخته می‌شود؟ (خرداد ۹۸)

### مراحل رونویسی

رونویسی فرایندی پیوسته است ولی برای سادگی موضوع، آن را به سه مرحله آغاز، طویل شدن و پایان تقسیم می‌کنند. در این مراحل، آنزیم رنابسپاراز، عمل رونویسی را از بخشی از یک رشته دنا انجام می‌دهد. ب) در کدام مرحله، رنابسپاراز راه‌انداز را شناسایی می‌کند؟ (خرداد ۹۸)

**مرحله آغاز:** در این مرحله، رنابسپاراز به مولکول دنا متصل می‌شود و دو رشته آن را از هم باز می‌کند. به نظر می‌برای باز شدن دو رشته کدام پیوندها در این ناحیه شکسته می‌شوند؟ برای اینکه

رونویسی ژن از محل صحیح خود شروع شود توالی‌های نوکلئوتیدی ویژه‌ای در دنا وجود دارد که رنابسپاراز آن را شناسایی می‌کند. به این توالی‌ها، راه‌انداز گفته می‌شود. راه‌انداز موجب می‌شود رنابسپاراز اولین

نوکلئوتید مناسب را به طور دقیق پیدا و رونویسی را آغاز کند. در این حالت بخش کوچکی از مولکول دنا باز و زنجیره کوتاهی از رنا ساخته می‌شود (شکل ۲-الف). نحوه عمل رنابسپاراز به این صورت است

که آنزیم با توجه به نوع نوکلئوتید رشته الگوی دنا، نوکلئوتید مکمل را در برابر آن قرار می‌دهد و سپس این نوکلئوتید را به نوکلئوتید قبلی رشته رنا متصل می‌کند. در رونویسی، نوکلئوتید یوراسیل دار رنا به عنوان

مکمل در برابر نوکلئوتید آدنین دار دنا قرار می‌گیرد. چرا برای رونویسی از ژن به راه‌انداز نیاز است؟ (شهریور ۹۸)

**مرحله طویل شدن:** در این مرحله رنابسپاراز ساخت رنا را ادامه می‌دهد که در نتیجه آن، رنا طویل می‌شود. همچنان که مولکول رنابسپاراز به پیش می‌رود، دو رشته دنا در جلوی آن باز و در چندین نوکلئوتید عقب‌تر، رنا از دنا جدا می‌شود و دو رشته دنا مجدداً به هم می‌پیونددند (شکل ۲-ب).

**مرحله پایان:** در دنا توالی‌های ویژه‌ای وجود دارد که موجب پایان رونویسی توسط آنزیم رنابسپاراز

(الف) توالی‌های نوکلئوتیدی ویژه در دنا که رنابسپاراز آن را جهت آغاز رونویسی ژن از محل صحیح خود، شناسایی می‌کند، چه نام دارند؟ (دی ۱۴۰۰)

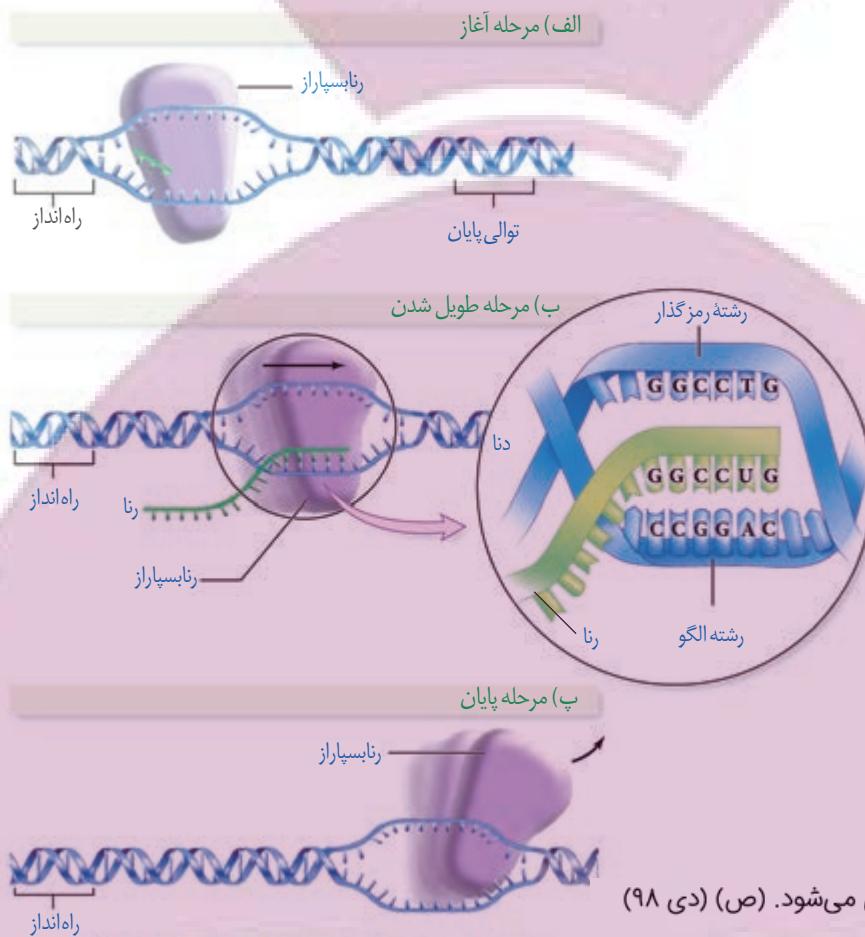
۱\_Initiation

۲\_Promoter

۳\_Elongation

۵\_Termination

می‌شوند. در این محل‌ها، آنزیم از مولکول دنا و رنای تازه ساخت جدا و دو رشته دنا به هم متصل می‌شوند (شکل ۲-پ).



الف) فقط یکی از دو رشته هر ژن رونویسی می‌شود. (ص) (دی) (۹۸)

شکل ۲-مراحل مختلف رونویسی

### فقط یکی از دو رشته دنا در هر ژن رونویسی می‌شود

همان طور که گفته شد، ژن بخشی از مولکول دنای دو رشته‌ای است ولی رونویسی از روی هر دو رشته

یک ژن انجام نمی‌شود. به نظر شما اگر از روی دو رشته یک ژن رونویسی انجام می‌شد، محصولات این

دو رشته مکمل نسبت به هم چگونه می‌شدند؟ مسلماً رنا و پلی‌پیتید ساخته شده از روی دو رشته مکمل

دنا بسیار متفاوت می‌شدند. بنابراین برای هر ژن خاص، یکی از دو رشته رونویسی می‌شود. به بخشی از

رشته دنا که مکمل رشته رنای رونویسی شده است رشته الگو<sup>۱</sup> می‌گویند (شکل ۲-الف). به رشته مکمل

همین بخش در مولکول دنا، رشته رمزگذار گفته می‌شود، زیرا توالی نوکلئوتیدی آن شبیه رشته رنای است

که از روی رشته الگوی آن ساخته می‌شود. به نظر شما رشته رنا با رشته رمزگذار چه تفاوت‌هایی می‌تواند

داشته باشد؟ پاسخ در نوکلئوتیدهای مورد استفاده است؛ مثلاً به جای نوکلئوتید تیمین دار در دنا، نوکلئوتید

بوراسیل دار در رنا قرار دارد.

ج) در رونویسی، نوکلئوتید تیمین دار رنا به عنوان مکمل در برابر نوکلئوتید آدنین دار دنا قرار می‌گرد. (غ) (خرداد ۹۹)

رشته رنایی که از روی رشته الگوی دنا ساخته شده است با رشته رمزگذار چه تفاوتی می‌تواند داشته باشد؟ (خرداد ۹۵)

(الف) رشته رنا (RNA) با رشته رمزگذار چه تفاوت‌هایی دارد؟ (شهریور ۱۴۰۰) (شهريور ۱۴۰۰)

دکتر پوریا خیراندیش - دکتر فرزام فرهمندیا - دکتر شایان تاکی - دکتر ایمان روستا

در شکل مقابل طرحی ساده از رناتن‌هایی که چند رنای در حال رونویسی را ترجمه می‌کنند، نشان داده شده است. (خرداد ۱۴۰۱)

(الف) کدام جهت، جهت رونویسی را به درستی نشان می‌دهد؟ (الف یا ب)

(ب) کدام آنزیم با شماره (۱) مشخص شده است؟

رشته مواد رونویسی یک زن ممکن است با رشته مورد رونویسی زن‌های دیگر یکسان یا متفاوت باشد.

(شکل ۳) ب) رشته مواد رونویسی یک زن ممکن است با رشته مواد رونویسی زن‌های دیگر یکسان یا متفاوت باشد.



شکل ۳- همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، فقط یکی از دو رشته هر زن رونویسی می‌شود.

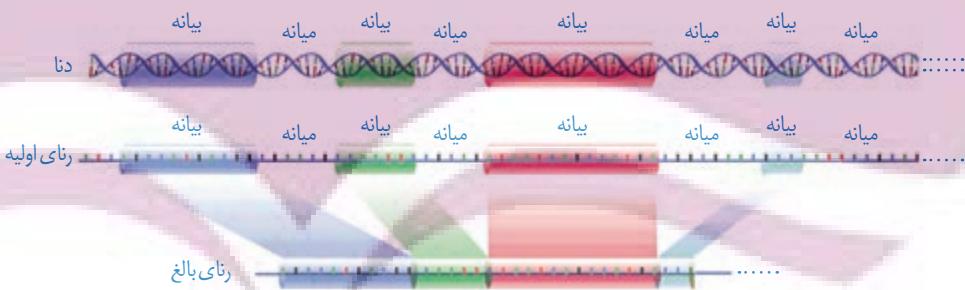
### رناهای ساخته شده دچار تغییر می‌شوند

در چند دهه گذشته، پژوهشگران دریافتند که در یاخته‌های یوکاریوتی، رنای ساخته شده در رونویسی با رنایی که در سیتوپلاسم وجود دارد تفاوت‌هایی دارد. بعداً مشخص شد که این مولکول‌ها برای انجام کارهای خود دستخوش تغییراتی می‌شوند.

### تغییرات رنای پیک

(ب) در یاخته‌های یوکاریوتی، رناهای ساخته شده در رونویسی برای انجام کارهای خود، دستخوش تغییراتی می‌شوند. (ص) (شهریور ۹۹)

رنای پیک ممکن است دستخوش تغییراتی در حین رونویسی و یا پس از آن شود. یکی از این تغییرات حذف بخش‌هایی از مولکول رنای پیک است. در بعضی زن‌ها، توالی‌های معینی از رنای ساخته شده، جدا و حذف می‌شود و سایر بخش‌ها به هم متصل می‌شوند و یک رنای پیک یکپارچه می‌سازند. به این فرایند پیرایش<sup>۱</sup> گفته می‌شود (شکل ۴).



شکل ۴- پیرایش در بخشی از رنای یک زن

این فرایند هنگامی آشکار شد که دانشمندان یک رنای پیک درون سیتوپلاسم را با رشته‌الگوی زن آن در دنا مجاورت دادند. آنها دریافتند که بخش‌هایی از دنا اگر با رنای رونویسی شده، دورشته مکمل را تشکیل می‌دهند ولی بخش‌هایی نیز فاقد مکمل باقی می‌مانند. این بخش‌ها به صورت حلقه‌هایی بیرون از مولکول دو رشته‌ای قرار می‌گیرند. به این نواحی که در مولکول دنا وجود دارد ولی رونوشت آن در رنای پیک سیتوپلاسمی حذف شده میانه (اینترون)<sup>۲</sup> می‌گویند. به سایر بخش‌های مولکول

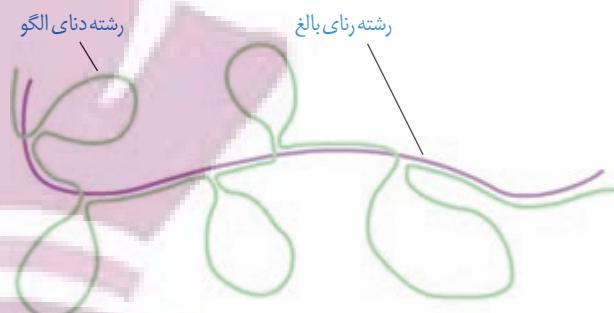
(ج) به بخش‌هایی از مولکول دنا که رونوشت آن‌ها در رنای پیک سیتوپلاسمی حذف شده، (میانه - بیانه) می‌گویند. (دی ۹۸)

<sup>۱</sup>-Intron

ب) رنای رونویسی شده از رشته الگو، در ابتدا دارای رونوشت‌های میانه دنا است. به این رنا، ..... گفته می‌شود. (خرداد ۹۹)

دنای رونوشت آنها حذف نمی‌شوند بیانه (اگزون)<sup>۱</sup> گفته می‌شود (شکل ۵). در واقع رنای رونویسی شده از رشته الگو، در ابتدا دارای رونوشت‌های میانه دنا است. به این رنا، رنای نابالغ یا اولیه<sup>۲</sup> گفته می‌شود. با حذف این رونوشت‌ها از رنای اولیه و پیوستن بخش‌های باقی مانده به هم، رنای بالغ<sup>۳</sup> ساخته می‌شود.

(الف) رنای (RNA) بالغ را تعریف کنید. (خرداد ۹۸)

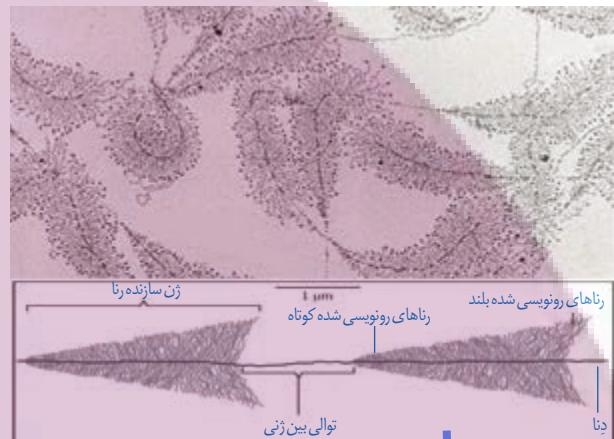


شکل ۵- طرح ساده‌ای از رشته الگوی مولکول دنا و رنای بالغ حاصل از آن. به نظر شما حلقه‌های سبز میانه هستند یا بیانه؟

### شدت و میزان رونویسی

به طور کلی میزان رونویسی یک ژن به مقدار نیاز یاخته به فراوردهای آن بستگی دارد. بعضی ژن‌ها، مانند ژن‌های سازنده رنای رناتئی در یاخته‌های تازه تقسیم شده بسیار فعال اند؛ زیرا باید تعداد زیادی از این نوع رنا را بسازند. در این نوع ژن‌ها، هم‌زمان تعداد زیادی رنایسپاراز از ژن رونویسی می‌کنند. به این دلیل که در هر زمان، رنایسپارازها در مراحل مختلفی از رونویسی هستند، در زیر میکروسکوپ الکترونی، اندازه رناهای ساخته شده متفاوت دیده می‌شود. در این تصاویر رناهای از اندازه کوتاه به بلند دیده می‌شود (شکل ۶). با توجه به شکل آیا می‌توانید جهت رونویسی هر ژن را مشخص کنید؟

(ب) ژن‌های سازنده (رنای رناتئی - رنای ناقل) در یاخته‌های تازه تقسیم شده بسیار فعال اند. (خرداد ۹۹)

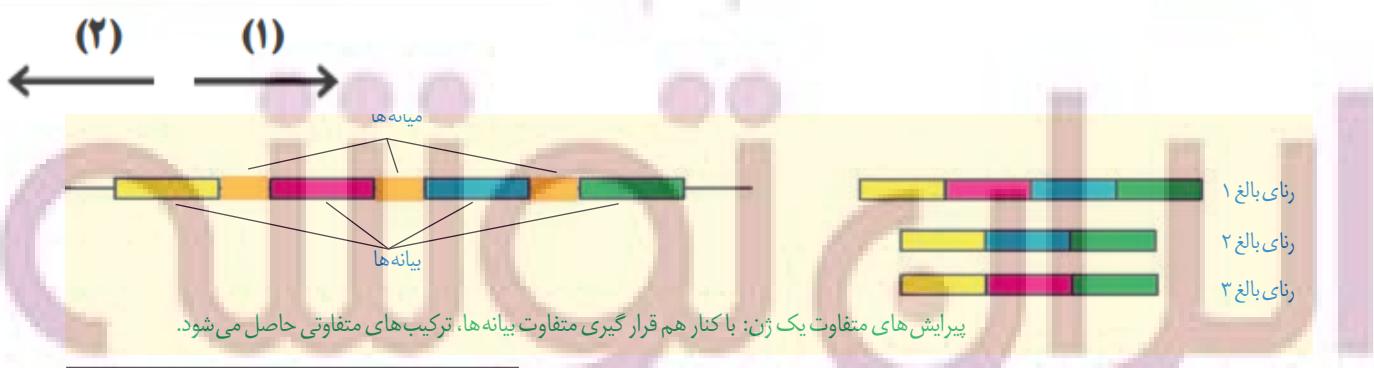


شکل ۶- ساخته شد هم‌زمان چندین رنا از روی ژن

شکل زیر ساخته شدن هم‌زمان چندین رنا از روی یک ژن را نشان می‌دهد.

(الف) کدام شماره «۱» یا «۲» جهت رونویسی از این ژن را نشان می‌دهد؟

(ب) محل راهانداز این ژن، کدام مورد است؟ «الف یا ب»



پیرایش‌های متفاوت یک ژن: با کثارت هم قرار گیری متفاوت بیانه‌ها، ترکیب‌های متفاوتی حاصل می‌شود.

۱\_Exon

۲\_Precursor mRNA (Pre-mRNA)

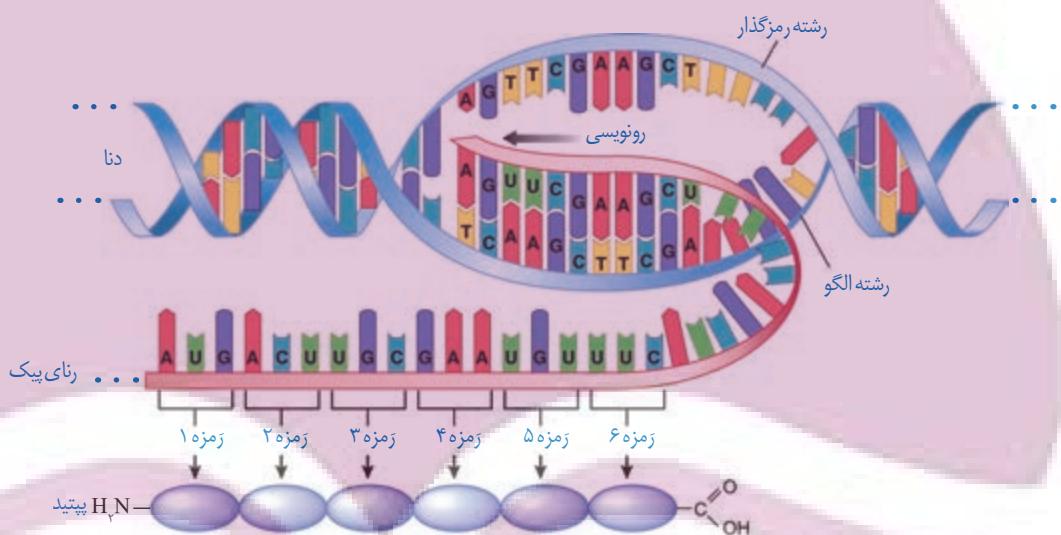
۳\_Mature messenger RNA

## گفتار ۲ به سوی پروتئین

پلی پپتیدها از مهمترین فراورده‌های زن‌ها هستند. پروتئین‌ها اعمال مختلفی را در بدن انجام می‌دهند که پیش از این با برخی از آنها آشنا شده‌اید. اینکه چگونه زن‌ها و پروتئین‌های حاصل از آن، صفات را ایجاد می‌کنند در آینده مورد بحث قرار می‌گیرند. در این گفتار به نحوه تبدیل اطلاعات وراثتی رنا، به پروتئین می‌پردازیم.

### تبدیل زبان نوکلئیک اسیدی رنا به زبان پلی‌پپتیدی

دانستید که در فرایند رونویسی از روی توالی‌های دنا، رنا ساخته می‌شود که هر دو از نوکلئوتید تشکیل شده‌اند. ولی در ساختار پلی‌پپتیدها، آمینواسید وجود دارد. به ساخته شدن پلی‌پپتید از روی اطلاعات رنای پیک، ترجمه<sup>۱</sup> می‌گویند. طرح ساده‌ای از زن‌تاپلی‌پپتید را در شکل زیر مشاهده می‌کنید (شکل ۷).



ب) رمزه (کدون) آمینواسیدها در جانداران، متفاوت است. (غ) (شهریور ۱۴۰۰)

ب) رمزه (کدون) آمینواسیدها در بسیاری از جانداران یکسان‌اند. (غ) (د) (۹۹) (الف) چرا حضور رمزه (کدون)‌های UGA، UAA و UAG در رنای پیک، موجب پایان یافتن عمل ترجمه می‌شود؟ (شهریور ۹۹)

توالی‌های ۳ نوکلئوتیدی رنای پیک تعیین می‌کند که کدام آمینواسیدها باید در ساختار پلی‌پپتید قرار

بگیرد. به این توالی <sup>۲</sup>، رمزه (کدون)<sup>۲</sup> گفته می‌شود. در یاخته ۶۴ نوع رمزه وجود دارد. نکته قابل توجه

این است که رمزه آمینواسیدها در جانداران یکسان‌اند. به نظر شما این موضوع بیانگر چه واقعیتی است؟

**رمزه‌های UGA، UAA و UAG هیچ آمینواسیدی را رمز نمی‌کنند که به آنها رمزه پایان می‌گویند.**

زیرا حضور این رمزه‌ها در رنای پیک موجب پایان یافتن عمل ترجمه می‌شود. **رمزه آغاز یا AUG**

رمزه‌ای است که ترجمه از آن آغاز می‌شود. این رمزه، معروف آمینواسید متیونین نیز است.

(الف) رمزه (کدون) AUG یا آغاز یا معرف کدام آمینواسید متیونین نیز است؟ (خرداد ۹۸)

(ب) رمزه UAG هیچ آمینواسیدی را رمز نمی‌کند و به آن..... می‌گویند. (خرداد ۱۴۰۰)

(ب) رمزه [کدون] (AUG / UAG) هیچ آمینواسیدی را رمز نمی‌کند. (خرداد ۱۴۰۱)

الف) رمزه‌ای که فرایند ترجمه از آن آغاز می‌شود، کدام است؟ (د) (۱۴۰۰)

دکتر پوریا خیراندیش - دکتر فرامرز فرهمندیبا - دکتر شایان ناکی - دکتر ایمان روستا

AUG (۱)

UGA (۴)

GUA (۳)

## انواع رَمْزَه و آمِينو اسِيدهای مربوط به آنها

حروف دوم							
U		C		A	G		
U	UUU UUC UUA UUG	UCU UCC UCA UCG	UAU UAC UAA UAG	تیروزین زِمْزه بِیان زِمْزه بِیان	UGU UGC UGA UGG	سیستین زِمْزه بِیان تریپُوتوفان	U C A G
C	CUU CUC CUA CUG	CCU CCC CCA CCG	CAU CAC CAA CAG	هیستیدین گلوتامین	CGU CGC CGA CGG	آرژین سرین	U C A G
A	AUU AUC AUA AUC	AGU ACC ACA ACG	AAU AAC AAA AAG	آسیل آرژین لیزین	AGU AGC AGA AGG	سرین آرژین	U C A G
G	GUU GUC GUA GUG	GCU GCC GCA GGC	GAU GAC GAA GAG	آسپارتیک اسید گلوتامیک اسید	GGU GGC GGA GGG	گلیسین	U C A G



طرح پرسش از این جدول در همه آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.

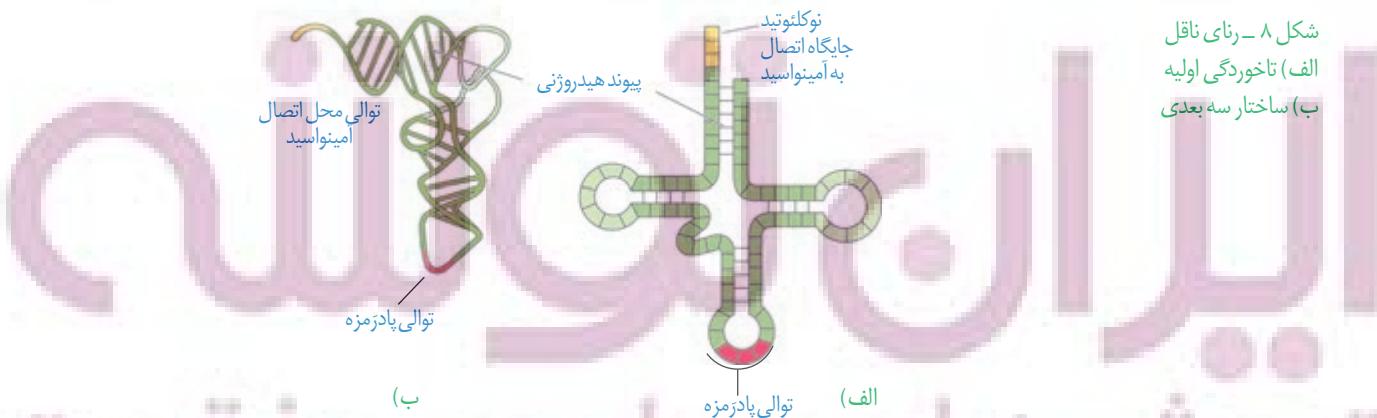
## عوامل لازم در ترجمه

ترجمه نیازمند عوامل مختلفی است. ترجمه را می‌توان به یک فرایند آسپری از روی کتاب آن تشبيه کرد. براساس دستورالعمل این کتاب، مواد اولیه به مقدار و ترتیب خاصی استفاده و غذای خاصی درست می‌شود. در ترجمه هم براساس رَمْزَه‌های رنای پیک، پلی‌پیتید خاصی ساخته می‌شود. مواد اولیه مصرفی در ترجمه، آمِينو اسِيدهای ناقل از دیگر عوامل لازم در ترجمه هستند. انرژی لازم برای پلی‌پیتید هم از مولکول‌های پر انرژی مانند ATP به دست می‌آید. (ب) مواد اولیه مصرفی در ترجمه ..... هستند. (شهریور ۱۴۰۰)

## ساختمار رنای ناقل (tRNA) چگونه ایجاد می‌شود؟ (د) (۱۴۰۰)

رنای ناقل پس از رُنویسی دچار تغییراتی می‌شود. در ساختار نهایی رنای ناقل، نوکلُوتیدهای مکمل می‌توانند پیوند هیدروژنی ایجاد کنند. به همین علت رنای تک رشته‌ای، روی خود تا می‌خورد (شکل ۸ - الف). رنای ناقل تاخورده‌گی‌های مجدد پیدا می‌کند که ساختار سه بعدی را

ج) رنای ناقل [tRNA]، تاخورده‌گی‌های مجددی پیدا می‌کند که ساختار سه بعدی را به وجود می‌آورد. (ص) (خرداد ۱۴۰۱)



شکل ۸ - رنای ناقل  
الف) تاخورده‌گی اولیه  
ب) ساختار سه بعدی

ب) در هنگام ترجمه، توالی پادرمزم (آنتی کدون) با توالی رمزه مکمل خود چه پیوندی برقرار می کند؟ (شهریور ۹۹)

ب) در ساختار سه بعدی رنای ناقل یک بخش محل اتصال آمینواسید و دیگری توالی ۳ نوکلئوتیدی به نام ..... است. (دی ۹۸)

به وجود می آورد. در این ساختار یک بخش محل اتصال آمینواسید و دیگری توالی ۳ نوکلئوتیدی به نام پادرمزم (آنتی کدون)<sup>۱</sup> است (شکل ۸). به نظر شما علت این نام گذاری چیست؟ هنگام

ترجمه، این توالی با توالی رمزه مکمل خود پیوند هیدروژنی مناسب برقرار می کند.

در همه رنای ناچهای ناقل، به جز در ناحیه پادرمزم‌ای، انواع توالی‌های مشابهی وجود دارند. انتظار این است که به تعداد انواع رمزه‌ها، پادرمزم وجود داشته باشد ولی تعداد انواع پادرمزم‌ها کمتر از رمزه‌ها است؛

مثالاً برای رمزه‌های پایان، رنای ناقل وجود ندارد. ب) به تعداد انواع رمزه‌ها، پادرمزم وجود دارد. (غ) (خرداد ۱۴۰۰)

نحوه عمل رنای ناقل: همان طور که گفته شد، آمینواسید به رنای ناقل متصل می‌شود. حال برسش این است که آیا هر نوع آمینواسید به هر نوع رنای ناقل می‌تواند متصل شود؟ اهمیت بخش پادرمزم‌ای

در این اتصال چیست؟ الف) کدام توالی از رنای ناقل (tRNA)، در اتصال آن به آمینواسید مناسب مؤثر است؟

در واقع در یاخته‌ها، آنزیم‌های ویژه‌ای وجود دارند که براساس نوع توالی پادرمزم، آمینواسید مناسب

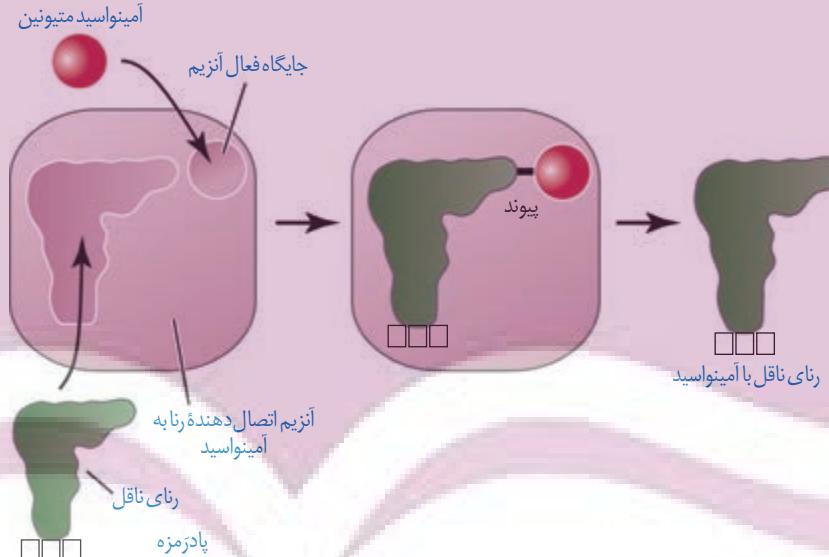
را به رنای ناقل متصل می‌کنند؛ یعنی آنزیم با تشخیص پادرمزم در رنای ناقل، آمینواسید مناسب را یافته

و به آن وصل می‌کند. این فرایند نیازمند انرژی است (شکل ۸) الف) فرایند اتصال آمینواسید به رنای ناقل (tRNA) یک واکنش انرژی‌زا یا انرژی‌خواه است؟ (دی ۹۹)

حال بر اساس آنچه تاکنون درباره رمزه‌ها خوانده اید آیا می‌توانید حدس بزنید رنای ناقل با چه توالی

پادرمزم‌ای می‌تواند به آمینواسید متیونین متصل شود؟

شکل ۹- نحوه پیوستن آمینواسید به رنای ناقل مربوط به خود توسط آنزیم ویژه آن



در مورد رناتن (ریبوزوم) به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

الف) جنس هر زیر واحد آن از چیست؟ (دی ۹۹)

ب) در ساختار کامل چند جایگاه دارد؟ (دی ۹۹)

### ساختار رناتن

دانستید که رناتن در ساخت پلی پیتید نقش دارد. پلی‌ها از دو زیر واحد تشکیل شده‌اند (شکل ۱۰). هر زیر واحد نیز از رنا و پروتئین تشکیل شده است. به یاد می‌آورید که رناتنی به وسیله کدام رنابسپارازها ساخته می‌شود؟ در یاخته، پروتئین‌های رناتنی ساخته شده و رنای مربوط به آنها در کنار هم قرار گرفته و زیر واحد کوچک و بزرگ رناتن را می‌سازد. رناتن در ساختار کامل، سه جایگاه به نام E، P، A دارد که با آنها در ادامه آشنا خواهیم شد.

شکل ۱۰- ترتیب قرارگیری زیر واحدهای رناتن

1-Anticodon

الف) در این مرحله جایگاه P در رناتن [ریبوزوم]، محل قرارگیری رنای ناقل دارای آمینواسید است.

ب) در این مرحله جایگاه A توسط پروتئین هایی به نام عوامل آزادکننده اشغال می شود.

الف) اولین رمزه (کدون) که در جایگاه P رناتن (ریبوزوم) قرار می گیرد، دارای چه توالی است؟ (خرداد ۹۹)

## مراحل ترجمه

ترجمه نیز فرایندی پیوسته است که برای سادگی در یادگیری آن را به سه مرحله آغاز، طویل شدن و کامل شدن ساختار رناتن (ریبوزوم) در کدام مرحله از فرایند ترجمه رخ می دهد؟

**مرحله آغاز:** در این مرحله بخش هایی از رنای پیک، زیر واحد کوچک رناتن را به سوی رمزه آغاز، هدایت می کند. سپس در این محل رنای ناقلی که مکمل رمزه آغاز است به آن متصل می شود. با افزوده شدن زیر واحد بزرگ رناتن به این مجموعه، ساختار رناتن کامل می شود.

در این مرحله جایگاه P در رناتن، محل قرارگیری رنای ناقل دارای آمینواسید است. این جایگاه در

ابتدا توسط رنای ناقل متیونین اشغال می شود. جایگاه A محل قرارگیری رنای ناقل بعدی و آمینواسید

الف) محل برقراری پیوند پیتیدی در کدام جایگاه رناتن (ریبوزوم) می باشد؟ (دی ۱۴۰۰) پیوند پیتیدی در جایگاه A برقرار می شود. جایگاه E محل خروج رنای ناقل بدون آمینواسید است. در مرحله آغاز فقط جایگاه P پر می شود و جایگاه A و خالی می ماند (شکل ۱۱).

ب) در طول کدام مرحله ترجمه، فقط جایگاه P رناتن (ریبوزوم) پر می شود؟ (خرداد ۹۸)

الف) در کدام مرحله فقط جایگاه P پر می شود و جایگاه A و E خالی می ماند؟ (شهریور ۹۸)

ب) در مرحله آغاز - پایان) ترجمه، فقط جایگاه P پر می شود و جایگاه A و E خالی می ماند. (شهریور ۱۴۰۰)

رنای پیک  
رمزه آغاز

پادزمزه  
آمینواسید  
رنای ناقل

زیر واحد بزرگ رناتن

ج) اولین پیوند پیتیدی در کدام مرحله از مراحل ترجمه تشکیل می شود؟ (شهریور ۹۹)

ب) در مرحله طویل شدن، بعد از جابه جایی رناتن، رنای ناقل حامل رشته پیتیدی در کدام جایگاه قرار می گیرد؟ (دی ۹۹)

**مرحله طویل شدن:** در این مرحله ممکن است رناهای ناقل مختلفی وارد جایگاه A رناتن شوند ولی

فقط رنایی که مکمل رمزه جایگاه A است، استقرار پیدامی کند؛ در غیر این صورت جایگاه را ترک می کند.

سپس آمینواسید جایگاه P از رنای ناقل خود جدا می شود و با آمینواسید جایگاه A پیوند برقرار می کند. آیا

می دانید پیوند حاصل چه نام دارد؟ پس از آن رناتن به اندازه یک رمزه به سوی رمزه پایان پیش می رود.

در این موقع رنای ناقل که حامل رشته پیتیدی در حال ساخت است در جایگاه P قرار می گیرد (علت

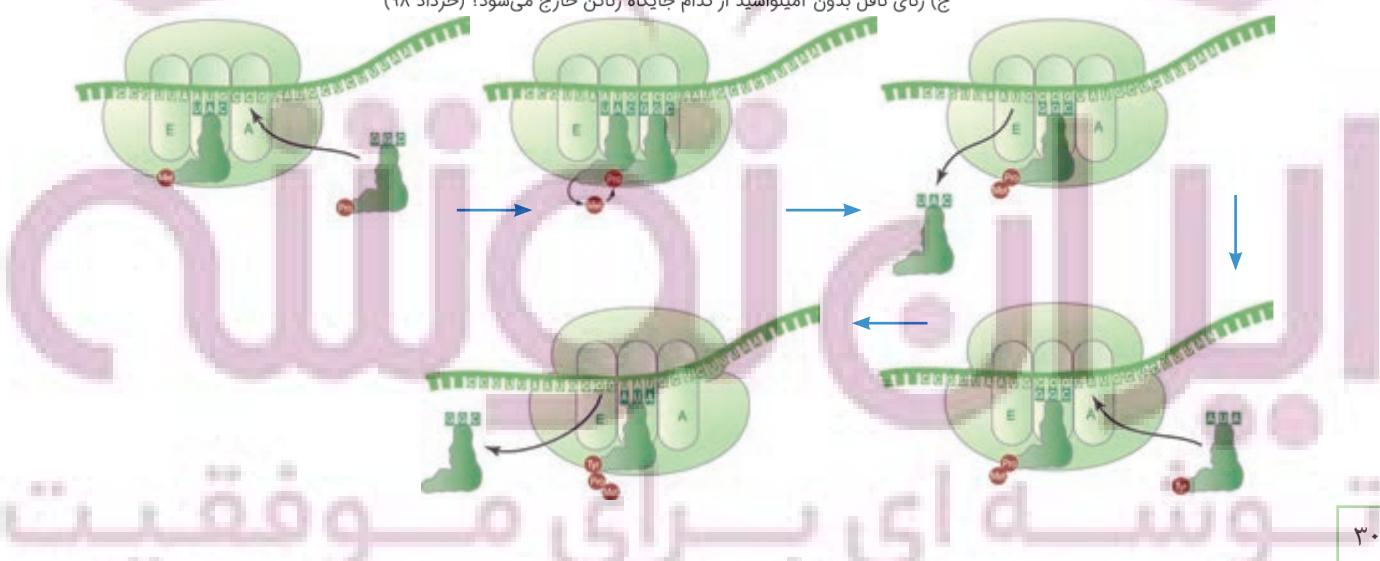
نام گذاری جایگاه P) و جایگاه A خالی می شود تا پذیرای رنای ناقل بعدی باشد. رنای ناقل بدون آمینواسید

نیز در جایگاه E قرار می گیرد و سپس از این جایگاه خارج می شود. این فرایند بارها تکرار می شود و طول

زنگیره آینوسایدی بیشتر می شود تا رناتن به یکی از رمزه های پایان برسد (شکل ۱۲).

ج) رنای ناقل بدون آمینواسید از کدام جایگاه رناتن خارج می شود؟ (خرداد ۹۸)

شکل ۱۲ - مرحله طویل شدن ترجمه

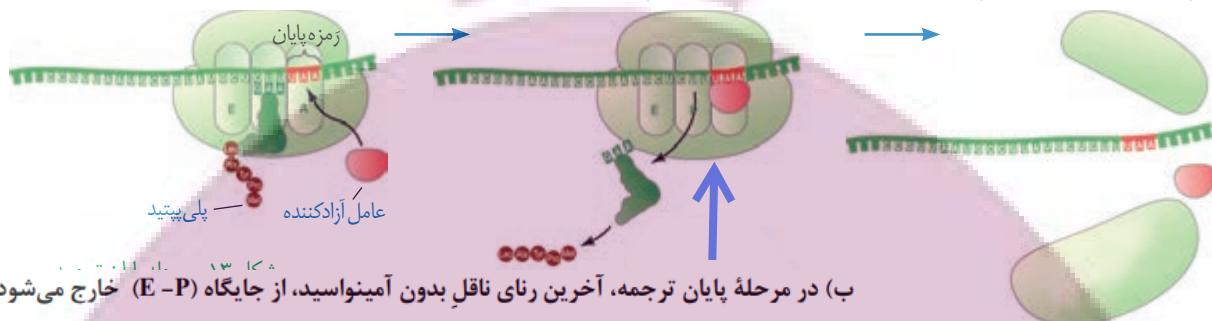


- ب) در چه مرحله‌ای از ترجمه، جایگاه A توسط پروتئین‌هایی به نام عوامل آزادکننده اشغال می‌شود؟ (دی ۹۸)  
ب) در مرحلهٔ پایان، چه پروتئین‌هایی باعث جدا شدن زیرواحدهای رناتن از هم می‌شود؟ (خرداد ۹۹)

### مرحلهٔ پایان: باورود یکی از رمزه‌های پایان ترجمه در جایگاه A، چون رنای ناقل مکمل آن وجود

ندارد، این جایگاه توسط پروتئین‌هایی به نام عوامل آزادکننده اشغال می‌شود. عوامل آزادکننده باعث جدا شدن پلی‌پیتید از آخرین رنای ناقل می‌شوند؛ همچنین باعث جدا شدن زیرواحدهای رناتن از هم و آزاد شدن رنای پیک می‌شوند. زیرواحدهای رناتن‌ها می‌توانند مجدداً این مرحله را تکرار کنند تا چندین نسخهٔ یک پلی‌پیتید ساخته شود (شکل ۱۳). ب) رسیدن رناتن به یکی از رمزه‌های پایان در کدام مرحله از فرایند ترجمه رخ می‌دهد؟ (دی ۱۴۰۰)

- ب) چرا با ورود یکی از رمزه‌های پایان ترجمه در جایگاه A، این جایگاه توسط پروتئین‌هایی به نام عوامل آزادکننده اشغال می‌شود؟ (شهریور ۹۸)



ب) در مرحلهٔ پایان ترجمه، آخرین رنای ناقل بدون آمینواسید، از جایگاه E-P خارج می‌شود.

- الف) چرا در یاخته‌های دارای هسته، فرایند ساخت پلی‌پیتید در هسته انجام نمی‌شود؟ (شهریور ۱۴۰۰)

### محل پروتئین‌سازی و سرنوشت آنها



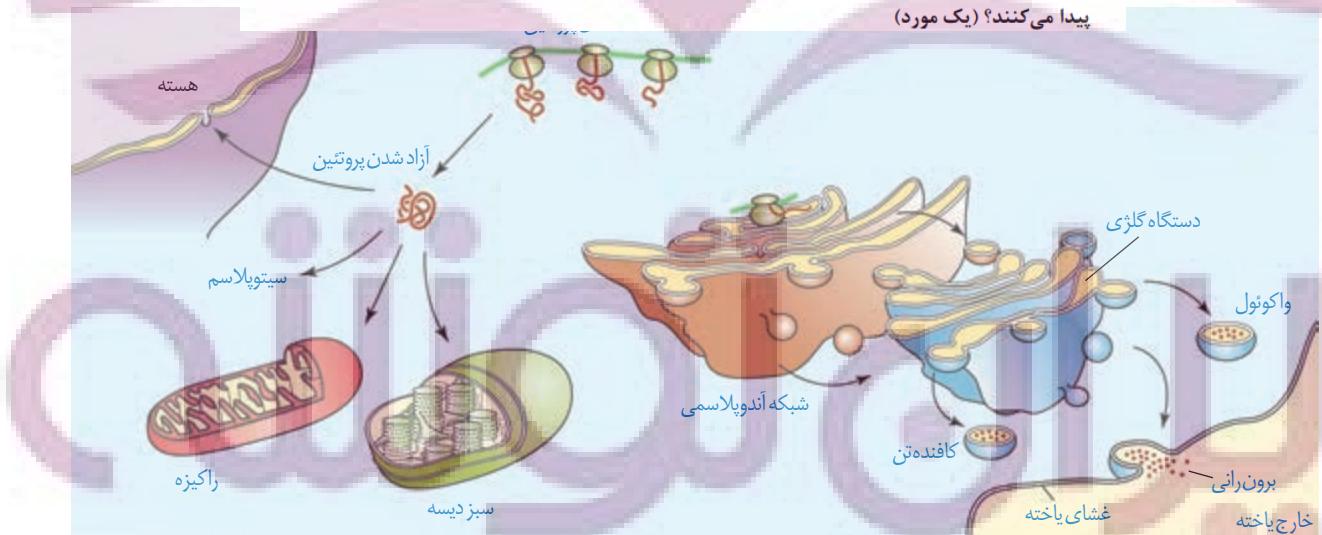
**طرح سؤال از توالی‌های رمزه، پادرمزه و آمینواسیدهای مربوط به آنها در همه آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.**

پروتئین‌ها در بخش‌های مختلفی از یاخته ساخته می‌شوند. به طور کلی پروتئین‌سازی در هر بخشی از یاخته که رناتن‌ها حضور داشته باشند می‌تواند انجام شود.

همان‌طور که در شکل ۱۴ می‌بینید، پروتئین‌های ساخته شده در سیتوپلاسم سرنوشت‌های مختلفی پیدا می‌کنند. بعضی از این پروتئین‌ها به شبکه آندوبلاسمی و دستگاه گلزی می‌روند و ممکن است برای ترشح به خارج رفته یا به بخش‌هایی مثل واکوئول (کُریچه) و کافنده‌تن بروند. بعضی پروتئین‌ها نیز در سیتوپلاسم می‌مانند و یا اینکه به راکیزه‌ها، هسته و یا دیسه‌ها می‌روند. در هر یک از این موارد براساس مقصدی که پروتئین باید برود، توالی‌های آمینواسیدی در آن وجود دارد که پروتئین را به مقصد هدایت می‌کند (شکل ۱۴).

- د) پروتئین‌های ساخته شده در سیتوپلاسم که به شبکه آندوبلاسمی و دستگاه گلزی پیدا می‌کنند؟ (سه مورد) (شهریور ۹۹)  
ج) پروتئین‌های ساخته شده در سیتوپلاسم که به شبکه آندوبلاسمی و دستگاه گلزی می‌روند چه سرنوشت‌هایی تولید می‌کنند؟ (یک مورد)

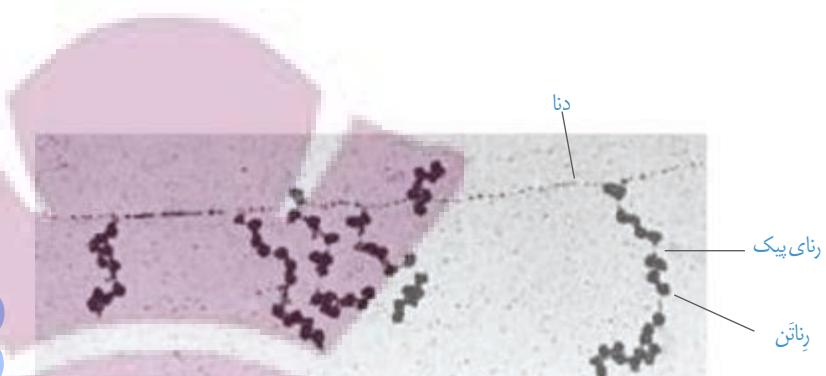
پیدا می‌کنند؟ (یک مورد)



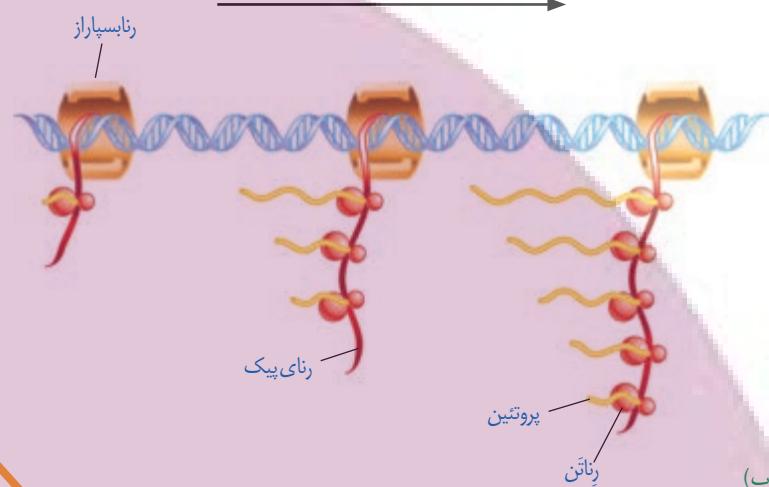
## سرعت و مقدار پروتئین سازی

به طور کلی سرعت و مقدار پروتئین سازی در یاخته‌ها بسته به نیاز تنظیم می‌شود، در پروکاریوت‌ها پروتئین سازی حتی ممکن است پیش از پایان رونویسی رنای پیک آغاز شود؛ زیرا طول عمر رنای پیک در این یاخته‌ها کم است. برای پروتئین‌هایی که به مقدار بیشتری مورد نیازند، ساخت پروتئین‌ها، به طور هم‌زمان و پشت سر هم توسط مجموعه‌ای از رناتن‌ها انجام می‌شود تا تعداد پروتئین بیشتری در واحد زمان ساخته شود (شکل ۱۵). در این مجموعه، رناتن‌ها مانند دانه‌های تسبیح و رنای پیک شبیه نخی است که از درون این دانه‌ها می‌گذرد. همکاری جمعی رناتن‌ها به پروتئین سازی سرعت بیشتری می‌دهد.

تجمع رناتن‌ها در یاخته‌های یوکاریوتی نیز دیده می‌شوند. البته در این یاخته‌ها سازوکارهایی برای حفاظت رنای پیک در برابر تخریب وجود دارد. بنابراین، فرصت بیشتری برای پروتئین سازی هست. در مجموع، این عوامل موجب طولانی‌تر شدن عمر رنای پیک پیش از تجزیه می‌شود.



ججهت رونویسی



شکل ۱۵- (الف) تصویر میکروسکوپی مجموعه رناتن‌ها

(ب) طرحی ساده از رناتن‌هایی که چند رنای در حال رونویسی را ترجمه می‌کنند.

(ب) تجمع رناتن‌ها (ریبوزوم‌ها) فقط در یاخته‌های پیش‌هسته‌ای (پروکاریوت) دیده می‌شود. (غ) (شهریور ۹۸)

### فعالیت ۱

الف) چه رابطه‌ای بین طول عمر رنای پیک یاخته‌ها با میزان پروتئین سازی آنها برقرار است؟

ب) رونویسی و ترجمه در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها را با هم مقایسه کنید.

ج) چرا عمر رنای پیک (mRNA) در یوکاریوت‌ها طولانی‌تر از پروکاریوت‌ها است؟ (خرداد ۹۹)

ج) طول عمر رنای پیک (mRNA) در پیش‌هسته‌ای‌ها (پروکاریوت‌ها) بیشتر از هوهسته‌ای‌ها (یوکاریوت‌ها) است. (غ) (خرداد ۹۸)

ج) چرا در یوکاریوت‌ها فرصت بیشتری برای پروتئین سازی است؟ (دی ۹۸)

## گفتار ۳

### تنظیم بیان ژن

(د) چگونه ممکن است از یاخته‌هایی با ژن‌های یکسان، یاخته‌هایی با عملکرد و شکل متفاوت ایجاد شوند؟ (خرداد ۹۹)

در سال گذشته آموختید که همه یاخته‌های پیکری بدن از تقسیم رشتمان (میتوز) یاخته تخم منشأ می‌گیرند. یاخته‌های حاصل، از نظر فامتی و ژن‌ها یکسان‌اند. با این حال در ادامه تقسیمات و رشد جنین، یاخته‌های متفاوتی ایجاد می‌شوند که اعمال مختلفی انجام می‌دهند؛ مثلاً یاخته‌های عصبی و ماهیچه‌ای بدن یک فرد، ژن‌های یکسانی دارند ولی دارای عملکرد و شکل متفاوتی هستند. حال این سؤال مطرح می‌شود که چگونه ممکن است یاخته‌هایی با ژن‌های یکسان تا این حد متفاوت باشند؟ پاسخ این است که در هر یاخته تنها تعدادی از ژن‌ها فعال و سایر ژن‌ها غیرفعال هستند. هرگاه اطلاعات

ژنی در یک یاخته مورد استفاده قرار بگیرد، می‌گوییم آن ژن بیان شده و به اصطلاح روشن است و ژنی که مورد استفاده قرار نمی‌گیرد خاموش و به اصطلاح بیان نشده است. مقدار، بازه و زمان استفاده از ژن در یاخته‌های مختلف یک جاندار ممکن است فرق داشته باشد و حتی در یک یاخته هم بسته به نیاز متفاوت باشد. به فرایندهایی که تعیین می‌کنند در چه هنگام، به چه مقدار و کدام ژن‌ها بیان شوند و یا

بیان نشوند، فرایندهای **تنظیم بیان ژن** می‌گویند. تنظیم بیان ژن فرایندی بسیار دقیق و پیچیده است و عوامل متعددی ممکن است بر آن اثر بگذارد. تنظیم بیان ژن موجب می‌شود تا جاندار به تغییرات پاسخ دهد؛ مثلاً در گیاه، نور می‌تواند باعث فعال شدن ژن سازنده آنزیمی شود که در فتوسنترز مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نبود نور این ژن بیان نمی‌شود. همچنین تنظیم بیان ژن می‌تواند موجب ایجاد یاخته‌های مختلفی از یک یاخته شود. یاخته‌های متفاوتی که از یاخته‌های بنیادی مغز استخوان ایجاد می‌شوند، مثالی مناسب در این مورد هستند. در مورد این یاخته‌ها در کتاب دهم مطالبی را فراگرفتید. آیا می‌توانید برخی یاخته‌های حاصل از یاخته‌های بنیادی مغز استخوان را نام ببرید؟

#### جاخالی تألیفی

#### بیشتر بدانید

در باکتری ها ژن‌هایی که محصولات آنها چند فرایند مرتبط به هم را اداره می‌کنند را واحد یابی به نام اپران<sup>۱</sup> قرار گرفته‌اند و بیان یا عدم بیان آنها به طور هماهنگ انجام می‌شود. برای مثال برای جذب و تجزیه لاکتوز در باکتری اشرشیا کلای<sup>۲</sup>، آنزیم موردنیاز است که ژن‌های سازنده آنها در کنار هم قرار دارند و توسط یک بخش تنظیمی اداره می‌شوند. به مجموعه این ژن‌ها و بخش تنظیمی آن اپران گفته می‌شود. مثال دیگر، ژن‌های مسئول ساخت آمینواسید تریپتوфан است.<sup>۵</sup> ژن در ساخت این آمینواسید دخالت دارند که در یک اپران قرار دارند.

### تنظیم بیان ژن در پروکاریوت‌ها

محصول ژن، رنا و پروتئین است. بنابراین، تغییر در فعالیت ژن‌ها، بر ساخت این محصولات نیز اثر می‌گذارد. تنظیم بیان ژن در پروکاریوت‌ها می‌تواند در هر یک از مراحل ساخت رنا و پروتئین تأثیر بگذارد ولی به طور معمول تنظیم بیان ژن در مرحله رونویسی انجام می‌شود. در مواردی هم ممکن است یاخته با تغییر در پایداری (طول عمر) رنا یا پروتئین، فعالیت آن را تنظیم کند.

### تنظیم رونویسی در پروکاریوت‌ها

در این نوع تنظیم عواملی به پیوستن رنابسپاراز به توالی راه انداز کمک و یا مانع حرکت رنا بسپاراز می‌شوند. در نتیجه، رونویسی ژن تسهیل یا ممانعت می‌شود؛ مثلاً با اتصال پروتئین‌های خاصی به بخشی از دنا که سر راه رنابسپاراز است، از انجام رونویسی جلوگیری می‌شود. نمونه این نوع تنظیم، در نوعی باکتری به نام اشرشیا کلای<sup>۳</sup> شناخته شده است. قند مصرفی ترجیحی این باکتری گلوکز است.

(ب) نام قند مصرفی ترجیحی در باکتری اشرشیا کلای چیست؟ (شهریور ۱۴۰۰)

- ب) در باکتری اشرشیاکلای، در تنظیم (مثبت - منفی) رونویسی، مانع پیش روی رنابسپاراز نوعی پروتئین به نام مهارکننده است. (دی ۹۹)
- د) در تنظیم منفی رونویسی در باکتری اشرشیاکلای، مانع پیش روی رنابسپاراز نوعی پروتئین به نام (مهارکننده - فعل کننده) است. (دی ۹۸)
- ج) در تنظیم منفی رونویسی در باکتری اشرشیاکلای، مانع پیش روی رنابسپاراز، نوعی پروتئین به نام (مهارکننده / عوامل رونویسی) است. (خرداد ۱۴۰۱)
- ب) در باکتری اشرشیاکلای، تنظیم رونویسی در مورد ژن های مؤثر در تجزیه مالتوز به صورت ..... انجام می شود.

مراحل تجزیه قند گلوکز در یاخته را در فصول بعد خواهید اموخت. اگر گلوکز در محیط باکتری وجود نداشته باشد ولی قند دیگری به نام لاکتوز<sup>۱</sup> در اختیار باکتری قرار بگیرد، باکتری می تواند از این قند استفاده کند. این قند متفاوت از گلوکز بوده است و آنزیم های لازم برای مصرف آن نیز متفاوت است. بنابراین وقتی لاکتوز در محیط وجود دارد باکتری باید آنزیم های تجزیه کننده آن را بسازد و در نبود یا کاهش لاکتوز نیز ساخت آنزیم های تجزیه کننده آن متوقف یا کاهش پیدا کند. حال این پرسش پیش می آید که باکتری چگونه می تواند حضور لاکتوز را در محیط تشخیص دهد و آنزیم های تجزیه کننده آن را بسازد؟ ژن هایی که این آنزیم ها را می سازند چگونه روشن و یا خاموش می شوند؟ در پروکاریوت های بیان ژن به دو صورت منفی و مثبت تنظیم می شود.

**تنظیم منفی رونویسی:** در گفتار ۱ آموختید که رونویسی با چسبیدن رنابسپاراز به راه انداز مربوط به ژن شروع می شود. حال اگر انعی بر سر راه رنابسپاراز وجود داشته باشد، رونویسی انجام نمی شود. به این نوع تنظیم، تنظیم منفی رونویسی گفته می شود. مانع پیش روی رنابسپاراز نوعی پروتئین به نام مهارکننده<sup>۲</sup> است. این پروتئین به توالی خاص از دنا به نام اپراتور<sup>۳</sup> متصل می شود و جلوی حرکت رنابسپاراز را می گیرد (شکل ۱۶-الف). لاکتوز موجود در محیط به باکتری وارد می شود و با اتصال به مهارکننده، شکل آن را تغییر می دهد. تغییر شکل مهارکننده، آن را از اپراتور جدا می کند و نیز مانع از اتصال آن به اپراتور می شود. با برداشته شدن مانع سر راه، رنابسپاراز می تواند رونویسی ژن ها را انجام دهد (شکل ۱۶-ب). محصولات این ژن ها تجزیه لاکتوز را ممکن می کند.

الف) چرا در تنظیم منفی رونویسی، با اتصال لاکتوز به مهارکننده، این پروتئین دیگر نمی تواند به اپراتور متصل بماند؟ (خرداد ۱۴۰۰)

**تنظیم مثبت رونویسی:** در این نوع تنظیم، پروتئین های خاصی به رنابسپاراز کمک می کنند تا بتواند به راه انداز متصل شود و رونویسی را شروع کند. مثال این نوع تنظیم نیز در باکتری اشرشیاکلای وجود دارد. مشخص شده که اگر در محیط باکتری، قند مالتوز<sup>۴</sup> وجود داشته باشد، درون باکتری آنزیم هایی ساخته می شوند که در تجزیه آن دخالت دارند. در عدم حضور مالتوز این آنزیم ها ساخته نمی شوند چون باکتری نیازی به آنها ندارد.

تنظیم رونویسی در مورد این ژن ها به صورت مثبت انجام می شود. در حضور قند مالتوز، انواعی از پروتئین به نام فعل کننده<sup>۵</sup> وجود دارند که به توالی های خاصی از دنا متصل می شوند. به این توالی ها جایگاه اتصال فعل کننده<sup>۶</sup> گفته می شود. (شکل ۱۷-الف) در حضور مالتوز در محیط، پروتئین

فعال کننده به جایگاه خود متصل می شود و پس از اتصال به رنابسپاراز کمک می کند تا به راه انداز متصل

ب) در باکتری اشرشیاکلای، تنظیم مثبت رونویسی در مورد ژن های مؤثر در تجزیه (مالتوز - لاکتوز) انجام می شود. (شهریور ۱۴۰۰)

۱\_Lactose

۲\_Repressor

۳\_Operator

۴\_Maltose

۵\_Activator

۶\_Activator Binding Site

شکل ۱۶-الف) عدم رونویسی ژن ها در غیاب لاکتوز (ب) رونویسی ژن ها در حضور لاکتوز

ژن های مربوط به تجزیه لاکتوز



الف) عدم رونویسی



(الف) در تنظیم منفی، چه پروتئینی مانع پیشروی رنابسپاراز می شود؟ (خرداد ۱۴۰۰)

تنظیم منفی در پروکاریوت به دو صورت القایی<sup>۱</sup> و مهاری<sup>۲</sup> انجام

می شود. در حالت القایی، حضور یک ماده موجب بیان ژن های می شود.

تنظیم بیان ژن در حضور لاکتوز مثالی از تنظیم منفی از نوع القایی است. در حالت مهاری، حضور

یک ماده موجب خاموش شدن ژن و عدم بیان آنها می شود. مثال این نوع تنظیم در مورد آمبینواسید

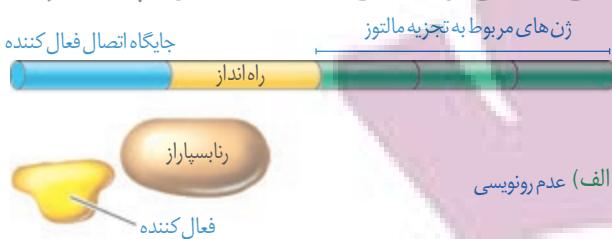
تریپتوفان دیده می شود. در باکتری اشرشیاکلای با حضور تریپتوفان،

ژن هایی که در ساخت آن دخالت دارند خاموش می شوند. وقتی تریپتوفان در محیط نیست، این

ژن ها روشن می شوند تا آنزیم های سازنده تریپتوفان ساخته شوند.

۱\_Inducer  
۲\_Repressor

ب) در تنظیم مثبت، چه عاملی سبب می‌شود که فعال کننده به جایگاه خود بچسبد؟ (خرداد ۱۴۰۰)



شود و رونویسی را شروع کند. چه عاملی سبب می‌شود که فعال کننده به جایگاه خود بچسبد؟ این عامل مالتوز است. اتصال مالتوز به فعال کننده باعث پیوستن آن به جایگاه اتصال شده و رونویسی شروع می‌شود (شکل ۱۷-ب).



شکل ۱۷- تنظیم مثبت رونویسی ژن‌های مؤثر در تجزیه مالتوز

د) در یوکاریوت‌ها (هوهسته‌ای) عوامل رونویسی به چه بخش‌هایی از دنا ممکن است متصل شوند؟ (شهریور ۹۹)

**تنظیم بیان ژن در مرحله رونویسی:** در یوکاریوت‌ها نیز مانند پروکاریوت‌ها، رونویسی با پیوستن رنابسپاراز به راه انداز آغاز می‌شود. در یوکاریوت‌ها رنابسپاراز نمی‌تواند به تنها یکی راه انداز را شناسایی کند

و برای پیوستن به آن نیازمند پروتئین‌های به نام **عوامل رونویسی<sup>۱</sup>** هستند. گروهی از این پروتئین‌ها با اتصال به نواحی خاصی از راه انداز، رنابسپاراز را به محل راه انداز هدایت می‌کند، چون تمایل پیوستن این پروتئین‌ها به راه انداز در اثر عواملی تغییر می‌کند (شکل ۱۸). ب) در چه صورت مقدار رونویسی ژن، تحت تأثیر عوامل رونویسی تغییر می‌کند؟ (خرداد ۹۹)

شکل ۱۸- تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها

در یوکاریوت‌ها ممکن است عوامل رونویسی دیگری به بخش‌های خاصی از دنا به نام **توالی افزاینده**<sup>۲</sup> متصل شوند. با پیوستن این پروتئین‌ها به توالی افزاینده و با ایجاد خمیدگی در دنا، عوامل رونویسی در کنار

هم قرار می‌گیرند. کنار هم قرارگیری این عوامل، سرعت رونویسی را افزایش می‌دهند. توالی‌های افزاینده متفاوت از راه انداز هستند و ممکن است در فاصله دوری از ژن قرار داشته باشند. اتصال این پروتئین‌ها بر سرعت و مقدار رونویسی ژن مؤثر است (شکل ۱۹).

شکل ۱۹- توالی افزاینده و عوامل رونویسی متصل به آن

۱- Transcription Factors  
۲- Enhancer

ج) اتصال بعضی رناهای کوچک مکمل به رنای پیک، چه تأثیری بر عمل ترجمه و رنای (RNA) ساخته شده دارد؟ (شهریور ۱۴۰۰)

ب) اتصال بعضی رناهای کوچک مکمل به رنای (پیک - ناقل) مثالی از تنظیم بیان زن، پس از رونویسی است. (فرداد ۱۴۰۰)

### بیشتر بدانید

بعضی زن‌ها در یاخته‌ها به طور دائم بیان می‌شوند. زن‌های سازنده اجزای رناتن ازین جمله‌اند. این زن‌ها رنای رناتن و پروتئین‌های آن را می‌سازند. با توجه به نیاز یاخته‌های درحال تنسیم به تعداد زیادی رناتن، این زن‌ها به طور دائم روشن هستند.

**تنظیم بیان زن در مراحل غیررونویسی:** در کاریوت‌ها تنظیم بیان زن می‌تواند پیش از رونویسی یا پس از آن هم انجام شود. اتصال بعضی رناهای کوچک مکمل به رنای پیک مثالی از تنظیم بیان زن پس از رونویسی است. با اتصال این رناها، از کار رناتن جلوگیری می‌شود. در نتیجه، عمل ترجمه متوقف و رنای ساخته شده پس از مدتی تجزیه می‌شود.

روش تنظیم دیگر در سطح فامتن است. به طور معمول بخش‌های فشرده فامتن کمتر در دسترس رنابسپارازها قرار می‌گیرند بنابراین یاخته می‌تواند با تغییر در میزان فشرده‌گی فامتن در بخش‌های خاصی، دسترسی رنابسپاراز را به زن مورد نظر تنظیم کند. به ظریشم این تنظیم بیان زن پیش از رونویسی است یا پس از آن؟ میزان فشرده‌گی فامتن (کروموزوم) با میزان بیان زن چه رابطه‌ای دارد؟ (دی ۹۹)

از روش‌های دیگر تنظیم بیان زن طول عمر رنای پیک است. افزایش طول عمر رنای پیک موجب افزایش محصول می‌شود. این فرایندها در میزان پروتئین‌سازی مؤثر خواهند بود. شیوه‌های دیگری نیز در تنظیم بیان زن مؤثرند که نحوه عمل سیاری از آنها ناشناخته است.

هر یک از موارد زیر مربوط به تنظیم بیان زن پیش از رونویسی است یا پس از رونویسی؟

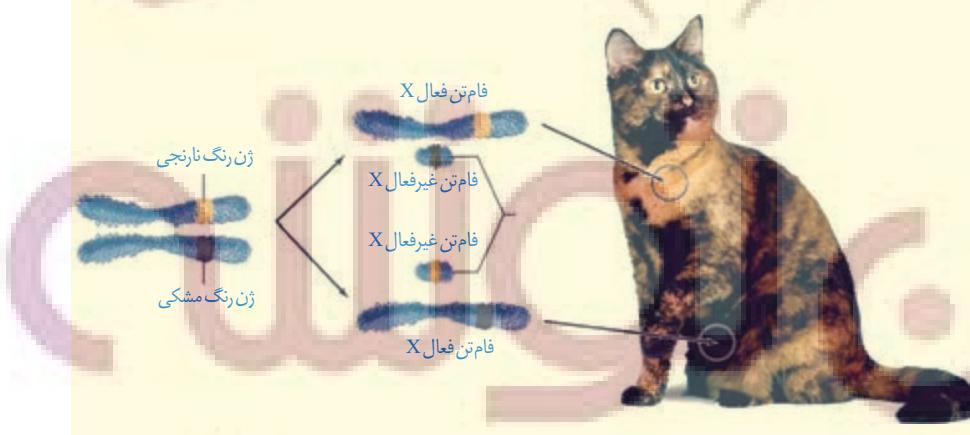
### ب) تغییر در میزان فشرده‌گی فامتن (کروموزوم)

### الف) اتصال بعضی رناهای کوچک مکمل به رنای پیک

### بیشتر بدانید

بیان زن به روش‌های مختلفی ممکن است کاهش یا افزایش بابد. یکی از این روش‌ها افزایش تعداد زن‌هایی است که به محصولات آنها به مقدار زیادی نیاز است. در این موارد ممکن است یاخته چندین کپی از یک زن داشته باشد. در نتیجه رونویسی از تعداد بیشتری زن انجام شود. این حالت موجب ساخت محصول بیشتر در زمان کمتر می‌شود. نمونه این زن‌ها، زن‌های سازنده رنای رناتنی است. نوعی از این رنای رناتنی هزاران زن در یک یاخته دوزیست دارد.

روش دیگر فعال یا غیرفعال کردن برخی فامتن‌ها مانند فامتن X در انسان است. چون در یاخته‌های پیکری زن، دو سخنه از فامتن X و در مردیک نسخه وجود دارد، برای بیان متعادل در دو جنس، یکی از فامتن‌های X در یاخته‌های زن غیرفعال می‌شود تا زن‌های آن بیان نشوند. در اثر این فرایند زن‌های فامتن X در زن و مرد، به یک نسبت بیان می‌شود. مثالی از بیان زن‌های روی فامتن X و اثرات آن بر صفات را در تصویر زیر مشاهده می‌کنید. در یاخته‌ها، یکی از فامتن‌های X به صورت تصادفی غیرفعال می‌شوند.





### فصل ۳

## انتقال اطلاعات در نسل‌ها



شباهت بین فرزندان و والدین، گویای آن است که ویژگی‌های والدین به نحوی به فرزندان منتقل می‌شود. همچنین می‌دانیم که در تولید مثل جنسی ارتباط بین نسل‌ها را گامت‌ها برقرار می‌کنند و ویژگی‌های هریک از والدین توسط دستورالعمل‌هایی که در دنای موجود در گامت‌ها قرار دارد، به نسل بعد منتقل می‌شود.

پیش از کشف قوانین وراثت، تصور بر آن بود که صفات فرزندان، آمیخته‌ای از صفات والدین و حد واسطی از آنهاست. مثلاً اگر یکی از والدین بلندقد و دیگری کوتاه‌ قد باشد، فرزند آنان قدی متوسط خواهد

داشت. اما مشاهدات متعدد نشان داد که این تصور درست نیست.

در اواخر قرن نوزدهم، زمانی که هنوز ساختار و عمل دنا و ژن‌ها معلوم نبود، دانشمندی به نام گریگور مندل<sup>۱</sup> توانست قوانین بنیادی وراثت را کشف کند. به کمک این قوانین، می‌شد صفات فرزندان را پیش‌بینی کرد. با توجه به شناخت شما از ساختار و عمل دنا، در این فصل با مفاهیم پایه وراثت به زبان امروزی آشنا می‌شویم.

! طرح سؤالات عددی و  
محاسباتی از مباحث این فصل  
در همه آزمون‌ها از جمله  
کنکور سراسری ممنوع است.

<sup>۱</sup>(الف) پیش از کشف قوانین وراثت، چه تصوری در مورد رابطه بین صفات والدین و فرزندان وجود داشت؟(دی ۹۹)

## گفتار ۱ مفاهیم پایه

هر یک از ما ویژگی‌هایی داریم که ما را با آنها می‌شناسند. بعضی از این ویژگی‌ها را از والدین خود دریافت کرده‌ایم؛ مثل رنگ چشم، رنگ مو یا گروه خونی. ویژگی‌هایی را هم می‌شناسیم که ارثی نیستند؛ مثل تیره‌شدن رنگ پوست که به علت قرارگرفتن در معرض آفتاب ایجاد شده است.

در علم ژن‌شناسی، ویژگی‌های ارثی جانداران را صفت می‌نامند (شکل ۱). ژن‌شناسی، شاخه‌ای از زیست‌شناسی است که به چگونگی وراثت صفات از نسل به نسل دیگر می‌پردازد.

الف) صفت در علم ژن‌شناسی را تعریف کنید. (خرداد ۱۴۰۰)



شکل ۱- هر یک از افراد جمعیت،  
ویژگی‌هایی دارد که ممکن است این  
ویژگی‌ها به نسل بعد منتقل شوند.

هر یک از صفاتی که نام بردیم به شکل‌های مختلفی دیده می‌شوند. مثلاً رنگ چشم ممکن است به رنگ مشکی، قهوه‌ای، سبز یا آبی باشد. یا حالت مو ممکن است به شکل صاف، موج دار یا فر دیده شود. به انواع مختلف یک صفت، شکل‌های آن صفت می‌گویند.

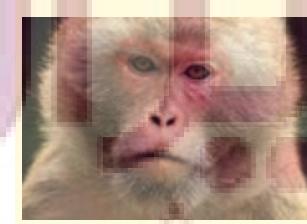
تألیفی: منظور از شکل‌های مختلف یک صفت چیست؟

بیشتر بدانید

آیا شما گروه خونی خود را می‌دانید؟ آیا می‌دانید منظور از گروه خونی مثلاً A<sup>+</sup> چیست؟ وقتی می‌گویند گروه خونی شخصی A<sup>+</sup> است در واقع «دو» گروه خونی را برای او مشخص کرده‌اند. یکی گروه خونی معروف به ABO و دیگری گروه خونی ای به نام Rh. در ادامه این دو گروه خونی را بررسی می‌کنیم. توضیح Rh ساده‌تر است و با آن آغاز می‌کنیم.

**گروه خونی Rh:** گروه خونی Rh بر اساس بودن یا نبودن پروتئینی است که در غشای گویچه‌های

قرمز جای دارد و پروتئین D نامیده می‌شود. اگر این پروتئین وجود داشته باشد، گروه خونی Rh مثبت است و اگر وجود نداشته باشد گروه خونی Rh منفی خواهد شد (شکل ۲).



(ج) گروه خونی Rh بر اساس بودن یا نبودن هیدرات کربنی است که در غشای گویچه‌های قرمز جای دارد. (غ) (شهریور ۱۴۰۰)

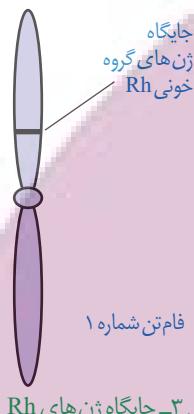
(الف) جایگاه ژنی گروه خونی Rh در کدام فامتن (کروموزوم) است؟ (خرداد ۹۸)

(ج) جایگاه ژنی گروه خونی Rh، در فامتن (کروموزوم) شماره ۹ است. (غ) (خرداد ۱۴۰۰)

شکل ۲- مبنای گروه خونی Rh  
پروتئین D

گویچه قرمز با پروتئین D

گویچه قرمز بدون پروتئین D



شکل ۳- جایگاه ژن های Rh

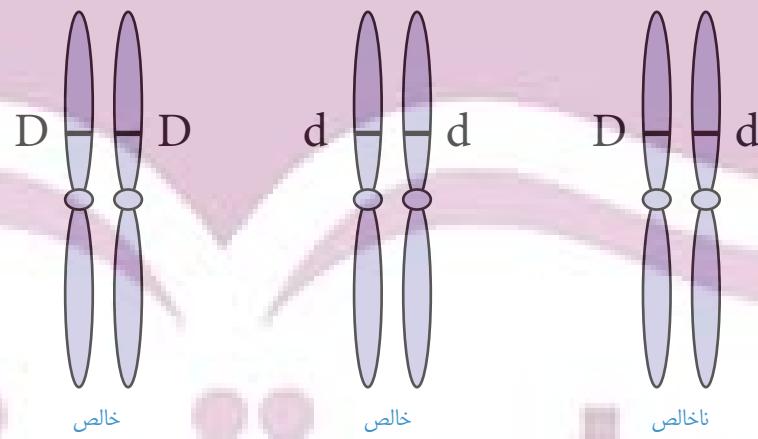
بود و نبود پروتئین D به نوعی ژن بستگی دارد. دو ژن در ارتباط با این پروتئین، در میان مردم دیده می شود. ژنی که می تواند پروتئین D را بسازد و ژنی که نمی تواند پروتئین D را بسازد. این دو ژن را به ترتیب D و d می نامیم.

و D جایگاه یکسانی در فامتن شماره ۱ دارند. توجه داشته باشید که هر فامتن شماره ۱ در این جایگاه ژن D یا d را در دونه هر دورا. به این جایگاه از فامتن شماره ۱، جایگاه ژن های Rh می گویند (شکل ۳). و d که شکل های مختلف صفت Rh را تعیین می کنند و هر دو جایگاه ژنی یکسانی دارند؛ دگره (الل) هم هستند. از آنجا که هر یک از ما دو فامتن ۱ داریم، پس دو دگره هم برای Rh داریم. بنابراین ممکن است هر دو فامتن شماره ۱، D یا هر دو d را داشته باشند. در این صورت می گویند فرد برای این صفت خالص است. اما اگر یک فامتن D و دیگری d را داشته باشد می گویند فرد برای این صفت،

ناخالص است (شکل ۴).

تألیفی: ژن نمودهای خالص و ناخالص گروه خونی Rh را بنویسید؟

شکل ۴- ژن نمودهای خالص و ناخالص



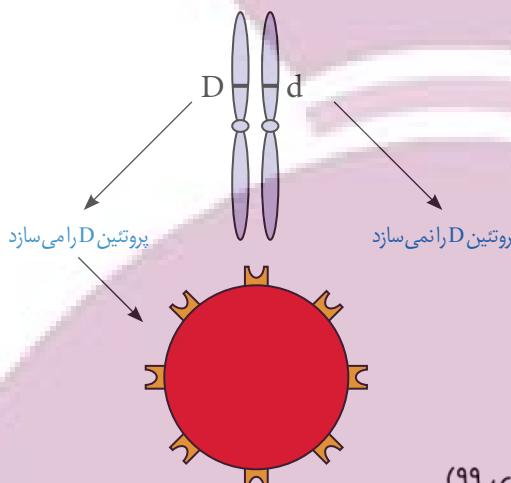
گروه خونی فردی که DD است، مثبت و گروه خونی فرد dd، منفی است. اما گروه خونی فردی که Dd است؛ چگونه می شود؟ برای پاسخ به این سؤال باید رابطه بین این دو دگره را دانست.

مشاهدهات نشان می دهند که افراد ناخالص، گروه خونی مثبت را خواهند داشت. بنابراین اگر دو دگره D و d کنار هم قرار بگیرند، این دگره D است که بروز می کند. در چنین حالتی گفته می شود که دگره باز و دگره نهفته است و بین دگره ها رابطه باز و نهفته برقرار است. طبق فرازداد، دگره باز را با حرف بزرگ و دگره نهفته را با حرف کوچک آن نشان می دهیم.

(ج) بین دگره های (اللهای) گروه خونی Rh رابطه ..... برقرار است. (شهریور ۱۴۰۰)

الف) اگر گروه خونی زن و شوهری Rh مثبت باشد و گروه خونی یکی از فرزندان آن‌ها Rh منفی شود، ژن نمود این والدین را بنویسید. (خرداد ۹۹)

توضیح علت رابطه بارز و نهفتگی دگرهای گروه خونی Rh کار آسانی است. داشتن تنها یک دگر D کافی است تا در غشای گویچه‌های قرمز پروتئین D مشاهده شود به همین علت، گروه خونی فردی که برای این صفت ناخالص است، مثبت خواهد شد (شکل ۵).



شکل ۵- توضیح رابطه بارز و نهفتگی  
بین دگرهای گروه خونی Rh

ب) انواع ژن نمود (ژنتیپ)‌های گروه خونی Rh را بنویسید. (دی ۹۹)

ترکیب دگرهای را بر فرد، ژن نمود (ژنتیپ) و شکل ظاهری یا حالت بروز یافته صفت را رخ نمود (فنوتیپ) می‌نامیم. حمل ۱ انواع ژن نمود و رخ نمود را در مورد این گروه خونی نشان می‌دهد.

رخ نمود	ژن نمود
+ گروه خونی	DD
+ گروه خونی	Dd
- گروه خونی	dd

جدول ۱- انواع ژن نمود و رخ نمود گروه  
خونی Rh

ه) اگر پروتئین D در غشای گویچه‌های قرمز وجود داشته باشد، گروه خونی RH (مثبت - منفی) است. (دی ۹۸)

نوع دیگری از رابطه بین دگرهای را در صفت گروه خونی ABO می‌توانیم بینیم.

**گروه خونی ABO:** در گروه خونی ABO خون به چهار گروه A, B, AB و O گروه‌بندی می‌شود.

این گروه‌بندی بر مبنای بودن یا نبودن دونوع کربوهیدرات به نام‌های A و B در غشای گویچه‌های قرمز است (شکل ۶). ب) ژن نمود (ژنتیپ) فردی با گروه خونی ۰ منفی را بنویسید. (شهریور ۹۹)

	گروه خونی A	گروه خونی B	گروه خونی AB	گروه خونی O
گویچه قرمز				
نوع کربوهیدرات گویچه قرمز	A	B	A و B	هیچ کدام

شکل ۶- مبنای گروه خونی ABO

برای گروه خونی ABO چه دگرهایی وجود دارد؟ اضافه شدن کربوهیدرات‌های A و B به غشای گلbul قرمز، یک واکنش آنزیمی است. دو نوع آنزیم وجود دارد. یکی آنزیم A، که کربوهیدرات A را به

(ج) اگر فردی برای گروه خونی ABO فقط آنزیم A را داشته باشد، گروه خونی این فرد ..... است. (خرداد ۹۹)

ج) در گروه خونی ABO، دگرهای (اللهای) A و B نسبت به هم، همتوان هستند. (ص) (شهریور ۹۸) ج) چه رابطه‌ای بین دگره (ال) A و B وجود دارد؟ (شهریور ۹۹)

ب) رابطه بین دگرهای [آللهای] A و B نسبت به یکدیگر چگونه است؟ (خرداد ۱۴۰۱) ب) در گروه خونی ABO، بین دگرهای (اللهای) A و B رابطه ..... وجود دارد. (خرداد ۹۸)

ج) رابطه بین دگره A و B در گروه خونی ABO، رابطه ..... است. (خرداد ۱۴۰۰)

غشا اضافه می‌کند و دیگری آنژیم B، که کربوهیدرات B را اضافه می‌کند. اگر هیچ یک از این دو آنژیم وجود نداشته باشد، آن گاه هیچ کربوهیدراتی اضافه نخواهد شد. بنابراین برای این صفت، سه دگره وجود

دارد. دگرهای که آنژیم A رامی‌سازد، دگرهای که آنژیم B رامی‌سازد و دگرهای که هیچ آنژیمی نمی‌سازد. در فامتن (کروموزوم) شماره ۹ است؟ (شهریور ۹۹)

جایگاه ژن‌های گروه خونی ABO در فامتن شماره ۹ است. ← (ه) جایگاه ژن‌های گروه خونی ABO در فامتن شماره (۹-۱) است. (شهریور ۱۴۰۰)

برای سادگی، این سه دگره را به ترتیب A، B و O می‌نامیم. در اینجا تشخیص رخ نمود برای

ژن نمودهای خالص AA، BB یا OO آسان است: گروه خونی به ترتیب A، B و O می‌شود. اما، رخ نمود

ژن نمودهای ناخالص چیست؟ رابطه بارز و نهفتگی بین دگره‌ها چگونه است؟ د) برای صفت گروه خونی ABO، ..... دگره وجود دارد. (دی ۱۴۰۰)

ژن نمودهای ناخالص برای این دگره‌ها عبارت اند از AO، BO و AB. آیا می‌توانید حدس بزنید گروه

خونی فردی که AO است چیست؟ دگره A آنژیم A رامی‌سازد اما دگره O هیچ آنژیمی نمی‌سازد. پس

گروه خونی این فرد A خواهد شد. به همین علت گفته می‌شود A نسبت به O بارز است. همین استدلال

را می‌توان برای ژن نمود BO به کار برد. دگره B نیز نسبت به دگره O بارز است. در ژن نمود AB هر دو

آنژیم ساخته می‌شوند و به همین علت گلbul قرمز هر دو کربوهیدرات A و B را خواهد داشت. در اینجا

رابطه بین دگره A و B، از نوع بارز و نهفتگی نیست. چنین رابطه‌ای را هم‌توانی می‌نامیم و می‌گوییم

دگرهای A و B نسبت به یکدیگر هم‌توان هستند. در هم‌توانی، اثر دگره‌ها، همراه با هم ظاهر می‌شود.

ژن شناسان دگرهای A، B و O را به ترتیب با I<sup>A</sup>، I<sup>B</sup> و I<sup>O</sup> نشان می‌دهند. این نوع نام‌گذاری به روشنی

نشان می‌دهد که دگره I<sup>A</sup> و I<sup>B</sup> نسبت به یکدیگر هم‌توان اما نسبت به A بارزند.

## بارزیت ناقص

الف) در گروه خونی ABO، بین دو دگره (ال) A و O چه رابطه‌ای برقرار است؟ (دی ۹۸)

تا اینجا با دونوع رابطه دگرهای اشناشده‌یم: یکی بارز و نهفتگی و دیگری هم‌توانی. رابطه دیگری نیزین

دگره‌ها برقرار است و آن موقعی است که صفت در حالت ناخالص، به صورت حد واسط حالت‌های خالص

مشاهده می‌شود. این بار مثالی از گیاهان بیاوریم. رنگ گل میمونی مثال خوبی است (شکل ۷).

دو دگره برای رنگ گل میمونی وجود دارد که یکی قرمز و دیگری سفید است. این دو را به ترتیب با

R و W نشان می‌دهیم. در حالت RR رنگ گل، قرمز و در حالت WW رنگ گل، سفید است. رنگ گل

RW چگونه است؟ این گل، صورتی است. رنگ صورتی، حالت حد واسط قرمز و سفید است. در این حالت

گفته می‌شود که رابطه بارزیت ناقص برقرار است. ← رابطه بین دگرهای رنگ گل میمونی، چه نوع رابطه‌ای است؟ (خرداد ۱۴۰۰)

ب) کدام رنگ گل میمونی نشان دهنده رابطه بارزیت ناقص بین دو دگره R و W است؟ (دی ۹۸)

د) در گل میمونی، با دیدن رنگ گل می‌توان ژن نمود (ژنوتیپ) آن را تشخیص داد. (ص) (خرداد ۹۸)

ه) هنگامی که صفت در حالت ناخالص، به صورت حد واسط حالت‌های خالص مشاهده می‌شود، رابطه دگرهای از نوع

..... می‌باشد. (دی ۱۴۰۰)

ج) اگر صفت در حالت ناخالص، به صورت حد واسط حالت‌های خالص مشاهده شود، می‌توان گفت که رابطه

بین دگره‌ها برقرار است.



گل قرمز



گل صورتی



گل سفید

شکل ۷- گل میمونی

(د) با کمک رخنمود، می‌توان ژن نمود [ژنوتیپ] (گروه خونی ۰ منفی / گروه خونی A منفی) را مشخص کرد. (خرداد ۱۴۰۱)  
پدری گروه خونی ۰ و مادری گروه خونی AB دارد. چه ژن نمود (ژنوتیپ) و رخنمودهایی (فنتوتیپ) برای فرزندان آنان پیش‌بینی می‌کنید؟ (بدون ذکر راه حل) (شهریور ۹۸)

## گفتار ۲ انواع صفات

به یاد دارید که فامتن‌ها به دو دستهٔ غیرجنسی و جنسی تقسیم می‌شوند. فامتن‌های جنسی انسان X و Y هستند. صفاتی را که جایگاه زنی آنها در یکی از فامتن‌های غیرجنسی قرار داشته باشد صفت مستقل از جنس و صفاتی را که جایگاه زنی آنها در یکی از دو فامتن جنسی قرار داشته باشد وابسته به جنس می‌گویند.

تألیفی: صفات مستقل از جنس و وابسته به جنس را مقایسه کنید.

### وراثت صفات مستقل از جنس

صفات مستقل از جنس چگونه به ارث می‌رسند؟ Rh یک صفت مستقل از جنس است. اگر پدر و مادری هر دو ژن نمود Dd داشته باشند، چه ژن نمود یا ژن نمودهایی برای فرزندان آنها مورد انتظار است؟ می‌دانیم هر یک از پدر و مادر، از هر جفت فامتن همتا تنها یکی را از طریق گامت‌ها به نسل بعد منتقل می‌کنند. در این مثال، هم پدر و هم مادر از نظر Rh دو نوع گامت تولید می‌کنند: یکی گامتی که D دارد و دیگری گامتی که d دارد. ژن نمود فرزندان به این بستگی دارد که کدام گامت‌ها با یکدیگر لقاچ پیدا کنند. ژن نمود فرزندان را می‌توان با روشی به نام مربع پانت به دست آورد. پانت<sup>۱</sup> نام دانشمندی است که این روش را پیشنهاد کرده است.

در روش مربع پانت، گامت‌های والدین را به طور جداگانه در سطر و ستون یک جدول می‌نویسیم و بعد خانه‌های جدول را با کنار هم قرار دادن گامت‌های سطر و ستون متناظر هم پر می‌کنیم (جدول ۲).

d	D	گامت‌ها
Dd	DD	D
dd	dD	d

جدول ۲- مربع پانت

باید توجه داشت که ژن نمودهای Dd و dd یکسان‌اند. بنابراین هر فرزندی که متولد می‌شود می‌تواند یکی از ژن نمودهای DD، Dd و dd را داشته باشد.

ژنوتیپ مادری با گروه خونی A<sup>+</sup> که فرزندی با گروه خونی -0 دارد، چگونه است؟ (دی ۱۴۰۰)

پدری گروه خونی O و مادری گروه خونی AB دارد.

چه ژن نمود و رخنمودهایی برای فرزندان آنان پیش‌بینی می‌کنید؟

### فعالیت ۱

مردی هموفیل قصد دارد با زنی ازدواج کند که سالم است و ناقل هم نیست. زن می‌خواهد بداند آیا ممکن است فرزند حاصل از این ازدواج، هموفیل باشد؟ (ذکر ژن نمودهای تمام افراد خانواده الزامی است) (خرداد ۱۴۰۱)

مردی سالم قصد دارد با زنی هموفیل ازدواج کند. چه ژن نمود (ژنوتیپ) و رخنمودهایی (فنتوتیپ) برای فرزندان آنها پیش‌بینی می‌کنید؟ (رسم مربع پانت الزامی است) (دی ۱۴۰۰)

۱- Reginald Pannet

الف) ژن نمود این زن و مرد را برای هموفیلی، پسری هموفیلی بنویسید.  
دکتر پوریا خیراندیش دکتر فرزام فرهمندیا - دکتر شایان تاکی - دکتر ایمان روستا

ب) اگر این زن و مرد صاحب فرزند دختری شوند، ژن نمودهای احتمالی این دختر را برای هموفیلی بنویسید.

## صفت وابسته به X

(الف) صفت وابسته به جنس را تعریف کنید. (خرداد ۱۴۰۱)

گاهی ژن صفتی که بررسی می‌شود در فامتن X قرار دارد به چنین صفاتی، صفت وابسته به X می‌گویند.

هموفیلی، یک بیماری وابسته به X و نهفته است یا به عبارتی دیگر، دگرهای این بیماری که روی فامتن X قرار دارد نهفته است. در این بیماری، فرایند لخته شدن خون دچار اختلال می‌شود. شایع‌ترین نوع هموفیلی به

فقدان عامل انعقادی VIII (هشت) مربوط است. ← (و) علت شایع‌ترین نوع هموفیلی چیست؟ (خرداد ۹۹)

دگرهای بیماری هموفیلی را h می‌نامیم؛ دگرهای سالم ژن، H نامیده می‌شود. برای آنکه نشان دهیم این

صفت وابسته به X است، دگرهای را به صورت بالاترین X<sup>H</sup> و X<sup>h</sup>.

جدول ۳- انواع ژن نمودها و رخ نمودها را برای هموفیلی نشان می‌دهد. دقت کنید که در فامتن Y

جایگاهی برای دگرهای هموفیلی وجود ندارد. (ب) کدام فامتن (کروموزوم) انسان جایگاهی برای دگرهای هموفیلی ندارد؟ (شهریور ۹۸)

(ب) چرا در صفات وابسته به X ممکن نیست پدر ناقل باشد؟ (خرداد ۹۹) (ج) در همه یاخته‌های جنسی (گامت‌های) مرد هموفیل، دگره (ال) هموفیلی وجود دارد.

	مرد	زن	رخ نمود
زن	X <sup>H</sup> Y	X <sup>H</sup> X <sup>H</sup>	سالم
	—	X <sup>H</sup> X <sup>h</sup>	سالم
	X <sup>h</sup> Y	X <sup>h</sup> X <sup>h</sup>	هموفیل

جدول ۳- انواع ژن نمودها و رخ نمودها برای هموفیلی

(الف) ژن نمود (ژنوتیپ) دختر ناقل بیماری هموفیلی را بنویسید. (شهریور ۹۸)

فرد با ژن نمود X<sup>H</sup> X<sup>h</sup> که سالم است؛ ناقل نامیده می‌شود؛ زیرا می‌تواند ژن بیماری را به نسل بعد منتقل کند.

(الف) چرا فردی با ژن نمود X<sup>H</sup> X<sup>h</sup> ناقل نامیده می‌شود؟ (شهریور ۱۴۰۰)

برای پیش‌بینی ژن نمودها و رخ نمودهای صفات وابسته به X در نسل‌های بعد، می‌توان همچنان

از مربع پانت استفاده کرد. به مثال زیر توجه کنید.

مثال: مردی هموفیل قصد دارد با زنی ازدواج کند که سالم است و ناقل هم نیست. زن می‌خواهد

بداند آیا ممکن است فرزند حاصل از این ازدواج، هموفیل باشد؟

ژن نمود مرد هموفیل X<sup>H</sup>Y و گامت‌هایی که تولید می‌کند X<sup>h</sup> و Y است. ژن نمود زن سالم X<sup>H</sup>X<sup>H</sup>

است و برای این صفت فقط یک نوع گامت، یعنی X<sup>H</sup> تولید می‌کند. ژن نمودها و رخ نمودهای نسل‌های

بعد را می‌توان به کمک مربع پانت یافت.

Y	X <sup>h</sup>	گامت‌ها
X <sup>H</sup> Y	X <sup>H</sup> X <sup>h</sup>	X <sup>H</sup>
پسر سالم	دختر ناقل	

جدول ۴- ژن نمود و رخ نمود نسل بعد

بنابراین براساس جدول شماره ۴، فرزندان حاصل از این ازدواج هموفیل نخواهند بود.

## فعالیت ۲

مردی سالم قصد دارد با زنی هموفیل ازدواج کند. چه ژن نمود و رخ نمودهایی برای فرزندان آنان پیش‌بینی می‌کنید؟

مردی هموفیل قصد دارد با زنی ازدواج کند که سالم است و ناقل هم نیست. چه ژن نمودها (ژنوتیپ‌ها) و رخ نمودهایی

(fonotip‌ها) برای فرزندان آنان پیش‌بینی می‌کنید؟ ( بدون ذکر راه حل) (خرداد ۹۸)

دکتر بوریا خیراندیشی - دکتر فرزام فر همندیان - دکتر شایان تاکی - دکتر ایمان روستیا (ژن نمودهای (ژنوتیپ‌ها) فرزندان حاصل از ازدواج مردی هموفیل با زنی ناقل هموفیل را با رسم مربع پانت بنویسید. (دی ۹۸)

ج) رنگ گل میمونی مثالی از صفات (تک جایگاهی - چند جایگاهی) است. (شهریور ۹۸)

## صفات پیوسته و گستته

اندازهٔ قد شما چقدر است؟ اگر از هم کلاسی‌های خود اندازهٔ قدشان را بپرسید، اعداد گوناگونی را خواهید شنید. اندازهٔ قد صفتی پیوسته است. آیا می‌توان گفت که Rh هم چنین است؟ در میان انسان‌ها، صفت Rh تنها به دو شکل مثبت و منفی دیده می‌شود؛ بنابراین Rh صفتی گستته است.

ج) در میان انسان‌ها، صفت Rh صفتی (پیوسته - گستته) است. (خرداد ۱۴۰۰)

## صفات تک جایگاهی و چند جایگاهی

صفاتی که تا اینجا بررسی کردیم، صفاتی هستند که یک جایگاه ژن در فامتن دارند. برای مثال، دگرهٔ صفت گروه‌های خونی ABO یک جایگاه مشخص از فامتن ۹ را به خود اختصاص داده‌اند. چنین صفاتی را تک جایگاهی می‌نامیم.

منظور از صفات چند جایگاهی چیست؟ (دی ۱۴۰۰) → سر مقابل، صفاتی هستند که در بروز آنها بیش از یک جایگاه ژن شرکت دارد. رنگ نوعی ذرت مثالی

از صفات چند جایگاهی است. رنگ این ذرت طیفی از سفید تا قرمز است (شکل ۸).

ب) صفت رنگ نوعی ذرت یک صفت چند جایگاهی است یا تک جایگاهی؟ (خرداد ۹۸)

د) صفات چند جایگاهی رخ‌نمودهای [فنوتیپ‌های] پیوسته‌ای دارند. (ص) (خرداد ۱۴۰۱)

ب) صفات چند جایگاهی چه نوع رخ‌نمودی دارند؟ (شهریور ۱۴۰۰)



شکل ۸- رنگ‌های متفاوت ذرت

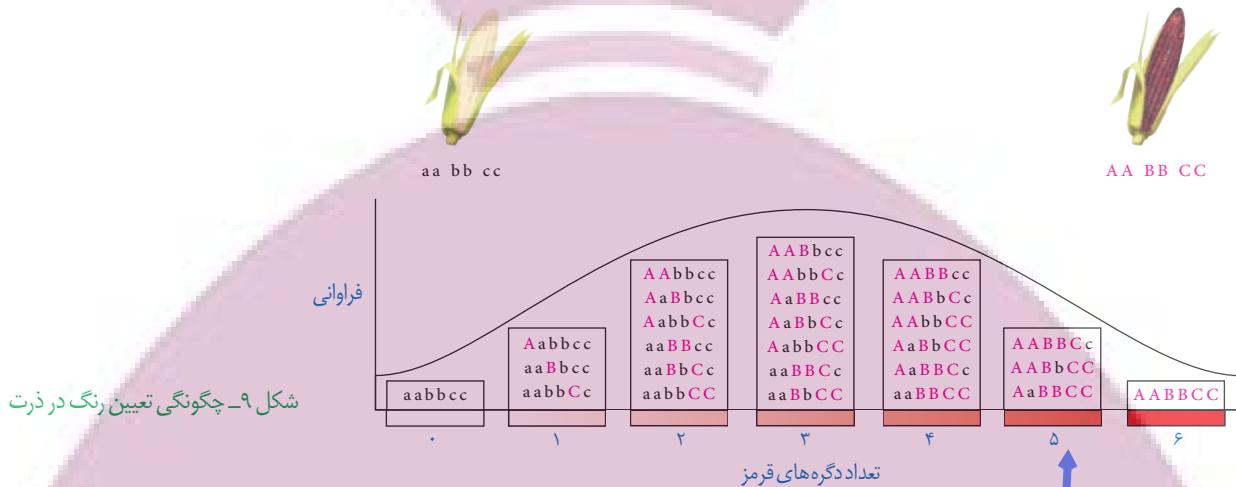
صفت رنگ در این نوع ذرت صفتی با سه جایگاه ژنی است که هر کدام دو دگره دارند. برای نشان دادن ژن‌های این سه جایگاه، از حروف بزرگ و کوچک A, B و C استفاده می‌کنیم. برحسب نوع ترکیب دگره‌ها، رنگ‌های مختلفی ایجاد می‌شود. دگره‌های باز، رنگ قرمز و دگره‌های نهفته رنگ سفید را به وجود می‌آورند. بنابراین رخ‌نمودهای دو آستانهٔ طیف، یعنی قرمز و سفید به ترتیب ژن‌نمودهای aabbcc و AABBCC را دارند. در رخ‌نمودهای ناخالص، هرچه تعداد دگره‌های باز بیشتر باشد، مقدار رنگ قرمز بیشتر است.

ج) در رابطه با رنگ نوعی ذرت، ژن نمود (ژنوتیپ) ذرت‌های موجود در دو آستانهٔ طیف یعنی قرمز و سفید را بنویسید. (خرداد ۹۹)

ج) در رنگ نوعی ذرت که یک صفت چند جایگاهی است، دگره‌های باز چه رنگی را به وجود می‌آورند؟ (دی ۹۸)

ج) در رابطه با رنگ نوعی ذرت، در رخ‌نمودهای ناخالص، هرچه تعداد دگره‌های باز بیشتر باشد، مقدار رنگ قرمز (بیشتر - کمتر) است. (شهریور ۹۹)

چنان که می‌بینیم صفات چند جایگاهی رخنmodهای پیوسته‌ای دارند. یعنی افراد جمعیت این ذرت، در مجموع طیف پیوسته‌ای بین سفید و قرمز را به نمایش می‌گذارند. به همین علت، نمودار توزیع فراوانی این رخنmodها شبیه زنگوله است.



ج) دو ذرت با ژن نmodهای  $AaBBCc$  و  $AABBcc$ ، دارای رخنmodهای (مشابه - متفاوت) هستند.

### اثر محیط

گاهی برای بروز یک رخنmod تنها وجود ژن کافی نیست. برای مثال در گیاهان، ساخته شدن سبزینه علاوه بر ژن، به نور هم نیاز دارد. **چرا نمی‌توان تنها از روی ژن‌ها، علت اندازه قد یک نفر را توضیح داد؟** محیط انسان، شامل عوامل متعددی است. تغذیه و ورزش عواملی محیطی اند که می‌توانند بر ظهور رخنmod اثر بگذارند. به عنوان مثال، قد انسان به تغذیه و ورزش هم بستگی دارد. بنابراین نمی‌توان تنها از روی ژن‌ها، علت اندازه قد یک نفر را توضیح داد. **نمی‌توان تنها از روی ژن‌ها، علت اندازه قد یک فرد را توضیح داد.** (ص) (دی) (۹۸)

### مهار بیماری‌های ژنتیک

ج) در بیماری فنیل‌کتونوری، آنژیمی که آمینواسید فنیل‌آلانین را (تجزیه کند - بسازد) وجود ندارد. (خرداد ۹۹) گرچه نمی‌توان بیماری‌های ژنتیک را در حال حاضر درمان کرد (مگر در موارد محدود) اما گاهی می‌توان با تغییر عوامل محیطی، عوارض بیماری‌های ژنی را مهار کرد. مثال این موضوع، بیماری فنیل‌کتونوری (PKU) است. در این بیماری آنژیمی که آمینواسید فنیل‌آلانین را می‌تواند تجزیه کند وجود ندارد. تجمع فنیل‌آلانین در بدن به ایجاد ترکیبات خطرناک منجر می‌شود. در این بیماری، مغز آسیب می‌بیند. خوشبختانه می‌توان از بروز این بیماری جلوگیری کرد. اما چگونه؟ علت این بیماری، تغذیه از پروتئین‌های حاوی فنیل‌آلانین است. با تغذیه نکردن از خوراکی‌هایی که فنیل‌آلانین دارند، می‌توان مانع بروز اثرات این بیماری شد. د) در بیماری فنیل‌کتونوری (PKU) تجمع چه ماده‌ای در بدن به ایجاد ترکیبات خطرناک منجر می‌شود؟ (دی) (۹۸) فنیل‌کتونوری یک بیماری نهفته است. وقتی نوزاد متولد می‌شود، علائم آشکاری ندارد. در عین حال، تغذیه نوزاد مبتلا به فنیل‌کتونوری با شیر مادر (که حاوی فنیل‌آلانین است) به آسیب یاخته‌های مغزی او می‌انجامد. به همین علت، نوزادان را در بدو تولد از نظر ایتلای احتمالی به این بیماری، با انجام آزمایش

ج) تغذیه نوزاد مبتلا به بیماری فنیل‌کتونوری با شیر مادر، باعث آسیب رسیدن به کدام یاخته‌های بدن او می‌شود؟ (خرداد ۹۸)

ب) در بیماری ..... آنژیمی که آمینواسید فنیل‌آلانین را می‌تواند تجزیه کند، وجود ندارد. (شهریور ۹۹)

ج) چرا نوزادان در بدو تولد، از نظر ابتلای احتمالی به بیماری فنیل کتونوری، با انجام آزمایش خون بررسی می‌شوند؟ (دی ۹۹)  
خون بررسی می‌کنند. در صورت ابتلا، نوزاد با شیرخشک‌هایی که فاقد فنیل آلانین است تغذیه می‌شود  
و در رژیم غذایی او برای آینده، از رژیم‌های بدون (یا کم) فنیل آلانین استفاده می‌شود (شکل ۱۰).  
چگونه می‌توان از بروز بیماری فنیل کتونوری (PKU) جلوگیری کرد؟ (شهریور ۹۸)



شکل ۱۰- خون‌گیری از نوزاد برای انجام آزمایش‌های بدو تولد

زن و مردی سالم صاحب فرزندی هموفیل شده‌اند. با توجه به این که هموفیلی یک بیماری وابسته به X و زنده است (شهریور ۹۹)  
الف) جنسیت فرزند هموفیل را مشخص کنید.

ب) ژن نمود (ژنوتیپ) والد ناقل را بنویسید.

ج) احتمال تولد کدامیک، دختر هموفیل یا پسر سالم در این خانواده وجود ندارد؟  
پدری گروه خونی O و مادری گروه خونی AB دارد. (شهریور ۱۴۰۰)

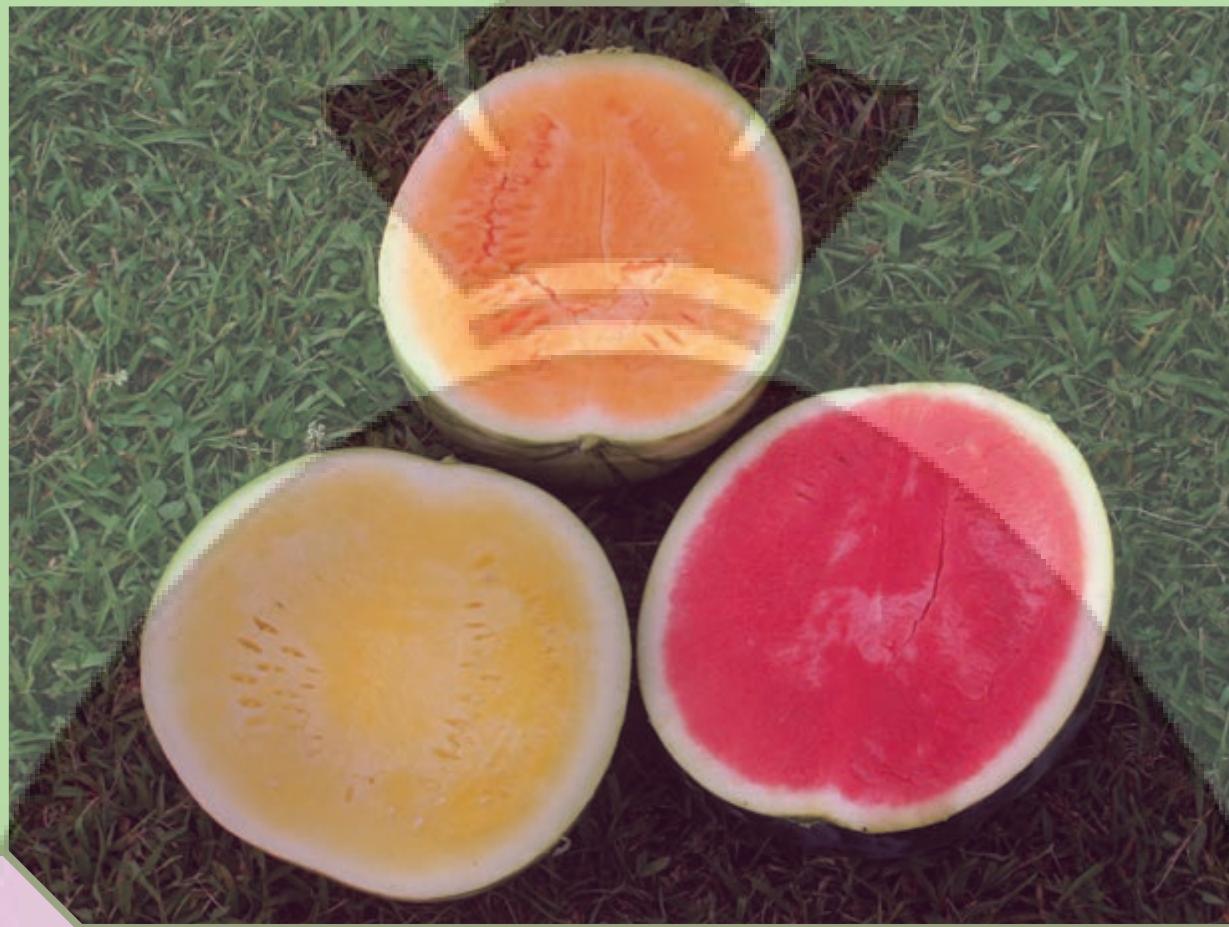
چه ژن نمود و رخدندهایی برای فرزندان آنان پیش‌بینی می‌کنید؟ (نیازی به رسم مربع پانت نیست).  
حجم مربع

پدری با گروه خونی AB و مادری با گروه خونی B صاحب فرزندی با گروه خونی A شده‌اند.

الف) ژن نمود (ژنوتیپ) مادر را بنویسید.

ب) سایر رخدندهای (فنوتیپ‌های) فرزندان این خانواده را با رسم مربع پانت پیش‌بینی کنید.





## فصل ۴

# تغییر در اطلاعات و راثتی



### جاخالی تأثیفی

پایداری اطلاعات در سامانه‌های زنده، یکی از ویژگی‌های ماده و راثتی است اما در عین حال، ماده و راثتی به طور محدود تغییرپذیر است. این تغییرپذیری باعث ایجاد گوناگونی می‌شود و چنان که خواهیم دید توان بقای جمعیت‌هارا در شرایط متغیر محیط افزایش می‌دهد و زمینه تغییر گونه‌هارا فراهم می‌کند. در این فصل با انواع تغییرات ماده و راثتی و اثرات آن بر فرد، جمعیت و گونه آشنا خواهیم شد.

طرح سؤال‌های محاسباتی و طرح سؤال از توالی‌های رمز، رمزه و آینوسیدهای مربوط به آنها در همه آزمون‌ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.

به منظور آمادگی کامل برای امتحان نهایی زیست‌شناسی دوازدهم و تکمیل این جزو، کلاس آمادگی امتحان نهایی دکتر خیراندیش و دکتر فرهمندیا در گروه آموزشی ماز را مورخ شنبه و یکشنبه ۱۳ و ۱۴ خردادماه از ساعت ۱۲:۰۰ تا ۱۵:۰۰ لغایت ۱۵ مشاهده نمایید.

گفتار ۱ تغییر در مادهٔ وراثتی جانداران

تغییرپذیری ماده و راشتی پیامدهای مختلفی دارد. تغییر، ممکن است «مفید»، «مضر» یا «خنثی» باشد. تغییر در ماده و راشتی چگونه رخ می‌دهد و چه چیزی پیامد آن را تعیین می‌کند؟ در ادامه به این الات پاسخ خواهیم داد.

جهش

در فصل ۲ با کم خونی ناشی از گوچه‌های قرمز داسی شکل آشنا شدیم و دیدیم که علت این بیماری، تغییر شکل در مولکول‌های هموگلوبین است. علت این تغییر شکل چیست؟ دانشمندان با مقایسه آمینواسیدهای هموگلوبین‌های سالم و تغییر شکل یافته، دریافتند که این دو هموگلوبین فقط در ششمنی آمینواسید از زنجیره بتا متفاوت‌اند.

مقایسه ژن‌های زنجیره بتابی هموگلوبین در بیماران و افراد سالم نشان می‌دهد که در رمز مربوط به ششمين آمینوسید، نوکلوتئید A به جای T قرار گرفته است (شکل ۱). شگفتا که تغییر در یک نوکلوتئید از میلیون‌ها نوکلوتئید انسان، می‌تواند پیامدی این چنین وخیم را به دنبال داشته باشد. تغییر ماندگار در

درازجیره شاپی هموگلوبین طبیعی آمینو اسید: (CTT) است. (۹۹) ششمین آمینو اسید: (CTT) رشتة الگوی دنای هموگلوبین طبیعی با تهاته الگوی دنای هموگلوبین جهش یافته است.

**جهش را تعریف کنید؟ (خرداد ۱۴۰۰)**

جهش می‌نامند. اشی را جهش می‌نامند.

جهش را تعریف کنید؟ (خرداد ۱۴۰۰)

جهش می‌نامند. اشی را جهش می‌نامند.

۱۶۰ - ۱۵۹ - ۱۵۸ - ۱۵۷

شکل ۱- مقایسه ژن‌های هموگلوبین در افراد سالم و بیمار. در این شکل فقط بخشی از ژن نشان داده شده است.

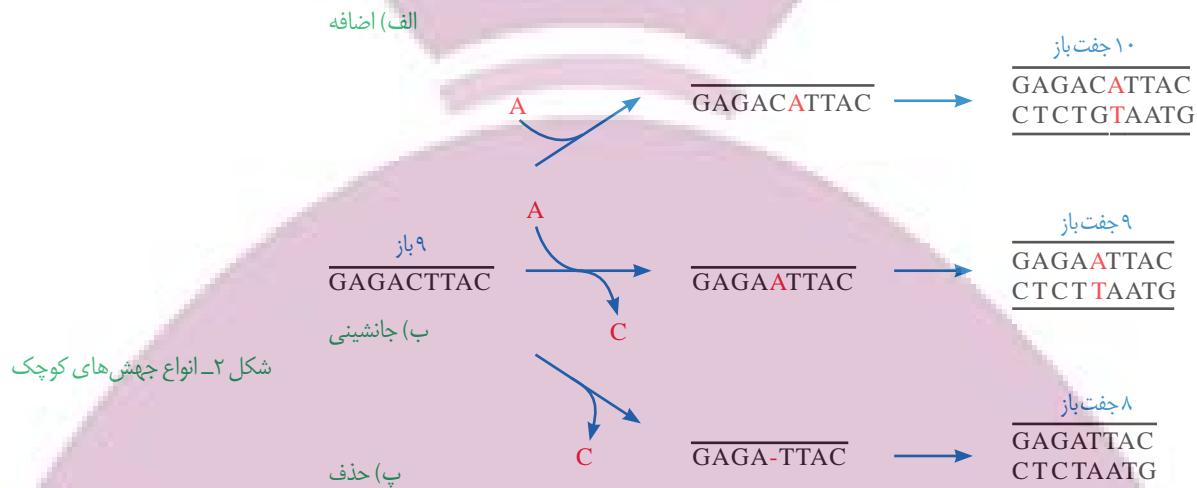
گلوتامیک اسید: Glu  
والپین: Val

انواع چهش

در مثال بالا دیدیم که جهش در یک نوکلئوتید رخ داده است، اما جهش می‌تواند در اندازه بسیار وسیع‌تری هم رخ دهد. گاهی جهش آن قدر وسیع است که حتی ساختار یا تعداد فامتن را تغییر می‌دهد. ببر همین اساس، جهش‌های دو گروه کوچک و بزرگ تقسیم می‌کنند.

**جهش‌های کوچک:** این جهش‌ها یک یا چند نوکلئوتید را در برمی‌گیرند. انواع جهش‌های کوچک در شکل ۲ نشان داده شده‌اند. مثالٰ یاخته‌های داسی شکل، نمونه‌ای از جهش کوچک است. در اینجا یک نوکلئوتید، جانشین نوکلئوتید دیگری شده است. این نوع جهش را جانشینی می‌نامند. از آن جایی که این جهش سبب تغییر در نوع آمینواسید در زنجیره پلی‌پپتیدی شده است؛ این نوع جهش جانشینی را جهش، دُگ معنام، نامند. به علت وجود ابطة مکمل، بین، بازها، تغییر در یک نوکلئوتید از یک رشته دنا،

نوکلئوتید مقابله آن را در رشته دیگر تغییر می‌دهد به همین علت، جانشینی در یک نوکلئوتید به جانشینی در یک جفت نوکلئوتید منجر می‌شود.



نایاب تصور کرد که جهش جانشینی همیشه باعث تغییر در توالی آمینواسیدها می‌شود. می‌دانید چرا؟ پاسخ این است که گاهی جهش، رمز یک آمینواسید را به رمز دیگری برای همان آمینواسید تبدیل می‌کند.

آمینواسیدها نمی‌شود (ص/غ). (دی ۱۴۰۰)

جهش جانشینی همیشه باعث تغییر در توالی آمینواسیدها نخواهد گذاشت. چنین جهشی را جهش خاموش می‌نامند.

اگر در جهش جانشینی، رمز یک آمینواسید به رمز پایان ترجمه تبدیل شود، در این صورت طول پلیپپتید حاصل از آن، چه تغییری می‌کند؟ (شهریور ۹۸)

جهش بی معنا را تعریف کنید. (خرداد ۹۹)

جهش‌های اضافه و حذف، انواع دیگر جهش‌های کوچک‌اند. در این جهش‌ها به ترتیب یک یا چند نوکلئوتید اضافه یا حذف می‌شود. نتیجه این جهش‌ها چیست؟ می‌دانیم که رمز دنابه صورت دسته‌های سه‌تایی از نوکلئوتیدها خوانده می‌شود. اگر نوکلئوتیدی اضافه یا حذف شود ممکن است پیامد و خیمی داشته باشد. برای درک بهتر موضوع، به این مثال توجه کنید. جمله «این سیب سرخ است» را که با کلمات سه حرفی نوشته شده است، به صورت زیر در نظر بگیرید:

ای ن / س ی / ب / س درخ / اس ت

اگر یک حرف به جایی درون این جمله اضافه شود چگونه خوانده می‌شود؟ قرار است این جمله را همچنان به صورت کلمات سه حرفی بخوانیم:

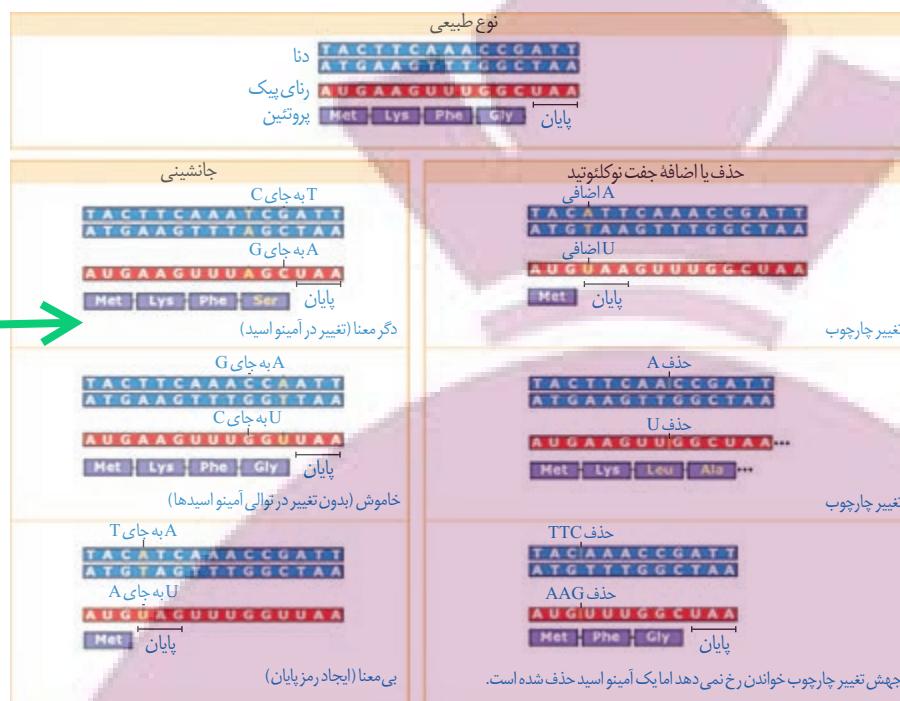
ای ن / **ر** س ی / ب س درخ / اس ت

می‌بینیم که جمله معنای خود را از دست می‌دهد. جهش‌های از نوع اضافه و حذف را که باعث چنین تغییری در خواندن می‌شوند، جهش **تغییر چارچوب خواندن** می‌نامند. در شکل ۳، تأثیر این جهش بر توالی یک پروتئین فرضی نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۳ می‌بینید، جهش‌های اضافه و حذف،

الزاماً به تغییر چارچوب خواندن نمی‌انجامند.

جهش‌های اضافه و حذف، الزاماً به تغییر چارچوب

خواندن می‌انجامند (ص/غ). (شهریور ۹۹)



### شکل ۳- تأثیر جهش بر پروتئین

الف) در چه صورت طول یک رشته پلی پپتیدی ممکن است افزایش یابد؟  
ب) اگر تعداد نوکلئوتیدهای اضافه یا حذف شده مضر بی، از سه باشد، چه ییامدی مورد انتظار است؟

در چه صورت طول یک رشته پلیپیتیدی ممکن است افزایش یابد؟ (خرداد ۱۴)

را به رمز یک آمینو اسید تبدیل کند که در این صورت پلی پیتید حاصل از آن بلندر خواهد شد.

فعالیت ا

**جهش‌های بزرگ (ناهنجری‌های فامتی):** جهش ممکن است در مقیاس وسیع‌تری رخ دهد

زیست‌شناسان چگونه می‌توانند از وجود ناهنجاری‌های فام تی (کروموزومی) آگاه شوند؟ (خرداد ۹۹)

در سال ۲۱ گذشته با نشانگان داون آشنا شدید. ممکن است که مبتلایان به این بیماری بک فامت نباشند.

فامتنی (کروموزومی) آگاه شوند؟ (خرداد ۹۹)

وجود یک فامتن (کروموزوم) ۲۱ اضافی در مبتلایان به نشانگان داون،

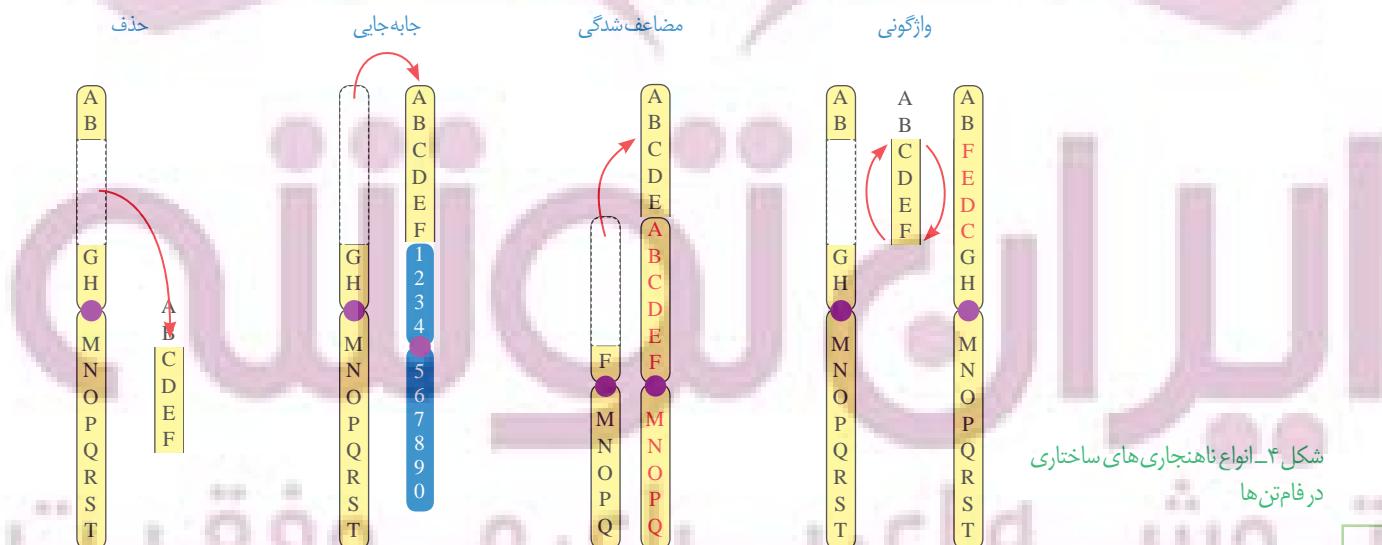
مثال، از ناهنجار، فامتن‌ها است. (شهریور ۹۹)

حصافی دارند. تغییر در بعد از قامین هارا با همچو بخاری عددی در قامین ها می نامند.

ضافی دارند. تغییر در تعداد فامتن هارا ناهنجاری عددی در فامتن های نامند.

نوع دیگری از ناهنجاری فامتنی، ناهنجاری ساختاری است. انواع این جهش‌ها در شکل ۴ نشان

ناده شده‌اند



## شکل ۴- انواع ناهنجاری های ساختاری در فامتن ها

«B»	«A»
جهش جانشینی	۱- کم خوبی ناشی از تغییرهای قرمز داسی شکل
ناهنجاری عددی در فامتن (کروموزوم)	۲- نشانگان داون
جهش ارثی	۳- جهش در گامت‌ها (کامتهها)
ناهنجاری ساختاری در فامتن (کروموزوم)	۴- واژگونی

همان طور که در شکل می‌بینید، ممکن است قسمتی از فامتن از دست برود که به آن حذف می‌گویند. جهش‌های فامتنی حذفی غالباً باعث مرگ می‌شوند. **جایه‌جایی**، نوع دیگری از ناهنجاری فامتنی است که در آن قسمتی از یک فامتن به فامتن غیرهمتا یا حتی بخش دیگری از همان فامتن منتقل می‌شود. اگر قسمتی از یک فامتن به فامتن همتا جایه‌جایی شود، آن گاه در فامتن همتا، از آن قسمت دونسخه دیده می‌شود. به این جهش،  **مضاعف‌شدگی** می‌گویند. نوع دیگری از ناهنجاری‌های فامتنی، **واژگونی** است که در آن جهت قرارگیری قسمتی از یک فامتن در جای خود معکوس می‌شود.

## پیامدهای جهش

تأثیر جهش به عوامل مختلفی بستگی دارد. یکی از این عوامل، محل وقوع جهش در **زنگان (زنوم)** است. زنگان به کل محتوای ماده و راثتی گفته می‌شود و برابر است با مجموع محتوای ماده و راثتی هسته‌ای به مجموع محتوای ماده و راثتی هسته‌ای و سیتوپلاسمی. (الف) در این نوع جهش رمز یک آمینواسید به رمز دیگر همان آمینواسید تبدیل می‌شود. (ب) در این نوع جهش قسمتی از یک فامتن به فامتن غیرهمتا منتقل می‌شود. (جایه‌جایی)

طبق قرارداد، زنگان هسته‌ای را معادل مجموعه‌ای شامل یک نسخه از هریک از انواع فامتن‌ها در نظر می‌گیرند. **زنگان هسته‌ای انسان شامل ۲۲ فامتن غیرجنسي و فامتن‌های جنسی X و Y** است. دنای راکیزه، زنگان سیتوپلاسمی را در زنگان انسان تشکیل می‌دهد. زن‌ها فقط بخشی از زنگان اند. ممکن است جهش در توالی‌های بین زنی رخ دهد. در این صورت بر توالی محصول زن، اثری نخواهد گذاشت. اگر جهش درون زن رخ دهد، آن گاه پیامدهای آن مختلف خواهد بود. آنزیمی را در نظر بگیرید که در زن آن جهش جانشینی رخ داده و رمز یک آمینواسید را به آمینواسید دیگری تبدیل کرده است. آیا این جهش باعث تغییر در عملکرد آنزیم خواهد شد؟ پاسخ این سؤال به محل وقوع تغییر در آنزیم بستگی دارد. اگر جهش باعث تغییر در جایگاه فعال آنزیم شود، آن گاه احتمال تغییر عملکرد آنزیم بسیار زیاد است. اما اگر جهش در جایی دور از جایگاه فعال رخ دهد، به طوری که بر آن اثری نگذارد، احتمال تغییر در عملکرد آنزیم کم یا حتی صفر است.

گاهی جهش در یکی از توالی‌های تنظیمی رخ می‌دهد، مثلاً در راه انداز یا افزاینده. این جهش بر توالی پروتئین اثری نخواهد داشت بلکه بر «مقدار» آن تأثیر می‌گذارد. جهش در راه انداز، ممکن است آن را به راه اندازی قوی‌تر یا ضعیفتر تبدیل کند و با اثر بر میزان رونویسی از زن، محصول آن را نیز بیشتر یا کمتر کند.

## علت جهش

گرچه سازوکارهای دقیقی برای اطمینان از صحت همانندسازی دنا وجود دارد اما با وجود اینها، گاهی در همانندسازی خطاهایی رخ می‌دهد که باعث جهش می‌شوند.

یک عامل جهش‌زای فیزیکی نام ببرید که باعث تشكیل دوپار (دیمر) تیمین می‌شود. (شهربور ۹۸) جهش، تحت اثر **عوامل جهش‌زا** هم رخ می‌دهد. عوامل جهش‌زا رامی‌توان به دو دستهٔ فیزیکی و شیمیایی تقسیم کرد. پرتو فرابنفش یکی از عوامل جهش‌زا فیزیکی است. این پرتو، که در نور خورشید وجود دارد، باعث تشكیل پیوند بین دو تیمین مجاور هم در دنا می‌شود که به آن **دوپار (دیمر) تیمین** می‌گویند (شکل ۵). دوپار تیمین با ایجاد اختلال در عملکرد آنزیم دنا بسپاراز، همانندسازی دنا را با مشکل مواجه می‌کند. از مواد شیمیایی جهش‌زا می‌توان به **بنزوپیرین** اشاره کرد که در دود سیگار وجود

یک عامل جهش‌زا شیمیایی نام ببرید که در دود سیگار وجود دارد؟ (خرداد ۹۹) دکتر پوریا خیراندیش - دکتر ایمان روستا رشایان تاکی

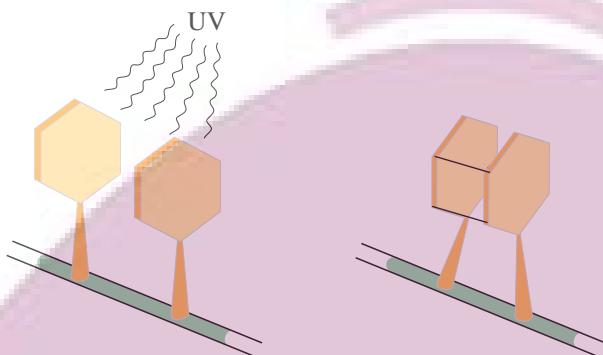
دارد و جهشی ایجاد می‌کند که به سرطان منجر می‌شود.

جهش ارثی یا اکتسابی است. جهش ارثی از یک یا هر دو والد به فرزند می‌رسد. این جهش در گامت‌ها

وجود دارد که پس از لقاح، جهش را به تخم منتقل می‌کنند. در این صورت همهٔ یاخته‌های حاصل از آن

**جاخالی تألفی** تخم، دارای آن جهش‌اند. **جهش اکتسابی از محیط کسب می‌شود.** مثلاً سیگار کشیدن می‌تواند باعث

ایجاد جهش در یاخته‌های دستگاه تنفس شود.



شکل ۵- تشکیل دوپار تیمین

سبک زندگی و تغذیه سالم نقش مهمی در پیشگیری از سرطان دارند. ورزش و وزن مناسب، از عوامل مهم در حفظ سلامت‌اند. در سال‌های قبل دیدید که غذاهای گیاهی که پاد اکستنه و الیاف دارند در پیشگیری از سرطان مؤثرند. در عین حال، شیوهٔ فراوری و پخت غذا بر سلامت آن اثر می‌گذارد. تحقیقات نشان داده است در مناطقی که مصرف غذاهای نمک‌سود یا دودی شده رایج است، سرطان شیوع بیشتری دارد. همچنین، ارتباط بعضی از سرطان‌ها با مصرف زیاد غذاهای کباب شده یا سرخ شده مشخص شده است. گزارش‌های متعددی در دست است که نشان می‌دهد ترکیبات نیتریت دار مانند

**سدیم نیتریت**، که برای ماندگاری محصولات پروتئینی مثل سوسيس و کالباس به آنها اضافه می‌شود،

در بدن به ترکیباتی تبدیل می‌شوند که تحت شرایطی قابلیت سرطان‌زای دارند. بنابراین مصرف زیاد چنین مواد غذایی از عوامل ایجاد سرطان است.

### جاخالی تألفی

ایران نویس  
دوشهای برای موفقیت

## گفتار ۲

### تغییر در جمیعتها

#### جاخالی تأثیفی

بعد از کشف پادرزیست (آنتی بیوتیک) ها در نیمه قرن گذشته، آدمی به یکی از کارآمدترین ابزارهای دفاعی در برابر باکتری های بیماری زا مجهز شد و توانست در نبرد با آنها پیروز شود. با این وجود، مدتی است که از گوشه و کنار دنیا خبر می رسد باکتری ها نسبت به پادرزیست ها مقاوم شده اند. گرچه دانشمندان با طراحی داروهای جدید، برتری انسان را در این نبرد همچنان حفظ کرده اند اما در عین حال، روند مقاوم شدن باکتری ها آدمی را سخت نگران کرده است. مقاوم شدن باکتری ها نسبت به داروها، یکی از مثال هایی است که نشان می دهد «موجودات زنده می توانند در گذر زمان تغییر کنند». این تغییر چگونه رخ می دهد؟

### تغییر در گذر زمان

به انسان های اطراف خود نگاه کنید. همه انسان ها ویژگی های مشترکی دارند که باعث می شود آنان را در گروهی به نام «انسان ها» قرار دهیم. در عین حال، در میان انسان ها «تفاوت های فردی» نیز وجود دارد که باعث شناخت آنها از یکدیگر می شود. تفاوت های فردی منحصر به انسان نیست. در میان افراد گونه های دیگر هم تفاوت های فردی مشاهده می شود.

تفاوت های فردی چگونه می تواند در پایداری گونه مؤثر باشد؟ این سوال را با ذکر مثالی پاسخ می دهیم. فرض کنید در نوعی از جانوران، افراد تحمل متفاوتی نسبت به سرما دارند؛ یعنی بعضی ها می توانند سرما را تحمل کنند. اگر سرمای شدیدی رخ دهد، آنان که سرما را تحمل می کنند شانس بیشتری برای زنده ماندن دارند. بنابراین، این افراد، بیشتر از دیگران تولید مثل می کنند و در نتیجه صفت تحمل سرما، بیش از گذشته، به نسل بعد منتقل می شود. اگر سرما همچنان ادامه یابد، باز هم آنها که سرما را تحمل می کنند، شانس بیشتری برای تولید مثل و انتقال صفت به نسل های بعد را خواهند داشت. بنابراین، بعد از مدتی با جمعیتی رو به رو خواهیم شد که در آن، تعداد افرادی که سرما را تحمل می کنند در مقایسه با جمعیت اول، بیشتر است و این یعنی تغییر در جمیعت.

#### جاخالی تأثیفی

مثال ساده ای که در بالا عنوان شد، نشان می دهد که برای تغییر، شرایطی لازم است. یکی از این شرایط، وجود تفاوت های فردی است. وقتی تفاوت فردی هست، این سوال پیش می آید که کدام تفاوت ها بهترند. در مثال ما، آنها که سرما را تحمل می کرند، در مقایسه با بقیه، شانس بیشتری برای زنده ماندن داشتند. با کمی دقیق توجه می شویم که این «بهتر» بودن یک صفت همیشگی نیست؛ بلکه شرایط محیط تعیین کننده صفات بهتر است. اگر هوا به جای سرد شدن گرم می شد، آن گاه افراد دیگری شانس زنده ماندن داشتند. بنابراین، زیست شناسان از واژه «صفت بهتر» استفاده نمی کنند بلکه به جای آن می گویند «صفت سازگارتر با محیط». به روشی دیده می شود این، «محیط» است که تعیین می کند کدام صفات با فراوانی بیشتری به نسل بعد منتقل شوند. این فرایند را که در آن افراد سازگارتر با محیط انتخاب می شوند، یعنی آنها بی که شانس بیشتری برای زنده ماندن و تولید مثل دارند، انتخاب طبیعی می نامند.



انتخاب طبیعی را تعریف کنید؟ (دی ۱۴۰۰)



شکل ۶- چگونگی مقاوم شدن  
باکتری ها به پادزیست

علت مقاوم شدن باکتری ها به پادزیست ها در نتیجه انتخاب طبیعی را بنویسید. (دی ۹۹)

انتخاب طبیعی می تواند علت مقاوم شدن باکتری ها به پادزیست ها را نیز توضیح دهد (شکل ۶).

در این مثال باکتری های غیر مقاوم از بین می روند و باکتری های مقاوم تکثیر می شوند و به تدریج همه

جمعیت را به خود اختصاص می دهند؛ در نتیجه جمعیت از غیر مقاوم به مقاوم تغییر می یابد.

وقتی از تفاوت های فردی سخن می گوییم در واقع در حال بررسی جمعیتی از افراد هستیم نه یک فرد. انتخاب طبیعی «جمعیت» را تغییر می دهد نه «فرد» را. جمعیت، به افرادی گفته می شود که به یک گونه تعلق دارند و در یک زمان و مکان زندگی می کنند.

نتخاب طبیعی است (ص/غ). (خرداد ۹۸)

### بیشتر بدانید

ابوریحان بیرونی، در کتاب تحقیق مالله‌نند، نخستین دانشمندی است که تئییر گونه هارا توصیف می کند. چارلز داروین (Charles Robert Darwin) و آلفردو والاس (Alfred Russel Wallace) مستقل از یکدیگر سازو کار انتخاب طبیعی را برای تئییر گونه ها ارائه کردند.

## خزانه ژن

قبل از کشف مفاهیم پایه ژنتیک، زیست‌شناسان جمعیت را بر اساس صفات ظاهری توصیف می کردند. مثل گوناگونی رنگ بدن در یک جمعیت جانوری یا گوناگونی رنگ گلبرگ در یک جمعیت گیاهی. با شناخت ژن ها، این امکان فراهم شد که زیست‌شناسان، جمعیت را بر اساس ژن های آن توصیف کنند. مجموع همه دگرهای موجود در همه جایگاه های ژنی افراد یک جمعیت را خزانه ژن

آن جمعیت می نامند.

یک جمعیت را ..... آن جمعیت می نامند. (شهریور ۹۸)

خزانه ژنی جمعیت را تعریف کنید؟ (خرداد ۱۴۵)

## تعادل در جمعیت

اگر در جمعیتی فراوانی نسبی دگرهای یا زن نمودها از نسلی به نسل دیگر ثابت باشد، آن گاه می گویند

ثابت باشد، جمعیت در حال تعادل ژنی است. (دی ۱۴۰)

جمعیت در حال تعادل ژنی است. وقتی جمعیت در حال تعادل است، تغییر در آن، مورد انتظار نیست.

اگر جمعیت از تعادل خارج شود، روند تغییر را در پیش گرفته است. عوامل زیر باعث می شوند جمعیت از

حال تعادل خارج شود.

از عواملی که باعث می شوند جمعیت از حال تعادل خارج شود، دو مورد نام ببرید. (شهریور ۹۹)

**(الف) جهش:** یک باکتری را در نظر بگیرید که هر ۲۰ دقیقه تقسیم می شود. اگر جهش رخ دهد،

آن گاه دگرهای جدیدی ایجاد می شوند که این یعنی تغییر در فراوانی نسبی دگرهای.

جهش، با افزودن دگرهای جدید، خزانه ژن را غنی تر می کند

و گوناگونی را افزایش می دهد (ص/غ). (شهریور ۹۸)

جهش، با افزودن دگرهای جدید، خزانه ژن را غنی تر می کند

از جهش ها تأثیری فوری برخ نمود ندارند و بنابراین ممکن است تشخیص داده نشوند. اما با تغییر شرایط

محیط ممکن است دگره جدید، سازگارتر از دگره یا دگره های قبلی عمل کند.

**(ب) رانش دگره ای:** فرض کنید گله ای شامل ۱۰۰ گوسفند در حال عبور از ازتعاقات است. حین

عبور، تعدادی گوسفند به پایین سقوط می کنند و می میرند. اگر این گوسفندان زاده ای نداشته باشند،

شانس انتقال ژن های خود به نسل بعد را از دست داده اند. به فرایندی که باعث تغییر فراوانی دگره ای بر

در کدام عامل برهمزننده تعادل جمعیت‌ها،

فرایندی که باعث تغییر فراوانی دگرهای بر اثر رویدادهای تصادفی می‌شود، چه نام دارد؟ (دی ۱۴۰۰) رویدادهای تصادفی نقش دارند؟ (خرداد ۹۹)

اثر رویدادهای تصادفی می‌شود، رانش دگرهای می‌گویند. رانش دگرهای گرچه فراوانی دگرهای را تغییر می‌دهد اما برخلاف انتخاب طبیعی به سازش نمی‌انجامد.

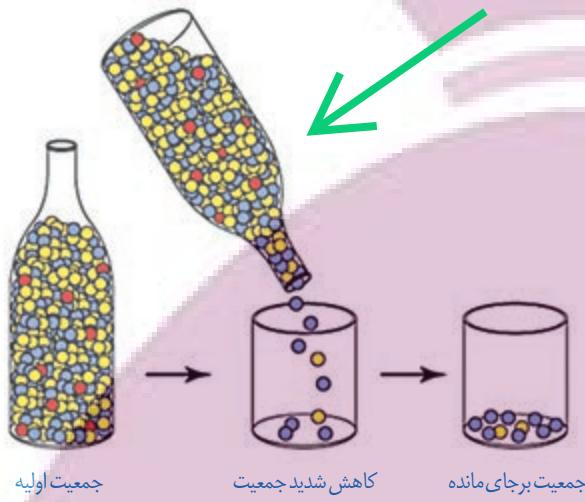
به مثال دیگری توجه کنید. گاهی در حوادثی نظیر سیل، زلزله، آتش‌سوزی و نظایر آن، تعداد آنهایی

که می‌میرند ممکن است بیش از آنهایی باشند که زنده می‌مانند.

بنابراین فقط بخشی از دگرهای جمعیت بزرگ اولیه به جمعیت کوچک باقی‌مانده خواهد رسید و جمعیت آینده از همین دگرهای برجای مانده تشکیل خواهد شد (شکل ۷). در این صورت نیز فراوانی دگرهای تغییر می‌کند اما این تغییر در فراوانی، ارتباطی با سازگاری آنها با محیط و انتخاب طبیعی ندارد.

هرچه اندازه یک جمعیت کوچک‌تر باشد، رانش دگرهای اثر بیشتری دارد. به همین علت، برای آنکه جمعیتی در تعادل باشد، باید اندازه‌بزرگی داشته باشد. منظور از اندازه جمعیت، تعداد افراد آن است.

**پ) شارش ژن:** وقتی افرادی از یک جمعیت به جمعیت دیگری مهاجرت می‌کنند، در واقع تعدادی از دگرهای جمعیت



مبدأ را به جمعیت مقصد وارد می‌کنند و سبب تغییر در فراوانی نسبی دگرهای هر دو جمعیت می‌شود. شکل ۷ - کاهش شدید در فراوانی نسبی دگرهای هر دو جمعیت می‌شود. باعث تغییر فراوانی‌های دگرهای می‌شود.

سرانجام خزانه ژن دو جمعیت به هم شبیه می‌شود. در چه صورت با شارش ژن، خزانه ژن دو جمعیت به هم شبیه می‌شود؟ (خرداد ۹۹)

**ت) آمیزش غیرتصادفی:** برای آنکه جمعیتی در حال تعادل باشد، لازم است آمیزش‌ها در آن تصادفی باشند. آمیزش تصادفی آمیزشی است که در آن احتمال آمیزش هر فرد با افراد جنس دیگر در آن جمعیت یکسان باشد. اگر آمیزش‌ها به رخ نمود یا ژن نمود بستگی داشته باشد دیگر تصادفی نیست و فراوانی نسبی ژن نمودها را تغییر می‌دهد. برای مثال، جانوران جفت خود را بر اساس ویژگی‌های ظاهری و رفتاری «انتخاب» می‌کنند (فصل ۸).

**ث) انتخاب طبیعی:** انتخاب طبیعی فراوانی دگرهای را در خزانه ژنی تغییر می‌دهد. انتخاب طبیعی

افراد سازگارتر با محیط را برمی‌گزیند و از فراوانی دیگر افراد می‌کاهد. به این ترتیب، خزانه ژن نسل آینده دستخوش تغییر می‌شود. در مثال ابتدای این گفتار، دیدیم که چگونه در نتیجه انتخاب طبیعی، بعضی از باکتری‌ها نسبت به تغییر شرایط (حضور پادزیست‌ها) سازش پیدا کرده‌اند.

## تداوی گوناگونی در جمعیت‌ها

دانستیم که نتیجه انتخاب طبیعی، سازگاری بیشتر جمعیت با محیط است. با انتخاب شدن افراد سازگارتر، تفاوت‌های فردی و در نتیجه گوناگونی کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، دیدیم که گوناگونی در میان افرادیک جمعیت، توانایی بقای جمعیت را در شرایط محیطی جدید بالا می‌برد. از این‌رو به سازوکارهایی نیاز است که با وجود انتخاب طبیعی، گوناگونی تداوم داشته باشد. در ادامه، این سازوکارها بررسی می‌کنیم.

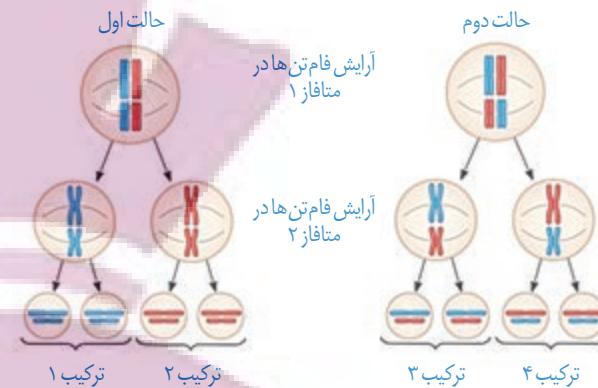
**الف) گوناگونی دگرهای در گامت‌ها:** در تولید مثل جنسی، هر والد از طریق گامت‌هایی که می‌سازد، نیمی از فامتن‌های خود را به نسل بعد منتقل می‌کند. اینکه هر گامت کدامیک از فامتن‌های ارمنتقل می‌کند به آرایش

چهارتایه‌ها (ترادها) در کاستمن ۱ بستگی دارد. در متافاز کاستمن ۱، فامتن‌ها با آرایش‌های مختلفی ممکن است در سطح میانی یاخته قرار گیرند که به ایجاد گامت‌های مختلفی ممکن است در نحوه توزیع فامتن‌های کاستمن نشان داده است.

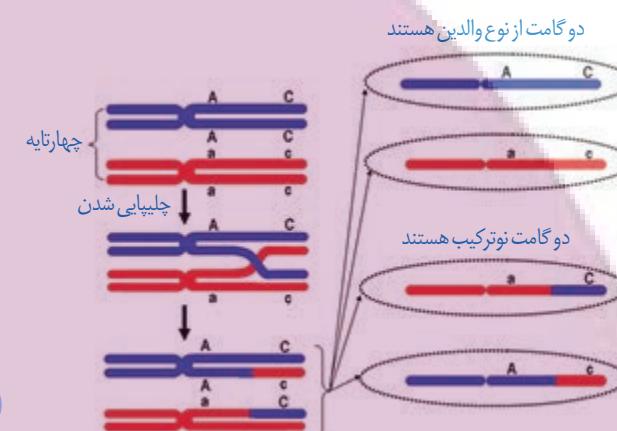
**(ب) نوترکیبی:** در کاستمن ۱، هنگام جفت شدن فامتن‌های همتا و ایجاد چهارتایه، ممکن است قطعه‌ای از فامتن بین فامینک‌های غیرخواهیری مبادله شود. این پدیده را چلیپایی شدن (کراسینگ اور) می‌گویند. اگر قطعات مبادله شده حاوی دگرهای متفاوتی باشند، ترکیب جدیدی از دگرهای در این دو فامینک به وجود می‌آید و به آنها فامینک‌های نوترکیب می‌گویند. از میان گامت‌ها، آنهایی که فامینک‌های نوترکیب را دریافت می‌کنند، گامت نوترکیب نامیده می‌شوند (شکل ۹).

**(پ) اهمیت ناخالص‌ها:** اهمیت ناخالص‌ها در تداوم گوناگونی را می‌توان بهوسیله بیماری کم خونی ناشی از گویچه‌های قرمز داسی شکل نیز نشان داد. افراد مبتلا به بیماری گویچه‌های قرمز داسی شکل ژن نمود  $Hb^S Hb^S$  دارند و در سنین پایین معمولاً می‌میرند. ژن نمود ناخالص‌ها  $Hb^A Hb^S$  است و وضع بهتری دارند. گویچه‌های قرمز آنها فقط هنگامی داسی شکل می‌شوند که مقدار اکسیژن محیط کم باشد.

ژن‌شناسان با مطالعه توزیع این بیماری در جهان دریافته‌اند که فراوانی دگر  $Hb^S$  در مناطقی که مalaria شایع است، بسیار بیشتر از سایر مناطق است. بیماری الماریا بهوسیله نوعی انگل تک یاخته‌ای ایجاد می‌شود که بخشی از چرخه زندگی خود را در گویچه‌های قرمز می‌گذراند. افرادی که گویچه سالم دارند، یعنی  $Hb^A Hb^A$  هستند، در معرض خطر ابتلا به الماریا قرار دارند. این انگل نمی‌تواند در افراد  $Hb^A Hb^S$  سبب بیماری شود، پس افراد  $Hb^A Hb^S$  در برابر الماریا مقاوم‌اند. بنابراین، وجود دگر  $Hb^S$  در این منطقه باعث بقای جمعیت می‌شود؛ حال آنکه این دگر در سایر مناطق، دگر مناسبی نیست. این مثال، مثال خوبی است که نشان می‌دهد شرایط محیط، تعیین‌کننده صفتی است که حفظ می‌شود.



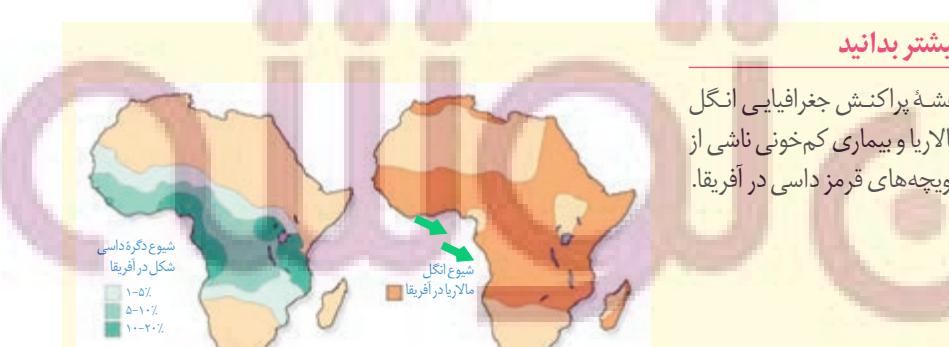
شکل ۸- نحوه توزیع فامتن‌های کاستمن (میوز)



شکل ۹- نوترکیبی بر اثر چلیپایی شدن

با مطالعه توزیع بیماری کم خونی داسی شکل در جهان،  
فراوانی دگر  $Hb^S$  در چه مناطقی بسیار بیشتر از سایر مناطق است؟ (شهریور ۹۹)

کدام ژن نمود بیماری کم خونی داسی شکل،  
به بیماری الماریا مقاوم است؟ (خرداد ۹۹)



### بیشتر بدانید

نقشه پراکنش جغرافیایی انگل  
مالاریا و بیماری کم خونی ناشی از  
گویچه‌های قرمز داسی در آفریقا.

## گفتار ۳

### تغییر در گونه‌ها

گونه‌های بسیاری روی کره زمین زندگی می‌کنند. آیا این گونه‌ها در گذشته‌های دور هم وجود داشته‌اند؟ یا اینکه در طول زمان پدید آمده‌اند؟

### شواهد تغییر گونه‌ها

شواهدی وجود دارند که نشان می‌دهند گونه‌ها در طول زمان تغییر کرده‌اند. در ادامه به این شواهد می‌پردازیم.

**(الف) سنگواره‌ها:** در سال‌های قبل، با انواع سنگواره‌ها و نحوه تشکیل آنها آشنا شده‌اید. به یاد دارید که سنگواره عبارت بود از بقایای یک جاندار یا آثاری از جانداری که در گذشته دور زندگی می‌کرده است. سنگواره معمولاً حاوی قسمت‌های سخت بدن جانداران مثل استخوان‌ها یا اسکلت خارجی است. گاهی ممکن است کل یک جاندار سنگواره شده باشد مثل ماموت‌های منجمد شده‌ای که همه قسمت‌های بدن آنها، حتی پوست و مو، حفظ شده‌اند یا حشراتی که در رزین‌های گیاهان به دام افتاده‌اند.

#### جاخالی تأثیفی

سنگواره‌ها اطلاعات فراوانی به ما می‌دهند. **دیرینه‌شناسان:** که به مطالعه سنگواره‌ها می‌پردازند، دریافته‌اند که در گذشته جاندارانی زندگی می‌کرده‌اند که امروز دیگر نیستند، مثل دایناسورها. در مقابل، جاندارانی هم هستند که امروز زندگی می‌کنند، اما در گذشته زندگی نمی‌کرده‌اند مثل گل لاله یا گربه. در این میان، گونه‌هایی هم هستند که از گذشته‌های دور تازمان حال زندگی کرده‌اند مثل **درخت گیسو**. شواهد سنگواره‌ای نشان می‌دهند که این درخت در ۱۷۰ میلیون سال پیش هم وجود داشته است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- برگ درخت گیسو و سنگواره‌آن

دیرینه‌شناسان قادرند عمر یک سنگواره را تعیین کنند. آنان اکنون می‌دانند که در هر زمان، چه جاندارانی وجود داشته‌اند. در مجموع، سنگواره‌ها نشان می‌دهند که در زمان‌های مختلف، زندگی به شکل‌های مختلفی جریان داشته است.

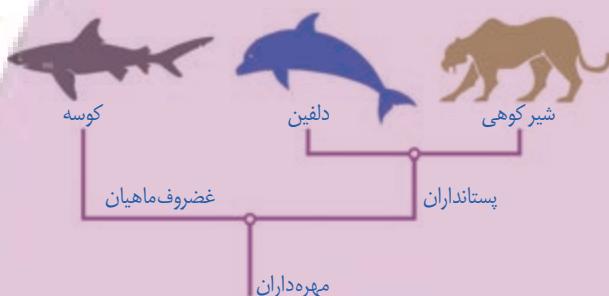
## ساختارهای همتا

طرح ساختاری یکسان در اندام حرکتی جلویی بعضی از مهره‌داران

**ب) تشريح مقایسه‌ای:** در تشريح مقایسه‌ای اجزای پیکر جانداران گونه‌های مختلف با یکدیگر مقایسه می‌شود. این مقایسه نشان می‌دهد که ساختار بدنی بعضی گونه‌ها از طرح مشابهی برخوردار است. مقایسه اندام حرکتی جلویی در مهره‌داران مختلف، از طرح ساختاری یکسان حکایت دارد. اندام‌هایی را که طرح ساختاری آنها یکسان است، حتی اگر کار منفاوتی انجام دهند، «اندام‌ها یا ساختارهای همتا» می‌نامند. دست انسان، بال پرندۀ، باله دلفین و

دست گربه مثال‌هایی از اندام‌های همتا هستند.

علت وجود ساختارهای همتا در گونه‌های متفاوت چیست؟ زیست‌شناسان بر این باورند که این گونه‌ها، نیای مشترکی دارند یعنی اینکه در گذشته از گونه مشترکی مشتق شده‌اند (شکل ۱۱)، به همین علت این شباهت‌ها میان آنها دیده می‌شود. گونه‌هایی را که نیای مشترکی دارند گونه‌های خویشاوند می‌گویند.

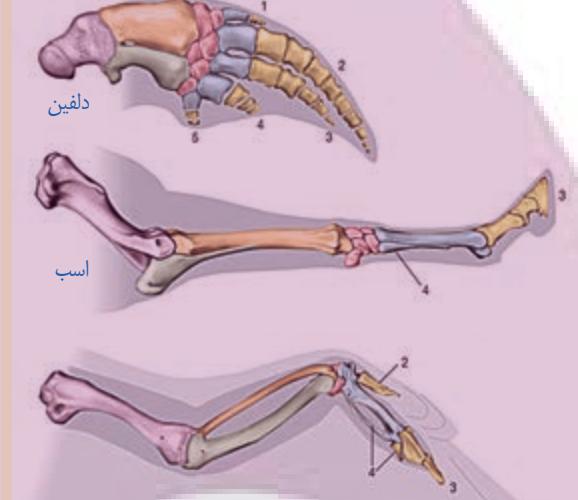


شکل ۱۱- نیای مشترک و گونه‌های خویشاوند. از خویشاوندی موجودات زنده در رده‌بندی هم استفاده می‌شود. دلفین با شیرکوهی خویشاوندی نزدیک‌تری دارد تا کوسه، بنابراین دلفین و شیرکوهی در یک گروه قرار می‌گیرند.

زیست‌شناسان از ساختارهای همتا برای رده‌بندی جانداران استفاده می‌کنند و جانداران خویشاوند را در یک گروه قرار می‌دهند.

**ساختارهای را که کار یکسان اما طرح ساختاری متفاوت دارند، ساختارهای آنالوگ می‌نامند.** بال کبوتر و بال پروانه آنالوگ اند چون هر دو برای پرواز کردن اند (کار یکسان) گرچه ساختارهای متفاوتی دارند. این ساختارها نشان می‌دهند که برای پاسخ به یک نیاز، جانداران به روش‌های مختلفی سازش پیدا کرده‌اند.

تشريح مقایسه‌ای علاوه بر آشکارکردن خویشاوندی گونه‌ها، اطلاعات دیگری را نیز فراهم می‌کند. وقتی گونه‌های مختلف را





شکل ۱۲- بقایای پا در مارپیتون

مقایسه می‌کنیم، گاهی به ساختارهایی برمی‌خوریم که در یک عدد بسیار کارآمد هستند اما در عده دیگر، کوچک یا ساده شده و حتی ممکن است فاقد کار خاصی باشند. این ساختارهای کوچک، ساده یا ضعیف شده را ساختارهای وستیجیال (به معنی ردپا) می‌نامیم.

مارپیتون با اینکه پا ندارد اما بقایای پا در لگن آن به صورت وستیجیال موجود است و این حاکی از وجود رابطه‌ای میان آن و دیگر مهره‌داران است (شکل ۱۲).

در واقع ساختارهای وستیجیال ردپای «تغییر گونه‌ها» هستند.

شواهد متعددی در دست است که نشان می‌دهد مارها از تغییر یافتن سوسمارها پدید آمده‌اند.

۱- ساختارهای وستیجیال	۲- ساختارهای آناتوک	۳- ساختارهای همنا
۴- ساختارهایی وسنجال		
۵- مولکولی		
۶- کارکس و طرح ساختاری مشابه		

**(پ) مطالعات مولکولی:** مقایسه گونه‌ها را می‌توان در تراز ژنگان هم انجام داد. از این مقایسه، اطلاعات ارزشمندی به دست می‌آید. مثلاً اینکه کدام ژن‌ها در بین گونه‌ها مشترک‌اند و کدام ژن‌ها ویژگی‌های خاص یک گونه را باعث می‌شوند. همچنین، زیست‌شناسان از مقایسه بین دنای جانداران مختلف برای تشخیص خوبشاندنی آنها استفاده می‌کنند. هرچه بین دنای دو جاندار شباهت بیشتری

وجود داشته باشد، خوبشاندنی نزدیک‌تری دارند. همچنین می‌توان به تاریخچه تغییر آنها پی‌برد.

توالی‌هایی از دنارا که در بین گونه‌های مختلف دیده می‌شوند توالي‌های حفظ شده می‌نامند.

تأثیفی: هرچه بین دنای دو جاندار شباهت بیشتری وجود داشته باشد، خوبشاندنی نزدیک‌تری دارند (ص/غ).

### بیشتر بدانید

توالی‌های حفظ شده در ژن یکی از پروتئین‌های باکتریایی. در بخش‌های قرمز، توالی‌ها کاملاً حفظ شده‌اند اما در بخش‌های زرد، کمتر حفظ شده‌اند. زیست‌شناسان در برخورد با ساختاریات توالی‌های حفظ شده از خود می‌پرسند این ساختار با توالی چه اهمیت ویژه‌ای داشته است که همچنان حفظ شده و تغییر نکرده است؟ مثلاً چرا همه غشاهای یاخته‌ای از دو لایه فسفولیپید تشکیل شده‌اند؟ به این ترتیب، زیست‌شناسان امروزی فقط به توصیف دنیای زنده بسنده نمی‌کنند بلکه با نگرشی چراجویانه به تجزیه و تحلیل آن نیز می‌پردازند.

<i>M. smegmatis</i> MC <sup>2</sup> 155	GGCCGCCGCACCGTAAAGAACATCAAGGCCGCGTTCGCGG
<i>M. goodii</i> strain X7B	CGACGCCGGCAAGCGTAAAGAACATCAAGTCCGCCGTACCGG
<i>M. vanbaalenii</i>	GTTGGCGGGACCGTCAAGAACATCAACCGCGCAGGTCACTC
<i>M. sp. JL5</i>	CGCCACCGCCCCGTCAAGAAAATCAAGACCTCGGCAACG
<i>M. sp. KMS</i>	CGCCACCGCOCCGTCAAGAAAATCAAGACCTCGGCAACG
<i>M. maximum</i>	GCGGCGGTGGCCGTAAAGAACATCAACATGTCTCGTCAGG
<i>M. avium</i> 104	GCGCAAGGCGCTTAACAAACATAAAGGTGACTACGGCC
<i>M. fortuitum</i>	CGGCCGCCGGCCGTAAAGAACATAAAGATCGCGCTCGGCC
<i>M. chiswicense</i>	GCGCCGGTAGGGCGTCAAGGAGACGTAAAGGCCCTAGCTCAG
<i>M. intracellularare</i> ATCC 13950	CACGGTAGGCCGTAAAGAACATCAACCACGACCCCTCAC
<i>M. sp. MOTT36Y</i>	CACGGTAGGCCGTAAAGAACATCAACCACACCCCTCAC
<i>M. kansasi</i> B24	GCGGTAGCGCCGTAAAGAACATTAAGGCCGCTCCGCC
<i>M. neumannum</i>	CGCGTCGCAACCGCTCAAGAACATCAATGCCGACTCAGCC
<i>M. yongonense</i>	CACGGTAGGCCGTAAAGAACATCAACCACGACCCCGCAC
<i>M. sp. EPA45</i>	CGGCCGGGCACCGTAAAGAACATCAACACGCGCTTGCTG
<i>M. sp. JS623</i>	CAACCGTAGGCCGTAAAGAACATCAAGGAACAGTCCCAGC
<i>M. haemophilum</i>	ACGGCTCAGTCGTAAAGAACATCAATGCCGCTACGTT
<i>M. vaccae</i>	CGCCGCAGGGGTGTCAAGAACATCAAGGAACGCCGTAGCC
<i>M. rhodesiae</i>	GACCACCCGGCGTCAAGAACATTAAGGCCGCGCATAGTC
<i>M. sp. VKM Ac-1817D</i>	CGCCGCCGCCTCAAGAACATCAAGATCGCGCTCGGCC

## گونه‌زایی

تعریف مختلفی برای گونه وجود دارد که هر کدام در محدوده مشخصی کارآمدند. یکی از تعاریف رایج برای گونه، تعریفی است که انسنت مایر ارائه کرده است و برای جاندارانی کاربرد دارد که تولید مثل جنسی دارند: «گونه در زیست‌شناسی به جاندارانی گفته می‌شود که می‌توانند در طبیعت با هم آمیزش کنند و زاده‌های زیستا و زایا به وجود آورند ولی نمی‌توانند با جانداران دیگر آمیزش موققیت آمیز داشته باشند».

زیستا در تعریف بالا، به جانداری گفته می‌شود که زنده می‌ماند و زندگی طبیعی خود را ادامه می‌دهد.

آمیزش موققیت آمیز، آمیزشی است که به تولید زاده‌های ..... و زایا منجر می‌شود. (خرداد ۱۴۰۱)

همچنین، منظور از آمیزش موققیت آمیز، آمیزشی است که به تولید زاده‌های زیستا و زایا منجر شود.

اگر میان افراد یک گونه جدایی تولیدمثلی رخ دهد، آن گاه خزانه ژنی آنها از یکدیگر جدا و احتمال تشکیل گونه جدید فراهم می‌شود. منظور از جدایی تولیدمثلی، عواملی است که مانع آمیزش بعضی از افراد یک گونه با بعضی دیگر از افراد همان گونه می‌شوند.

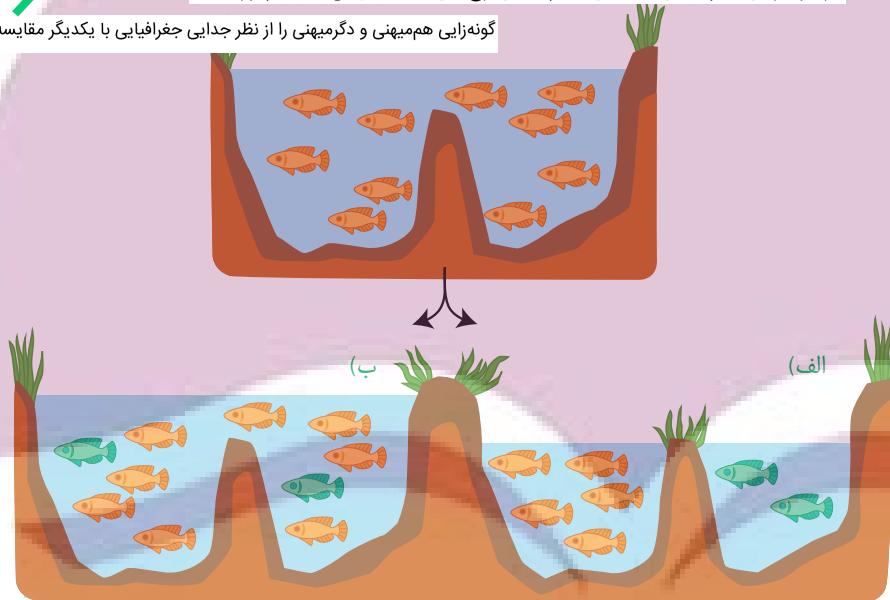
انواع گونه‌زایی را نام ببرید. (شهریور ۹۹) → به طور کلی سازوکارهایی را که باعث ایجاد گونه‌ای جدید می‌شوند، به دو گروه تقسیم می‌کنند:

گونه‌زایی دگرمهنه‌ی که در آن جدایی جغرافیایی رخ می‌دهد و گونه‌زایی هم‌مهنه‌ی که در آن جدایی

جغرافیایی رخ نمی‌دهد. در شکل ۱۷ این دو نوع گونه‌زایی با هم مقایسه شده‌اند.

در گونه‌زایی دگرمهنه‌ی، جدایی جغرافیایی رخ می‌دهد (ص/غ). (شهریور ۱۴۰۰)

گونه‌زایی هم‌مهنه‌ی و دگرمهنه‌ی را از نظر جدایی جغرافیایی با یکدیگر مقایسه کنید. (خرداد ۱۴۰۰)



شکل ۱۳ - (الف) گونه‌زایی دگرمهنه‌ی و  
ب) هم‌مهنه‌ی

**گونه‌زایی دگرمهنه‌ی:** گاهی بر اثر وقوع رخدادهای زمین‌شناختی و سدهای جغرافیایی، یک جمعیت، به دو قسمت جداگانه تقسیم می‌شود. مثلاً در نتیجه پدیده کوه‌زایی، ممکن است در یک منطقه مثلاً کوه، دره و یا دریاچه ایجاد شود و یک جمعیت را به دو قسمت تقسیم کند.

این سدهای جغرافیایی، ارتباط دو قسمت را - که قبلاً به یک جمعیت تعلق داشتند - قطع می‌کنند

و بین آنها دیگر شارش ژن صورت نمی‌گیرد. بر اثر وقوع پدیده‌هایی همچون جهش، نوتروکلیزی و انتخاب

طبیعی، به تدریج دو جمعیت یاد شده با یکدیگر متفاوت می‌شوند. از آنجا که شارش ژن میان آنها وجود

ندارد، این تفاوت بیشتر و بیشتر می‌شود تا جایی که حتی اگر این دو جمعیت کنار هم باشند، آمیزشی بین

آنها رخ نخواهد داد (مثلاً زمان تولید مثل آنها فرق کند): بنابراین می‌توان آنها را دو گونه مجزا به شمار آورد.

در گونه‌زایی دگرمهنه‌ی، وقوع چه پدیده‌هایی باعث ایجاد و افزایش تفاوت بین دو جمعیت می‌شوند؟ (دی ۱۴۰۱)

دکتر پوریا خیراندیش - دکتر فرزام فرهمندیا - دکتر شایان تاکی - دکتر ایمان روستا

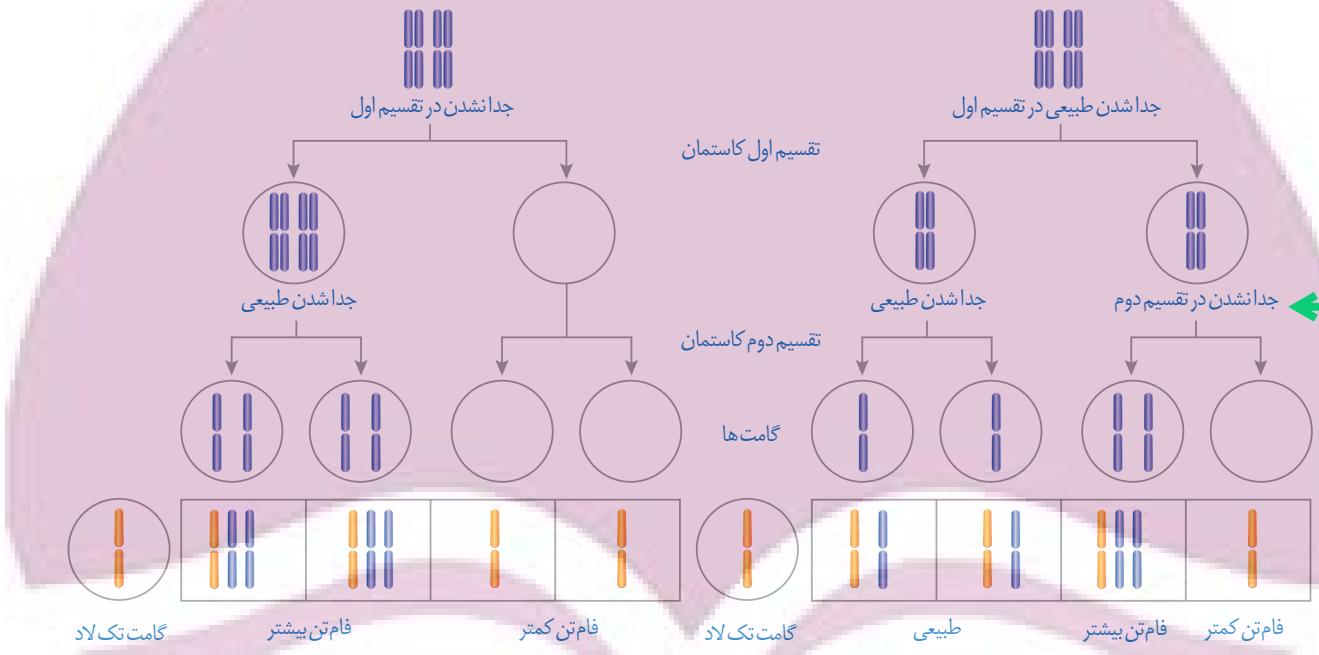
در گونه‌زایی دگرمیهنی، وقوع چه پدیده‌هایی باعث ایجاد و افزایش تفاوت بین دو جمعیت می‌شوند؟ (دی ۱۴۰۱)

اگر جمعیتی که از جمعیت اصلی جدا شده است کوچک باشد، آن وقت اثر رانش ژن را نیز باید در نظر گرفت که خود بر میزان تفاوت بین دو جمعیت می‌افزاید.

**گونه‌زایی هم‌میهنی:** گاهی بین جمعیت‌هایی که در یک زیستگاه زندگی می‌کنند، جدایی تولیدمثلی اتفاق می‌افتد و در نتیجه، گونه جدیدی حاصل می‌شود. این نوع گونه‌زایی را **گونه‌زایی هم‌میهنی** می‌نامند. در گونه‌زایی هم‌میهنی، برخلاف گونه‌زایی دگرمیهنی، جدایی جغرافیایی رخ نمی‌دهد.

پیدایش گیاهان چندلادی (پلی‌پلولوئیدی)، مثال خوبی از گونه‌زایی هم‌میهنی است. چندلادی به تولید گیاهانی منجر می‌شود که زیستا و زایا هستند اما نمی‌توانند در نتیجه آمیزش با افراد گونه‌نیایی خود، از گونه‌زایی (هم‌میهنی) است. (خرداد ۱۴۰۰) زاده‌های زیستا و زایا پدید آورند و بنابراین گونه‌ای جدید به شمار می‌روند. گیاهان چندلادی بر اثر خطای ..... ایجاد می‌شوند. (شهریور ۱۴۰۰)

گیاهان چندلادی بر اثر خطای کاستمانی ایجاد می‌شوند. می‌دانیم که جدانشدن فامتن‌ها در کاستمان به تشکیل گامت‌هایی با عدد فامتنی غیرطبیعی منجر می‌شود و اگر این گامت‌ها با گامت طبیعی لقاح کنند تخم طبیعی تشکیل نخواهد شد (شکل ۱۴).  
کاستمانی با عدد فامتنی غیرطبیعی منجر شود. (دی ۱۴۰۱)



شکل ۱۴ - نتیجه آمیزش گامت‌های حاصل از خطای کاستمانی با گامت سالم

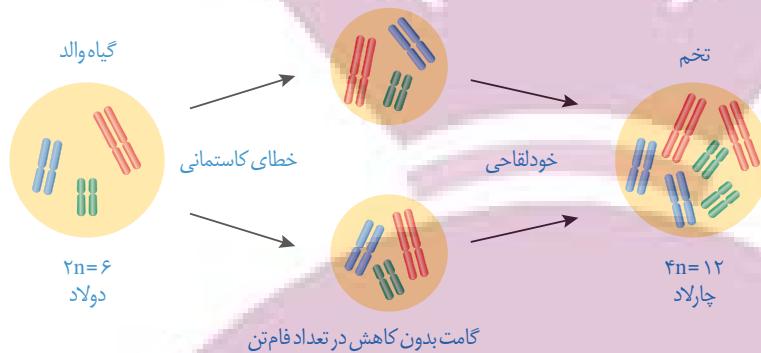
در اوائل دهه ۱۹۰۰ دانشمندی به نام هوگو دوری که با گیاهان گل مغربی ( $2n = 14$ ) کار می‌کرد، متوجه شد که یکی از گل‌های مغربی ظاهری متفاوت با بقیه دارد. وی با بررسی فامتن‌های آن دریافت که این گیاه به جای ۱۴ فامتن، ۲۸ فامتن دارد و بنابراین چارlad (تریپلولوئید) ( $3n$ ) است. گامت‌هایی که گیاه چارlad ایجاد می‌کند، دولاد ( $2n$ ) اندنه تک لاد ( $n$ ).

اگر گامت‌های این گیاه با گامت‌های گیاهان طبیعی، که تک لادند، آمیزش کنند تخم‌های حاصل سه لاد (تریپلولوئید) ( $3n$ ) خواهند شد. گیاه سه لاد حاصل از نمو این تخم، نازاست.

اما اگر گیاه چارlad بتواند خودلراغی انجام دهد، یا در نزدیکی آن گیاه چارlad مشابه دیگری وجود

داشته باشد، یاخته تخم  $3n$  خواهد بود و گیاهی که از آن ایجاد می‌شود، قادر به کاستمان بوده، بنابراین زایاست. این گیاه، با جمعیت نیایی خود (که  $2n$  بودند) نمی‌تواند آمیزش کند و بنابراین به گونه جدید محسوب می‌شود؟ (شهریور ۱۴۰۰)

تعاق دارد که افراد آن  $4n$  هستند. شکل ۱۵ این سازوکار را برای گیاهی با ۶ فامتن نشان می‌دهد.



شکل ۱۵- چگونگی تشکیل گیاه چرلاج از گیاه دولاد

### بیشتر بدانید

#### مالاریا و گویچه‌های داسی شکل

با اینکه مقاومت افراد ناخالص ( $Hb^A Hb^S$ ) نسبت به مalaria در دهه ۱۹۵۰ مشخص شد، اما چگونگی آن همچنان در حال بررسی است. دانشمندان در دهه ۱۹۷۰ دریافتدند که سرعت داسی شکل شدن گویچه‌های قرمز، پس از ورود انگل مalaria به آنها بین ۲ تا ۸ برابر افزایش می‌یابد. بر این اساس با مرتبط دانستن مقاومت افراد ناخالص با شکل داسی گویچه‌های قرمز، این فرضیه مطرح شد که «داسی شدن» به افزایش بیگانه‌خواری و در نتیجه از بین انگل می‌انجامد.

در سال‌های بعد نیز فرضیه‌های دیگری با تأکید بر شکل «داسی» این یاخته‌ها ارائه شد. مانند این فرضیه که می‌گوید با داسی شدن گویچه‌ها، منافذی در غشا ایجاد می‌شود که نتیجه آن خروج مواد مغذی از یاخته و رو به رو شدن انگل با کمبود غذا است. بدین ترتیب رشد انگل کنده یا متوقف می‌شود.

در شرایطی که تصور می‌شد توضیحات قابل قبولی برای علت مقاومت به مalaria وجود دارد، بررسی‌های بیشتر نشان داد که کنده رشد انگل مalaria، در همه گویچه‌های قرمز در افراد ناخالص رخ می‌دهد و منحصر به گویچه‌های داسی شکل نیست.

در دهه ۲۰۱۰، فرضیه‌ای مبنی بر رناهای کوچک مکمل (فصل ۲) ارائه شد که بر مبنای آن، گویچه قرمز در افراد ناخالص رناهای کوچکی می‌سازد که به رنای انگل متصل و مانع از ترجمه آن می‌شوند و در نتیجه در فرایند رشد انگل اختلال به وجود می‌آید.

در همین دهه با نگاهی متفاوت، فرضیه‌ای بر اساس سازوکار بیماری زایی مalaria در افراد  $Hb^A Hb^A$  ارائه شد. در این افراد، که گویچه‌های قرمز طبیعی دارند، Malaria باعث چسبیدن گویچه‌ها به همدیگر و یا به دیواره رگ‌ها می‌شود که از نتایج آن آسیب بافتی و التهاب گستردگی در رگ‌ها است. اما علت چسبندگی آنها چیست؟ انگل Malaria در گویچه قرمز، پروتئینی می‌سازد که در غشاء گویچه قرار می‌گیرد و باعث چسبندگی آنها می‌شود. در افراد ناخالص از واکنش اکسیژن با هموگلوبین چهش بافت، ماده‌ای تولید می‌شود که تلاش انگل را در فرستادن این پروتئین به سطح یاخته، بی‌ثمر می‌سازد. در نتیجه گویچه‌های قرمز، چسبنده نمی‌شوند و بیمار جان سالم به در می‌برد.

ارائه فرضیه‌های جدید همچنان ادامه دارد. شواهد جدید ممکن است فرضیه‌های قبل را تضعیف یا تقویت کند. باید منتظر بود تا قطعات بیشتری از این جورچین کشف شود. این ماهیت علم و نشانی از پویا بودن آن است. با بیشتر شدن دانش، پرسش‌های مانیز بیشتر می‌شوند. پرسش‌های بیشتر، زمینه‌های اکتشاف بیشتری فراهم می‌کند. شاید کشف بعدی را «شما» انجام دهید.



## فصل ۵

### از ماده به انرژی



اکنون که در حال مطالعه این درس هستید، یاخته‌های بدنتان انرژی مصرف می‌کنند. این انرژی از کجا و چگونه تأمین می‌شود؟

چرا ورزش و فعالیت‌های بدنی شدید، سبب می‌شوند تا احساس گرما کنیم و مقداری آب به شکل عرق از دست بدھیم؟ تأییفی: انرژی موردنیاز انسان و جانداری مثل زرافه به طور مشابهی تأمین می‌شود (مر/غ).

با همه تقاوتهایی که بین ما و زرافه‌ای که در تصویر می‌بینید، وجود دارد؛ انرژی موردنیاز ما به شیوه

یکسانی از غذایی که می‌خوریم تأمین می‌شود. در این فصل به فرایندهای آزاد شدن انرژی از ماده مغذی در یاخته‌ها می‌پردازیم.



طرح سؤالات عددی و  
محاسباتی از مباحث این فصل  
در همه آزمون‌ها از جمله  
کنکور سراسری ممنوع است.

به منظور آمادگی کامل برای امتحان نهایی زیست شناسی دوازدهم و تکمیل این جزو، کلاس آمادگی امتحان نهایی دکتر خیراندیش و دکتر فرهمندیا در گروه آموزشی ماز را مورخ شنبه و یکشنبه ۱۴ و ۱۳ لغایت ۱۲:۰۰ خردادماه از ساعت ۱۵:۰۰ مشاهده نمایید.

# گفتار ۱) تأمین انرژی

## تنفس یاخته‌ای

به یاد دارید چرا به اکسیژن نیاز داریم؟ در کتاب زیست‌شناسی ۱، آموختید که نیاز ما به اکسیژن به علت انجام فرایندی به نام تنفس یاخته‌ای است؛ زیرا در این فرایند ATP تولید می‌شود؛ مثلاً انرژی ذخیره شده در گلوكز در تنفس یاخته‌ای، برای تشکیل مولکول ATP به کار می‌رود (واکنش ۱).

**تألفی:** واکنش کلی تنفس یاخته‌ای را بنویسید؟



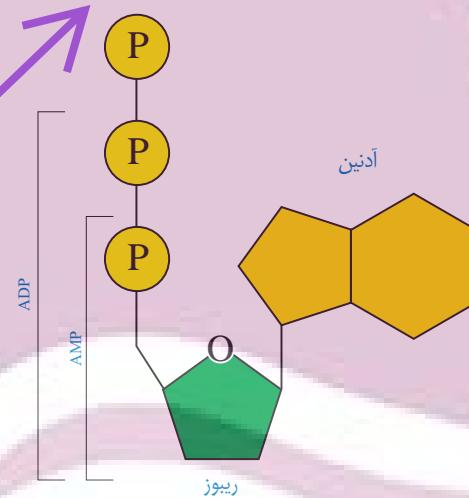
این واکنش تنفس یاخته‌ای هوازی<sup>۱</sup> را نشان می‌دهد؛ زیرا تجزیه ماده مغذی و تولید ATP با حضور اکسیژن انجام می‌شود. تجزیه ماده مغذی و تولید ATP بدون نیاز به اکسیژن نیز انجام می‌شود که در گفتار ۳ به آن می‌پردازیم.

## واژه‌شناسی

### mitochondrion / میتوکندری

راکیزه، اندامکی کروی یا میله‌ای شکل در یاخته‌های یوکاریوتی و عهده‌دار تنفس هوازی و تولید انرژی است. «راکیزه» از دو جزء «راک» به معنی رشته و نخ (در برابر «میتو») یونانی به همین معنی) و پسوند تغییر و شباهت «- ایزه» ساخته شده است.

(الف) نام کامل ATP که شکل رایج و قابل استفاده انرژی در یاخته‌ها است، را بنویسید. (شهریور ۹۹)



هیچ جانداری نمی‌تواند بدون انرژی زنده بماند، رشد و فعالیت کند.

حفظ هریک از ویژگی‌های جانداران مانند رشد و نمو و تولید مثل به در اختیار داشتن ATP وابسته است.

### ATP یا آدنوزین تری فسفات

در یاخته‌ها است. این نوکلئوتید از باز آمین آدنین، قند پنج کربنی ریبوز (که با هم آدنوزین نامیده می‌شوند) و سه گروه فسفات تشکیل شده است. افزوده شدن فسفات به آدنوزین در سه مرحله روی می‌دهد. در نتیجه در ابتدا AMP (آدنوزین مونوفسفات)، سپس ADP (آدنوزین دی فسفات) در نهایت ATP (آدنوزین تری فسفات) تشکیل می‌شود

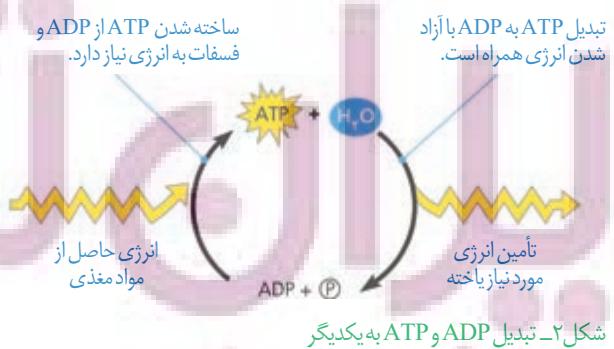
(الف) با افزوده شدن یک فسفات به آدنوزین چه مولکولی تشکیل می‌شود؟ (خرداد ۱۴۰۰)

در شکل ۲ تبدیل ATP و ADP را به یکدیگر می‌بینید. تشکیل

ATP از ADP، با مصرف انرژی و تبدیل آن به ADP همراه با آزاد شدن انرژی است.

### روش‌های ساخته شدن ATP

دیدیم که برای ساخته شدن ATP به فسفات نیاز هست. یکی از روش‌های ساخته شدن ATP برداشته شدن گروه فسفات از یک ترکیب فسفات دار (پیش ماده) و



ه) روش ساخته شدن ATP به کمک کراتین فسفات، ساخته شدن ..... است. (شهریور ۱۴۰۰)

**بیشتر بدانید**  
**ارتباط با شیمی**  
افزودن آن به ADP است. به همین علت، این روش را **ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده** می نامند. ج) یکی از راههای تأمین ATP در ماهیچه ها، برداشت فسفات از مولکول ..... و انتقال آن به ADP است. (دی ۹۸)

در کتاب «زیست شناسی ۲» با نمونه ای از ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده آشنا شده اید، یا آن را به یاد دارید؟ در آنجا دانستید که ماهیچه ها برای انتقال ATP نیاز دارند و یکی از راه های تأمین آن در ماهیچه ها، برداشت فسفات از مولکول کراتین فسفات و انتقال آن به ADP است (شکل ۳). در این مثال کراتین فسفات، پیش ماده ای است که فسفات آن برای ساخته شدن ATP به کار می رود.

(الف) در روش ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده در ماهیچه ها، مولکول پیش ماده چیست؟ (خرداد ۹۹)



شکل ۳- ساخته شدن ATP در سطح پیش ماده

ج) در ساخته شدن ..... ATP، از یون فسفات و انرژی حاصل از انتقال الکترون ها در راکیزه استفاده می شود. (دی ۹۹)

**ب) ساخته شدن اکسایشی ATP در کدام قسمت یاخته انجام می شود؟ (خرداد ۹۹)**  
ساخته شدن اکسایشی و ساخته شدن نوری ATP، دو روش دیگرند. در **ساخته شدن اکسایشی**، از یون فسفات و انرژی حاصل از انتقال الکترون ها در راکیزه ساخته می شود که در ادامه این فصل با آن آشنا می شویم. روش دیگر ساخته شدن ATP، **ساخته شدن نوری** است که در سبزدیسه انجام می شود (فصل ۶).

**الف) ساخته شدن نوری ATP در کدام قسمت سلول انجام می شود؟ (خرداد ۹۸)**

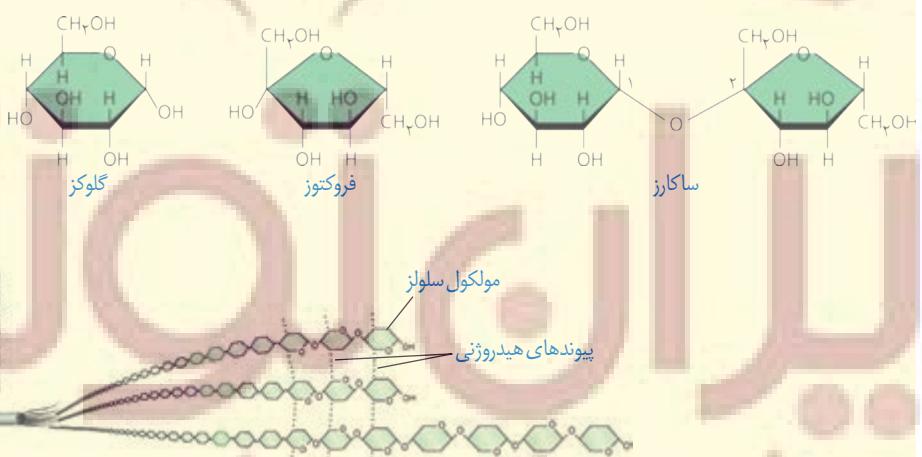
ه) یکی از روش های ساخته شدن ATP، ..... است که در سبزدیسه انجام می شود. (خرداد ۱۴۰۰)

### بیشتر بدانید

#### کربوهیدرات ها

کربوهیدرات ها دارای کربن، هیدروژن و اکسیژن اند. نقش انرژی زایی کربوهیدرات ها به خوبی شناخته شده است. این ترکیبات به علت داشتن پیوندهای هیدروژن- کربن، انرژی فراوانی در خود ذخیره و هنگام اکسایش آزاد می کنند.

در یک نوع تقسیم بندی، کربوهیدرات ها را در سه گروه مونوساکاریدها (مانند گلوكز و فروکتوز)، دیساکاریدها (مانند ساکاروز) و پلیساکاریدها (مانند سلولز، نشاسته و گلیکوژن) قرار می دهند. قند و شکر از ساکاروز تشکیل شده اند. این دیساکارید از مونوساکارید های گلوكز و فروکتوز تشکیل شده است.



ه) اولین مرحله تنفس یاخته‌ای، ..... و به معنی تجزیه گلوكز است. (شهریور ۹۹)

ه) اولین مرحله تنفس یاخته‌ای، قندکافت و به معنی تجزیه گلوكز است. (ص) (خرداد ۱۴۰۰)

الف) در یاخته یوکاریوتی محل انجام قندکافت (گلیکولیز) کجا است؟ (دی ۱۴۰۰)

الف) قندکافت در کدام قسمت یاخته انجام می‌شود؟ (شهریور ۹۸)

## زیستن با اکسیژن

اغلب، واژه تنفس یاخته‌ای را برای تنفس یاخته‌ای هوازی به کار می‌برند. اینجا ما نیز تنفس یاخته‌ای را به جای تنفس یاخته‌ای هوازی به کار می‌بریم.

### قندکافت (گلیکولیز). اولین مرحله تنفس یاخته‌ای، قندکافت

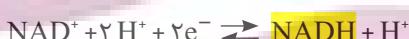
و به معنی تجزیه گلوكز است که در ماده زمینه سیتوپلاسم انجام می‌شود. تجزیه گلوكز در قندکافت، نه به صورت یکباره، بلکه به صورت مرحله‌ای انجام می‌شود (شکل ۴).

برای انجام واکنش‌های مربوط به تجزیه گلوكز انرژی فعال سازی

الف) در قندکافت [گلیکولیز]، از گلوكز و ATP، چه قندی ایجاد می‌شود؟ (خرداد ۱۴۰۱)

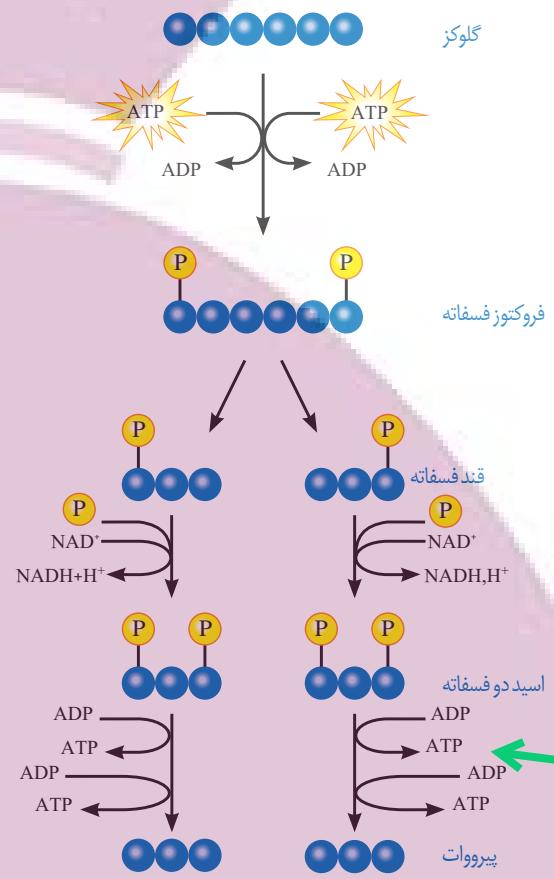
در شکل ۴ می‌بینید که از گلوكز و ATP، قند فروکتوز با دو فسفات ایجاد می‌شود. از تجزیه این قند، دو قند سه کربنی فسفاته به وجود می‌آید. هر یک از این قندها با گرفتن یک گروه فسفات به اسیدی سه کربنی تبدیل می‌شود. هر یک از این مولکول‌های سه کربنی در نهایت به پیرووات (بنیان پیروویک اسید) تبدیل می‌شود. در این واکنش‌ها مولکول‌های ATP و NADH به وجود می‌آیند.

NAD<sup>+</sup> حامل الکترون است، دو نوکلئوتید دارد و از NAD<sup>+</sup> به اضافه الکترون و پروتون تشکیل می‌شود. NAD<sup>+</sup> و NADH با گرفتن و از دست دادن الکترون و پروتون، به همدیگر تبدیل می‌شوند (واکنش ۲). NAD<sup>+</sup> با گرفتن الکترون کاهش و NADH با از دست دادن الکترون اکسایش می‌یابد.



۶) مولکول حامل الکترون که در قندکافت تشکیل می‌شود، (NADH – FADH<sub>2</sub>) است. (خرداد ۹۹)

واکنش ۲- یک الکترون برای ختنی کردن NAD<sup>+</sup> به کار می‌رود. بنابراین محصول به صورت H<sup>+</sup> NADH در واکنش نوشته می‌شود.



شکل ۴-مراحل قندکافت

تائیفی: واکنش‌دهنده‌ها و فرآورده‌ای مرحله آنرا قندکافت را ذکر کنید؟

### گفت و گو کنید

همان طور که دیدید، در قندکافت ATP ساخته می‌شود. براساس روش‌هایی که درباره تولید ATP گفتیم، ساخته شدن

ATP در قندکافت با کدام روش انجام می‌شود؟

ب) ساخته شدن ATP در قندکافت با کدام روش انجام می‌شود؟ (خرداد ۱۴۰۱)

### فعالیت ۱

## الف) چرا راکیزه (میتوکندری) می‌تواند پروتئین‌سازی را انجام دهد؟

مرحله دیگر تنفس یاخته‌ای به اکسیژن نیاز دارد و در بیوکاربیوت‌ها در راکیزه انجام می‌شود.

راکیزه دو غشا دارد: غشای بیرونی صاف، و غشای درونی آن به داخل چین خورده است. درنتیجه،

فضای درون آن به بخش داخلی و بخش بیرونی (فضای بین دو غشا) تقسیم می‌شود (شکل ۵).

راکیزه دنای مستقل از هسته و رناتن مخصوص به خود را دارد، بنابراین در آن پروتئین‌سازی انجام

می‌شود. در دنای راکیزه، ژن‌های مورد نیاز برای ساخته شدن انواعی از پروتئین‌های مورد نیاز در تنفس

یاخته‌ای وجود دارند. ه) راکیزه (میتوکندری) همراه با یاخته و نیز مستقل از آن تقسیم می‌شود. (ص) (خرداد ۹۹)

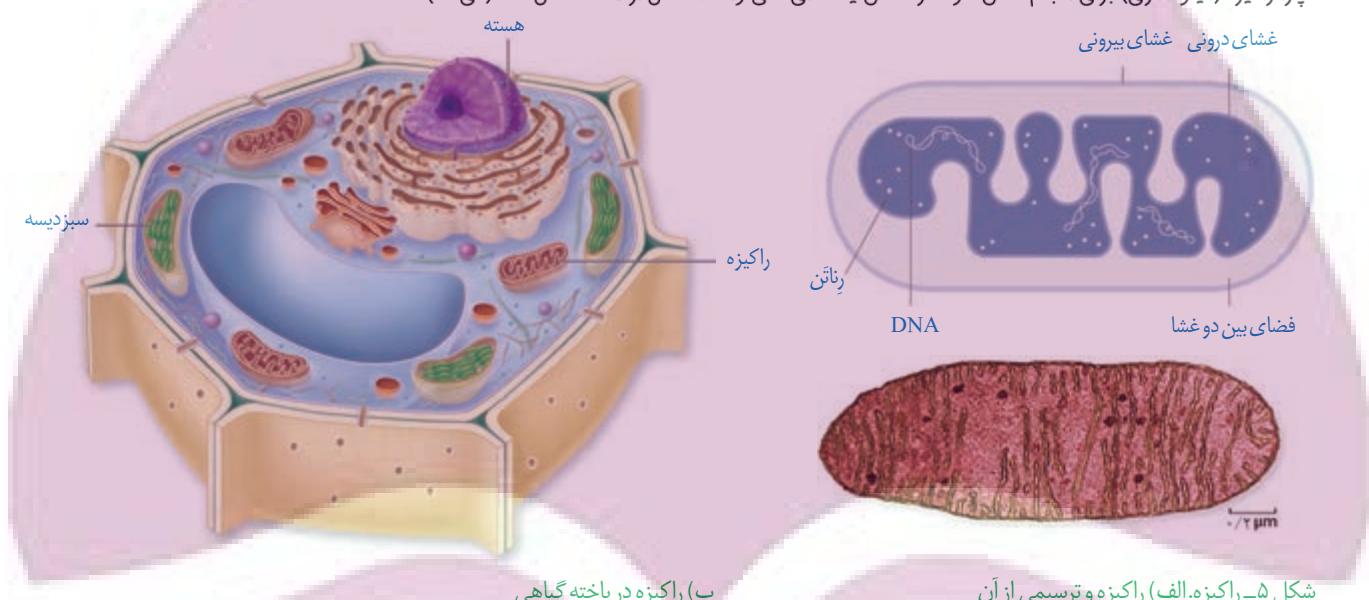
راکیزه همراه با یاخته و نیز مستقل از آن تقسیم می‌شود. به نظر شما مستقل بودن تقسیم راکیزه از

تقسیم یاخته چه اهمیتی دارد؟ ب) چرا راکیزه (میتوکندری) نمی‌تواند به طور مستقل به زندگی خود ادامه دهد؟ (شهریور ۱۴۰۰)

به هر حال راکیزه برای انجام نقش خود در تنفس یاخته‌ای به پروتئین‌هایی وابسته است که ژن‌های

آنها در هسته قرار دارند و به وسیله رناتن‌های سیتوپلاسمی ساخته می‌شوند.

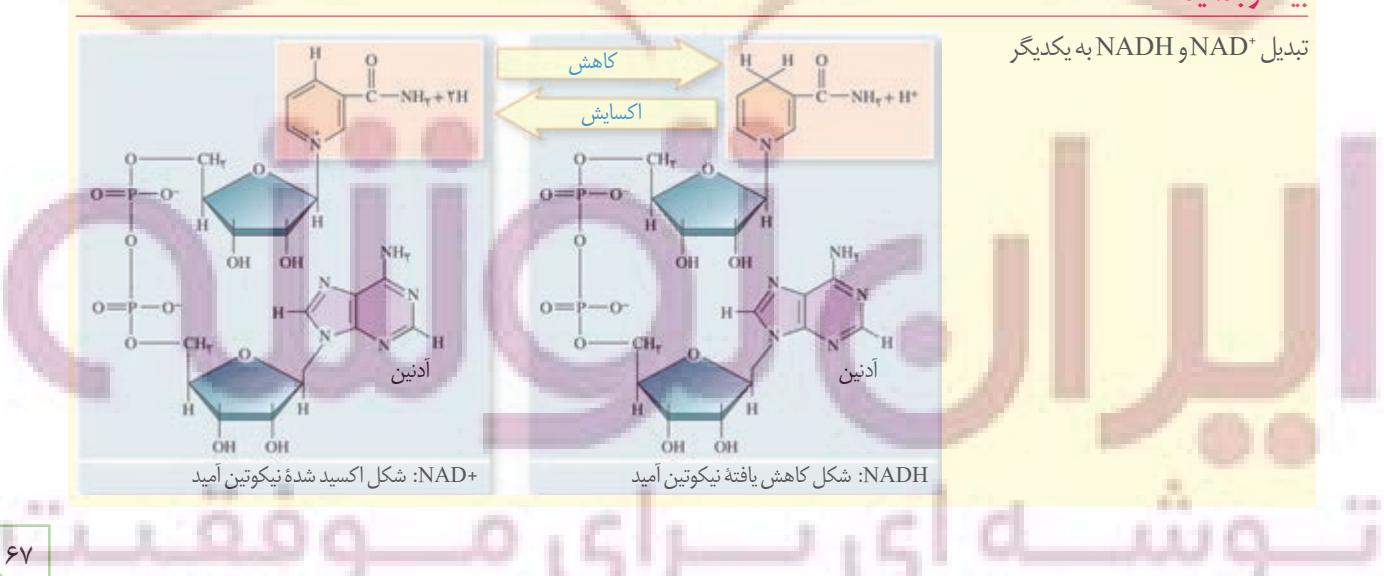
چرا راکیزه (میتوکندری) برای انجام نقش خود در تنفس یاخته‌ای نمی‌تواند مستقل از هسته عمل کند؟ (دی ۹۹)



شکل ۵- راکیزه. الف) راکیزه و ترسیمی از آن

## بیشتر بدانید

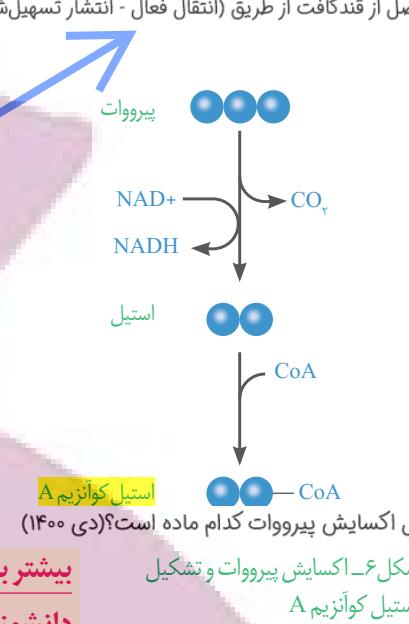
تبدیل  $NADH$  و  $NAD^+$  به یکدیگر



ج) پیرووات از طریق انتشار وارد راکیزه (میتوکندری) می‌شود و در آنجا اکسایش می‌یابد. (غ) (دی ۹۸)  
ه) پیرووات حاصل از قندکافت از طریق (انتقال فعال - انتشار تسهیل شده) وارد راکیزه (میتوکندری) می‌شود. (خرداد ۱۴۰۰)

- (و) پیرووات در راکیزه (میتوکندری) یک کربن دی‌اکسید از دست می‌دهد و به ..... تبدیل می‌شود. (شهریور ۹۹)  
(ب) پیرووات در راکیزه (میتوکندری) با از دست دادن یک کربن دی‌اکسید (CO<sub>2</sub>) به چه مولکولی تبدیل می‌شود؟ (خرداد ۹۸)
- اکسایش پیرووات:** گفتم که در انتهای قندکافت، پیرووات به وجود می‌آید. این مولکول از طریق انتقال فعال وارد راکیزه می‌شود و در آنجا اکسایش می‌یابد. **پیرووات در راکیزه** یک کربن دی‌اکسید از دست می‌دهد و به بینان استیل تبدیل می‌شود. استیل با اتصال به مولکولی به نام کوآنزیم A، استیل کوآنزیم A را تشکیل می‌دهد. در این واکنش NADH نیز به وجود می‌آید (شکل ۶).

- اکسایش استیل کوآنزیم A در چرخه ای ازواکنش های آنزیمی، به نام چرخه کربس، از بخش داخلی راکیزه انجام می‌گیرد که در گفتار بعدی به آن می‌پردازیم.  
ج) در اکسایش پیرووات، در هنگام تشکیل بنیان استیل کدام مولکول حامل الکترون به وجود می‌آید؟ (خرداد ۱۴۰۱)
- (الف) در تنفس هوایی اولین CO<sub>2</sub> تولیدی، طی کدام مرحله آزاد می‌شود؟ (دی ۹۹)  
(ب) طی فرایند تبدیل پیرووات به بنیان استیل چه مولکولهایی تشکیل می‌شوند؟ (شهریور ۹۸)



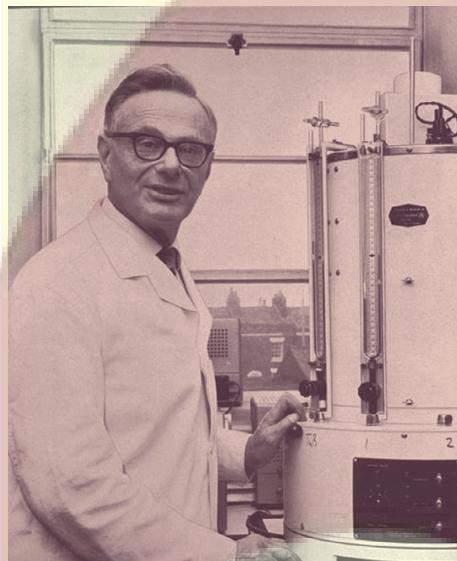
شکل ۶- اکسایش پیرووات و تشکیل استیل کوآنزیم A

### بیشتر بدانی

#### دانشمند موفق

هانس آدولف کربس فیزیک‌دان و زیست‌شیمی‌دان آلمانی متولد بریتانیا (۱۹۰۰-۱۹۸۱) بسیاری از مراحل اکسایش پیرووات را کشف و معرفی کرد. به همین علت این چرخه، چرخه کربس نامیده شد. او در سال ۱۹۵۳ به همراه دانشمندی دیگر، موفق به دریافت جایزه نوبل در زمینه کار اندام‌شناسی (فیزیولوژی) و پزشکی شد.

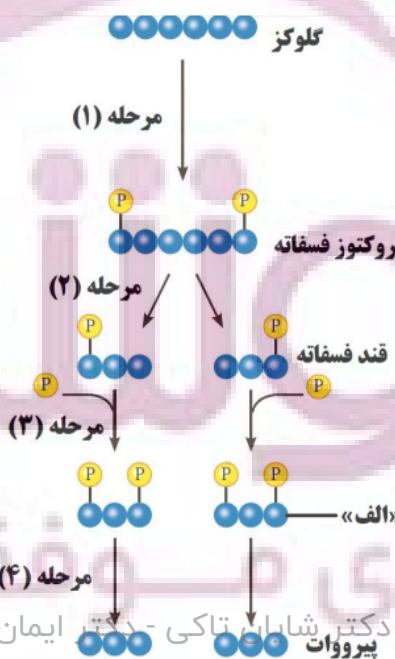
از نظر کربس دانشمند موفق، فردی است که مهارت‌های فنی و علمی لازم را برای کسب موفقیت‌های بیشتر با استفاده از امکانات موجود داشته باشد. همچنین، در راه رسیدن به هدف، سختی‌ها را تحمل کند و نتایج پژوهش را به روشنی ارائه دهد.



شکل زیر مراحل قندکافت (گلیکولیز) را نشان می‌دهد. با توجه به شکل به سوالات زیر پاسخ دهید.

الف) در کدام مرحله NAD<sup>+</sup> کاهش می‌یابد؟

ب) نام مولکول «الف» چیست؟

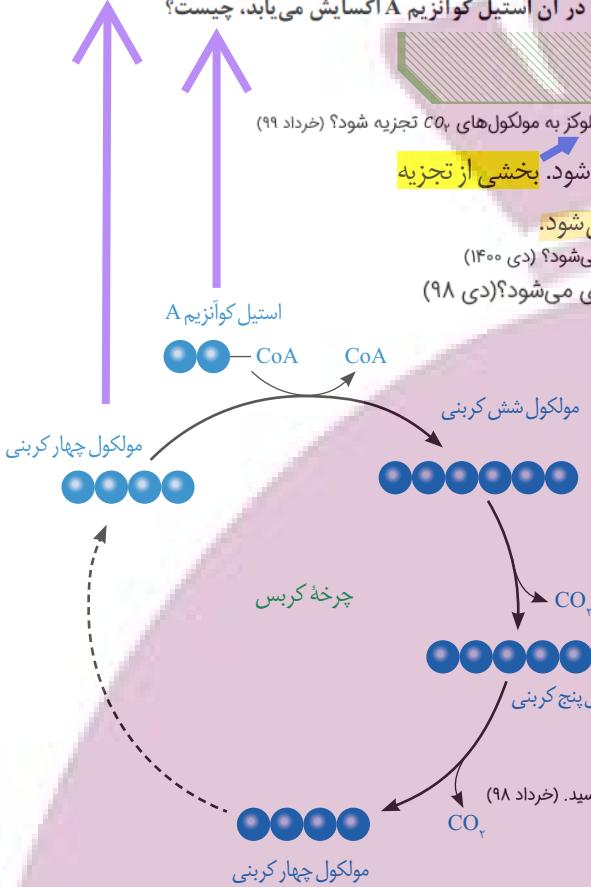


## گفتار ۲

### اکسایش بیشتر

ب) در چرخه کربس، چگونه مولکولی شش کربنی، ایجاد می‌شود؟ (شهریور ۹۹)

ب) نام مجموعه واکنش‌های آنزیمی که در آن استیل کوآنزیم A اکسایش می‌یابد، چیست؟



الف) در تنفس هوایی، چه فرایندهایی علاوه بر قندکافت (گلیکولیز) باید انجام شوند، تا مولکول گلوکز به مولکول‌های  $\text{CO}_2$  تجزیه شود؟ (خرداد ۹۹)

مولکول گلوکز در تنفس هوایی باید تا حد تشکیل مولکول‌های  $\text{CO}_2$  تجزیه شود. بخشی از تجزیه.

گلوکز در قندکافت و اکسایش پیرووات و بخش دیگر آن در چرخه کربس انجام می‌شود.

ج) در طی واکنش‌های متفاوتی که در چرخه کربس رخ می‌دهد، چند اتم کربن به صورت مولکول  $\text{CO}_2$  آزاد می‌شود؟ (دی ۱۴۰۰)

الف) طی واکنش‌های متفاوت چرخه کربس، چه مولکول گازی آزاد و چه مولکولی بازسازی می‌شود؟ (دی ۹۸)

### چرخه کربس

شکل ۷ ترسیم ساده‌ای از وقایع کلی چرخه کربس را نشان می‌دهد.

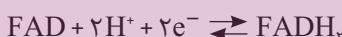
در این چرخه، ضمن ترکیب استیل کوآنزیم A با مولکولی چهارکربنی، کوآنزیم A جدا و مولکولی شش کربنی، ایجاد می‌شود. پس از آن در طی واکنش‌های متفاوتی که در چرخه کربس رخ می‌دهد، دو اتم کربن به صورت  $\text{CO}_2$  آزاد و مولکول چهارکربنی برای گرفتن استیل کوآنزیم دیگر، بازسازی می‌شود.

از اکسایش هر مولکول شش کربنی در واکنش‌های چرخه کربس، مولکول‌های  $\text{FADH}_2$  و  $\text{NADH}$  در محلهای متفاوتی از چرخه تشکیل می‌شوند. ج) نام دو مولکول حامل الکترون که در چرخه کربس تشکیل می‌شوند را بنویسید. (خرداد ۹۸)

$\text{FADH}_2$  ترکیبی نوکلئوتیددار و همانند  $\text{NADH}$  حامل الکترون

است.  $\text{FADH}_2$  از  $\text{FAD}$  ساخته می‌شود (واکنش ۳) ب) عملکرد زنجیره انتقال الکترون به الکترون‌های پرانژی کدام فراورده‌های چرخه کربس وابسته است؟ (دی ۱۴۰۰)  
ب) انرژی حاصل از تجزیه مولکول گلوکز در قندکافت و چرخه کربس، صرف ساخته شدن کدام مولکول‌های حامل الکترون می‌شود؟ (خرداد ۱۴۰۰) شکل ۷- طرح ساده‌ای از چرخه کربس

واکنش ۳



ج) در چه مرحله‌ای از تنفس یاخته‌ای  $\text{FADH}_2$  ساخته می‌شود؟ (شهریور ۹۸) د) طی واکنش‌های زنجیره انتقال الکترون - چرخه کربس) مولکول  $\text{NADH}$  به وجود می‌آید. (دی ۹۹)

به این ترتیب با انجام قندکافت، اکسایش پیرووات و چرخه کربس، مولکول گلوکز تا تشکیل مولکول‌های  $\text{CO}_2$  تجزیه می‌شود. انرژی حاصل از تجزیه گلوکز صرف ساخته شدن ATP و مولکول‌های حامل الکترون ( $\text{FADH}_2$  و  $\text{NADH}$ ) می‌شود.

### تشکیل ATP بیشتر

دیدیم که در تنفس یاخته‌ای ATP به وجود می‌آید. جالب است بدانیم که مولکول‌های  $\text{NADH}$  و  $\text{FADH}_2$  نیز برای تولید ATP مصرف می‌شوند. چگونه انرژی مولکول‌های حامل الکترون برای تولید ATP به کار می‌رود؟ همچنین براساس رابطه کلی تنفس یاخته‌ای می‌دانیم که در این فرایند آب نیز تشکیل می‌شود. آب چگونه در این فرایند تولید می‌شود؟ پاسخ این پرسش‌ها در زنجیره انتقال الکترون در غشاء درونی راکیزه نهفته است.

## زنجیره انتقال الکترون

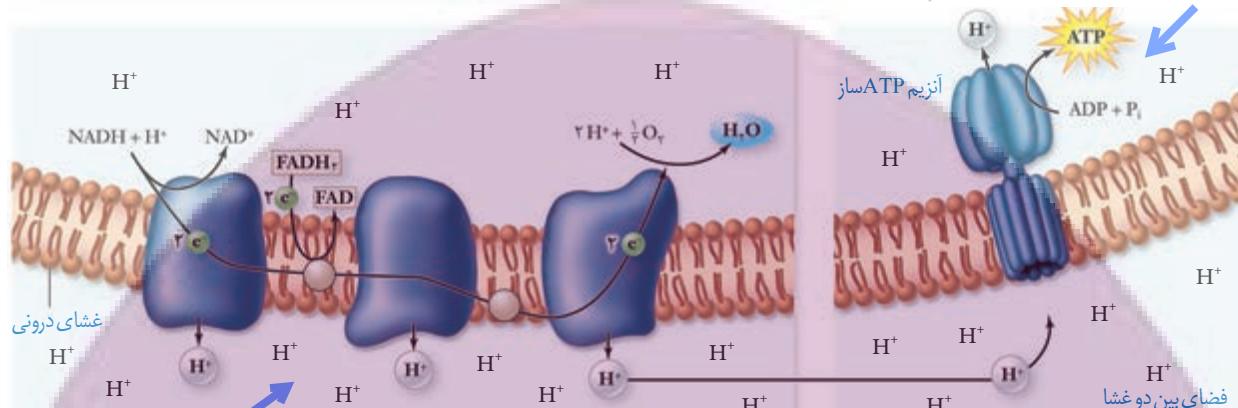
الف) زنجیره انتقال الکترون در کدام بخش راکیزه قرار دارد؟ (دی ۱۴۰۰)

د) زنجیره انتقال الکترون در چه بخشی از راکیزه قرار دارد؟ (خرداد ۹۸)

این زنجیره از مولکول‌هایی تشکیل شده است که در غشای درونی راکیزه قرار دارند و می‌توانند الکترون بگیرند یا از دست دهند.

در این زنجیره می‌بینید که الکترون‌ها در نهایت به اکسیژن مولکولی می‌رسند. اکسیژن با گرفتن الکترون به یون اکسید (atom اکسیژن با دو بار منفی) تبدیل می‌شود.

ب) مجموعه پروتئینی که با شماره ۱ مشخص شده است، چیست؟ (خرداد ۱۴۰۱)



ج) شماره ۲ مربوط به کدام یک از فضاهای راکیزه است؟ (خرداد ۱۴۰۱)

شکل ۸- زنجیره انتقال الکترون در الف) یون‌های اکسید ایجاد شده در این زنجیره برای تشکیل چه مولکولی استفاده می‌شوند؟ (خرداد ۱۴۰۰)

یون‌های اکسید در ترکیب با پروتون‌هایی که در بخش داخلی قرار دارند، مولکول‌های آب را تشکیل

می‌دهند (واکنش ۴).

ج) در زنجیره انتقال الکترون، پروتون‌ها در چند محل از بخش داخلی به فضای بین دو غشا پمپ می‌شوند؟ (شهریور ۹۹)

الف) پروتون‌ها (یون‌های  $H^+$ ) در چند محل از زنجیره انتقال الکترون پمپ می‌شوند؟ (خرداد ۱۴۰۱)

واکنش ۴- تشکیل آب



اگر به شکل ۸ توجه کنید، می‌بینید که پروتون‌ها (یون‌های  $H^+$ ) در سه محل از زنجیره انتقال

الکترون از بخش داخلی به فضای بین دو غشا پمپ می‌شوند. انرژی لازم برای انتقال پروتون‌ها از

الکترون‌های پرانرژی  $NADH_2$  و  $FADH_2$  فراهم می‌شود.

ب) در زنجیره انتقال الکترون، بر چه اساسی پروتون‌های متراکم شده در

فضای بین دو غشای راکیزه تمایل دارند به بخش داخلی برگردند؟ (دی ۹۹)

با ورود پروتون‌ها از بخش داخلی به فضای بین دو غشا، تراکم آنها در این فضای بین دو غشا افزایش می‌یابد. پروتون‌ها براساس شبیه غلظت، تمایل دارند که به سمت بخش داخلی برگردند، اما تنها

افزایش روی پروتون‌ها برای برگشت به این بخش، مجموعه‌ای پروتئینی به نام آنزیم ATP ساز است.

پروتون‌ها از کاتالیز که در این مجموعه قرار دارد، می‌گذرند و انرژی موردنیاز برای تشکیل ADP از ATP

د) گروه فسفات فراهم می‌شود. ب) پروتون‌های فضای بین دو غشای راکیزه، توسط چه پروتئینی به بخش داخلی راکیزه برمی‌گردند؟ (خرداد ۱۴۰۰)

ج) در زنجیره انتقال الکترون، تنها راه بیش روی پروتون‌ها برای برگشت به بخش داخلی راکیزه چه پروتئینی است؟ (خرداد ۹۹)

ب) در زنجیره انتقال الکترون، با ورود پروتون‌ها به فضای بین دو غشا، تنها راه بیش روی آنها برای برگشت به بخش داخلی چیست؟ (دی ۹۸)

الف) توضیح دهد چرا ساخته شدن ATP در زنجیره انتقال الکترون، از نوع ساخته شدن اکسایشی

است؟ ه) ساخته شدن ATP در زنجیره انتقال الکترون در راکیزه (میتوکندری)، از نوع ساخته شدن ATP در سطح پیش‌ماده است. (غ) (شهریور ۹۸)

ب) با توجه به نقش غشای درونی راکیزه در تنفس یاخته‌ای، چین خورده بودن آن چه ارزشی برای یاخته دارد؟

ب) با توجه به نقش غشای درونی راکیزه در تنفس یاخته‌ای، چین خورده بودن آن چه ارزشی برای یاخته دارد؟ (خرداد ۹۹)

## فعالیت ۲

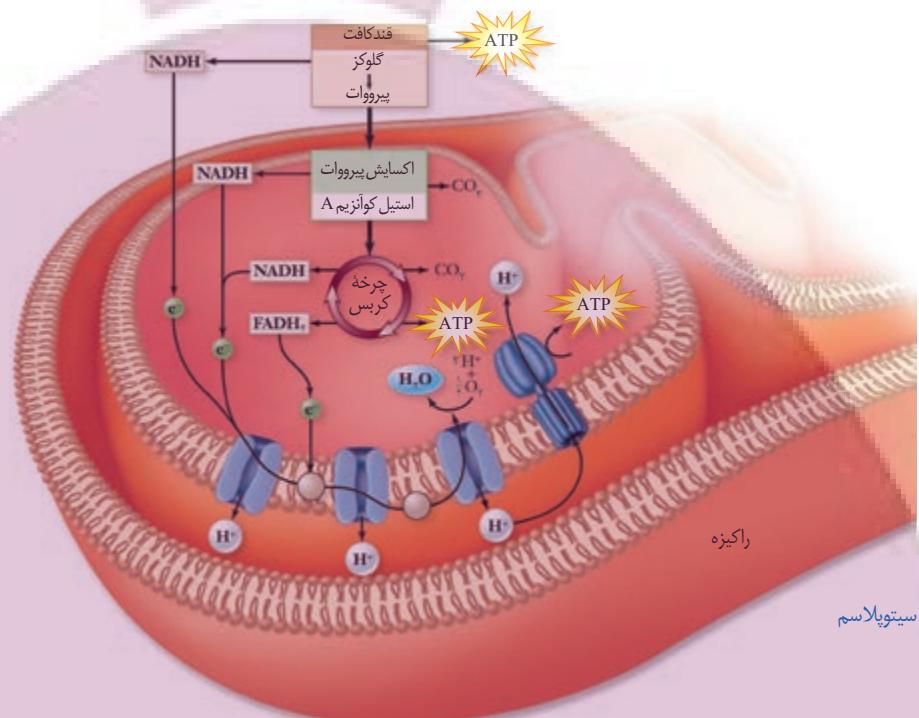
## مروری بر تنفس یاخته‌ای

### بیشتر بدانید

**ویتامین‌های B و تنفس یاخته‌ای**

شاید شنیده باشد که ویتامین‌های گروه B برای سلامت مغز و اعصاب ضروری‌اند. یکی از دلایل آن عملکرد انواعی از ویتامین‌های B به عنوان کوآنزیم در واکنش‌های مربوط به تنفس یاخته‌ای است. مثلاً تشکیل استیل کوآنزیم A وابسته به حضور ویتامین B (تیامین) است. حال است که مغز حدود دو درصد از وزن بدن را تشکیل می‌دهد، اما بیش از ۲۰ درصد انرژی مصرفی در بدن را استفاده می‌کند. بنابراین تغذیه نامناسب می‌تواند بر کارکرد درست مغز از طریق تأثیر بر میزان ATP تولید شده، اثر منفی بگذارد. ویتامین B<sub>۶</sub> (ریبو فلاوین) ویتامین B<sub>۷</sub> (نیاسین) نیز در تنفس یاخته‌ای نقش کوآنزیمی دارند.

خلاصه‌ای از تنفس یاخته‌ای را در شکل ۹ مشاهده می‌کنید. همان‌طور که می‌بینید فرایند قندکافت از گلوکز پیرووات ایجاد می‌شود. پیرووات به راکیزه می‌رود و در آنجا به استیل کوآنزیم A اکسایش می‌یابد. استیل کوآنزیم A وارد چرخه کربس می‌شود. در تنفس یاخته‌ای مولکول‌های کربن دی‌اکسید، ATP، FADH<sub>۲</sub> و آب تولید می‌شوند.



شکل ۹- خلاصه‌ای از تنفس هوایی

### ارائه دهید

با استفاده از شکل ۹، به طور گروهی طرح تصویری و نوشته‌ای از تنفس یاخته‌ای تولید و سعی کنید حداقل واژه‌هارا به کار ببرید. هر گروه طرح خود را در کلاس ارائه دهد. این طرح را می‌توانید با استفاده از نرم افزارهای رایانه‌ای، نقاشی و

### فعالیت ۳

به صورت‌های متفاوت تولید کنید.

در این پرسش عبارت‌هایی در مورد «از ماده به انرژی» آورده شده است. عبارت‌های مرتبط به هم را در دو ستون مشخص

کنید. (یک مورد در ستون «ب» اضافه است). (شهریور ۱۴۰۰)

«ستون ب»	«ستون الف»
۱. گلوکر	الف) پذیرنده نهایی الکترون در زنجیره انتقال الکترون است.
۲. آنزیم ATP ساز	ب) یکی از مولکول‌های نوکلئوتیددار در چرخه کربس است.
FADH <sub>۲</sub> . ۳	ج) مجموعه پروتئینی که انرژی مورد نیاز برای تشکیل ATP از ADP و گروه فسفات را فراهم می‌کند.
۴. اکسیژن مولکولی	د) در ازای تجربه کامل این مولکول در بهترین شرایط، در یاخته‌های یوکاریوت، حداقل ۳۰ ATP تولید می‌شود.
۵. آب	

اگر مقدار ATP در یاخته کم و ADP زیاد باشد، آنزیم‌های درگیر در قندکافت و چرخه کربس (مهار - فعال) می‌شوند.  
د) اگر ATP زیاد باشد، آنزیم‌های درگیر در قندکافت و چرخه کربس مهار می‌شوند. (ص) (دی ۹۹)

(۹۹) مقدار ATP تولید شده در ازای تجزیه کامل گلوكز در بهترین شرایط در یاخته یوکاریوت، حداقل چند ATP است؟ (خرداد ۹۹)

### تنظیم تنفس یاخته‌ای: تولیدی اقتصادی

اندازه‌گیری‌های واقعی در شرایط بهینه آزمایشگاهی نشان می‌دهند که مقدار ATP تولید شده در ازای تجزیه کامل گلوكز در بهترین شرایط در یاخته یوکاریوت، حداقل ATP ۳۰ است. باید توجه داشت

که تولید ATP در یاخته‌های متفاوت و متناسب با نیاز بدن فرق می‌کند. به نظر شما اگر مقدار ATP در یاخته زیاد باشد، واکنش‌های قندکافت و چرخه کربس، به همان میزانی انجام می‌شوند که در شرایط کمود ATP است؟ مشخص شده که تولید ATP تحت کنترل میزان ATP و ADP است. اگر

زیاد باشد، آنزیم‌های درگیر در قندکافت و چرخه کربس مهار می‌شوند تا تولید ATP کم شود. در صورتی که مقدار ATP کم و ADP زیاد باشد، این آنزیم‌ها فعال و تولید ATP افزایش می‌یابد. این تنظیم مانع

از هدر رفتن منابع می‌شود. (ج) یاخته‌های بدن انسان به طور معمول از چه منابعی برای تأمین انرژی استفاده می‌کنند؟ (دی ۹۸)

یاخته‌های بدن ما به طور معمول از گلوكز و ذخیره‌قندی کبد برای تأمین انرژی استفاده می‌کنند.

در صورتی که این منابع کافی نباشند، آنها برای تولید ATP به سراغ تجزیه چربی‌ها و پروتئین‌ها می‌روند.

به همین علت تحلیل و ضعیف شدن ماهیچه‌های اسکلتی و سیستم ایمنی از عوارض سوء تغذیه و فقر

غذایی شدید و طولانی مدت در افرادی است که رژیم غذایی نامناسب دارند یا اینکه به دلایل متفاوت

غذای کافی در اختیار ندارند.

### بیشتر بدانید

#### انرژی در دسترس

مقدار انرژی آزاد شده از اکسیژن گلوكز در آزمایشگاه در شرایط استاندارد ۶۸۶ Kcal/mol است. اگر در تنفس یاخته‌ای از یک مولکول گلوكز ۳۰ ATP تولید شود، با توجه به اینکه هر ۷/۳ Kcal/mol حدود ۳۲ درصد خواهد بود که دارد. بنابراین بازده فرایند تنفس بسیار بیشتر از دستگاه‌های ساخت بشر است که در آنها تبدیل انرژی صورت می‌گیرد.

### بیشتر بدانید

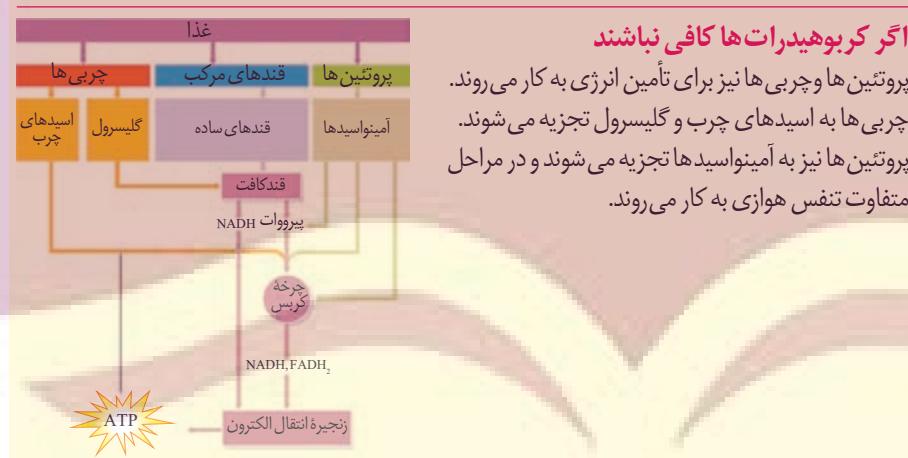
#### اگر کربوهیدرات‌ها کافی نباشند

پروتئین‌ها و چربی‌ها نیز برای تأمین انرژی به کار می‌روند. چربی‌ها به اسیدهای چرب و گلیسرول تجزیه می‌شوند. پروتئین‌ها نیز به آمینواسیدها تجزیه می‌شوند و در مراحل متفاوت تنفس هوایی به کار می‌روند.

### بیشتر بدانید

#### ATP بیشتر

باکتری‌ها را کیزه ندارند؛ درنتیجه قندکافت و چرخه کربس در سیتوپلاسم باکتری‌های هوایی انجام می‌شوند. بنابراین به ازای اکسایش هر مولکول گلوكز در تنفس ۳۲ ATP یاخته‌ای در باکتری‌هاتا ممکن است تولید شود.



### گفت و گو کنید

شاید دیده باشید که در دانه‌های خشک و بدون آب مانند نخود و لوبیا، حشرات و لارو آنها رشد و نمو می‌کند. با توجه به اینکه این دانه‌ها خشک اند و تقریباً آبی ندارند، آب مورد نیاز این جانوران چگونه تأمین می‌شود؟

### فعالیت ۴

(د) در تخمیر الکلی و لاکتیکی، برای تداوم قندکافت، ..... ضروری است و اگر نباشد قندکافت متوقف می‌شود. (دی ۹۹)  
 هـ) برای تداوم قندکافت ( $NAD^+ - NADH$ ) ضروری است و اگر نباشد قندکافت متوقف می‌شود. (شهریور ۱۴۰۰)

## گفتار ۳ زیستن مستقل از اکسیژن

### تخمیر

بیشتر بدانید

#### تخمیر الکلی در پخت نان

*Saccharomyces cerevisiae* قارچی تک یاخته‌ای است که نشاسته را تجزیه می‌کند. در فرایند تولید نان، این قارچ به خمیر اضافه و خمیر در شرایط مناسب

دیدیم که در تنفس یاخته‌ای، اکسیژن گیرنده نهایی الکترون است. آیا تجزیه گلوکز و تأمین انرژی، همیشه وابسته به حضور اکسیژن است؟ آیا در محیط‌هایی که اکسیژن ندارند یا اکسیژن اندکی دارند،

حیات وجود ندارد؟ در این صورت ATP مورد نیاز چگونه تأمین می‌شود؟

تخمیر از روش‌های تأمین انرژی در شرایط کمبود یا نبود اکسیژن است که در انواعی از جانداران رخ می‌دهد. در فرایند تخمیر، راکیزه و در نتیجه زنجیره انتقال الکترون نقشی ندارند. **تخمیر الکلی و تخمیر**

لاکتیکی انواعی از تخمیرند که در صنایع متفاوت از آنها بهره می‌بریم. (الف) نام مرحله مشترک بین تنفس یاخته‌ای هوایی و تخمیر چیست؟ (خرداد ۹۸)

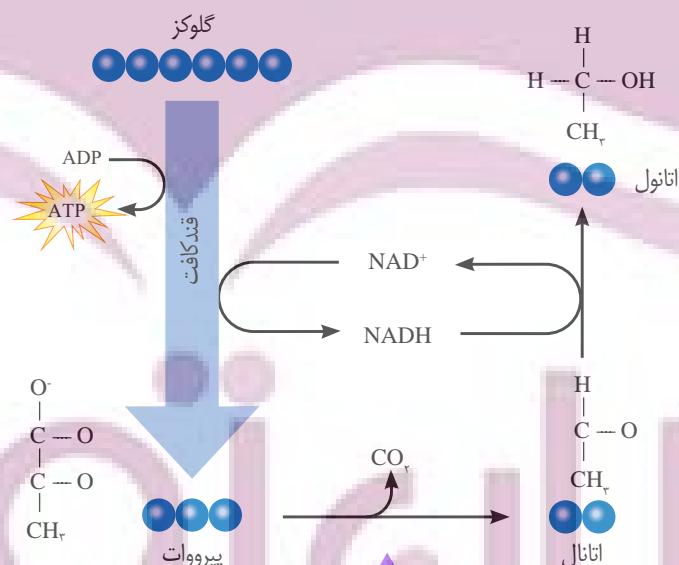
(هـ) مرحله مشترک بین تنفس هوایی و بی‌هوایی چیست؟ (خرداد ۹۹)  
 تخمیر الکلی و لاکتیکی مانند تنفس هوایی با قندکافت آغاز می‌شوند و پیرووات ایجاد می‌کنند؛ در قندکافت دیدیم که تشکیل پیرووات از قند فسفاته همراه با ایجاد  $NAD^+$  از  $NADH$  است؛ بنابراین برای تداوم قندکافت،  $NAD^+$  ضروری است و اگر نباشد قندکافت متوقف می‌شود و در نتیجه تخمیر انجام نمی‌شود. در تخمیر، مولکول‌هایی ایجاد می‌شوند که در فرایند تشکیل آنها  $NAD^+$  به وجود می‌آید. در ادامه با این دو نوع تخمیر بیشتر آشنا می‌شویم. (ج) ورامدن خمیر نان به علت انجام تخمیر ..... است. (شهریور ۹۸) به علت انجام تخمیر ..... است.

(کـ) (شهریور ۹۸)



**تخمیر الکلی:** ورامدن خمیر نان به علت انجام تخمیر الکلی است. شکل ۱۰ طرح ساده‌ای از مراحل این نوع تخمیر را نشان می‌دهد. در این فرایند، پیرووات حاصل از قندکافت با از دست دادن  $CO_2$ ، به اتانال تبدیل می‌شود. اتانال با گرفتن الکترون‌های  $NADH$  اتانول ایجاد می‌کند.

در فرآیند تخمیر الکلی، اتانول چگونه از اتانال ایجاد می‌شود؟ (خرداد ۱۴۰۰) (الف) در تخمیر الکلی، پیرووات حاصل از قندکافت، چگونه به اتانال تبدیل می‌شود؟ (خرداد ۱۴۰۱) (د) در تخمیر الکلی، اتانال چگونه اتانول را ایجاد می‌کند؟ (شهریور ۹۹)



شکل ۱۰- تخمیر الکلی (الف) شکل مقابله چه نوع تخمیری را نشان می‌دهد؟ (دی ۹۸)

(ب) نام ماده مشخص شده (۱) را بنویسید. (دی ۹۸)

در فعالیت شدید ماهیچه‌ها، اگر اکسیژن کافی نباشد، پیرووات حاصل از قندکافت چگونه به لاکتان تبدیل می‌شود؟ (شهریور ۱۴۰۰)

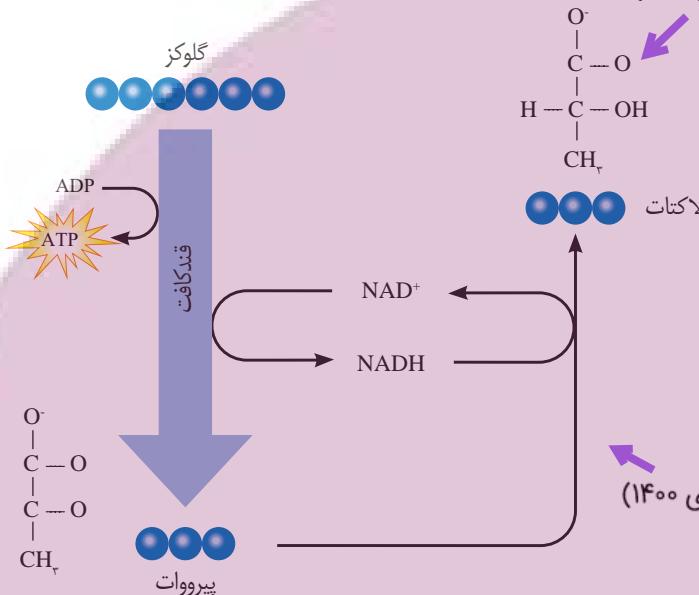
د) در فعالیت شدید ماهیچه‌ها، اگر اکسیژن کافی نباشد، پیرووات به چه ماده‌ای تبدیل می‌شود؟ (شهریور ۹۸)

**تخمیر لاکتیکی:** در سال گذشته خواندید، ماهیچه‌های اسکلتی برای تجزیه کامل گلوکز به اکسیژن نیاز دارند و اگر اکسیژن کافی نباشد، لاکتان در ماهیچه‌ها تجمع می‌یابد. اما لاکتان با چه سازوکاری ایجاد می‌شود؟

فعالیت شدید ماهیچه‌ها به اکسیژن فراوان نیاز دارد. اگر اکسیژن کافی نباشد، پیرووات حاصل از قندکافت وارد اکیزه‌های نامی شود، بلکه باگرفتن الکترون‌های NADH به لاکتان تبدیل می‌شود (شکل ۱۱).

(ب) گیرنده الکترون‌های NADH در تخمیر لاکتیکی چه مولکولی است؟ (خرداد ۱۴۰۱)

نام ماده مشخص شده با علامت سؤال، را بنویسید. (د) (۱۴۰۰)



طرح پرسش از فرمول  
ساختاری مواد شیمیایی در  
همه آزمون‌ها از جمله کنکور  
سراسری ممنوع است.

(الف) شکل مقابل چه نوع تخمیری را نشان می‌دهد؟ (د) (۱۴۰۰)

شکل ۱۱- تخمیر لاکتیکی. علت ترش شدن شیر، لاکتیک اسید است.

ه) تخمیر لاکتیکی همواره سبب فساد مواد غذایی می‌شود. (غ) (شهریور ۹۹)

انواعی از باکتری‌ها تخمیر لاکتیکی را انجام می‌دهند. بعضی از این باکتری‌ها، مانند آنچه در ترش

شدن شیر رخ می‌دهد، سبب فساد غذا می‌شوند؛ اما انواعی از آنها در تولید فراورده‌های غذایی به کار

می‌روند. تخمیر لاکتیکی در تولید فراورده‌های شیری و خوارکی‌هایی مانند خیارشور نقش دارد.

**تخمیر در گیاهان:** گیاهانی که به طور طبیعی در شرایط غرقابی رشد می‌کنند، سازوکارهایی برای

تأمین اکسیژن مورد نیاز دارند. تشکیل بافت پارانشیمی (نرم آکنه‌ای) هودار در گیاهان آبزی و شش‌ریشه

در درخت حَرّا از سازوکارهایی است که قبلاً با آن آشنا شده‌اید.

به هر حال، اگر اکسیژن به هر علته در محیط نباشد یا کم باشد، تخمیر انجام می‌شود. هر دو نوع تخمیر الكلی و لاکتیکی در گیاهان وجود دارد. توجه داشته باشید که تجمع الكلی یا لاکتیک اسید در یاخته گیاهی به مرگ آن می‌انجامد، بنابراین باید از یاخته‌ها دور شوند.

جاخالی تأثیفی

## سلامت بدن: پاداکسنده‌ها

### بیشتر بدانید

#### تنفس یاخته‌ای بی‌هوایی

انواعی از باکتری‌ها وجود دارند که می‌توانند در محیط‌های بدون اکسیژن زندگی کنند. این جاذبه‌ان اثری موردنیاز خود را از طریق تنفس یاخته‌ای بی‌هوایی به دست می‌آورند. گیرنده نهایی الکترون در این باکتری‌ها اکسیژن نیست،

در اکسیژن در می‌آیند. رادیکال‌های آزاد از عوامل ایجاد سرطان اند. (ج) چگونه امکان تشکیل رادیکال‌های آزاد وجود دارد؟ (خرداد ۹۹)

است.

در درس شیمی آموختید رادیکال‌های آزاد به علت داشتن الکترون‌های جفت نشده در ساختار خود، واکنش‌بیزیری بالایی دارند و می‌توانند در واکنش با مولکول‌های تشکیل‌دهنده بافت‌های بدن، به آنها آسیب برسانند. امکان تشکیل رادیکال آزاد از اکسیژن در فرایند تنفس هوایی، وجود دارد. اما چگونه؟ دیدیم اکسیژن با پذیرش الکترون در پایان زنجیره انتقال الکترون، به یون اکسید ( $O^{2-}$ ) تبدیل می‌شود. یون‌های اکسید با یون‌های هیدروژن ( $H^+$ ) ترکیب می‌شوند و در نتیجه مولکول آب به وجود می‌آید اما گاه پیش می‌آید که درصدی از اکسیژن‌ها وارد واکنش تشکیل آب نمی‌شوند، بلکه به صورت رادیکال آزاد در می‌آیند. رادیکال‌های آزاد از عوامل ایجاد سرطان اند. (ج) چگونه امکان تشکیل رادیکال‌های آزاد وجود دارد؟ (خرداد ۹۹)

راکیزه‌ها برای مقابله با اثر سمی رادیکال‌های آزاد، به ترکیبات پاداکسنده وابسته‌اند. بارها شنیده‌اید که خوردن میوه‌ها و سبزیجات در حفظ سلامت بدن نقش دارند. این مواد غذایی دارای پاداکسنده‌هایی مانند کاروتینوئیدها هستند. پاداکسنده‌ها در واکنش با رادیکال‌های آزاد مانع از اثر تخریبی آنها بر

مولکول‌های زیستی و در نتیجه تخریب بافت‌های بدن می‌شوند. (د) چرا خوردن میوه‌ها و سبزیجات در حفظ سلامتی بدن نقش دارند؟ (دی ۹۸) ه) کاروتینوئید موجود در میوه‌ها و سبزیجات چه نقشی در حفظ سلامت بدن دارد؟ (شهریور ۹۸)

**تجمع رادیکال‌های آزاد:** آیا مبارزه با رادیکال‌های آزاد در راکیزه‌ها همیشه با موفقیت انجام می‌شود؟ اگر به هر علت سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از سرعت مبارزه با آنها بیشتر باشد، چه اتفاقی را پیش‌بینی می‌کنید؟ (ج) اگر به هر علت سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد در راکیزه‌ها از سرعت مبارزه با آنها بیشتر باشد، چه اتفاقی می‌افتد؟ (شهریور ۹۹)

مشخص است که در چین شرایطی، رادیکال‌های آزاد در راکیزه تجمع می‌یابند و آن را تخریب می‌کنند؛ در نتیجه، یاخته هم تخریب می‌شود. رادیکال‌های آزاد برای جبران کمبود الکترونی خود به مولکول‌های سازنده یاخته و اجزای آن، حمله می‌کنند و باعث تخریب آنها می‌شوند.

عوامل فراوانی می‌توانند راکیزه را در مبارزه با رادیکال‌های آزاد با مشکل رو به رو کنند؛ مثلاً الکل و انواعی از نقص‌های ژنی در عملکرد راکیزه در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد مشکل ایجاد می‌کنند.

**اثر الکل:** مطالعات نشان می‌دهد که الکل سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از اکسیژن را افزایش می‌دهد و مانع از عملکرد راکیزه در جهت کاهش آنها می‌شود. رادیکال‌های آزاد با حمله به DNA راکیزه، سبب تخریب راکیزه و در نتیجه مرگ یاخته‌های کبدی و بافت مردگی (نکروز) کبد می‌شوند. به همین علت اختلال در کار کبد و از کار افتادن آن از شایع‌ترین عوارض نوشیدن مشروبات الکلی است.

ه) چه عواملی در عملکرد راکیزه در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد مشکل ایجاد می‌کنند؟ (خرداد ۹۸)

**نقص ژنی:** گاه نقص در ژن‌های مربوط به پروتئین‌های زنجیره انتقال الکترون، به ساخته شدن پروتئین‌های معیوب می‌انجامد. راکیزه‌ای که این پروتئین‌های معیوب را داشته باشد در مبارزه با رادیکال‌های آزاد، عملکرد مناسبی ندارد.

نقص ژنی چگونه باعث تشکیل رادیکال‌های آزاد می‌شود؟ (دی ۹۹)

### بیشتر بدانید

#### سلاح شیمیایی

دولت بعث عراق در جنگ هشت ساله علیه ایران بمبهای شیمیایی دارای هیدروژن سیانید را به کار برد. هیدروژن سیانید با توقف زنجیره انتقال الکترون در راکیزه سبب مرگ افراد با حالتی شبیه خفگی می‌شود.

دور کردن افراد از محل حادثه، استفاده از ماسک اکسیژن و تنفس مصنوعی از اقدامات مؤثر در نجات جان این افراد است.

ه) سیانید چگونه باعث توقف تنفس یاخته‌ای می‌شود؟ (شهریور ۹۹)

**توقف انتقال الکترون:** مواد سمی فراوانی وجود دارند که با مهار یک یا تعدادی از واکنش‌های

تنفس هوازی، سبب توقف تنفس یاخته و مرگ می‌شوند. **سیانید** یکی از این ترکیب‌هاست که واکنش نهایی مربوط به انتقال الکترون‌ها به  $O_2$  را مهار و در نتیجه باعث توقف زنجیره انتقال الکترون می‌شود.

از زیست‌شناسی سال دهم نیز به یاد دارید که گاز کربن مونواکسید با اتصال به هموگلوبین، مانع از اتصال اکسیژن به آن می‌شود و چون به آسانی از هموگلوبین جدا نمی‌شود، طرفیت حمل اکسیژن در خون را کاهش می‌دهد. این عملکرد مونواکسیدکربن، در واقع در انجام تنفس یاخته‌ای اختلال ایجاد می‌کند. مونواکسید کربن به شکل دیگری نیز بر تنفس یاخته‌ای اثر می‌گذارد؛ این گاز سبب توقف واکنش مربوط به انتقال الکترون‌ها به اکسیژن می‌شود. دود خارج شده از خودروها و سیگار، از منابع دیگر تولید

مونواکسیدکربن‌اند.

(و) مونواکسیدکربن سبب توقف کدام واکنش زنجیره انتقال الکترون می‌شود؟ (خرداد ۹۸)

(و) یک ترکیب که با مهار کردن انتقال الکترون به  $O_2$  باعث توقف زنجیره انتقال الکترون می‌شود را بنویسید. (شهریور ۹۸)

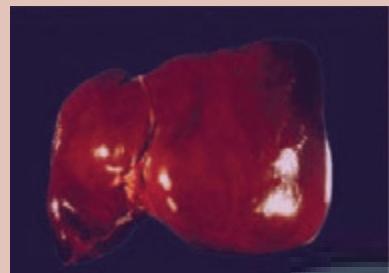
### بیشتر بدانید

#### الکل و سرطان کبد

اثر منفی دیگر الکل بر کبد، به تجزیه چربی‌ها در کبد مربوط می‌شود. سیروز کبدی از عوارض مصرف درازمدت الکل است. این وضعیت به علت اثر منفی الکل بر تجزیه چربی‌ها ایجاد می‌شود. در این بیماری، چربی در یاخته‌های کبدی افراد الکلی تجمع می‌یابد. تجمع چربی مانع از عملکرد درست کبد می‌شود. سیروز کبدی احتمال ابتلا به سرطان کبد را افزایش می‌دهد.



کبد سیروزی



کبد سالم

ایران نوین



## فصل ۶

### از انرژی به ماده



جاخالی تألیفی

دانستیم انرژی مورد نیاز ما برای انجام فعالیت‌های حیاتی، از مواد مغذی مانند گلوكز تأمین می‌شود.

اکنون پرسش این است که منشأ انرژی ذخیره شده در ترکیباتی مانند گلوكز چیست؟ چه فرایندهای فرایندهایی در دنیاًی حیات وجود دارد که با ساختن ماده آلی، انرژی را در آنها ذخیره می‌کند؟ چه جاندارانی می‌توانند این فرایندها را انجام دهند و این جانداران چه ویژگی‌هایی دارند؟

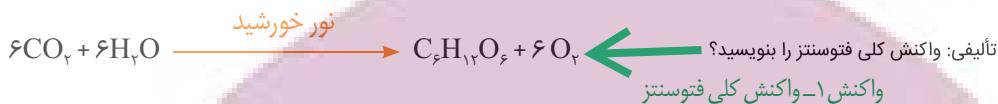


طرح سوالات عددی و  
محاسباتی از مباحث این فصل  
در همه آزمون‌ها از جمله  
کنکور سراسری ممنوع است.

به منظور آمادگی کامل برای امتحان نهایی زیست‌شناسی دوازدهم و تکمیل این جزو، کلاس آمادگی امتحان نهایی دکتر خیراندیش و دکتر فرهمندیا در گروه آموزشی ماز را مورخ شنبه و یکشنبه ۱۳ و ۱۴ خردادماه از ساعت ۱۲:۰۰ لغایت ۱۵:۰۰ مشاهده نمایید.

گفتار ۱ فتوسنتر: تبدیل انرژی نور به انرژی شیمیایی

می‌دانید گیاهان در فرایند فتوسنتز، CO<sub>2</sub> را با استفاده از انرژی نور خورشید به ماده آلی تبدیل و اکسیژن نیز تولید می‌کنند (واکنش ۱). بر این اساس می‌توان میزان فتوسنتز را با تعیین میزان کربن دی‌اکسید مصرف شده و یا اکسیژن تولید شده، اندازه گرفت.



برای اینکه جانداری بتواند فتوستنتز انجام دهد، چه ویژگی هایی باید داشته باشد؟ یکی از این ویژگی ها داشتن مولکول های رنگیزه ای است که بتوانند انرژی نور خورشید را جذب کنند. همچنان، باید سامانه ای برای تبدیل این انرژی به انرژی شیمیایی وجود داشته باشد. انواعی از جانداران وجود دارند که فتوستنتز می کنند. در ادامه به بررسی این فرایند در گیاهان می پردازیم.

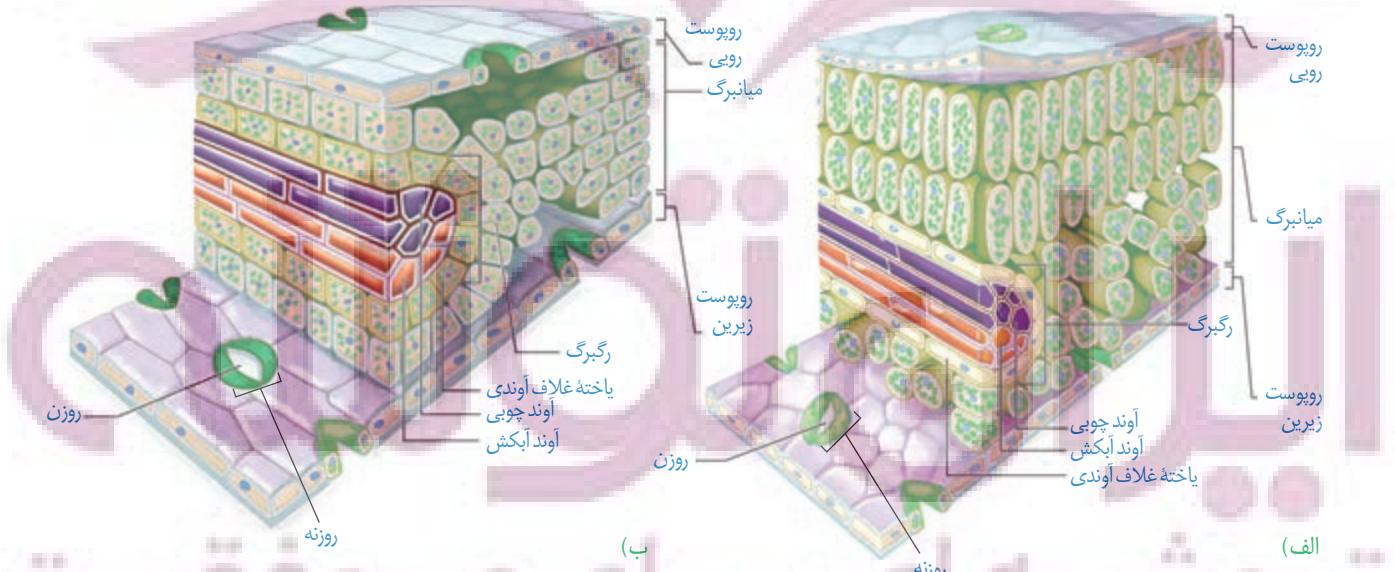
## برگ ساختار تخصص یافته برای فتوسنتز

برگ که مناسب‌ترین ساختار برای فتوستنتز در اکثر گیاهان است تعداد فراوانی سبزدیسه دارد. همان‌طور که می‌دانید، فتوستنتز در سبزدیسه‌ها انجام می‌شود.

آوندی (رگبرگ) است. روپوست رویی و زیرین به ترتیب در سطح رویی و زیرین پهنه‌ک برگ قرار دارند. میانبرگ شامل یاخته‌های پارانشیمی است. در شکل ۱-الف میانبرگ از یاخته‌های پارانشیمی نرده‌ای و اسفنجی تشکیل شده است. همان طور که در این شکل می‌بینید، یاخته‌های نرده‌ای بعد از روپوست

شکل ۱- ترسیمی از برج  
الف) نمونه‌ای گیاه دولپه  
ب) نمونه‌ای گیاه تک‌لپه

الف) یک تفاوت بین ساختار برگ تکلیه‌ای‌ها و دولپه‌ای‌ها را بنویسید. (دی ۹۸)



ه) در برگ گیاهان دولپه، یاخته‌های اسفنجی میانبرگ به سمت روپوست (رویی - زیرین) قرار دارند. (دی ۹۹) و میانبرگ در بعضی گیاهان از یاخته‌های اسفنجی تشکیل شده است. (ص) (شهریور ۹۹)

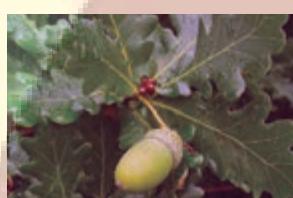
### بیشتر بدانید گوناگونی شکل برگ‌ها



برگ ذرت، دمبرگ ندارد.



برگ مرکب از تعدادی برگچه تشکیل شده است، مانند برگ درخت گردو.



لبه برگ بعضی گیاهان کنگره دار است، مانند برگ درخت بلوط.

میانبرگ در بعضی گیاهان از یاخته‌های اسفنجی تشکیل شده است (شکل ۱-ب).

الف) ساختارهای غشایی و کیسه‌مانند و به هم متصل در فضای درون سبزدیسه (کلروپلاست) چه نام دارد؟ (خرداد ۹۹)  
**سبزدیسه:** سبزدیسه همانند راکیزه دارای غشای بیرونی و غشای درونی است که از هم فاصله دارند. فضای درون سبزدیسه با سامانه‌ای غشایی به نام **تیلاکوئید** به دو بخش فضای درون تیلاکوئید و **بستره** تقسیم شده است. **تیلاکوئیدها** ساختارهای غشایی و کیسه‌مانند و به هم متصل هستند (شکل ۲).  
بستره دارای دنا، رنا و رنائن است. بنابراین، سبزدیسه مانند راکیزه می‌تواند بعضی پروتئین‌های مورد نیاز خود را بسازد. سبزدیسه نیز می‌تواند به طور مستقل تقسیم شود.

شکل ۲- ساختار سبزدیسه



ب) تصویر گرفته شده با میکروسکوپ الکترونی

الف) ترسیمی

### گفت و گو کنید

### فعالیت ۱

سبزینه همان طور که از نامش پیداست، به رنگ سبز (الف) در گیاهان چه عواملی باعث افزایش کارایی گیاه در استفاده از طول موج‌های متفاوت نور می‌شود؟

(د) علاوه بر سبزینه‌ها، چه رنگیزه‌های دیگری در غشای تیلاکوئید وجود دارند؟ (شهریور ۹۹) **رنگیزه چرا به رنگ سبز** (الف) وجود رنگیزه‌های متفاوت مانند کاروتونوئیدها، در غشاء تیلاکوئید چه اهمیتی دارد؟ (شهریور ۱۴۰۰)

(الف) علاوه بر سبزینه‌های (کلروفیل‌های) a و b، چه رنگیزه‌های فتوسنتزی دیگری در غشای تیلاکوئید قرار دارند؟ (خرداد ۹۸) **الف) مزیت وجود رنگیزه‌های متفاوت در سبزدیسه‌های (کلروپلاست‌های) گیاه را بنویسید.** (شهریور ۹۸)

(الف) مزیت وجود رنگیزه‌های متفاوت (سبزینه و کاروتونوئید) در گیاهان چیست؟ (دی ۱۴۰۰)

**رنگیزه‌های فتوسنتزی در غشای تیلاکوئید قرار دارند. افزون بر**

**سبزینه که بیشترین رنگیزه در سبزدیسه‌های است، کاروتونوئیدها نیز در**

**غشاء تیلاکوئید وجود دارند. وجود رنگیزه‌های متفاوت، کارایی گیاه**

**را در استفاده از طول موج‌های متفاوت نور افزایش می‌دهد.**

در گیاهان سبزینه‌های a و b وجود دارند. بیشترین جذب هر دو

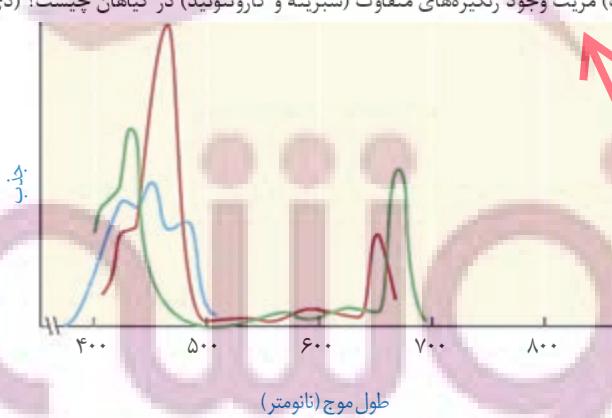
نوع سبزینه در محدوده‌های ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر (بنفس-آبی) و ۶۰۰

تا ۷۰۰ نانومتر (نارنجی-قرمز) است. گرچه حداقل جذب آنها در هر

یک از این محدوده‌ها با هم فرق می‌کند. کاروتونوئیدها به رنگ‌های

زرد، نارنجی و قرمز دیده می‌شوند و بیشترین جذب آنها در بخش آبی

**و سبز نور مرئی است (شکل ۳).**



شکل ۳- طیف جذبی رنگیزه‌های فتوسنتزی. سبزینه a (سبز)، سبزینه b (قرمز) و کاروتونوئیدها (آبی)

(ب) سبزدهای a و b و کاروتونوئیدها، کدام نور را به طور مشترک، بیشتر جذب می‌کنند. (دی ۱۴۰۰)

(الف) هر آتن گیرنده نور از چه قسمت‌هایی ساخته شده است، نام ببرید. (دی ۹۹)

### فتوسیستم: سامانه تبدیل انرژی

رنگیزه‌های فتوسنتزی همراه با انواع پروتئین در سامانه‌هایی به نام **فتوسیستم ۱** و **۲** قرار دارند. هر

**فتوسیستم شامل آتن‌های گیرنده نور و یک مرکز واکنش است.** هر آتن که از رنگیزه‌های متفاوت

**(کلروفیل‌ها و کاروتینیدها)** و انواع پروتئین ساخته شده است، انرژی نور را می‌گیرد و به مرکز واکنش

منتقل می‌کند. مرکز واکنش، شامل مولکول‌های کلروفیل a است که در بستری پروتئینی قرار دارد.

الف) علاوه بر سبزیجات (کلروفیل‌های a و b، چه رنگیزه‌های فتوسنتزی

**حداکثر جذب سبزیجات a** در مرکز واکنش **فتوسیستم ۱**، در طول موج **۷۰۰ نانومتر** و **حداکثر جذب آن**

**در فتوسیستم ۲**، در طول موج **۶۸۰ نانومتر** است. بر همین اساس، به سبزیجات a در فتوسیستم ۱، P<sub>۷۰۰</sub>

و در فتوسیستم ۲، P<sub>۶۸۰</sub> می‌گویند. (و به سبزیجات a کلروفیل در فتوسیستم ۲، P<sub>۷۰۰</sub> - P<sub>۶۸۰</sub> می‌گویند. (شهریور ۹۹)

**فتوسیستم‌ها در غشای تیلاکوئید قرار دارند و با مولکول‌هایی به نام **ناقل الکترون** به هم مرتبط**

می‌شوند. این مولکول‌ها می‌توانند الکترون بگیرند یا اینکه الکترون از دست بدنه‌ند (کاهش و اکسایش).

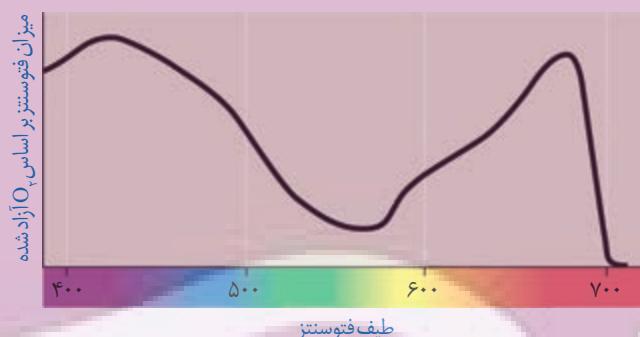
(۱۴۰۰) و) فتوسیستم‌ها در غشای تیلاکوئید قرار دارند و با مولکول‌هایی به نام ..... به هم مرتبط می‌شوند. (خرداد ۱۴۰۰)

ب) فتوسیستم‌ها در غشای تیلاکوئید چگونه به هم مرتبط می‌شوند؟ (دی ۱۴۰۰)

و) فتوسیستم‌ها در غشای تیلاکوئید قرار دارند و با مولکول‌هایی به نام **ناقل الکترون** به هم مرتبط می‌شوند. (شهریور ۹۸)

نمودار زیر میزان فتوسنتزیک گیاه را نشان می‌دهد. این نمودار را بانمودار

شکل ۳ مقایسه کنید و نتایجی را که از آن به دست می‌آورید، بنویسید.

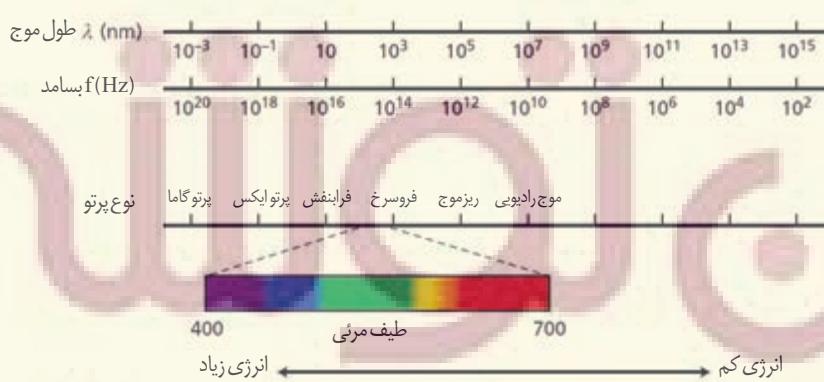


بیشتر بدانید

### طيف الکترومغناطيس

بخش مرئی نور، بخش کوچکی از طيف الکترومغناطيس است.

طيف الکترومغناطيس را در كتاب فيزيك ۳ مطالعه می‌کنيد.



در رابطه با آزمایشی که برای بررسی این فرض انجام شد که، «همه طول موج های نور مرئی به یک اندازه در

فتوسنتز نقش دارند»، به پرسش های زیو پاسخ دهید. (خرداد ۱۴۰۰)

الف) نام جلیک رشته ای که در این آزمایش مورد استفاده قرار می گیرد چیست؟

ب) از این آزمایش می توان نتیجه گرفت که رنگیزه اصلی در فتوسنتز چیست؟

آیا همه طول موج های نور مرئی به یک اندازه در فتوسنتز نقش دارند؟ می توان با استفاده از اسپیروژیر (جلیک سبز رشته ای)، نوعی باکتری هوایی، چشممه نور و منشور برای تجزیه نور آزمایشی را برای پاسخ به این پرسش

### فعالیت ۳

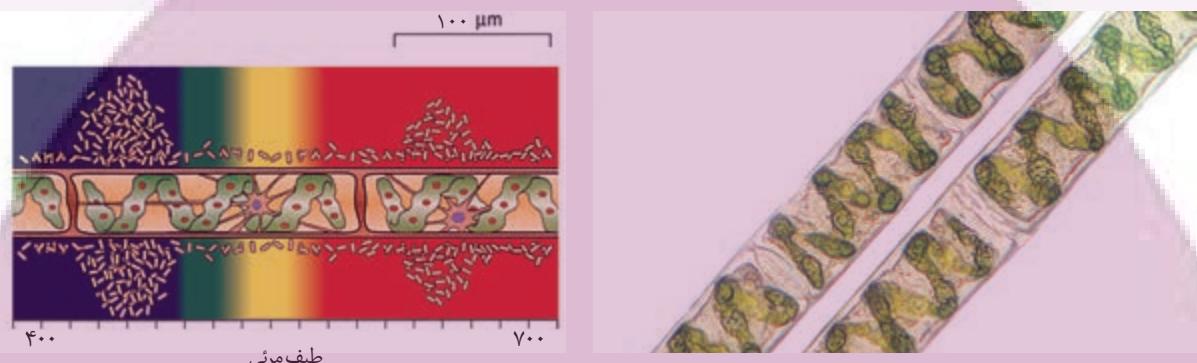
ب) یک ویژگی سبز دیسه های (کلروپلاست های) اسپیروژیر را بتویسید. (دی ۹۸)

اسپیروژیر سبز دیسه های نواری و دراز دارد (شکل الف). اگر همه طول موج های نور به یک اندازه در فتوسنتز مؤثر باشند، انتظار داریم که تراکم اکسیژن در اطراف جلیک رشته ای یکسان باشد.

در آزمایشی که برای بررسی این فرض انجام شد، جلیک را روی سطحی ثابت کردند و درون لوله آزمایشی شامل آب و باکتری های هوایی قرار دادند. لوله آزمایش در برابر نوری قرار گرفت که از منشور عبور کرده و به طیف های متفاوت تجزیه شده بود. بعد از گذشت مدتی، مشاهده شد که باکتری ها در بعضی قسمت ها تجمع یافته اند (شکل ب).

الف) چه توضیحی برای این مشاهده دارید؟ با چه آزمایشی می توانید درستی این توضیح را بررسی کنید؟

ب) آیا از این آزمایش می توان نتیجه گرفت که سبزینه، رنگیزه اصلی در فتوسنتز است؟ پاسخ خود را توضیح دهید.



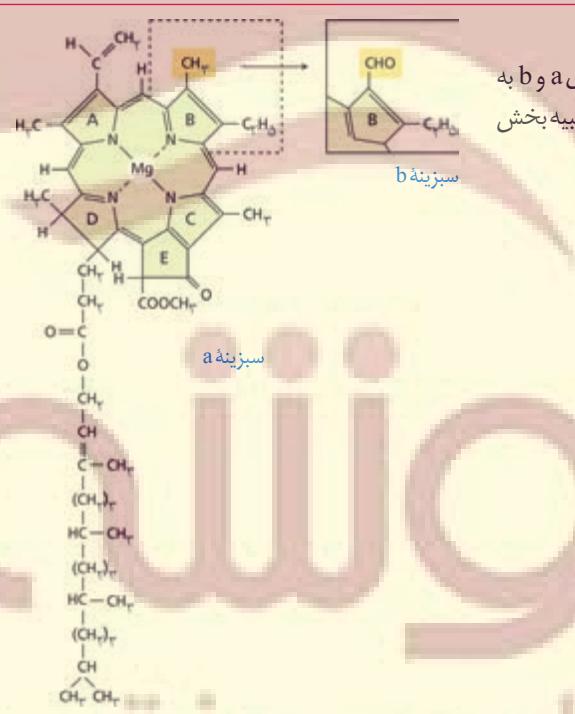
ب) ترسیمی از نتیجه آزمایش

الف) اسپیروژیر

### بیشتر بدانید

#### ساختار سبزینه

مولکول سبزینه از دو بخش سرو دم تشکیل شده است. تقاضا سبزینه های a و b به اختلاف اندکی در بخش سر مربوط می شود. جالب است که ساختار بخش سر شبیه بخش هم در مولکول هموگلوبین است؛ با این تقاضا که به جای آهن، منیزیم دارد.



## گفتار ۲ واکنش‌های فتوسنتزی

واکنش‌های فتوسنتزی را در دو گروه واکنش‌های وابسته به نور و مستقل از نور قرار می‌دهند. در ادامه به معرفی این دو نوع واکنش می‌پردازیم.

### واکنش‌های وابسته به نور: واکنش‌های تیلاکوئیدی

وقتی نور به مولکول‌های رنگیزه می‌تابد، الکترون انرژی می‌گیرد و ممکن است از مدار خود خارج شود. به چنین الکترونی، الکترون برانگیخته می‌گویند، زیرا پرانرژی و از مدار خود خارج شده است. الکترون برانگیخته ممکن است با انتقال انرژی به مولکول رنگیزه بعدی، به مدار خود برگردد یا از رنگیزه خارج و به وسیله رنگیزه یا مولکولی دیگر گرفته شود (شکل ۴).

در فتوسنتز، انرژی الکترون‌های برانگیخته در رنگیزه‌های موجود در آتن‌ها از رنگیزه‌ای به رنگیزه دیگر منتقل و در نهایت، به مرکز واکنش می‌رود و در آنجا سبب ایجاد الکترون برانگیخته در سبزینه a و خروج الکترون از آن می‌شود (شکل ۵).

الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۲ بعد از عبور از زنجیره انتقال الکترون به مرکز واکنش در فتوسیستم ۱ می‌رود. همچنین، الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۱ در نهایت به مولکول  $\text{NADP}^+$  می‌رسد (شکل ۶).

دونوع زنجیره انتقال الکترون در غشای تیلاکوئید وجود دارد. یک زنجیره بین فتوسیستم ۲ و فتوسیستم ۱ و دیگری بین فتوسیستم ۱ و  $\text{NADP}^+$  قرار دارد.

با گرفتن دو الکترون، بار منفی پیدا می‌کند و با ایجاد پیوند با پروتون به مولکول  $\text{NADPH}$  تبدیل می‌شود (واکنش ۲).

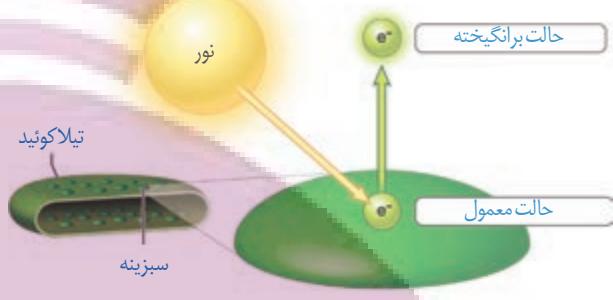
تألیفی: واکنش تشکیل  $\text{NADPH}$  را بنویسید؟



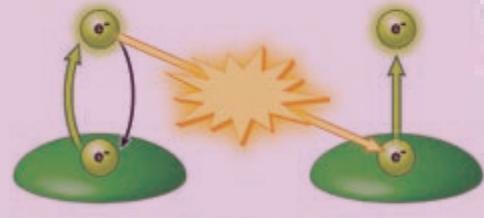
با توجه به شکل ۶ در می‌یابیم الکترونی که از سبزینه a در مرکز واکنش فتوسیستم ۲ می‌آید، کمبود الکترون سبزینه a در فتوسیستم ۱

ایجاد الکترون برانگیخته بر اثر تابش نور

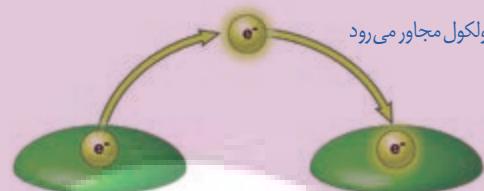
حالات برانگیخته



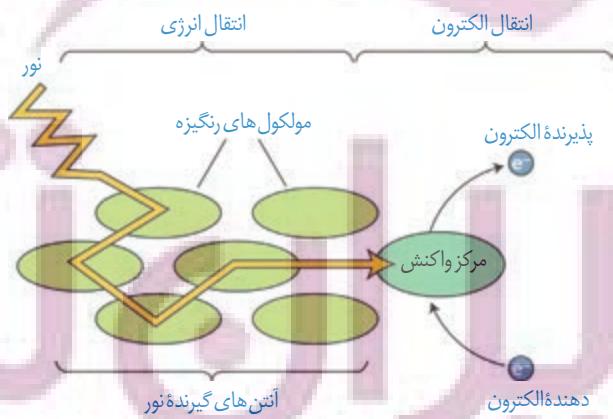
الف) الکترون برانگیخته انرژی را به مولکول مجاور منتقل می‌کند و به سطح انرژی قبلی خود برگردد.



ب) یا به مولکول مجاور می‌رود



شکل ۴- ایجاد الکترون برانگیخته و سرانجام آن



شکل ۵- انتقال انرژی به مرکز واکنش و خروج الکترون از آن

۱-Nicotinamid Adenine Dinucleotide Phosphate

و) در واکنش‌های وابسته به نور فتوسنتز، تجزیه نوری آب در فتوسیستم ۲ و در فضای درون تیلاکوئید-بستره انجام می‌شود.

### بیشتر بدانید

#### نام‌گذاری فتوسیستم‌ها

شاید انتظار داشته باشید چون

(۱۴۰۰) کمبود الکترون سبزینه a در فتوسیستم ۲ می‌شود؟ (شهریور ۱۴۰۰)  
تعیین می‌شود، اما این دلیل که ابتدا فتوسیستم ۱ را کشف شده بود، فتوسیستم بعدی را فتوسیستم ۲ نامیدند. فتوسیستم ۲ در دهه ۵۰ میلادی و چند سال بعد از فتوسیستم ۱ شناسایی شد.

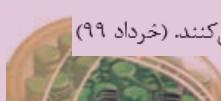
را جبران می‌کند، اما کمبود الکترون سبزینه a در فتوسیستم ۲ چگونه جبران می‌شود؟

**تجزیه نوری آب:** به شکل عنگاه کنید: در این شکل می‌بینید، مولکول‌های آب تجزیه می‌شوند و الکترون‌های حاصل از آن به فتوسیستم ۲ می‌روند. تجزیه آب به علت فرایندهایی است که به اثر نور مرکب می‌شود. بنابراین به آن، تجزیه نوری آب می‌گویند. ج) کمبود الکترون سبزینه a در فتوسیستم ۲ مربوط می‌شود.

تجزیه نوری آب در فتوسیستم ۲ و در سطح داخلی تیلاکوئید انجام می‌شود. حاصل تجزیه آب در فتوسیستم ۲، الکترون، پروتون و اکسیژن است (واکنش ۳). الکترون‌ها، کمبود الکترونی سبزینه a در مرکز واکنش فتوسیستم ۲ را جبران می‌کنند و پروتون‌ها در فضای درون تیلاکوئیدها تجمع می‌یابند.

### واکنش ۳- تجزیه آب

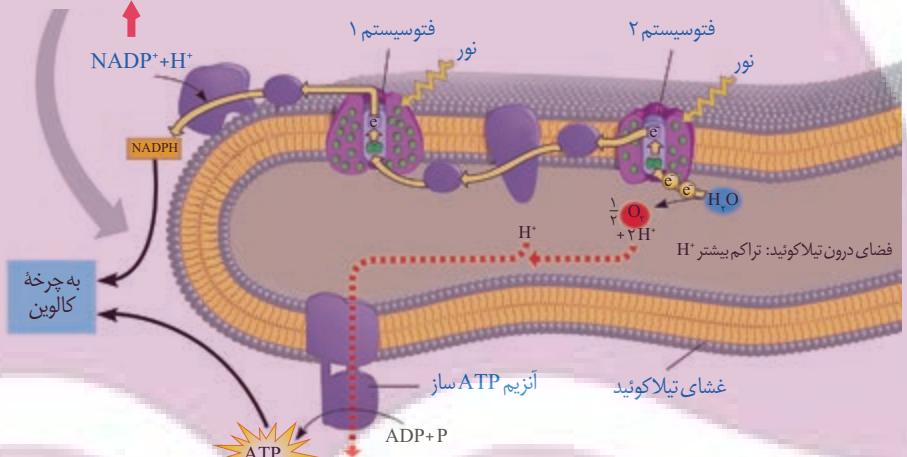
ه) تجزیه نوری آب در فتوسیستم ۲، موجب تجمع پروتون‌ها در فضای درون تیلاکوئیدها می‌شود. (دی ۹۹)



ب) الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۱ در نهایت به چه مولکولی می‌رسد؟ (شهریور ۹۸)

ج) الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۱ در نهایت به چه مولکولی می‌رسد؟ (دی ۱۴۰۰)

بستره: تراکم کمتر  $H^+$



شکل ع- طرحی از فتوسیستم‌ها و انتقال الکترون در واکنش‌های نوری

ج) در واکنش‌های وابسته به نور، منشأ پروتون‌های موجود در فضای درون تیلاکوئید از کجاست؟ (دی ۹۸)

الف) منشاء پروتون‌های موجود در فضای درون تیلاکوئید از کجاست؟ (خرداد ۱۴۰۰)

یکی از اجزای زنجیره انتقال الکترون که بین فتوسیستم ۲ و ۱ قرار دارد، پروتئینی است که یون‌های

$H^+$  را از بستره به فضای درون تیلاکوئیدهای پمپ می‌کند. بنابراین، با گذشت زمان تعدادی پروتون از بستره به فضای درون تیلاکوئید وارد می‌شود.

همچنین دانستیم که تعدادی پروتون از تجزیه آب، درون فضای تیلاکوئید به وجود می‌آید. درنتیجه، به تدریج بر تراکم پروتون‌ها در فضای درون تیلاکوئیدها نسبت به بستره افزوده می‌شود.

پروتون‌ها بر اساس شبی غلظت خود می‌خواهند از فضای درون تیلاکوئید به بستره بروند، اما نمی‌توانند از طریق انتشار از غشای تیلاکوئید عبور کنند. پس، پروتون‌ها از چه راهی به بستره می‌روند؟

در غشای تیلاکوئید مجموعه‌ای پروتئینی به نام آنزیم ATP ساز وجود دارد. این آنزیم مشابه آنزیم

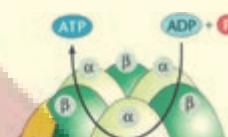
الف) در واکنش‌های وابسته به نور، منشأ پروتون‌های موجود در فضای درون تیلاکوئید از کجاست؟ (شهریور ۹۹)

ساز در راکیزه است. پروتون‌ها فقط از طریق این آنزیم می‌توانند به بستره منتشر شوند. همانند آچه در راکیزه رخ می‌دهد، همراه با عبور پروتون‌ها از این آنزیم، ATP ساخته می‌شود. به ساخته شدن ATP در واکنش‌های نوری، ساخته شدن نوری ATP می‌گویند، زیرا حاصل فرایندی است که با نور به راه می‌افتد.

### بیشتر بدانید

#### آنژیم ATP ساز در سبزدیسه

شکل زیر طرحی از آنزیم ATP ساز را در غشاء تیلاکوئید نشان می‌دهد. با عبور پروتون از بخش کanal این آنزیم، سرمی جرخد و در ADP جهت مناسب برای ترکیب بافسفات قرار می‌گیرد. در نتیجه ساخته می‌شود.



ج) نام قند پنج کربنی که در چرخه کالوین با  $CO_2$

ترکیب می‌شود را بنویسید. (شهریور ۹۸)

د) نام قند پنج کربنی که در چرخه کالوین با  $CO_2$

ترکیب می‌شود را بنویسید. (خرداد ۹۸)

واکنش‌های مستقل از نور: واکنش‌های ثبت کربن  
می‌دانیم که در فتوسنتز، مولکول‌های  $CO_2$  به قند تبدیل می‌شوند. ساخته شدن این مولکول همانند تجزیه آن به بکاره رخ نمی‌دهد.

عدد اکسایش اتم کربن در مولکول قند، نسبت به کربن در  $CO_2$ ، کاهش یافته است، بنابراین گیاه برای ساختن قند، به انرژی و منبعی برای تأمین الکترون نیاز دارد که از واکنش‌های وابسته به نور تأمین می‌شوند. (الف) محل انجام چرخه کالوین در کدام بخش سبزدیسه است؟ (خرداد ۱۴۰۱)

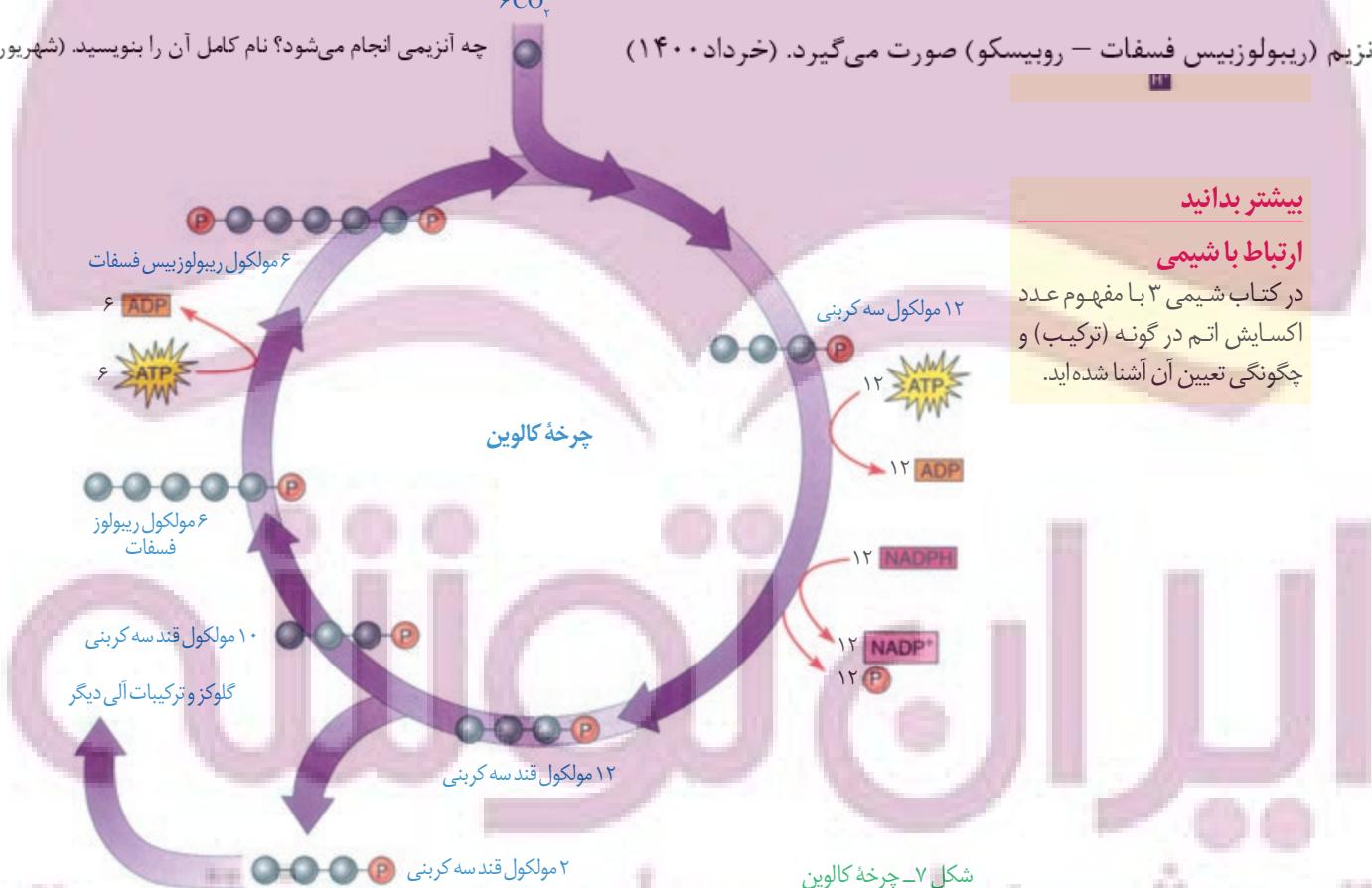
ساخته شدن قند در چرخه‌ای از واکنش‌ها، به نام چرخه کالوین رخ می‌دهد (شکل ۷). این

واکنش‌ها در بستره سبزدیسه انجام می‌شوند.

در چرخه کالوین  $CO_2$  با قندی پنج کربنی به نام ریبولوزبیس فسفات ترکیب و مولکول شش کربنی ناپایداری تشکیل می‌شود. افزوده شدن  $CO_2$  به مولکول پنج کربنی، با آنزیم روپیسکو (ریبولوزبیس

ب) در چرخه کالوین، افزودن  $CO_2$  به مولکول ۵ کربنی توسط  $CO_2$  چه آنزیمی انجام می‌شود؟ نام کامل آن را بنویسید. (شهریور ۹۹)

و) در چرخه کالوین، افزودن  $CO_2$  به مولکول ۵ کربنی توسط آنزیم (ریبولوزبیس فسفات – روپیسکو) صورت می‌گیرد. (خرداد ۱۴۰۰)



### بیشتر بدانید

#### ارتبط با شیمی

در کتاب شیمی ۳ با مفهوم عدد اکسایش اتم در گونه (ترکیب) و چگونگی تعیین آن آشنا شده‌اید.

شکل ۷- چرخه کالوین

و روپیسکو به طور اختصاصی با  $CO_2$  عمل می‌کند و تمایلی به اکسیژن ندارد. ایمان روستا

ب) قندهای سه کربنی حاصل از چرخه کالوین، علاوه بر ساخت گلوکز و  $CO_2$  در چرخه کالوین، افزوند به مولکول پنج کربنی توسط کدام فعالیت آنزم ریبیسکو انجام می شود؟ (دی ۹۸)

ترکیبات آلی دیگر، در چه مورد دیگری به مصرف می رساند؟ (خرداد ۱۴۰۱)

### بیشتر بدانید

#### شناسایی چرخه کالوین

فسفات کربوکسیلاز - اکسیژن) و فعالیت کربوکسیلازی آن (تشکیل گروه کربوکسیل) انجام می شود.

هر مولکول شش کربنی که نایابدار است، بالا صله تجزیه و دو مولکول اسید سه کربنی ایجاد می کند. این مولکول ها در نهایت به قندهای سه کربنی تبدیل می شوند. ج) سرنوشت قندهای سه کربنی ساخته شده در چرخه کالوین چیست؟ (دی ۹۹)

این مولکول ها در نهایت به قندهای سه کربنی تبدیل می شوند. ج) سرنوشت قندهای سه کربنی ساخته شده در چرخه کالوین چیست؟ (دی ۹۹)

همان طور که در شکل ۷ می بینید، تعدادی از این قندها برای ساخته شدن گلوکز و ترکیبات آلی دیگر و تعدادی نیز برای بازسازی ریبولوزیس فسفات به مصرف می رساند. (دی ۹۹)

گرچه واکنش های کالوین مستقل از نور انجام می شوند، اما انجام این واکنش ها وابسته به ATP و NADPH حاصل از واکنش های نوری است. (الف) چرخه کالوین، مستقل از نور است یا وابسته به نور؟ (دی ۱۴۰۰)

در چرخه کالوین دیدیم که  $CO_2$  برای ساخته شدن ترکیب آلی به کار می رود. به فرایند استفاده از  $CO_2$  برای تشکیل ترکیب های آلی تثبیت کربن می گویند. (ب) چرا به گیاهانی که تثبیت کربن در آن ها فقط با  $CO_2$  دیدیم اولین ماده آلی پایدار ساخته شده، ترکیبی سه کربنی است؛ به همین علت به گیاهانی که تثبیت کربن در آنها فقط با چرخه کالوین انجام می شود، گیاهان  $C_3$  می گویند. اکثر گیاهان  $C_3$  هستند؛ گرچه

آنون دیگری از تثبیت کربن در طول چرخه گیاهان روی زمین نیز شکل گرفته است که در گفتار بعد به آنها می بردازیم. (ه) محصول اولین واکنش چرخه کالوین یک مولکول پنج کربنی است. (غ) (دی ۱۴۰۰)

(ب) اولین ماده آلی پایدار ساخته شده در چرخه کالوین، ترکیبی چندکربنی است؟ (دی ۱۴۰۰)

### اثر محیط بر فتوسنترز

بدیهی است فرایندی مانند فتوسنترز تحت تأثیر محیط باشد. به نظر شما چه عوامل محیطی بر فتوسنترز اثر می گذارند؟ (ب) دو مورد از عوامل محیطی مؤثر بر فتوسنترز نام ببرید. (دی ۹۹)

با توجه به واکنش کلی فتوسنترز، انتظار داریم نور و  $CO_2$  از عوامل مؤثر بر فتوسنترز باشند. مشاهدات نشان می دهد، میزان  $CO_2$  طول موج، شدت و مدت زمان تابش نور بر فتوسنترز اثر می گذارد.

از طرفی فتوسنترز فرایندی آنژیمی است و می دانیم پیشترین فعالیت آنژیم ها در گستره دمایی خاص انجام می شود، بنابراین دما نیز بر فتوسنترز اثر می گذارد. همچنین خواهیم دید که میزان اکسیژن نیز بر فتوسنترز اثر دارد. (ب) چرا دما بر روی فتوسنترز تأثیرگذار است؟ (خرداد ۹۹)

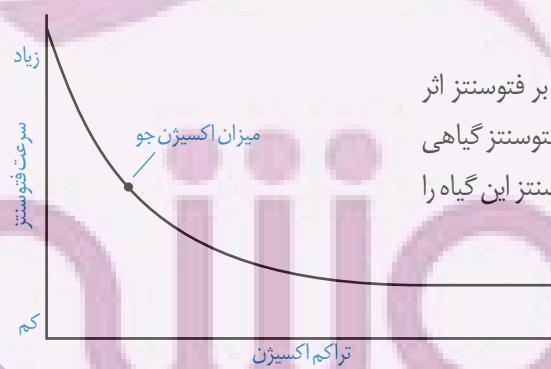
### تفسیر کنید

#### فعالیت ۴

در گفتار بعد خواهیم دید که میزان اکسیژن نیز بر فتوسنترز اثر

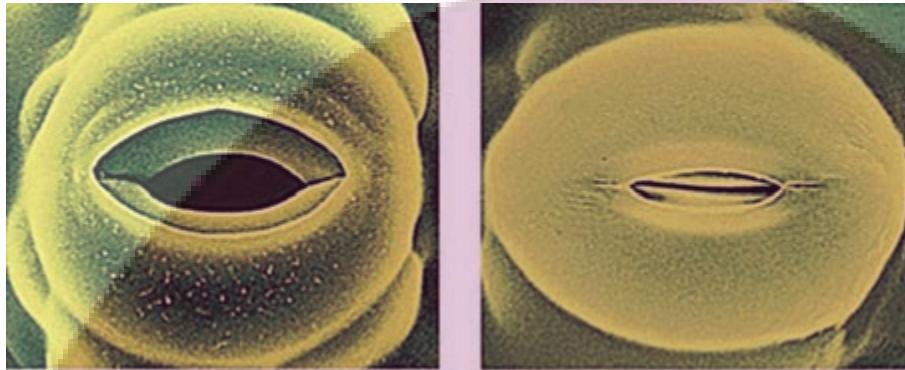
دارد. نمودار مقابل تأثیر میزان اکسیژن بر میزان فتوسنترز گیاهی

$C_3$  را نشان می دهد. با توجه به نمودار، ارتباط بین میزان اکسیژن و فتوسنترز این گیاه را توضیح دهید.



## گفتار ۳ فتوسنتز در شرایط دشوار

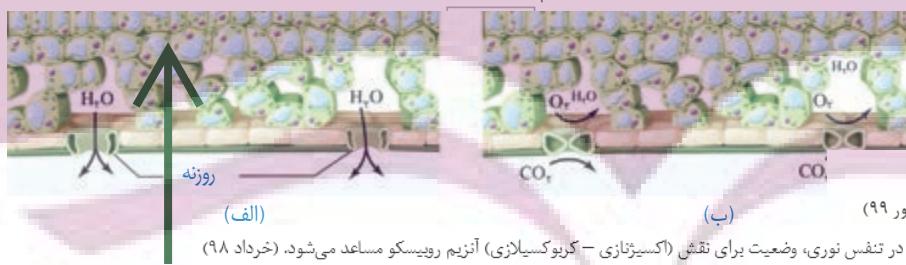
شکل ۸ روزنه را در دو حالت باز و بسته نشان می‌دهد. چه عواملی سبب بسته شدن روزنه می‌شود؟ به یاد دارید که افزایش بیش از حد دما و نور سبب بسته شدن روزنه‌ها می‌شود. بسته شدن روزنه‌ها چه تأثیری می‌تواند بر فتوسنتز داشته باشد؟



در چنین شرایطی وقتی روزنه‌ها به منظور کاهش تعرق بسته می‌شوند، تبادل گازهای اکسیژن و کربن دی‌اکسید از روزنه‌ها نیز توقف می‌یابد، اما فتوسنتز همچنان ادامه دارد. بنابراین در حالی که  $\text{CO}_2$  برگ کم می‌شود، اکسیژن در آن افزایش می‌یابد (شکل ۹).

و وقتی روزنه‌ها به منظور کاهش تعرق بسته می‌شوند، وضعیت برای نقش (کربوکسیلазی - اکسیژنازی) آنزیم

روبیسکو مساعد می‌شود. (شهریور ۱۴۰۰)



ه) در تنفس نوری، وضعیت برای نقش (اکسیژنازی - کربوکسیلازی) آنزیم روپیسکو مساعد می‌شود. (خرداد ۹۸)

در چنین حالی، وضعیت برای نقش اکسیژنازی آنزیم روپیسکو مساعد می‌شود؛ زیرا نقش

کربوکسیلازی یا اکسیژنازی این آنزیم به نسبت  $\text{CO}_2$  و اکسیژن در محیط عملکرد آن ارتباط دارد. بنابراین با افزایش اکسیژن در برگ، اکسیژن را پیولوزیس فسفات ترکیب می‌شود. مولکول حاصل، ناپایدار است و به دو مولکول سه کربنی و دو کربنی تجزیه می‌شود. مولکول سه کربنی به مصرف بازسازی ناپایدار است و به دو کربنی و دو کربنی تجزیه می‌شود. مولکول سه کربنی به مصرف می‌رسد؟

ج) مولکول سه کربنی ایجاد شده در تنفس نوری برای بازسازی چه مولکولی به مصرف می‌رسد؟

مولکول دو کربنی از کلروپلاست خارج و در واکنش‌هایی که بخشی از آنها در راکیزه انجام می‌گیرد،

از آن مولکول  $\text{CO}_2$  آزاد می‌شود. چون این فرایند با مصرف اکسیژن، آزاد شدن  $\text{CO}_2$  و همراه با فتوسنتز

است، تنفس نوری نامیده می‌شود.

در تنفس نوری گرچه ماده آلی تجزیه می‌شود، اما برخلاف تنفس یاخته‌ای، از آن ایجاد

ج) در تنفس نوری،  $\text{CO}_2$  آزاد شده، حاصل تجزیه مولکول دو کربنی است یا مولکول سه کربنی؟ (خرداد ۹۹)

شکل ۸- روزنه‌ها برای حفظ آب گیاه  
بسته می‌شوند.

شکل ۹- افزایش میزان اکسیژن در  
اطراف یاخته‌ها به علت بسته شدن  
روزنه‌ها.

وقتی روزنه‌ها باز هستند (الف) نسبت  
به  $\text{O}_2$  بیشتر از زمانی است که  
روزنه‌ها برای حفظ آب گیاه بسته شده‌اند

در حالی که میزان  $\text{CO}_2$  برگ کم و میزان اکسیژن در آن افزایش می‌یابد

### بیشتر بدانید

#### آیا تنفس نوری بی فایده است؟

گرچه تنفس نوری را عامل مزاحمی برای فتوسنتز در نظر می‌گیرند، اما پژوهش‌ها نشان می‌دهد بعضی گیاهان که به علت نقص ژنی تنفس نوری ندارند، در مقایسه با هم نوعان خود، آسیب بیشتری از نورهای شدید می‌بینند.

ج) یاخته‌های غلاف آوندی، در گیاهان  $C_4$  و گیاهان  $C_2$  چه تفاوتی با هم دارند؟ (خرداد ۱۴۰۰)

نمی‌شود. بنابراین تنفس نوری باعث کاهش فراورده‌های فتوسنتز می‌شود.

### بیشتر بدانید

#### عملکرد اختصاصی

پذیرنده  $CO_2$  در گیاهان  $C_4$  فسفوanol پیرووات است. این اسید با فعالیت آنزیم فسفوanol پیرووات کربوکسیلاز با  $CO_2$  ترکیب و اسید چهار کربنی (مالات یا اگزالات) تشکیل می‌شود. جایگاه فعال آنزیم فسفوanol پیرووات کربوکسیلاز به شکلی است که فقط کربن‌دی‌اسید در آن قرار می‌گیرد.

به هر حال انواعی از گیاهان وجود دارند که در محبیط‌های با دمای بالا و تابش شدید نور خورشید زندگی می‌کنند. این گیاهان با چه سازوکاری توانسته‌اند تنفس نوری خود را کاهش دهند؟

ه) در چه گیاهانی تثبیت اولیه کربن و چرخه کالوین در

### فتوسنتز در گیاهان $C_4$

دو نوع یاخته متفاوت انجام می‌شود؟ (خرداد ۹۸)

یکی از سازوکارها برای ممانعت تنفس نوری، در گیاهانی وجود دارد که به گیاهان  $C_4$  معروف‌اند.

یاخته‌های غلاف آوندی در این گیاهان سبزدیسه دارند و محل انجام چرخه کالوین اند، در حالی که در گیاهان  $C_2$  سبزدیسه ندارند (شکل ۱۰).

تثبیت کربن در این گیاهان در دو مرحله، ابتدا در یاخته‌های میانبرگ و سپس در یاخته‌های غلاف

د) تثبیت کربن در گیاهان  $C_4$  در دو مرحله، ابتدا در یاخته‌های

غلاف آوندی و سپس در یاخته‌های میانبرگ انجام می‌شود. (غ) (دی ۹۸)

د) در گیاهان  $C_4$ ، اسید چهارکربنی در کدام یاخته‌های برگ ایجاد می‌شود؟ (شهریور ۹۸)

و) تفاوت آنزیم روپیسکو با آنزیمی که در ترکیب  $CO_2$  با اسید

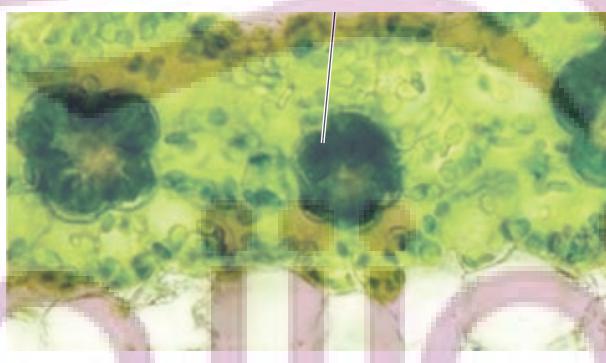
سه کربنی در گیاهان  $C_4$  و CAM نقش دارد، چیست؟ (خرداد ۹۹)

د) در گیاهان  $C_4$  آنزیم روپیسکو در یاخته‌های (غلاف آوندی - میانبرگ) فعال است. (دی ۱۴۰۰)



و) در گیاهان  $C_4$ ، اسید چهارکربنی از یاخته‌های میانبرگ از طریق پلاسمودسماها

به یاخته‌های ..... منتقل می‌شود. (شهریور ۱۴۰۰)



شکل ۱۰-الف) برگ گیاه  $C_4$

ب) برگ گیاه  $C_2$

### فتوسنتز در گیاهان CAM

بعضی گیاهان در مناطقی زندگی می‌کنند که با مسئله دما و نور شدید در طول روز و کمبود آب مواجه‌اند. در این گیاهان برای جلوگیری از هدر رفتن آب، روزنه‌ها در طول روز بسته و در شب بازند. برگ،

ب) گیاهان CAM برای جلوگیری از هدر رفتن آب در دمای بالا و نور شدید، چه سازشی دارند؟ (خرداد ۱۴۰۰)

دکتر پوریا خیراندیش - دکتر فرزام فرهمندیا - دکتر شایان تاکی - دکتر ایمان روستا

در جدول زیر، هر یک از ویژگی‌های ذکر شده، مربوط به کدام گروه از گیاهان است؟ (خرداد ۹۹)

«الف»	تشبیت اولیه کربن در شب
«ب»	تشبیت اولیه کربن در میانبرگ و انجام چرخه کالوین در غلاف آوندی
«ج»	تشبیت کربن فقط با انجام چرخه کالوین

ساقه یا هردوی آنها در چنین گیاهانی گوشته و پرپ است. این گیاهان در واکنش‌های خود ترکیباتی

دارند که آب رانگه می‌دارند. ه) به گیاهانی که تشبیت کربن در آنها در زمان‌های متفاوت انجام می‌شود، چه می‌گویند؟ (دی ۹۸)

تشبیت کربن در این گیاهان، مانند گیاهان  $C_4$  است، با این تفاوت که تشبیت کربن در آنها در باخته‌های

متفاوت نیست و به عبارتی تقسیم‌بندی مکانی نشده، بلکه در زمان‌های متفاوت انجام می‌شود. تشبیت

اویله کربن در شب که روزنه‌ها بازند و چرخه کالوین در روز انجام می‌شود که روزنه‌ها بسته‌اند. آنان را از

گیاهان CAM (گم) است. ج) چه تفاوتی میان تشبیت کربن در گیاهان  $C_4$  و گیاهان CAM وجود دارد؟ (شهریور ۹۹)



ه) تشبیت اویله کربن در آناناس در (روز - شب) انجام می‌شود. (شهریور ۹۸)

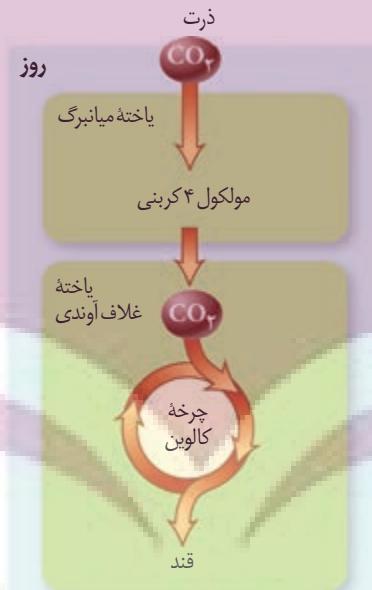


از شبانه‌روز انجام می‌شود؟ (خرداد ۹۸)

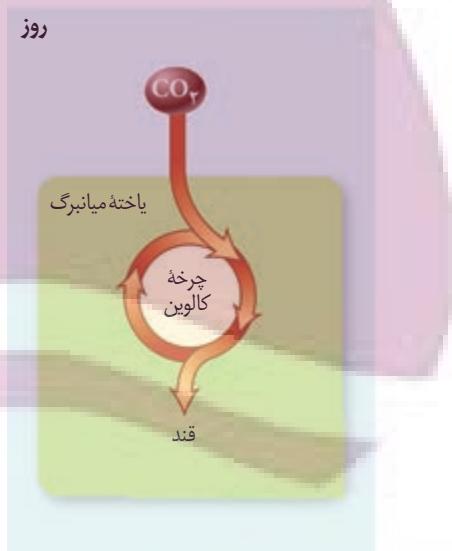
آنناس



ب



ب



الف

شکل ۱۱\_ مقایسه فتوستنتز در گیاهان (الف) CAM، (ب)  $C_4$  و (پ)  $C_3$

### گفت و گو کنید

سه گیاه الف، ب و پ داریم. بافرض اینکه فتوستنتز هیچ یک از این گیاهان یکسان نباشد، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

۱- (الف) عصاره برگ هریک از این گیاهان در دوزمان، یکی در آغاز تاریکی (شب) و دیگری در آغاز روشنایی (صیح)

استخراج و pH آنها اندازه‌گیری شد. pH عصاره گیاه ب در آغاز روشنایی نسبت به آغاز تاریکی اسیدی‌تر بود. گیاه «ب» چه نوع فتوستنتزی دارد؟

د) اگر pH عصاره گیاهی در آغاز روشنایی نسبت به آغاز تاریکی اسیدی‌تر باشد، گیاه چه نوع فتوستنتزی دارد؟

### فعالیت ۵

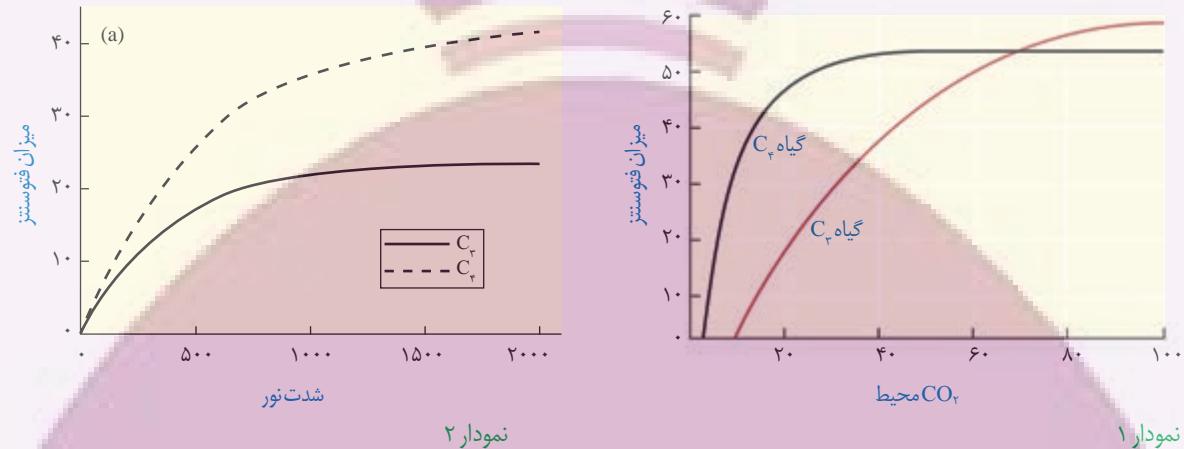
هر یک از موارد زیر به تشبیت کربن در کدام گروه از گیاهان اشاره دارد؟ (خرداد ۹۹)

(الف) تشبیت کربن در این گروه از گیاهان فقط با چرخه کالوین انجام می‌شود.

(ب) در این گروه از گیاهان، در باخته‌های میانبرگ،  $CO_2$  با اسیدی سه‌کربنیه ترکیب شده و اسیدی چهارکربنیه را ایجاد می‌کند.

(ج) در این گروه از گیاهان تشبیت کربن در زمان‌های متفاوت انجام می‌شود.

ب) برای تشخیص نوع فتوسنتز گیاه الف و ب چه راهی پیشنهاد می‌دهید؟ آیا ساختار این گیاهان در تشخیص نوع فتوسنتز به شما کمک می‌کند؟  
 ۲- نمودارهای ۱ و ۲ به ترتیب اثر کربن دی اکسید جوّ و شدت نور را بر فتوسنتز دو گیاه  $C_3$  و  $C_4$  نشان می‌دهند. چه نتیجه‌ای از این نمودارها می‌گیرید؟



### بیشتر بدانید

گیاهان  $C_4$  سهم اندکی از گیاهان را به خود اختصاص می‌دهند.

بیشتر گیاهان  $C_4$  تک لپه اند، اما انواع دولپه‌ای نیز وجود دارد.

گیاهات خرسوس از دولپه‌ای‌های  $C_4$  است. بعضی دانشمندان پیش‌بینی می‌کنند با توجه به گرم شدن کره زمین، شاهد انواع بیشتری از گیاهان  $C_4$  در کره زمین باشیم.



### جانداران فتوسنتزکننده دیگر

بخش عمده فتوسنتز را جاندارانی انجام می‌دهند که گیاه نیستند و در خشکی زندگی نمی‌کنند. انواعی از باکتری‌ها و آغازیان در محیط‌های متفاوت خشکی و آبی فتوسنتز می‌کنند که در ادامه به آنها می‌پردازیم.

و باکتری‌هایی که فتوسنتز می‌کنند، ..... ندارند، اما دارای رنگیزه‌های جذب کننده نورند.

**باکتری‌ها:** باکتری‌هایی که فتوسنتز می‌کنند، سبزدیسه ندارند، اما دارای رنگیزه‌های جذب کننده نورند. و سیانوباکتری‌ها، جزء باکتری‌های فتوسنتزکننده (اکسیژن‌زا - غیراکسیژن‌زا) هستند. (خرداد ۹۹)

بعضی باکتری‌ها سبزینه دارند. مثلاً سیانوباکتری‌ها سبزینه a دارند و همانند گیاهان با استفاده از  $CO_2$  و نور ماده آلی می‌سازند؛ و چون همانند گیاهان در فرایند فتوسنتز اکسیژن تولید می‌کنند، باکتری‌های فتوسنتزکننده اکسیژن‌زا نامیده می‌شوند. ه) نام رنگیزه فتوسنتزی باکتری‌های فتوسنتزکننده غیراکسیژن‌زا چیست؟ (شهریور ۹۸)



گروهی دیگر از باکتری‌ها، فتوسنتزکننده غیراکسیژن‌زا هستند. باکتری‌های گوگردی ارغوانی و سبز از این گروه‌اند. رنگیزه فتوسنتزی این باکتری‌ها، باکتریوکلروفیل است. این باکتری‌ها کربن دی اکسید را جذب می‌کنند، اما اکسیژن تولید نمی‌کنند؛ ه) در باکتری‌های گوگردی منبع تأمین الکترون ..... است. (دی ۹۹)

غیر از آب است. مثلاً در باکتری‌های گوگردی منبع تأمین الکترون  $H_2S$  است و به جای اکسیژن، گوگرد ه) منبع تأمین الکترون در باکتری‌های گوگردی چه مولکولی است؟ (شهریور ۹۹) ایجاد می‌شود. از این باکتری‌ها در تصفیه فاضلاب‌ها برای حذف هیدروژن سولفید استفاده می‌کنند.

هیدروژن سولفید گازی بی‌رنگ است و بویی شبیه تخم مرغ گندیده دارد.

الف) از چه باکتری‌هایی در تصفیه فاضلاب‌ها برای حذف هیدروژن سولفید استفاده می‌کنند؟ (خرداد ۹۸)



**آغازیان:** آغازیان نقش مهمی در تولید ماده آلی از ماده معدنی دارند. می‌دانید که جلبک‌های سبز، قرمز و قهوه‌ای از آغازیان هستند و فتوسنتر می‌کنند. اوگلنایی که در شکل ۱۲ می‌بینید، جانداری تک‌یاخته‌ای و مثال دیگری از آغازیان فتوسنتر کننده است. این جاندار در حضور نور فتوسنتر می‌کند و در صورتی که نور نیاشد، سبزدیسه‌های خود را از دست می‌دهد و با تغذیه از مواد آلی، ترکیبات مورد نیاز خود را به دست می‌آورد.



شکل ۱۲ - اوگلنا

(ه) باکتری‌های نیترات‌ساز، انرژی مورد نیاز برای ساختن مواد آلی از مواد معدنی را از چه واکنش‌هایی به دست می‌آورند؟

### شیمیوسنتر

آیا ساختن ماده آلی از ماده معدنی فقط محدود به فتوسنتر و جاندارانی است که از انرژی نور استفاده می‌کنند؟ آیا تولیدکنندگان در اعمق تاریک وجود ندارند؟ امروزه می‌دانیم انواعی از باکتری‌ها در معادن، اعماق اقیانوس‌ها و اطراف دهنه‌های آشیانه‌های زیرآب وجود دارند که می‌توانند بدون نیاز به نور از کربن دی‌اکسید ماده آلی بسازند. زیستن در چنین مناطقی برای بسیاری از جانداران غیرممکن است. دانشمندان بر اساس وضعیت زمین در آغاز شکل گیری حیات، بر این باورند که باکتری‌های شیمیوسنتر کننده از قدیمی‌ترین جانداران روی زمین اند.

چنین باکتری‌هایی، انرژی مورد نیاز برای ساختن مواد آلی از مواد معدنی را از واکنش‌های اکسایش به دست می‌آورند. به این فرایند شیمیوسنتر می‌گویند.

باکتری‌های نیترات‌ساز که آمونیوم را به نیترات تبدیل می‌کنند، از باکتری‌های شیمیوسنتر کننده‌اند.

(و) باکتری‌های نیترات‌ساز که آمونیوم را به نیترات تبدیل می‌کنند، از باکتری‌های (شیمیوسنتر کننده) - فتوسنتر کننده اکسیژن‌زا) هستند. (خرداد ۹۸)

(و) سیانوباکتری‌ها، جزء باکتری‌های فتوسنتر کننده (اکسیژن‌زا - غیراکسیژن‌زا) هستند. (خرداد ۹۹)

(د) باکتری‌های نیترات‌ساز که ..... را به نیترات تبدیل می‌کنند، از باکتری‌های شیمیوسنتر کننده هستند. (دی ۹۸)

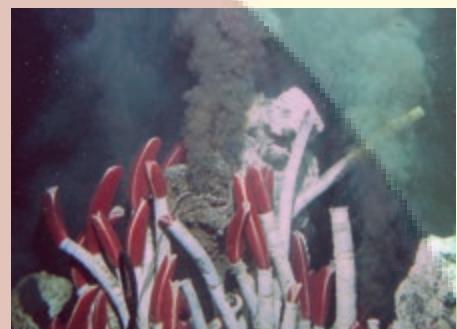
(د) باکتری‌های نیترات‌ساز که آمونیوم را به نیترات تبدیل می‌کنند، از باکتری‌های ..... هستند. (شهریور ۹۸)

### بیشتر بدانید

#### شیمیوسنتر در اعماق اقیانوس

در اعماق اقیانوس شکاف‌هایی وجود دارد که از آنها گاز ب) یک آغازی تک‌یاخته‌ای را نام ببرید که در صورت نبود نور، سبزدیسه‌های (کلروپلاستهای) خود را از دست می‌دهد. (خرداد ۹۸)

شیمیوسنتر کننده زندگی می‌کنند، که با اکسایش هیدروژن سولفید، انرژی مورد نیاز برای ساخت ماده آلی را به دست می‌آورند. زیست این کرم‌ها وابسته به غذایی است که این باکتری‌ها برای آنها می‌سازند.





## فصل ۷

# فناوری‌های نوین زیستی



آیا تاکنون درباره تولید پلاستیک‌های قابل تجزیه زیستی شنیده‌اید؟ با توجه به اهمیت محیط‌زیست و حفظ آن، تولید و استفاده از چنین پلاستیک‌هایی راهکار مناسبی برای پیشگیری از مصرف بی‌رویه پلاستیک‌های غیرقابل تجزیه است. امروزه به کمک روش‌های زیست فناوری، تولید پلاستیک‌های قابل تجزیه با صرف هزینه کمتر ممکن شده است. این کار با وارد کردن ژن‌های تولیدکنندهٔ بسیاری از

جاخالی تألیفی

این نوع مواد از باکتری به کیاه امکان پذیر است.

چگونه می‌توان از فناوری‌های زیستی برای بهبود زندگی انسان و حفظ محیط‌زیست استفاده کرد؟

آیا می‌توان با استفاده از آنها همه مشکلات بشر را حل کرد؟

انسان از نظر اخلاقی تا چه حد می‌تواند این فناوری‌های را به خدمت بگیرد؟

در این فصل با این فناوری‌ها آشنا می‌شویم و می‌توانیم در آخر، به بخشی از پرسش‌های مطرح شده

در مورد این فناوری‌ها پاسخ دهیم.

# گفتار ۱ زیست فناوری و مهندسی ژنتیک

## بیشتر بدانید

همان طور که می دانیم جهش در یک ژن و در نتیجه، تغییر در محصول آن می تواند به بروز بیماری منجر شود. اختلال در عملکرد و مقدار عوامل مؤثر در انعقاد خون از این دسته هستند. با توجه به افزایش افراد نیازمند به این ترکیبات، تأمین نیاز دارویی آنها با مشکل مواجه می شود.

امروزه استفاده از روش های زیست فناوری<sup>۱</sup> و مهندسی ژنتیک<sup>۲</sup> تحولات مهمی در زمینه تولید چنین فراورده هایی فراهم آورده است. تا چندی پیش، انتقال ژن های انسان به داخل یاخته های سایر موجودات زنده و یا استفاده از باکتری ها برای ساختن پروتئین های انسانی غیرقابل تصور بود اما اکنون روش های لازم برای تحقق آن توسعه یافته و کاربرد فراوانی پیدا کرده است. آیا می دانید چگونه می توان از باکتری برای ساختن یک پروتئین انسانی استفاده کرد؟ فرض کنید می خواهیم باکتری را برای ساختن هورمون رشد انسانی تغییر دهیم، پس ضرورت دارد تمام احتیاجات این فرایند را در یاخته باکتری فراهم کنیم. در ادامه مطلب با مرحل این روش آشنا خواهیم شد.

## زیست فناوری چیست؟

به طور کلی به هرگونه فعالیت هوشمندانه آدمی در تولید و بهبود محصولات گوناگون با استفاده از موجود زنده، زیست فناوری گویند.

تاپیف: زیست فناوری چیست؟

زیست فناوری قلمروی بسیار گسترده دارد و روش هایی مانند مهندسی ژنتیک، مهندسی پروتئین و بافت رادربرمی گیرد. زیست فناوری از گرایش های علمی متعددی مانند علوم زیستی، فیزیک، ریاضیات و علوم مهندسی بهره می برد. کاربردهای فراوان زیست فناوری، آن را به عنوان نشانه پیشرفت کشورها در قرن حاضر و به یکی از ابزارهای مهم برای تأمین نیازهای متنوع تبدیل کرده است.

## تاریخچه زیست فناوری

تولید موادی مانند پادزیست ها، آنزیم ها و مواد غذایی در کدام دوره زیست فناوری ممکن شد؟ (شهریور ۹۸)

برای زیست فناوری، که از سال های بسیار دور آغاز شده است، سه دوره درنظر می گیرند:

**زیست فناوری سنتی:** تولید محصولات تخمیری مانند سرکه، تان و فراورده های لبنی با استفاده از فرایندهای زیستی مربوط به این دوره است.

**زیست فناوری کلاسیک:** با استفاده از روش های تخمیر و کشت ریز جانداران (میکرو اگانیسم ها) تولید موادی مانند پادزیست ها، آنزیم ها و مواد غذایی در این دوره ممکن شد.

**زیست فناوری نوین:** این دوره با انتقال ژن از یک ریز جاندار به ریز جاندار دیگر آغاز شد. دانشمندان

توانستند با تغییر و اصلاح نمود و صفات ریز جانداران، ترکیبات جدید را با مقادیر بیشتر و کارایی بالاتر تولید کنند.

در کدام دوره، آدمی قادر به تولید یکی از کارآمدترین مواد دفاعی در برابر باکتری شد؟ (دی ۱۴۰۱)

۱\_Biotechnology  
۲\_Genetic Engineering

## بیشتر بدانید

امروزه متخصصان، این رشته را به شاخه های مختلفی از قبیل کشاورزی، پزشکی، دارویی، دامی، میکروبی، قضایی یا پزشکی قانونی، غذایی، صنعتی و... تقسیم بندی کرده اند.

در برخی تقسیم بندی ها به شاخه های زیست فناوری رنگ اختصاص داده اند که عبارت اند از:

● سبز: زیست فناوری کشاورزی؛ بهره برداری از گیاهان دست ورزی شده ژنتیکی

● قرمز: زیست فناوری پزشکی؛

بهره برداری از یاخته های دست ورزی شده برای درمان، تولید دارو و مسائل قضایی و پزشکی قانونی

● خاکستری: زیست فناوری محیط زیست؛ جلوگیری و رفع مشکلات محیط زیست

● سفید: زیست فناوری صنعتی؛ استفاده از موجودات زنده در مسائل صنعتی مثل آنلا ساخت مواد شیمیایی

● آبی: زیست فناوری دریایی؛ بهره وری از فرایندهای دریایی و موجودات آبزی

## مهندسی ژنتیک

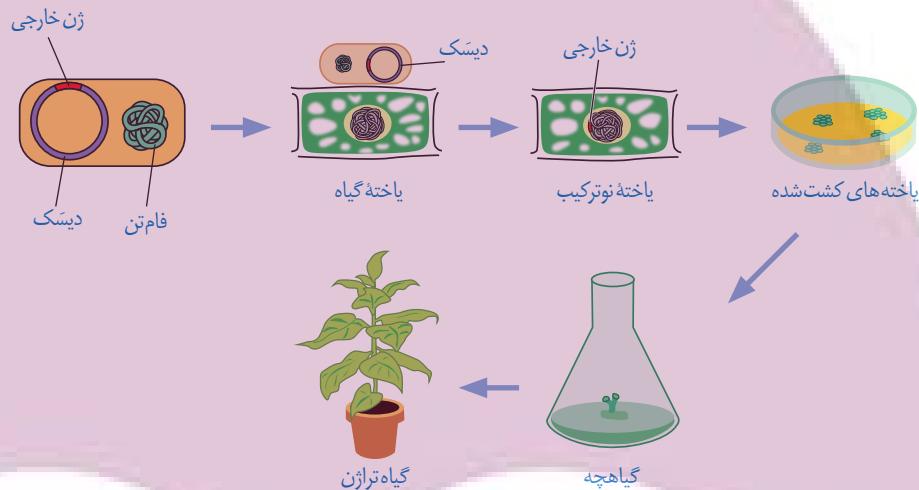
یکی از روش‌های مؤثر در زیست فناوری نوین، مهندسی ژنتیک است. در مهندسی ژنتیک قطعه‌ای از دنای یک یاخته توسط ناقل به یاخته‌ای دیگر انتقال می‌یابد. در این حالت، یاخته دریافت کننده قطعه دنا دچار دست‌ورزی ژنتیکی و دارای صفت جدید می‌شود. به جانداری که از طریق مهندسی ژنتیک دارای ترکیب جدیدی از مواد ژنتیکی شده است، چه می‌گویند؟ (خرداد ۹۹)

این روش ابتدا با باکتری‌ها شروع شد؛ اما پیش‌رفت‌های بعدی، امکان دست‌ورزی ژنتیکی برای سایر موجودات زنده مثل گیاهان و جانوران را نیز فراهم کرد. مثلاً مراحل ایجاد گیاهان زراعی تراژنی از طریق مهندسی ژنتیک را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

۱- تعیین صفت یا صفات مطلوب - ۲- استخراج ژن یا ژن‌های صفت مورد نظر - ۳- آماده‌سازی و انتقال

ژن به گیاه - ۴- تولید گیاه تراژنی - ۵- بررسی دقیق اینمی‌زیستی و اثبات بی خطر بودن برای سلامت انسان ← و محیط‌زیست - ۶- تکثیر و کشت گیاه تراژنی با رعایت اصول اینمی‌زیستی.

شکل ۱ بعضی از این مراحل را نشان می‌دهد.



شکل ۱- تولید یک گیاه تراژنی

## مراحل مهندسی ژنتیک

سؤال جاخالی (شهریور ۱۴۰۰)

یکی از اهداف مهندسی ژنتیک تولید انبوهژن و فراورده‌های آن است. تولید انبوهژن با همسانه‌سازی دنا

انجام می‌شود. جداسازی یک یا چند ژن و تکثیر آنها را همسانه‌سازی دنا می‌گویند. در همسانه‌سازی دنا ← همسانه‌سازی دنا

مادة و راشتی با ابزارهای مختلفی در خارج از یاخته تهییه و به وسیله یک ناقل همسانه‌سازی به درون ژنوم میزبان منتقل می‌شود. هدف از این کار تولید مقادیر زیادی از دنای خالص است که می‌تواند برای دست‌ورزی، تولید یک ماده بخصوص و یا مطالعه مورد استفاده قرار گیرد.

برای این منظور مراحل زیر انجام می‌شود:

جداسازی قطعه‌ای از دنا: این کار به وسیله آنزیم‌های برش دهنده<sup>۱</sup> انجام می‌شود. این آنزیم‌ها

در باکتری‌ها وجود دارند و قسمتی از سامانه دفاعی آنها محسوب می‌شوند. اولین مرحله از همسانه‌سازی

۱- Genetically Modified Organism

۲- Transgenic Organism

۳- DNA Cloning

۴- Cloning Vector

۵- Restriction Enzyme

سؤال جاخالی (خرداد ۱۴۰۱)

توالی جایگاه تشخیص آنزیم EcoR1 دارای چند جفت نوکلئوتید است؟ (خرداد ۱۴۰۱)

که جداسازی ژن‌ها است، به وسیله این آنزیم‌ها انجام می‌شود. این آنزیم‌ها توالی‌های نوکلئوتیدی خاصی را در دنا تشخیص و برداشته‌اند. مثلاً آنزیم EcoR1 توالی شش جفت نوکلئوتیدی CTTAAG را شناسایی و برداشته می‌دهد. به این توالی جایگاه تشخیص آنزیم گفته می‌شود (شکل ۲).

همان‌طور که در شکل می‌بینید در جایگاه تشخیص آنزیم EcoR1، توالی نوکلئوتیدهای هر دو رشته دنا از دو سمت مخالف یکسان خوانده می‌شود. این آنزیم پیوند فسفودی استر بین نوکلئوتید گوانین دار و آدنین دار هر دو رشته را برداشته می‌زند. در نتیجه، انتهای از مولکول دنا ایجاد می‌شود که یک رشته آن بلندتر از رشته مقابل است و به آن انتهای چسبنده می‌گویند. برای تشکیل چنین انتهایی از مولکول دنا، علاوه بر پیوندهای فسفودی استر، پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته دنا در منطقه تشخیص نیز شکسته می‌شوند. استفاده از آنزیم‌های برداش دهنده، دنا را به قطعات کوتاه‌تری تبدیل می‌کند. این قطعات را با روش‌های خاصی جدا می‌کنند و تشخیص می‌دهند.

### اتصال قطعه دنا به ناقل و تشکیل دنای نوترکیب:

بعدی، اتصال قطعه دنای جداسازی شده به ناقل همسانه‌سازی است. این ناقلين، توالی‌های دنایی هستند که در خارج از فامتن اصلی قرار دارند و می‌توانند مستقل از آن تکثیر شوند. یکی از این مولکول‌ها دیسک حلقی باکتری است. این نوع دیسک یک مولکول دنای دورشته‌ای و خارج فامتنی است که معمولاً دون باکتری‌ها و بعضی قارچ‌ها مثل مخمرها وجود دارد و می‌تواند مستقل از ژنوم میزبان همانندسازی کند. دیسک‌ها را فامتن‌های کمکی نیز می‌نامند چون حاوی ژن‌هایی هستند که در فامتن اصلی باکتری وجود ندارند. مثلاً ژن مقاومت به پادزیست در دیسک قرار دارد. در صورت انتقال قطعه دنای مورد نظر به دیسک و ورود آن به یاخته میزبان، با هر بار همانندسازی دیسک، دنای مورد نظر نیز همانندسازی می‌شود. بهتر است از دیسکی استفاده شود که فقط یک جایگاه تشخیص برای آنزیم

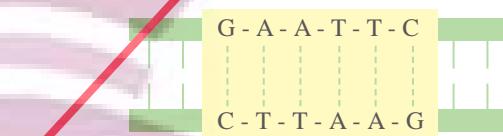
برداشته داشته باشد. به نظر شما چرا؟

شکل ۳ طرح ساده‌ای از دیسک دارای یک جایگاه تشخیص آنزیم EcoR1 را نشان می‌دهد، بسیاری از دیسک‌ها دارای ژن‌های مقاومت به پادزیست‌ها هستند. چنین ژن‌هایی به باکتری این توانایی را دهند که پادزیست‌ها را به موادی غیرکشنده و قابل استفاده برای

۱\_Recombinant DNA

سؤال جاخالی (دی ۱۴۰۰)

جایگاه تشخیص آنزیم



با استفاده از



شکل ۲-برداش دنا توسط آنزیم EcoR1

هنگام برداش دنا توسط آنزیم EcoR1، پیوند فسفودی استر بین کدام نوکلئوتیدها شکسته می‌شود؟ (خرداد ۱۴۰۰)

در مهندسی ژنتیک، برای تشکیل انتهای چسبنده چه پیوندهایی شکسته می‌شوند؟ (دی ۹۸)



دو

ویژگی پلازمید را بنویسید؟ (شهریور ۹۸)

جایگاه شروع همانندسازی

ژن مقاومت به  
پادزیست

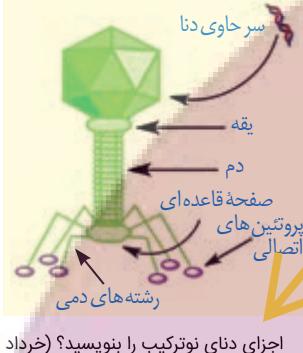
شکل ۳-طرح ساده‌ای از دیسک و یک ژن خارجی

اتصال قطعه دنا به پلازمید بهتر است از چه دیسکی استفاده شود؟ (خرداد ۱۴۰۱)

ژن‌های مقاومت به پادزیست در پلازمیدها چه توانایی به باکتری می‌دهند؟ (شهریور ۱۴۰۰)  
دکتر پوریا خیراندیش - دکتر فرزام فرهمندی - دکتر شایان تاکی - دکتر ایمان روستا

### بیشتر بدانید

باکتری خوارها (باکتریوفاژها) ویروس‌های معمولاً دنادار هستند که به باکتری‌ها حمله می‌کنند و آنها را از بین می‌برند. نوکلئیک اسید این فاژها از دیسک بزرگ‌تر است. مزیت دنای فاژها به عنوان ناقل همسانه‌سازی در این است که می‌توان قطعات دنای بزرگ‌تری را در آنها جاسازی کرد.

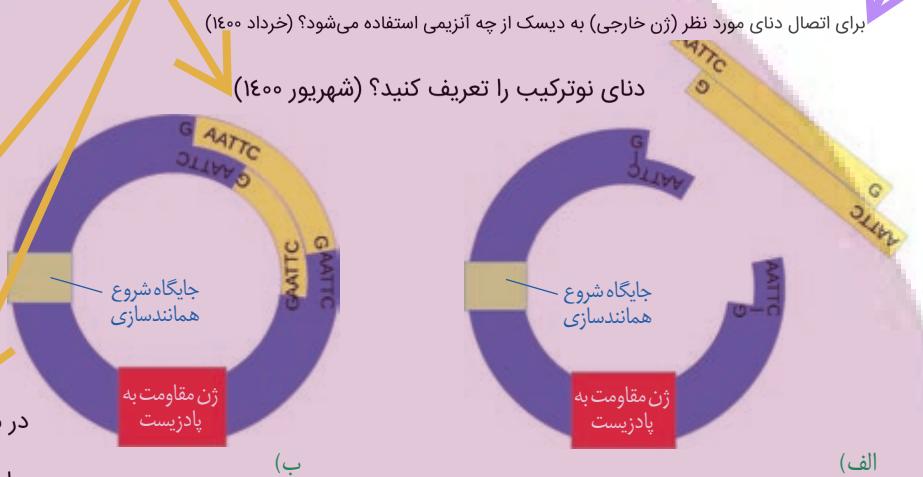


جزای دنای نوترکیب را بنویسید؟ (خرداد ۹۹)

در مهندسی ژنتیک به مجموعه دنای ناقل و ژن جایگذاری شده در آن چه می‌گویند؟ (شهریور ۹۸)

خود تبدیل کنند. این ویژگی در مهندسی ژنتیک اهمیت زیادی دارد که در مباحث بعد به آن می‌پردازیم. در ساخت یک دنای نوترکیب، قطعه دنای حاوی توالی موردنظر در دنای ناقل جاسازی می‌شود. دانستید که برای جداسازی قطعه دنای موردنظر از نوعی آنزیم برش دهنده استفاده می‌شود. وجه داشته باشید آنزیم مورد استفاده برای برش دادن دیسک، باید همان آنزیمی باشد که در جداسازی دنای موردنظر استفاده شده است. چرا؟ نقش آنزیم لیگاز در مرحله تشکیل دنای نوترکیب چیست؟ (شهریور ۹۹)

برش دیسک با آنزیم، آن را به یک قطعه دنای خطی تبدیل می‌کند که دارای دو انتهای چسبنده است. همچنین قطعه دنای خارجی نیز دو انتهای چسبنده دارد. برای اتصال دنای موردنظر به دیسک از آنزیم لیگاز (اتصال دهنده) استفاده می‌شود. این آنزیم پیوند فسفودی استرین دو انتهای مکمل را ایجاد می‌کند. به مجموعه دنای ناقل و ژن جاگذاری شده در آن، دنای نوترکیب گفته می‌شود (شکل ۴).

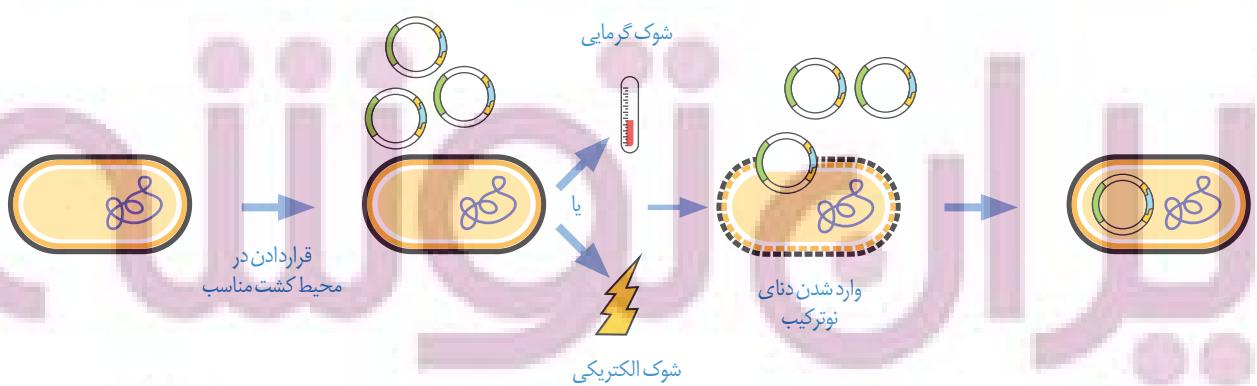


شکل ۴-تشکیل دنای نوترکیب: (الف) قبل از تأثیر لیگاز و (ب) بعد از تأثیر لیگاز

**وارد کردن دنای نوترکیب به یاخته میزان:** در این مرحله، دنای نوترکیب را به درون یاخته می‌بان

مثلاباکتری منتقل می‌کنند (شکل ۵). به این منظور باید در دیواره باکتری منافذی ایجاد شود. این منافذ را می‌توان با کمک شوک الکتریکی و یا شوک حرارتی همراه با مواد شیمیایی ایجاد کرد.

منافذی را در دیواره باکتری ایجاد کرد؟ (خرداد ۱۴۰۱) بر طبق اطلاعات به دست آمده، مشخص شده همه باکتری‌ها دنای نوترکیب را دریافت نمی‌کنند. بنابراین لازم است باکتری دریافت کننده دیسک از باکتری فاقد آن تفکیک شود.



شکل ۵-وارد کردن دنای نوترکیب به یاخته میزان

در کدام مرحله مهندسی ژنتیک از آنتیبیوتیک استفاده می‌شود؟ (دی ۹۸)

### جداسازی یاخته‌های ترازنی:

برای انجام این مرحله، از روش‌های تفاوتی می‌توان استفاده کرد.

یکی از این روش‌ها استفاده از دیسکی است که دارای زن مقاومت به پادزیستی مثل آمپیسیلین است.

اگر باکتری، دنای نوترکیب را دریافت کرده باشد، در محیط حاوی پادزیست رشد می‌کند. باکتری‌های

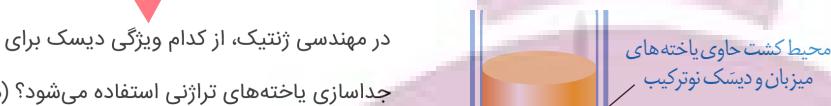
فاقد دنای نوترکیب به دلیل حساسیت به پادزیست در چنین محیطی از بین می‌روند (شکل ۶).

در مهندسی ژنتیک، چرا باکتری‌های فاقد دنای نوترکیب

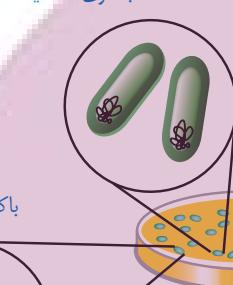
در محیط حاوی پادزیست از بین می‌روند؟ (دی ۹۹)

در مهندسی ژنتیک، از کدام ویژگی دیسک برای

جداسازی یاخته‌های ترازنی استفاده می‌شود؟ (دی ۱۴۵)



باکتری فاقد دیسک



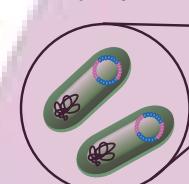
باکتری حاوی دیسک نوترکیب

زن مقاومت به پادزیست

محیط کشت فاقد پادزیست

محیط کشت دارای پادزیست

باکتری حاوی دیسک



محیط کشت فاقد پادزیست

محیط کشت دارای پادزیست

شکل ۶- جdasازی یاخته‌های ترازنی

دارای دنای نوترکیب

در شرایط مناسب، باکتری‌های ترازنی با سرعت بالایی تکثیر می‌شوند. همچنین از دناهای نوترکیب

نیز به صورت مستقل از فامتن اصلی یاخته، نسخه‌های متعددی ساخته می‌شود که درنتیجه آن دنای

خارجی به سرعت تکثیر می‌شود. بنابراین، تعداد زیادی باکتری دارای دنای خارجی آماده خواهد شد که

می‌توان از آنها برای تولید فراورده یا استخراج زن استفاده کرد.

از باکتری‌هایی که دارای دنای خارجی هستند،

چه استفاده‌هایی می‌شود؟ (خرداد ۱۴۰۰)

امروزه با پیشرفت روش‌های مهندسی ژنتیک می‌توان یاخته‌های دیگری مثل مخمرها، یاخته‌های

گیاهی و حتی جانوری را با این فرایند تغییر داد. دناهای و سایر مولکول‌های حاصل از دناهای تولید شده

برای اهداف گوناگون علمی و کاربردی استفاده می‌شوند. در گفتارهای بعدی این فصل به برخی از این

موارد اشاره شده است.

سؤال تطبیق جدول؛ تعیین کنید هر یک از موارد، با کمک چه چیزی انجام می‌شود؟

ایجاد منافذی در دیواره باکتری: با کمک شوک الکتریکی

انتقال دنای مدنظر به پلازمید: با کمک آنزیم لیگاز

جداسازی یاخته‌های ترازنی: با کمک آمپیسیلین

ایجاد انتهای چسبنده: با کمک آنزیم EcoRI

## گفتار ۲

### فناوری مهندسی پروتئین و بافت

روش‌های جدید امکان ایجاد تغییرات دلخواه در توالی آمینواسیدهای یک پروتئین را فراهم کرده است که می‌توان از آنها به منظور تغییر در ویژگی‌های یک پروتئین و بهبود عملکرد آن بهره‌مند شد. انجام چنین تغییراتی که به آن مهندسی پروتئین گفته می‌شود، نیازمند شناخت کامل ساختار و عملکرد آن پروتئین است. این تغییرات می‌تواند جزئی یا کلی باشد.

تألیفی: مهندسی پروتئین چیست؟

تغییر جزئی شامل تغییر در رمز یک یا چند آمینواسید در مقایسه با پروتئین طبیعی است. تغییرات عمده، گسترده‌تر است و می‌تواند شامل برداشت قسمتی از ژن یک پروتئین تا ترکیب بخش‌هایی از ژن‌های مربوط به پروتئین‌های متفاوت باشد.

تألیفی: تغییرات جزئی و عمده در مهندسی پروتئین را مقایسه کنید؟

می‌دانیم تغییر در توالی آمینواسیدهای ممکن است باعث تغییر در شکل فضایی مولکول پروتئین و در نتیجه تغییر در عمل آن شود. چنین پروتئین‌های تغییر یافته‌ای با اهداف مختلف، مثل درمانی و تحقیقاتی ساخته می‌شوند.

تألیفی: چند نمونه از تغییرات و اصلاحات مفید در فرایند مهندسی پروتئین را ذکر کنید؟

از تغییرات و اصلاحات مفید در فرایند مهندسی پروتئین‌های مامی توان به افزایش پایداری پروتئین در مقابل گرمای و تغییر pH: افزایش حداکثری سرعت واکنش و تمایل آنزیم برای اتصال به پیش‌ماده اشاره کرد.

### افزایش پایداری پروتئین‌ها

امروزه با دستیابی به روش‌های مهندسی پروتئین می‌توان پایداری آنها را در مقابل گرما افزایش داد. این موضوع اهمیت زیادی دارد زیرا در دمای بالاتر سرعت واکنش بیشتر و خطر آلودگی میکروبی در محیط واکنش کمتر می‌شود. همچنین، نیازی به خنک کردن محیط واکنش به خصوص در مورد واکنش‌های گرمایانیست. در ادامه مثال‌هایی از افزایش پایداری پروتئین‌ها، ارائه می‌دهیم.

**آمیلازها:** این آنزیم‌ها که از آنزیم‌های پرکاربرد در صنعت هستند مولکول‌های ناشاسته را به قطعات کوچک‌تری تجزیه می‌کنند. آمیلازها در بخش‌های مختلف صنعتی مانند صنایع غذایی، نساجی و تولید شوینده‌ها کاربرد دارند. بسیاری از مراحل تولید صنعتی در دمای‌های بالا انجام می‌شود. بنابراین،

امروزه به کمک روش‌های زیست‌فناوری، طراحی و تولید آمیلاز پایدار در برابر گرما ضرورت دارد. امروزه به کمک روش‌های نسبت فارغ‌الرایی و تولید آمیلازهای مقاوم به گرما ممکن شده است. استفاده از این مولکول‌ها باعث کاهش زمان واکنش، صرفه جویی اقتصادی و در نتیجه افزایش بهره‌وری صنعتی می‌شود. مشاهده شده است که در طبیعت نیز آمیلاز مقاوم به گرما وجود دارد. مثلًا باکتری‌های گرماداری اب گردای آمیلازهای هستند که پایداری بیشتری در مقابل گرما دارند.

**اینترفرون:** به یاد دارید که اینترفرون از پروتئین‌های دستگاه ایمنی است. وقتی این پروتئین با روش مهندسی ژنتیک ساخته می‌شود، فعالیتی بسیار کمتر از اینترفرون طبیعی دارد. علت این کاهش فعالیت، تشکیل پیوندهای نادرست در هنگام ساخته شدن آن در باکتری است. پیوندهای نادرست باعث تغییر در شکل مولکول و در نتیجه کاهش فعالیت آن می‌شوند. به کمک فرایند مهندسی پروتئین و تغییر

جزئی در رمز آمینواسید، توالی آمینواسیدهای اینترفرون طوری تغییر می‌یابد که به جای یکی از آمینواسیدهای آن آمینواسید دیگری قرار می‌گیرد. این تغییر، فعالیت ضد ویروسی اینترفرون ساخته شده

چرا اینترفرون ساخته شده با روش مهندسی ژنتیک، فعالیتی بسیار کمتر از اینترفرون طبیعی دارد؟ (دی ۱۴۰۰ رولت)

چگونه می‌توان فعالیت ضدوبروزی اینترفرون ساخته شده به کمک مهندسی ژنتیک را به اندازه پروتئین طبیعی افزایش داد؟ (خرداد ۱۴۰۱)

را به اندازه پروتئین طبیعی افزایش می‌دهد و همچنین آن را پایدارتر می‌کند. افزایش پایداری در نگهداری طولانی مدت پروتئین‌هایی که به عنوان دارو استفاده می‌شوند، اهمیت زیادی دارد.

**پلاسمین:** می‌دانیم تشکیل لخته، یک فرایند زیستی مهم است که از ادامه خونریزی جلوگیری می‌کند، اما تشکیل لخته در سرخگاه‌های شش، مغز و ماهیچه قلب به ترتیب منجر به بسته شدن رگ‌های شش، سکته مغزی و قلبی می‌شود که بسیار خطرناک است و می‌تواند باعث مرگ شود. لخته‌ها

به طور طبیعی در پنده توسط آنزیم پلاسمین تجزیه می‌شوند. پلاسمین کاربرد درمانی دارد، اما مدت اثر آن در پلاسما خیلی کوتاه است. جانشینی یک آمینواسید پلاسمین با آمینواسید دیگری در توالی، باعث

می‌شود که مدت زمان فعالیت پلاسمایی و اثرات درمانی آن بیشتر شود.

لخته‌ها در بدن به طور طبیعی توسط کدام آنزیم تجزیه می‌شوند؟ (دی ۱۴۰۰)

چگونه می‌توان با مهندسی پروتئین، مدت زمان فعالیت

پلاسمایی و اثرات درمانی پلاسمین را بیشتر کرد؟ (شهریور ۹۸)

## مهندسی بافت

از دست رفتن بافت به دلیل آسیب یا بیماری، زندگی را دشوار و هزینه بالای اقتصادی و اجتماعی را بر فرد بیمار و خانواده او تحمل می‌کند. فرض می‌کنیم که به علت سوختگی وسیع نیاز به پیوند پوست وجود داشته باشد. چنانچه اهدا کننده پوست مناسب وجود نداشته باشد و یا به علت وسعت سوختگی، برداشت پوست از بدن بیمار ممکن نباشد، بهترین راه، کشت بافت و پیوند پوست است. ثابت شده است که در پوست یاخته‌هایی وجود دارد که توانایی تکثیر زیاد و تمایز به انواع یاخته‌های پوست را دارند. امروزه در مهندسی بافت از این یاخته‌ها، به طور موفقیت‌آمیزی استفاده می‌شود.

متخصصان مهندسی بافت، در زمینه تولید و پیوند اعضاء نیز فعالیت می‌کنند. برای نمونه، جراحان بازسازی کننده چهره می‌توانند به کمک روش‌های مهندسی از بافت غضروف برای بازسازی لاله گوش و بینی استفاده کنند. در این روش، یاخته‌های غضروفی را در محیط کشت روی داربست مناسب تکثیر

و غضروف جدید را برای بازسازی اندام آسیب دیده تولید می‌کنند (شکل ۷).

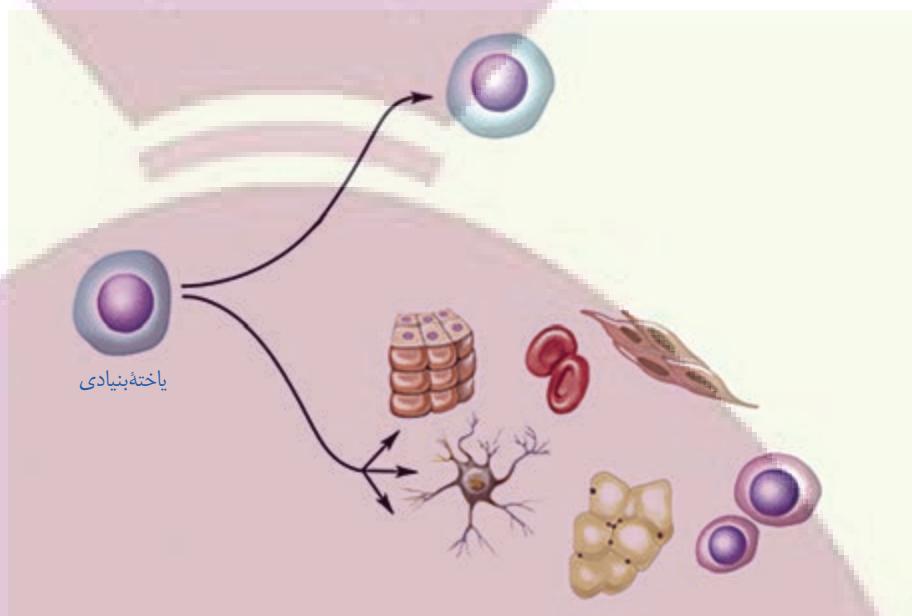
تألیفی: چگونه با استفاده از مهندسی بافت، بازسازی لاله گوش و بینی ممکن است؟



شکل ۷- مهندسی بافت غضروف گوش انسان: عکس گوش طبیعی (چپ) تصویر رقمی (دیجیتالی) (وسط) و غضروف گوش ساخته شده با روش مهندسی بافت بعد از دو هفته (راست)

**یاخته‌های بنیادی و مهندسی بافت:** یاخته‌های تمایز یافته‌ای مانند یاخته‌های ماهیچه‌ای در محیط کشت به مقدار کم تکثیر می‌شوند و یا اصلاً تکثیر نمی‌شوند. به همین دلیل، در چنین مواردی از منابع یاخته‌ای که سریع تکثیر می‌شوند مثل یاخته‌های بنیادی جنینی یا یاخته‌های بنیادی بالغ استفاده می‌کنند. یاخته‌های بنیادی جنینی، همان توده یاخته‌ای درونی هستند. یاخته‌های بنیادی بالغ در

بافت‌هاییافت‌می‌شوند. یاخته‌های بنیادی می‌توانند تکثیر و به انواع متفاوت یاخته تبدیل شوند (شکل ۸).



شکل ۸- یاخته‌های بنیادی توانایی تکثیر و وجود آوردن یاخته‌های مشابه خود؛ و نیز توانایی تبدیل شدن به سایر یاخته‌ها را دارند.

**یاخته‌های بنیادی بالغ:** در بافت‌های مختلف بدن یاخته‌های بنیادی وجود دارند که در محیط

کشت تکثیر می‌شوند. به عنوان مثال یاخته‌های بنیادی کبد می‌توانند تکثیر شوند و به یاخته‌های کبدی یا صفوراوی تمایز پیدا کنند (ص/غ). (دی ۹۸)

با دونوع از یاخته‌های بنیادی مغز استخوان قبلاً آشنا شده‌اید. آیا آنها را به یاد دارید؟ انواع دیگری از

یاخته‌های بنیادی در مغز استخوان وجود دارند که می‌توانند به رگ‌های خونی، ماهیچه اسکلتی و قلبی در محیط کشت به رگ‌های خونی تمایز پیدا کنند (خرداد ۹۸) تمایز پیدا کنند. این یاخته‌ها از فرد بالغ برداشته و کشت داده می‌شوند (شکل ۹).

یاخته‌های بنیادی بالغ در مغز استخوان

یاخته‌های عصبی

یاخته‌های ماهیچه‌ای

یاخته‌های استخوانی خونی

شکل ۹- یاخته‌های بنیادی مغز استخوان به انواع مختلف یاخته‌ها و بافت‌ها تمایز پیدامی کنند.

تألیفی: یاخته‌های بنیادی جنینی، فقط در صورتی که در مراحل اولیه جنینی جداسازی شوند، می‌توانند یک جنین کامل را تشکیل دهند (ص/غ)

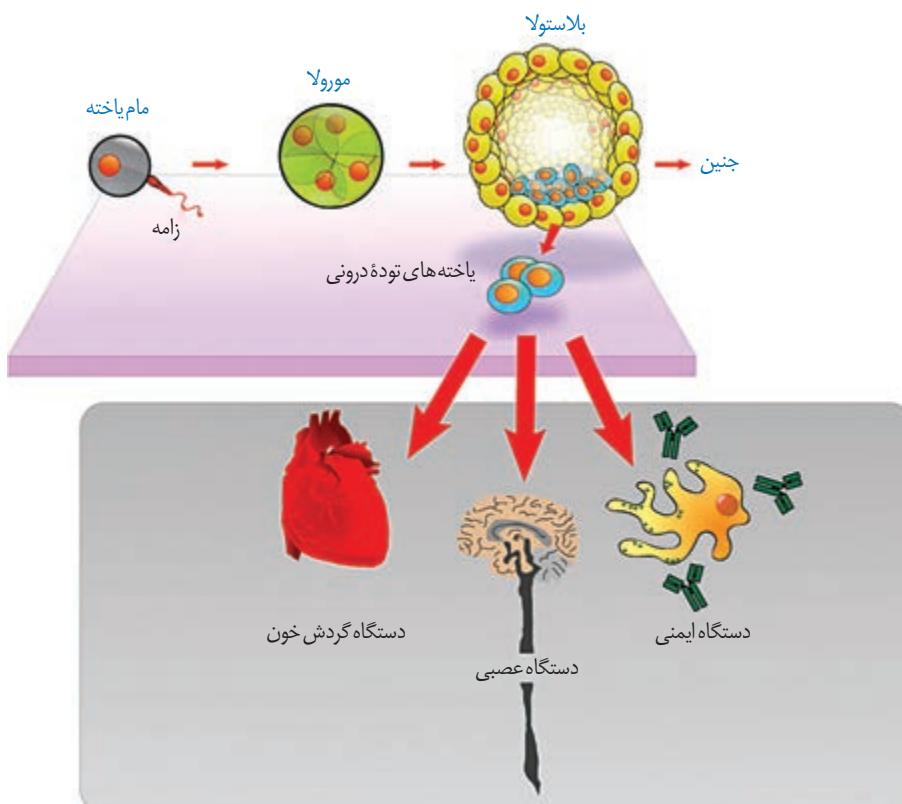
### یاخته‌های بنیادی جنینی: چنین یاخته‌هایی نه تنها قادر به تشکیل همه بافت‌های بدن جنین

هستند، بلکه اگر در مراحل اولیه جنینی جداسازی شوند، می‌توانند یک جنین کامل را تشکیل دهند. این

یاخته‌ها بعد از جداسازی کشت داده و برای تشکیل بسیاری از انواع یاخته‌های تحریک می‌شوند (شکل ۱۰).

اما تمایز چنین یاخته‌هایی هنوز نمی‌تواند به گونه‌ای تنظیم شود که بتوانند همه انواع یاخته‌هایی را که در

بدن جنین تولید می‌کنند در شرایط آزمایشگاهی نیز به وجود بیاورند.



### سؤال جاخالی (دی ۹۹)

شکل ۱۰ - (الف) یاخته‌های بنیادی  
مورولا به همه انواع یاخته‌های جنینی  
و خارج جنینی (جفت و پرده‌ها) متمايز  
می‌شوند.

ب) یاخته‌های بنیادی توده یاخته‌ای  
دروزی به انواع یاخته‌های بدن جنین  
متمايز می‌شوند.

## گفتار ۳ کاربردهای زیست فناوری

همان طور که در گفتار قبلی دیدید زیست فناوری در زمینه های متفاوتی کاربرد دارد. اکنون می خواهیم بدانیم چگونه می توان از این شاخه علمی برای بهبود کیفیت زندگی انسان و حفظ محیط زیست بهره برد.

### کاربرد زیست فناوری در کشاورزی

تحول در کشاورزی نوین توانست افزایش چشمگیری در محصولات کشاورزی مانند گندم، برنج و ذرت ایجاد کند. استفاده از کودها و سموم شیمیایی، کشت انواع محصول، استفاده از ماشین ها در کشاورزی و افزایش سطح زیر کشت از نتایج این تحول بود. اما در کنار آن شاهد عواقب زیانباری همچون آلودگی محیط زیست، کاهش تنویر ژنی و تخریب جنگل ها و مراتع نیز بوده ایم. امروزه نمی توان برای افزایش محصولات به هر روشی متوجه شد. بنابراین، شاید فناوری های جدید زیستی بتوانند تا حدودی مشکلات بشر را در این زمینه حل کنند.

یکی از کاربردهای زیست فناوری، تولید گیاهان مقاوم در برابر بعضی آفات هاستند. این روش توانسته است مصرف آفت کش هارا کاهش دهد. به عنوان مثال برخی از باکتری های خاکزی، پروتئین هایی تولید از کدام جانور جداسازی می شود؟ (شهریور ۹۹) می کنند که حشرات مضر برای گیاهان زراعی رامی گشند. این باکتری ها در مرحله ای از رشد خود نوعی پروتئین سمی می سازند که ابتدا به صورت مولکولی غیرفعال است. این مولکول در بدنه حشره فعال شده، حشره را از بین می برد. چرا این سم نمی تواند خود باکتری را از بین ببرد؟

پیش سم غیرفعال، تحت تأثیر آنزیم های گوارشی موجود در لوله گوارش حشره شکسته و فعال می شود. سم فعال شده باعث تخریب یاخته های لوله گوارش و سرانجام مرگ حشره می شود.

برای تولید گیاه مقاوم به آفت، ابتدا ژن مربوط به این سم از ژنوم باکتری جداسازی و پس از همسانه سازی به گیاه موردنظر انتقال داده می شود. تاکنون با این روش چند نوع گیاه مقاوم مثل ذرت، پنبه و سوبای تولید شده اند. همان طور که در شکل ۱۱ می بینید نوزاد کرمی شکل (لازو) به درون غوزه نارس پنبه نفوذ می کند، بنابراین برای از بین بردن این آفت سم پاشی های متعدد لازم است. امروزه با کمک فناوری سم قرار نمی گیرد. از سوی دیگر، استفاده زیاد سم برای محیط زیست مضر است. حشره زیستی و تولید پنهانی های مقاوم، نیاز به سم پاشی مزارع پنهانی تا حدود زیادی کاهش پیدا کرده است. در اثر خوردن گیاه مقاوم شده از بین می رود و فرصت ورود به درون غوزه را از دست می دهد. بنابراین، نیاز به سم پاشی مزروعه کاهش می یابد.



تألیفی: چند نمونه از کاربردهای زیست فناوری در کشاورزی را ذکر کنید؟

زیست فناوری علاوه بر تولید گیاهان مقاوم در برابر آفات، کاربردهای زیادی در زمینه کشاورزی دارد. اصلاح بذر برای تولید گیاهان مطلوب، تولید گیاهان مقاوم به خشکی و شوری، تنظیم سرعت رسیدن میوه‌ها و افزایش ارزش غذایی محصولات نیز با انجام روش‌های مهندسی ژنتیک ممکن شده است. تولید گیاهان زراعی مقاوم به علف کش‌های از دیگر دستاوردهای این فناوری است.

## کاربرد زیست فناوری در پزشکی

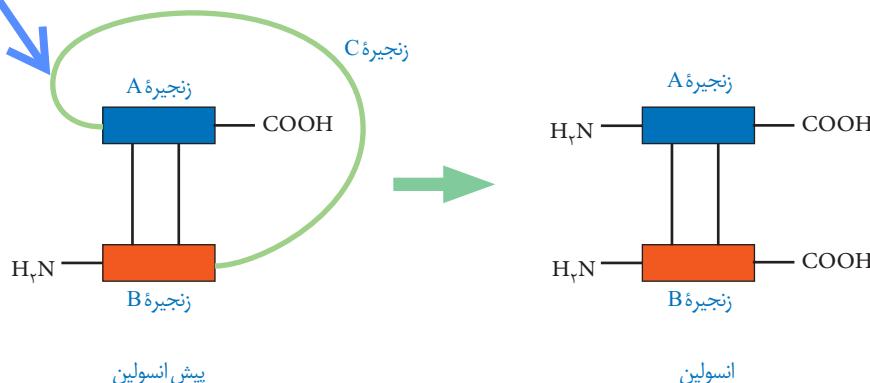
**۱- تولید دارو:** فناوری دنای نوترکیب به علت تولید داروهای مطمئن و مؤثر، جایگاه ویژه‌ای در صنعت داروسازی دارد. این داروها، برخلاف فراوردهای مشابهی که از منابع غیرانسانی تهیه می‌شوند، پاسخ‌های ایمنی ایجاد نمی‌کنند. انسولین یکی از داروهایی است که توسط این فناوری تولید می‌شود. دیابت نوع یک را می‌توان به وسیلهٔ دریافت انسولین کنترل کرد. به نظر شما چگونه می‌توان نیاز افراد نیازمند به این ماده را تأمین کرد؟ یکی از روش‌های تهیه انسولین جداسازی و خالص کردن آن از لوزالمعده جانورانی مثل گاو است. روش دیگر، استفاده از مهندسی ژنتیک است.

داروهای تولید شده با فناوری دنای نوترکیب نسبت به داروهای مشابهی که از منابع غیرانسانی تهیه می‌شوند، چه مزیتی دارند؟ (دی ۱۴۰۱)

می‌دانیم که باکتری در صورت داشتن ژن انسولین انسانی می‌تواند آن را بسازد. مولکول انسولین فعال، از دو زنجیرهٔ کوتاه پلی‌پیتیدی به نام‌های A و B تشکیل شده است که به یکدیگر متصل هستند. در پستانداران از جمله انسان انسولین به صورت یک مولکول پیش‌هormون ساخته می‌شود.

سؤال جاخالی (شهریور ۱۴۰۰)

در مولکول پیش انسولین، زنجیره B نسبت به A به سر کربوکسیل نزدیک‌تر است (ص/غ). (خرداد ۱۴۰۱)



همان طور که در شکل ۱۲ می‌بینید، پیش‌هormون به صورت یک زنجیرهٔ پلی‌پیتیدی است و با جدا

شکل ۱۲- جدا شدن زنجیره C و تبدیل پیش انسولین به انسولین

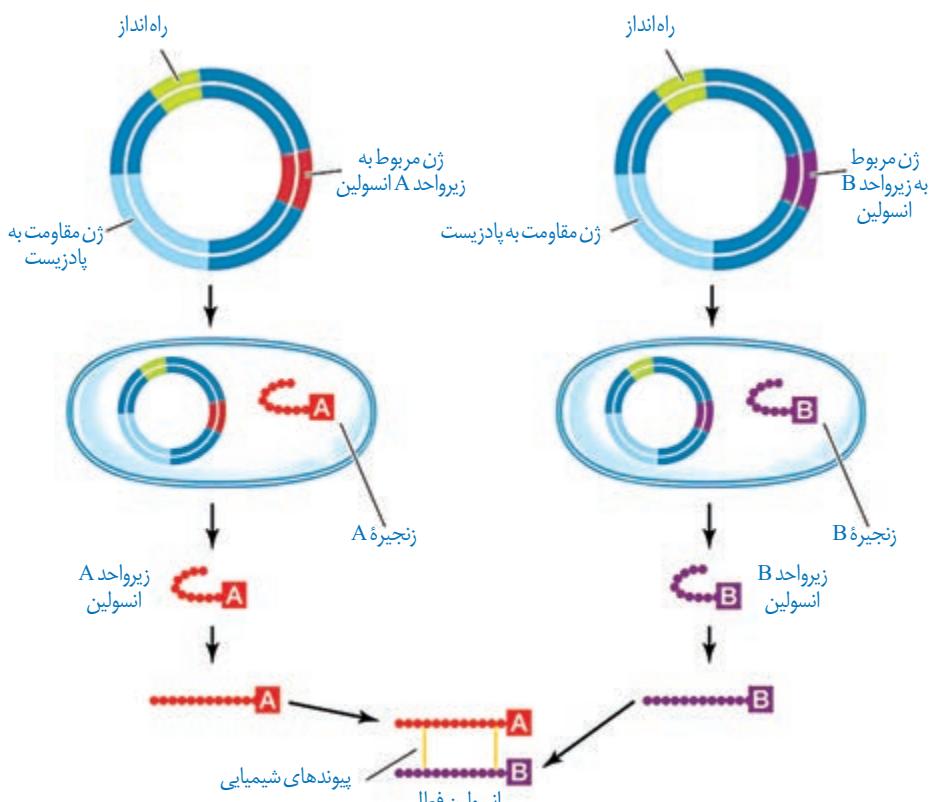
شدن بخشی از توالی به نام زنجیره C به هormون فعال تبدیل می‌شود. مهم‌ترین مرحله در ساخت انسولین به روش مهندسی ژنتیک، تبدیل انسولین غیرفعال به انسولین فعال است، زیرا تبدیل پیش‌هormون به هormون در باکتری انجام نمی‌شود. در سال ۱۹۸۳ برای اولین بار در توالی دنابه صورت جداگانه برای رمز کردن زنجیره‌های A و B انسولین تولید و توسط دیسک به نوعی

با جدا شدن کدام زنجیره، پیش انسولین به انسولین به انسولین تبدیل می‌شود؟ (دی ۱۴۰۰)

چرا مهم‌ترین مرحله در ساخت انسولین به روش مهندسی ژنتیک،

دکتر پوریا خیراندیش - تبدیل فرانسولین غیرفعال به انسولین فعال است؟ (دی ۹۹) ایمان روستا

باکتری منتقل شدند. سپس، زنجیره‌های پلی‌پیتیدی ساخته شده جمع‌آوری و در آزمایشگاه به‌وسیله پیوندهایی به یکدیگر متصل شدند (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- مراحل ساخت انسولین در مهندسی ژنتیک



مزیت واکسن‌های تولید شده با روش مهندسی ژنتیک

نسبت به واکسن‌های تولید شده با روش‌های قبلی چیست؟ (شهریور ۹۸)

**۲- تولید واکسن:** روش‌های قبلی تولید واکسن شامل ضعیف کردن میکروب‌ها، کشتن آنها و یا غیرفعال کردن سوم خالص شده آنها با روش‌هایی خاص بود. واکسن تولید شده باید بتواند دستگاه ایمنی را برابر با عامل بیماری را تحریک کند، اما منجر به ایجاد بیماری نشود. چنانچه در مراحل تولید واکسن خطای رخدده، احتمال بروز بیماری در اثر مصرف آن وجود دارد. واکسن‌های تولید شده با روش مهندسی ژنتیک چنین خطری ندارند. در این روش، ژن مربوط به پادگن (آنتی‌ژن) سطحی عامل واکسن نوترکیب ضد‌هپاتیت B چگونه تولید می‌شود؟ (خرداد ۹۹)

بیماری‌زا به یک باکتری یا ویروس غیربیماری زا منتقل می‌شود. واکسن نوترکیب ضد‌هپاتیت B با این واکسن نوترکیب چگونه تولید می‌شود؟ (دی ۱۴۰۰)

روش تولید شده است.

### سؤال جاخالی (۱۴۰۰) (شهریور)

دکتر پوریا خیراندیش - دکتر فرزام فرهمندیا - دکتر شایان تاکی - دکتر ایمان روستا

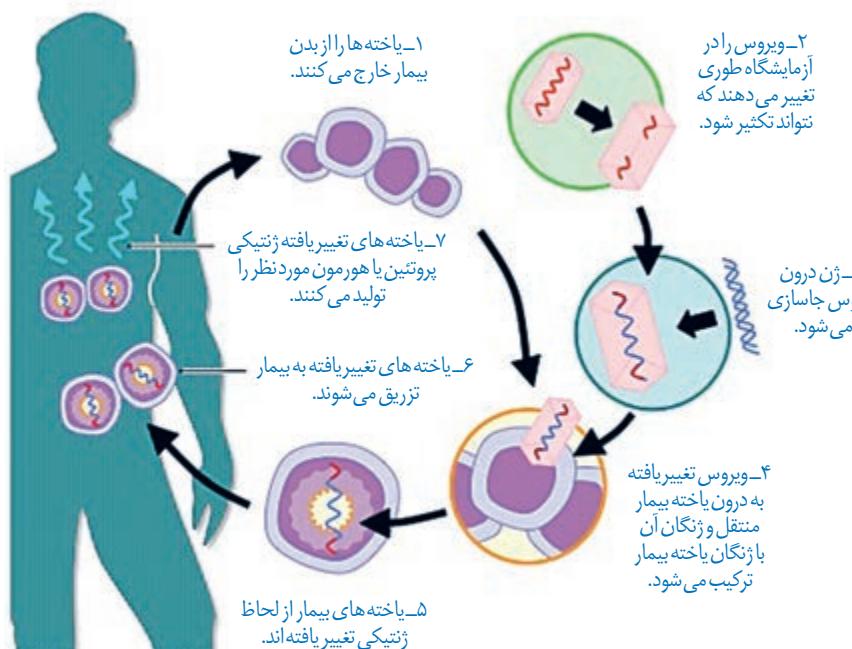
## سوال جاخالی (خرداد ۹۸)

**۲- ژن درمانی:** آیا می‌توان افرادی را که با بیماری ارثی متولد می‌شوند درمان کرد؟

پاسخ به این سوال مشکل است ولی یکی از روش‌های جدید درمان بیماری‌های ژنتیکی، ژن درمانی است که خود مجموعه‌ای از روش‌های است. ژن درمانی یعنی قرار دادن نسخه سالم یک ژن در یاخته‌های فردی که دارای نسخه‌ای ناقص از همان ژن است. در این روش یاخته‌هایی را از بدن بیمار خارج و ژن سالم را با کمک ناقل وارد آنها می‌کنند. سپس یاخته تغییریافته را به بدن بیمار باز می‌گردانند.

اولین ژن درمانی موفقیت آمیز در سال ۱۹۹۰ برای یک دختر بچه ۴ ساله، دارای نوعی نقص ژنی، انجام شد. این ژن جهش یافته نمی‌توانست یک آنزیم مهم دستگاه ایمنی را بسازد. برای درمان آن ابتدا لنفوسيت‌ها را از خون بیمار جدا کردند و در خارج از بدن کشت دادند. سپس نسخه‌ای از ژن کارآمد را به لنفوسيت‌ها منتقل و آنها را وارد بدن بیمار کردند. اگرچه این یاخته‌ها توانستند آنزیم مورد نیاز بدن را بسازند ولی چون قدرت بقای زیادی ندارند، لازم بود بیمار به طور متناوب لنفوسيت‌های مهندسی شده را دریافت کند (شکل ۱۴).

برای درمان این افراد می‌توان از روش‌هایی مثل پیوند مغز استخوان و یا تزریق آنزیم هم استفاده کرد.



شکل ۱۴ - مراحل ژن درمانی

سوال جاخالی (خرداد ۱۴۰۰)

**۴- تشخیص بیماری:** برای درمان موفقیت آمیز یک بیماری، تشخیص اولیه و شناخت دقیق

آن بسیار مهم است. علاوه بر روش‌های تشخیصی مثل آزمایش خون و ادرار، روش‌های دیگری مثل فناوری‌های مبتنی بر دنا در تشخیص بیماری نقش مهمی دارند. تشخیص بیماری وقتی که علائم آن در بدن ظاهر شده باشد ساده است، اما وقتی که هنوز علائم ظاهر نشده‌اند و میزان عامل بیماری‌زا در بدن پایین است مشکل است. امروزه با کمک روش‌های زیست فناوری و شناسایی نوکلئیک اسید عامل بیماری‌زا می‌توان به وجود آن در بدن پی برد.

بیشتر بدانید

## انقراض گونه‌ها و مهندسی ژنتیک

در سال ۲۰۰۸ با تعیین توانی ژنی یک ماموت، برای اولین بار وزگان کامل یک گونه جانوری منقرض شده مشخص شد. این موفقیت پژوهشگران را به نجات گونه‌های در خطر انقراض امیدوار کرده است. یک دیگر از کاربردهای این فناوری در جلوگیری از انقراض گونه‌ها، روش شبیه‌سازی است. در ایران نیز طرح‌های تحقیقاتی در حال انجام است و تاکنون موفقیت‌هایی در این زمینه به دست آمده است. به عنوان مثال می‌توان به موفقیت پژوهشکده رویان در شبیه‌سازی قوچ وحشی اشاره کرد.

در اولین ژن درمانی موفقیت آمیز، چرا لازم بود بیمار

به طور متناوب لنفوسيت مهندسی شده را دریافت کند؟ (شهریور ۱۴۰۰) (شahriar 1400)

## دو مورد از کاربردهای زیستفناوری در پزشکی را نام ببرید؟ (شهریور ۹۸)

تشخیص زودهنگام آلوگی با ویروس ایدز برای جلوگیری از انتقال ویروس به سایر افراد اهمیت زیادی دارد (ص/غ). (خرداد ۹۸)

همان طور که می‌دانید ایدز بیماری خطرناکی است و هنوز درمان قطعی برای آن وجود ندارد. فرد مبتلا به ایدز توانایی دفاع در مقابل عوامل بیماری زار از دست می‌دهد. برای تشخیص ایدز در مراحل اولیه، دنای موجود در خون فرد مشکوک را استخراج می‌کنند. دنای استخراج شده شامل دنای یاخته‌های بدن خود فرد و احتمالاً دنای ساخته شده از رنای ویروس است. سپس با استفاده از روش‌های زیست فناوری دنای ویروس تشخیص داده می‌شود. **تشخیص زودهنگام آلوگی با ویروس ایدز اهمیت زیادی دارد زیرا باعث می‌شود که بدون اتفاق وقت اقدامات درمانی و پیشگیری لازم برای جلوگیری از انتقال ویروس به سایر افراد صورت گیرد.**

زیست فناوری در تشخیص ژن‌های چهش یافته در بیماران مستعد به سرطان، در مسائل پزشکی قانونی و تحقیقاتی همچون مطالبه در مورد **دیگر فسیل‌ها** نیز کاربرد دارد.

جاخالی تأییف

## اهمیت تولید جانوران ترازنی در زیست فناوری

دلایل متعددی برای طراحی و تولید این جانوران وجود دارد که می‌توان به چند مورد اشاره کرد:  
- مطالعه عملکرد ژن‌های خاص در بدن مثل ژن‌های عوامل رشد و نقش آنها در رشد بهتر دامها

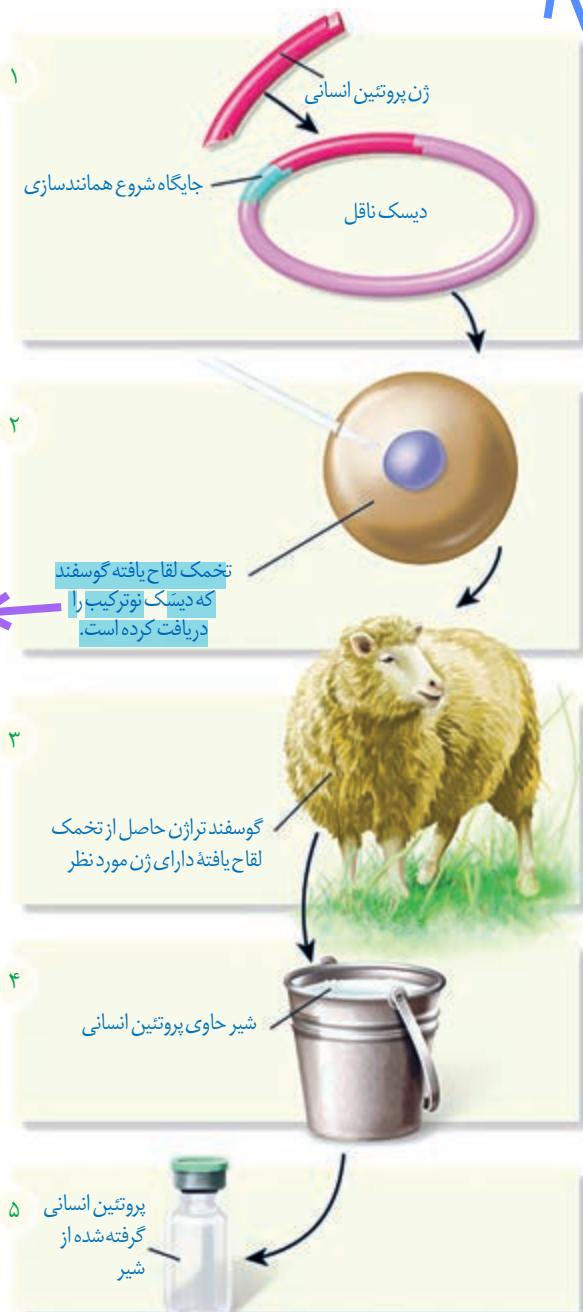
- کاربرد آنها به عنوان مدلی برای مطالعه بیماری‌های انسانی از قبیل انواع سرطان، آزمایش و بیماری‌ام.اس  
- تولید پروتئین‌های انسانی یا داروهای خاص در بدن آنها، به عنوان مثال دام‌های ترازنی می‌توانند، شیر غنی از نوعی پروتئین انسانی تولید کنند که برای انسان نسبت به شیر طبیعی دام‌ها مناسب‌تر است (شکل ۱۵).

یک بیماری را نام ببرید که برای مطالعه آن، از جانوران ترازنی به عنوان مدل استفاده می‌شود؟ (دی ۹۸)

## زیست فناوری و اخلاق

مانند همه دستاوردهای بشر، استفاده از این دستاوردهای علمی نیز باید با ملاحظاتی همراه باشد. این ملاحظات جنبه‌های مختلف اخلاقی، اجتماعی و ایمنی زیستی را دربر می‌گیرند. ایمنی زیستی شامل مجموعه‌ای از تدبیر، مقررات و روش‌هایی برای تضمین بهره‌برداری از این فناوری است. قانون ایمنی زیستی به منظور استفاده مناسب از مزایای زیست فناوری و پیشگیری از خطرات احتمالی آن، در همه کشورها از جمله ایران تدوین و به تصویب رسیده است.

شکل ۱۵- تولید پروتئین‌های انسانی با استفاده از دام‌های ترازنی



بیلی توپید گوسفند ترازن، کدام یافته دید کرد؟ (دی ۱۴)

تألیفی: با توجه به آزمایش‌های انجام شده، آثار جانبی برعی از کاربردهای زیست‌فناوری بسیار خطرناک می‌باشد (من/غ).

همواره سؤال‌های معدد، در مورد نتایج انواع کاربردهای زیست‌فناوری مطرح بوده و هست. برای پاسخ به این سؤالات، پژوهش‌های زیادی در حال انجام است. نتایج به دست آمده از چنین پژوهش‌هایی از طرف مجموعه‌ای از دانشمندان با تخصص‌های مختلف داوری و صدور مجوز نهایی توسط دستگاه‌های نظارتی انجام می‌شود. **تاکنون از نتایج تحقیقات انجام شده هیچ‌گونه گزارشی مبتنی بر شواهد و داده‌های علمی در مورد آثار جانبی کاربرد این فناوری، محصولات به دست آمده و خطرناک بودن آنها ارائه نشده است.** لذا با توجه به حساسیت موضوع، این تحقیقات باید ادامه یابند و نتایج با دقت فراوان مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند.

### بیشتر بدانید

ایران از جمله کشورهایی است که فناوری تولید جانوران ترازن مدل را دارد. موش‌های ترازن به عنوان مدل، کاربردهای متفاوتی در تحقیقات مربوط به ژنتیک، داروسازی و پزشکی دارند. موش سمت چپ موش ترازنی است که در پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک وزیست‌فناوری ایران برای ایجاد مدل‌های تحقیقاتی تولید شده است. چشم‌ها و بخش‌هایی از بدن این موش به علت وجود پروتئین GFP (پروتئین بافلورسانس سبز) در برابر پرتو فرابنفش درخشش سبز دارد. این موش حاصل رشد تخمی است که ژن پروتئین GFP در ژنوم تخمک آن جاگذاری شده است.



موش معمولی (راست) و موش ترازن (چپ)



پرواز گروهی سارها

## فصل ۸

# رفتارهای جانوران



هزاران سال است که انسان رفتارهای جانوران را مشاهده می‌کند و در بی‌یافتن علت این رفتارها و چگونگی بروز آنهاست. زندگی انسان به داشتن اطلاعات درباره رفتار جانوران وابسته است. دانستن درباره چگونگی زادآوری یک حشره آفت، می‌تواند به یافتن راههایی برای مبارزه با آن منجر شود. دانستن درباره مهاجرت یا تغذیه یک جانور در معرض خطر انقراض، می‌تواند به راههایی برای حفظ آن گونه و حفاظت از تنوع زیستی بینجامد. در این فصل انواعی از رفتارهای جانوران، چگونگی انجام آنها و علت این رفتارها را از دیدگاه انتخاب طبیعی بررسی می‌کنیم.

به منظور آمادگی کامل برای امتحان نهایی زیست شناسی دوازدهم و تکمیل این جزو، کلاس آمادگی امتحان نهایی دکتر خیراندیش و دکتر فرهمندیا در گروه آموزشی ماز را مورخ شنبه و یکشنبه ۱۳ و ۱۴ خردادماه از ساعت ۱۲:۰۰ لغاًیت ۱۵:۰۰ مشاهده نمایید.

## گفتار ۱ اساس رفتار

قمری‌های خانگی با جم آوری شاخه‌های نازک درختان برای خود لانه ساخته و زادآوری می‌کنند.

تألیفی: نمونه‌هایی از رفتارهای جانوران را بیان کنید؟

گوزن‌ها از شکارچی‌ها می‌گریزند. خرس‌های قطبی خواب زمستانی دارند. سارها برای زمستان گذرانی

به مناطق گرم‌تر مهاجرت می‌کنند. اینها نمونه‌هایی از رفتارهای جانوران است. رفتار، واکنش یا مجموعه

واکنش‌هایی است که جانور در پاسخ به محرک یا محرک‌ها انجام می‌دهد. محرک‌هایی مانند بو، رنگ،

صداء، تغییر میزان هورمون‌ها یا گلوکز در بدن جانور، تغییر دمای محیط و تغییر طول روز موجب بروز

رفتارهای گوناگون در جانوران می‌شوند.

تألیفی: چند نمونه از محرک‌هایی که می‌توانند باعث بروز رفتارهایی در جانوران شوند را ذکر کنید؟

### رفتار غریزی

جوچه‌های برخی از پرندگان برای غذای مورد نیازشان به والد (یا والدین) خود متکی هستند. مثلاً جوچه کاکایی برای دریافت غذا به منقار پرنده والد نوک می‌زند و والد بخشی از غذای خورده شده را برمی‌گرداند تا جوچه آن را بخورد. دریافت غذای کافی برای بقا و رشد جوچه اهمیت دارد. جوچه پس از بیرون آمدن از تخم، می‌تواند به منقار والد نوک بزند (شکل ۱).



شکل ۱ - رفتار درخواست غذا در جوچه کاکایی

منشأ رفتار جوچه کاکایی چیست؟ جوچه پرنده پس از بیرون آمدن از تخم، می‌تواند رفتار درخواست غذا را انجام دهد، پس آیا این رفتار همانند ویژگی‌های بدنی جانور ژنی است؟ برای پاسخ به این سؤال یک پژوهش را بررسی می‌کنیم.

پژوهشگران ارتباط یک ژن را با رفتار مراقبت از زاده‌ها در موش ماده بررسی کرده‌اند. این ژن را

ژن B می‌نامیم. موش ماده طبیعی اجازه نمی‌دهد بچه موش‌ها از او دور شوند؛ اگر بچه موش‌ها دور

شوند، مادر آنها را می‌گیرد و به سمت خود می‌کشد (شکل ۲). موش مادر ابتدا نوزادان را وارسی می‌کند

و اطلاعاتی از راه حواس به مغز آن ارسال می‌شود؛ درنتیجه ژن B در یاخته‌هایی در مغز موش مادر فعال

تألیفی: رفتار مراقبت مادری در موش ماده سالم را شرح دهید؟

### بیشتر بدانید

آنچه مان را زن FosB نامیدیم به اختصار ژن FosB نام دارد. این ژن ربخشی از زیر نهنچ (هیپوتالاموس) مغز موش مادر که در رفتار مادرانه آن نقش حیاتی دارد، بیان می شود.

می شود و دستور ساخت پروتئینی را می دهد که آنزیم ها و ژن های دیگری را فعال می کند. در مغز جانور پژوهشگران با ایجاد جهش در ژن B آن را غیرفعال کردند. موش های ماده ای که ژن های جهش یافته داشتند، ابتدا بچه موش های تازه متولد شده را وارسی کردند ولی بعد آنها را نادیده گرفتند و رفتار مراقبت نشان ندادند. به این ترتیب، مشخص شد رفتار مراقبت مادری در موش اساس ژنی دارد.



شکل ۲ - (الف) مراقبت مادری موش مادر دارای ژن طبیعی

(ب) نبود مراقبت مادری در موش مادر دارای ژن جهش یافته

### بیشتر بدانید

رفتارشناسی، علم مطالعه رفتارهای جانوران در آزمایشگاه و یا طبیعت است. سه دانشمند به نام های نیکولاوس تین برگن<sup>۱</sup> هلندی، کُنراد لورنژ<sup>۲</sup> و کارل فون فریش<sup>۳</sup> اتریشی در مشاهده رفتار جانوران در طبیعت نقش مهمی ایفا کردند. این تلاش ها جایزه نوبل رشته کار اندام شناسی (فیزیولوژی) و پزشکی سال ۱۹۷۳ را برای آنان به ارمغان آورد. در دهه های اخیر رویکرد اصلی زیست شناسان در بررسی رفتار جانوران، بوم شناسی رفتاری است. بوم شناسی رفتاری علم بررسی رفتار جانوران در محیط طبیعی و از دیدگاه انتخاب طبیعی است.

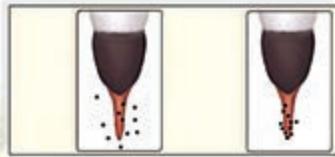


چرا اساس رفتار غریزی در همه افراد یک گونه بیکسان است؟ (خرداد ۹۹)  
رفتار موش مادر در مراقبت از فرزندان رفتاری غریزی<sup>۱</sup> است. اساس رفتار غریزی در همه افراد یک گونه بیکسان است، زیرا ژنی و ارثی است. رفتار جوجه کاکایی برای به دست آوردن غذا، لانه سازی پرندگان و رفتار مکیدن در شیرخواران نمونه های دیگری از رفتارهای غریزی اند. خواهید دید همه رفتارهای غریزی به طور کامل هنگام تولد در جانور ایجاد نشده اند. جاخالی تأثیفی

رفتار نوک زدن جوجه کاکایی به منقار والد یک رفتار غریزی است که به طور کامل هنگام تولد در جانور ایجاد شده است. ص/غ (دی ۹۸)  
در رفتار درخواست غذا، نوک زدن های جوجه کاکایی به منقار والد در ابتداد دقیق نیست ولی به تدریج و با تمرین، این رفتار دقیق تر می شود. هرچه جوجه دقیق تر نوک بزند، والد سریع تر به درخواست آن برای نوزاد پاسخ می دهد. به این ترتیب جوجه می آموزد تا دقیق تر نوک بزند (شکل ۳). بنابراین، جوجه کاکایی نز جربه به دست می آورد و رفتار غریزی آن تغییر می کند و اصلاح می شود.

### بدگیری و رفتار

۱- Nikolaas Tinbergen  
۲- Konrad Lorenz  
۳- Karl Von Frisch



نوك زدن جوجه تازه  
از تنفس خارج شده

نوك زدن  
جوجه در روزه

## جاخالی تألفی

جانوران در محیط تجربه های گوناگونی پیدامی کنند که رفتارهای آنها را تغییر می دهد. تغییر نسبتاً پایدار در رفتار که در اثر تجربه به وجود می آید **یادگیری** نام دارد. یادگیری انواع گوناگونی دارد که با آنها آشنا می شوید.

کدام نوع از یادگیری؟ (دی ۱۴۰)

**خوگیری (عادی شدن):** جوجه پرندگان اجسام گوناگونی مانند برگ های در حال افتدن را در بالای سر خود می بینند. در ابتدا جوجه ها با پایین آوردن سر خود و آرام ماندن به این حرکت ها پاسخ می دهند، اما با دیدن مکرر اجسام در حال حرکت، یاد می گیرند آنها برایشان خطير یا فایده ای ندارند. در نتیجه، جوجه ها دیگر به این حرکت ها پاسخ نمی دهند. این یادگیری را **خوگیری** می نامند. در این یادگیری، پاسخ جانور به یک حرکت تکراری که سود یا زیانی برای آن ندارد، کاهش پیدامی کند و جانور می آموزد به برخی حرکت ها پاسخ ندهد. جانوران در معرض حرکت های متعددی قرار دارند که پاسخ به همه آنها، نیازمند صرف انرژی زیادی است. خوگیری موجب می شود جانور با چشم پوشی از حرکت های بی اهمیت، انرژی خود را برای انجام فعالیت های حیاتی حفظ کند.

رفتار خوگیری در جانوران چه فایده هایی برای آنها دارد؟ (شهریور ۱۴۰۰)



شكل ۳- اصلاح رفتار درخواست غذا در جوجه کاکایی: پس از دور روز جوجه می آموزد تا دقیق تر نوک بزند. نقطه های سیاه رنگ محل نوک زدن را نشان می دهند.

## بیشتر بدانید

چندین گونه از خانواده کاکایی ها از جمله کاکایی پازرد (خزری) و کاکایی سر سیاه، در کشور ما زندگی می کنند. بیشتر آزمایش ها و بررسی های این فصل درباره کاکایی سر سیاه انجام شده است.



(*Larus ridibundus*)



(*Larus cachinnans*)

## فعالیت ۱

الف) شکل رو به رو

یادگیری خوگیری را

نشان می دهد. آن را توضیح دهید.

ب) در برخی کشتزارها قوطی های فلزی

را به مترسک آویزان می کنند، این کار چه

فایده ای دارد؟

**شرطی شدن کلاسیک:** وقتی جانوری مانند سگ غذامی بیند و یا بوی آن را احساس می‌کند، بزاق

او ترشح می‌شود. غذا محرك و ترشح بزاق، پاسخی غریزی و یک بازتاب طبیعی است. داشتنمی به نام

پاولوف آزمایش‌های متعددی در این باره انجام داد. او متوجه شد بزاق سگ، با دیدن فرد غذادهنده و

قبل از دریافت غذا نیز ترشح می‌شود. پاولوف آزمایشی طراحی کرد و در آن هم‌زمان با دادن بودر گوشت

به سگ گرسنه، زنگی را به صدا درآورد. با تکرار این کار، سگ بین صدای زنگ و غذا ارتباط برقار کرد.

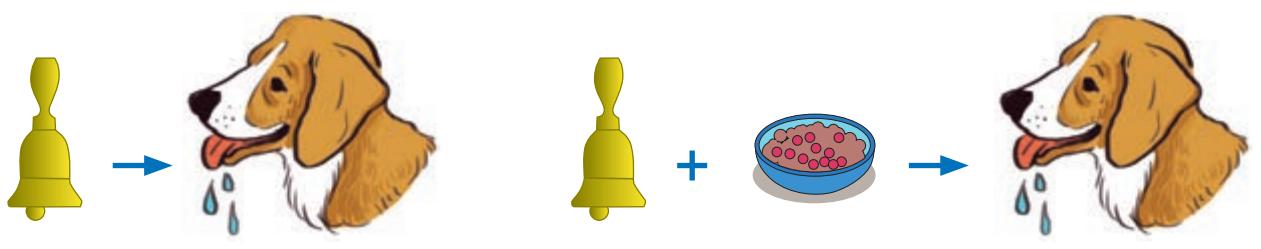
طوری که بزاق آن باشندن صدای زنگ و حتی بدون دریافت غذا نیز ترشح می‌شد. صدای زنگ در ابتدا

یک محرك بی‌اثر بود ولی وقتی با محرك طبیعی یعنی غذا همراه شد، سبب بروز پاسخ ترشح بزاق شد

(شکل ۴). صدای زنگ یک محرك شرطی است زیرا در صورتی می‌تواند موجب بروز پاسخ شود که بایک

محرك طبیعی همراه شود. این نوع یادگیری شرطی شدن کلاسیک<sup>۱</sup> نام دارد.

محرك شرطی و طبیعی در آزمایش پاولوف را ذکر کنید؟ (خرداد ۹۹)



جاخالی تأثیفی

بیشتر بدانید

تاریخ علم

ایوان پترووچ پاولوف (۱۸۴۹-۱۹۳۶) کار اندام‌شناس (فیزیولوژیست) روسی است که در سال ۱۹۰۴ برنده جایزه نوبل کار اندام‌شناسی و پژوهشی شد. او بیشتر به علت پژوهش درباره بازتاب شرطی مشهور است (نفر دوم از راست).



شکل ۵- موش در جعبه اسکینر

**شرطی شدن فعل:** نوعی دیگر از شرطی شدن، شرطی شدن فعل<sup>۲</sup> یا یادگیری با آزمون و خطای

نام دارد. در نخستین آزمایش‌های مربوط به این نوع یادگیری، داشتنمی به نام اسکینر موش گرسنه‌ای

را در جعبه‌ای قرار داد که درون آن اهرمی وجود داشت و موش می‌توانست آن را فشار دهد (شکل ۵).

موش درون جعبه حرکت می‌کرد و به طور تصادفی اهرم درون جعبه را فشار می‌داد. در نتیجه، تکه‌ای

تأثیفی: آزمایش اسکینر را توضیح دهید؟



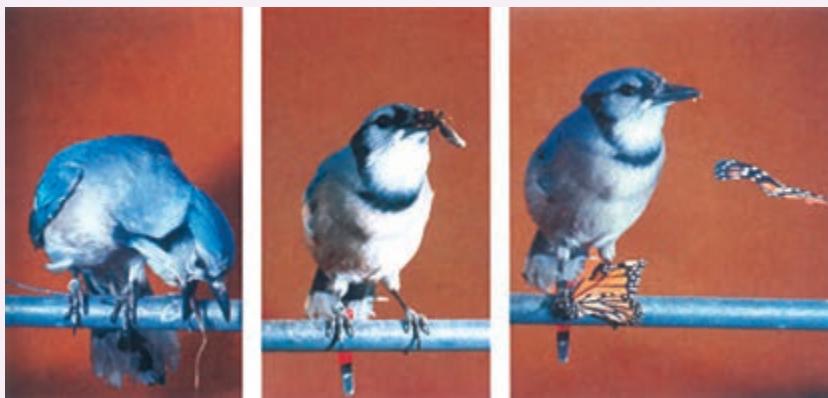
۱- Classical Conditioning

۲- Operant Conditioning

غذا به درون جعبه می‌افتد و موش غذا را بیافت می‌کرد. پس از چندبار تکرار این رفتار، موش به ارتباط بین فشار دادن اهرم و پاداش یعنی به دست آوردن غذا پی برد. موش پس از آن به طور عمده، اهرم را فشار می‌داد تا غذا به دست آورد. در شرطی شدن فعل، جانور می‌آموزد بین رفتار خود با پاداش یا تنبیه که دیافت می‌کند، ارتباط برقرار کرده و در آینده رفتاری را تکرار یا از انجام آن خودداری می‌کند.

بر اساس یادگیری شرطی، رفتار پرنده پس از بلعیدن پروانه مونارک را توضیح دهید؟ (شهریور ۱۴۰۰)

پرنده‌ای که در شکل زیر می‌بینید، پروانه مونارک را بلعیده و دچار تهوع شده است. پس از چنین تجربه‌هایی پرنده می‌آموزد، این حشره را نباید بخورد. چگونگی آموختن این رفتار را بر اساس یادگیری شرطی شدن توضیح دهید.



## فعالیت ۲

### بیشتر بدانید

#### تاریخ علم

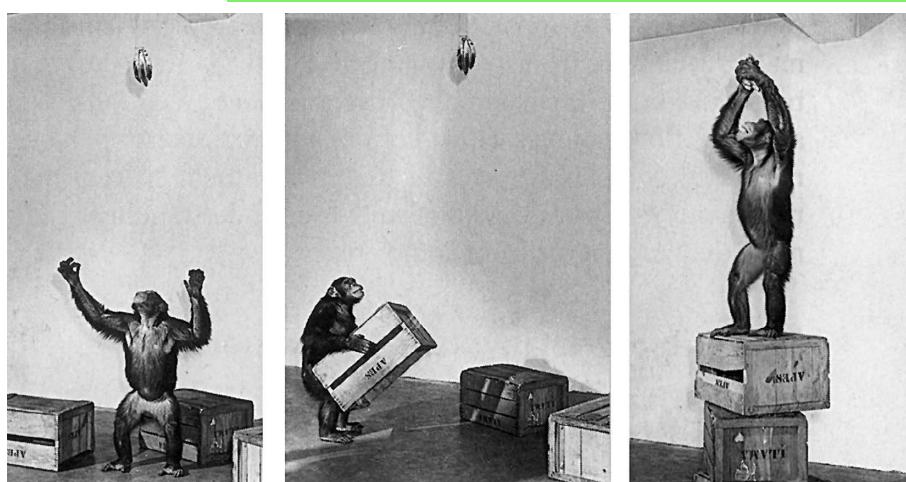
بوروس فردریک اسکینر (۱۹۹۰-۱۹۰۴) روان‌شناس آمریکایی و از بنیان‌گذاران یادگیری از دیدگاه رفتارگرایی است. دستگاهی را که او برای بررسی رفتار شرطی شدن فعل جانوران به کار می‌برد و جعبه اسکینر نام دارد، از اختراعات خود اوست.



تألیفی: نمونه‌ای از رفتار حل مسئله در شامپانزه را توضیح دهید؟ **حل مسئله:** برخی از جانوران می‌توانند از تجربه‌های قبلی خود برای حل مسئله‌ای که با آن روبه رو شده‌اند، استفاده کنند. در یکی از آزمایش‌های مربوط به این رفتار، شامپانزه‌ای را در اتاقی گذاشتند که

تعدادی موز از سقف آن آویزان بود و چند جعبهٔ چوبی هم در اتاق وجود داشت. شامپانزه پس از چند بار بالا پریدن و تلاش ناموفق برای رسیدن به موزها، جعبه‌ها را روی هم قرار داد، از آنها بالا رفت و به موزها دست یافت (شکل ۶). در رفتار حل مسئله، جانور بین تجربه‌های گذشته و موقعیت جدید ارتباط برقرار می‌کند و با استفاده از آنها برای حل مسئله جدید، آگاهانه برنامه‌ریزی می‌کند.

نوع یادگیری؟ (دی ۱۴۰۰)



شکل ۶- حل مسئله در شامپانزه



نوع یادگیری؟ (خرداد ۱۴۰۱)

نوع یادگیری؟ (دی ۱۴۰۱)

نوع یادگیری؟ (خرداد ۱۴۰۰)

**نایزک درختان را جدامی کنند و آن را درون لانه موریانه ها فرومی برند تا موریانه ها را بیرون بیاورند و بخورند.**

**این جانوران از تکه های چوب یا سنگ به شکل سندان و چکش استفاده می کنند تا پوسته سخت میوه ها را بشکنند.** کلاع سیاهی که در شکل ۷ می بینید، کشف کرده است که چگونه تکه گوشت آویزان به انتهای نخ را به دست آورد. جانور هر بار بخشی از نخ را با منقار خود بالا می کشد و پنجه پای خود را روی آن قرار داده و سرانجام به گوشت دست پیدا می کند.

در رفتار نقش پذیری، عامل شناخت جسم به عنوان مادر چیست؟ (خرداد ۱۴۰۰)

نوع یادگیری؟ (دی ۱۴۰۰)

**نقش پذیری:** جوجه غازها پس از بیرون آمدن از تخم، **نخستین جسم متحرکی را که می بینند، دنبال می کنند.** جسم متحرک معمولاً مادر آنهاست (شکل ۸). این دنبال کردن موجب پیوند جوجه ها با مادر می شود. پیوند جوجه غازها و مادرشان در تیجه نوعی یادگیری به نام **نقش پذیری** ایجاد می شود. نقش پذیری نوعی یادگیری است که در دوره مشخصی از زندگی جانور انجام می شود. نقش پذیری جوجه غازها طی چند ساعت پس از خروج از تخم رخ می دهد. این زمان، دوره حساسی است که در آن نقش پذیری با یینترین موفقیت انجام می شود. جوجه غازها با نقش پذیری مادر خود را می شناسند. **این شناسایی برای بقای جوجه ها حیاتی است، بدون آن جوجه ها تحت مراقبت مادر قرار نمی گیرند و ممکن است بمیرند.** افزون بر آن، جوجه ها با نقش پذیری، رفتارهای اساسی مانند جست و جوی غذارانیز از مادر یاد می گیرند. نقش پذیری در پستانداران نیز دیده می شود، مثلاً بردهایی که مادر خود را از دست داده اند و انسان آنها را پرورش داده است، دنبال اوراه می افتد و تمایلی برای ارتباط با گوسفند های دیگر نشان نمی دهند.

نوع یادگیری؟ (خرداد ۹۸)

تألیفی: اهمیت رفتار نقش پذیری در جوجه ها در چیست؟

نیز دیده می شود، مثلاً بردهایی که مادر خود را از دست داده اند و انسان آنها را پرورش داده است، دنبال اوراه امروزه پژوهشگران می کوشند از نقش پذیری در حفظ گونه های جانوران در خطر انقراض استفاده کنند. مثلاً آنها برای پرورش جوجه پرنده هایی که والدین خود را از دست داده و تحت مراقبت انسان به دنیا آمدند، صدای پرنده های همان گونه را پیش می کنند. افرادی که از این جوجه ها نگهداری می کنند، ظاهر خود را شبیه آن پرنده کرده و مانند آنها رفتار می کنند.

نوع یادگیری؟ (خرداد ۱۴۰۱)



شکل ۸ - نقش پذیری جوجه غازها  
نسبت به مادر خود

## برهم کنش غریزه و یادگیری

بیشتر بدانید

### تاریخ علم

بررسی نقش پذیری در غازها از پژوهش‌های کنراد لورنژ اتریشی (۱۹۸۹-۱۹۰۳) است. لورنژ در آزمایش خود جوجه غازهایی را در دستگاه جوجه‌کشی پرورش داد، لورنژ نخستین جسمی بود که جوجه‌ها پس از پیروزی آمدن از تخم دیدند. آنها اورادنیال کردند و نسبت به نقش پذیر شدند.



نوع یادگیری؟ (خرداد ۱۴۰۱)

### فعالیت ۳

(الف) شقایق دریایی با تحریک مکانیکی

(تماس)، بازوهای خود را منقبض می‌کند

اما به حرکت مداوم آب پاسخی نمی‌دهد. چرا؟

ب) رام کنندگان جانوران چگونه انجام حرکات نمایشی در

سیرک را به آنها می‌آورند؟

نوع یادگیری؟ (دی ۹۸)



## گفتار ۲

### انتخاب طبیعی و رفتار

#### جاخالی تأثیفی

پژوهشگران در بررسی یک رفتار تلاش می‌کنند به دو نوع پرسش پاسخ دهند. پرسش نوع اول اینکه

جانور چگونه رفتاری را انجام می‌دهد؟ برای پاسخ به این پرسش پژوهشگران فرایندهای ژنی، رشد و نمو

و عملکرد بدن جانور را بررسی می‌کنند. پرسش نوع دوم این است که چرا جانور رفتاری را انجام می‌دهد؟

پرسش دوم به دیدگاه انتخاب طبیعی مربوط است. مثال زیر را بخوانید.

پرنده کاکایی پس از آنکه جوجه‌هایش از تخم بیرون می‌آیند، پوسته‌های تخم را از لانه خارج می‌کند.

جوچه‌ها و تخم‌های کاکایی در میان علف‌های اطراف آشیانه به خوبی استثمار می‌شوند (شکل ۹). البته رنگ سفید داخل پوسته تخم‌های شکسته بسیار مشخص است.



شکل ۹- (الف) جوچه‌های کاکایی  
(ب) تخم‌های کاکایی



(الف)

چرا کاکایی پوسته‌های تخم را از لانه خارج می‌کند؟ برای یافتن پاسخ این پرسش، پژوهشگری

آزمایشی را طراحی کرد. او تخم‌های مرغ خانگی را شبیه تخم‌های کاکایی رنگ آمیزی کرد و آنها را در

محل آشیانه‌سازی کاکایی‌ها، قرار داد. پژوهشگر در کنار تعدادی از این تخم‌ها، پوسته تخم‌های شکسته ازماشی که منجر به کشف دلیل آن شد را توضیح دهد؟

کاکایی را نیز قرار داد. او مشاهده کرد کلاغ‌ها بیشتر تخم‌مرغ‌های را که کنار پوسته‌های تخم کاکایی

قرار داشتند، پیدا کرده و آنها را خوردند. رنگ سفید داخل پوسته تخم‌های شکسته، راهنمای کلاغ‌ها

بود. پژوهشگر نتیجه گرفت کاکایی‌ها رفتار دور اندختن پوسته تخم‌های شکسته از لانه را برابر کاکایی

احتمال شکار شدن و افزایش احتمال بقای جوچه‌ها انجام می‌دهند. کاکایی‌ها زمان بسیار کوتاهی را

برای بیرون بردن پوسته تخم‌ها صرف می‌کنند اما این رفتار در بقای زاده‌های آنها نقشی حیاتی دارد. این

رفتار کاکایی‌ها سازگارکننده است زیرا احتمال دسترسی شکارچی به زاده‌ها کاهش و احتمال بقای آنها را

افزایش می‌دهد و به سود پرنده و زاده‌های آن است. رفتارهای سازگارکننده با سازوکار انتخاب طبیعی،

برگریده می‌شوند.

در رفتارشناسی با دیدگاه انتخاب طبیعی، پژوهشگران برای پاسخ به پرسش چرا ی رفتارها و اثر

انتخاب طبیعی در شکل دادن به آنها پژوهش می‌کنند. آنها نقش سازگارکننده‌ی رفتارهای گوناگون و

به عبارتی نقش رفتارها را در بقا و زادآوری بیشتر جانوران بررسی می‌کنند. این کار با بررسی سود و هزینه

رفتار برای جانور، انجام می‌شود.

## فعالیت ۴

در پژوهش درباره رفتار بیرون اندختن پوسته تخم در کاکایی‌ها:

الف) پژوهشگر چه فرضیه‌ای را دنبال می‌کرد؟

ب) چرا پژوهشگر فقط در کنار تعدادی از تخم مرغ‌های رنگ‌آمیزی شده، پوسته تخم کاکایی قرار داد؟

### بیشتر بدانید

#### تاریخ علم

بررسی رفتار بیرون اندختن پوسته‌های تخم در کاکایی از پژوهش‌های نیکولاس تین برگن (۱۹۰۷-۱۹۸۸) است.



### زادآوری (تولید مثل)

#### جاخالی (خرداد ۱۴۰۱)

داشتن بیشترین تعداد زاده‌های **نم**، معیاری برای موفقیت زادآوری در جانوران است. جانوران برای دستیابی به موفقیت در زادآوری (تولید مثل)، رفتارهای زادآوری انجام می‌دهند. انتخاب جفت یکی از این رفتارهای **در رفتار انتخاب جفت**، جانور ابتدا ویژگی‌های جفت را بررسی می‌کند و بعد تصمیم می‌گیرد با آن جفت گیری کند یا نه. برای مثال انتخاب جفت را در طاووس بررسی می‌کنیم. ویژگی‌های ظاهری طاووس‌های نر و ماده متفاوت است. در فصل زادآوری دم طاووس نر، پرهای پرنفس و نگاری پیدا می‌کند. طاووس نر برای جلب جفت، دم خود را مانند بادبزن می‌گستراند تا بهتر در معرض دید جانور ماده قرار گیرد. **طاووس ماده دم طاووس‌های نر را بررسی می‌کند و نری را به عنوان جفت انتخاب می‌کند** که رنگ درخشان و لکه‌های چشم مانند بیشتری روی پرهای دم خود داشته باشد (شکل ۱۰) (شنبه‌یور ۹۹ در طاووس‌ها، نرها جفت را انتخاب می‌کنند (ص/غ)؟ (دی/غ)؟ (شنبه‌یور ۹۹)



در گونه‌های مختلف، انتخاب جفت را فقط

جانوران ماده انجام می‌دهند (ص/غ)؟ (دی/غ)؟ (دی ۱۴۰۱)

شکل ۱۰ - لکه‌های چشم مانند دم  
طاووس نر

در جانوران، ماده‌ها بیشتر از نرها رفتار انتخاب جفت را انجام می‌دهند. چرا چنین است؟ در جانوران هر یک از والدین باید انرژی و مدت زمانی را برای زادآوری و پرورش زاده‌ها صرف کنند. **جانوران ماده معمولاً زمان و انرژی بیشتری صرف می‌کنند.** برای مثال نگهداری از تخمهای جوجه‌ها در پرندگان و بارداری و شیردادن به نوزادان در پستانداران فعالیت‌های پرهزینه‌ای هستند که جانوران ماده آنها را انجام می‌دهند. بنابراین، تولید مثل برای آنها هزینه بیشتری دارد. پس جانوران ماده باید جفت انتخاب کنند تا موفقیت تولیدمثلی آنها تضمین شود.

شاید برای شما این پرسش مطرح شده باشد که پرهای زینتی دم طاووس نر با موفقیت زادآوری جانور ماده چه ارتباطی دارد؟ پژوهش‌ها نشان داده‌اند، جانوران ماده در انتخاب جفت به ویژگی‌های ظاهری نرها توجه می‌کنند. **درخشان بودن رنگ پرنده یکی از این ویژگی‌هایی است که نشانه سلامت و**

**درخشان بودن رنگ پرنهای طاووس نر نشانه چیست؟ (شنبه‌یور ۹۸)**

چرا در جانوران، ماده‌ها بیشتر از نرها

انتخاب جفت انجام می‌دهند؟ (دی ۱۴۰۰)

کیفیت رژیم غذایی آن است. جفت‌گیری با نری که این نشانه را دارد، سلامت جانور ماده و زاده‌هایش را تضمین می‌کند. ویژگی‌های ظاهری جانور نر نشانه‌ای از داشتن ژن‌های مربوط به صفات سازگارکننده نیز هستند؛ یعنی گرچه دم بلند و زینتی طاووس نر ممکن است حرکت جانور را دشوار و آن را در مقابل شکارچی‌ها آسیب‌پذیرتر کند و احتمال بقای آن را کاهش دهد، اما بقای جانوری با این ویژگی هنگام تولید مثل، سازگارتر بودن آن را نشان می‌دهد. در نتیجه در صورت انتخاب آن، زاده‌ها علاوه بر ویژگی ظاهری، ژن‌های صفات سازگارتر را نیز به ارث می‌برند. ویژگی‌های ظاهری مانند دم زینتی طاووس نر یا شاخ گوزن نر از صفات ثانویه جنسی جانوران نر هستند که هنگام جفت‌یابی و رقابت با نرها دیگر به کار می‌روند.

چرا در نوعی جیرجیرک، جانور نر ← البته در گونه‌های مختلف جانوران، انتخاب جفت را فقط جانوران ماده انجام نمی‌دهند. در نوعی **جیرجیرک**، جانور نر هزینه بیشتری در تولید مثل می‌پردازد و بنابراین **جفت را انتخاب می‌کند**. (خرداد ۹۸)

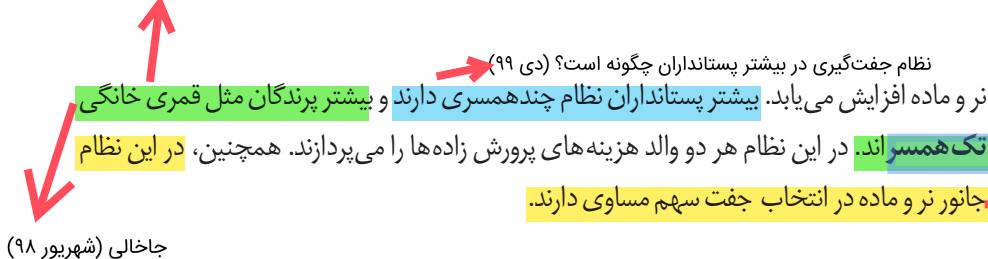
**جفت را انتخاب می‌کند؟** (خرداد ۹۸) → نر زاده‌های خود را درون کیسه‌ای به همراه مقداری مواد مغذی به جانور ماده منتقل می‌کند. جانور ماده هنگام تشکیل تخم و برای رشد و نمو جنین به مواد مغذی درون کیسه نیاز دارد (شکل ۱۱). این کیسه بهخش قابل توجهی از وزن بدن جانور نر را تشکیل می‌دهد. **جانور نر، جیرجیرک ماده‌ای را انتخاب می‌کند** که بزرگ‌تر باشد، زیرا بزرگ‌تر بودن جیرجیرک ماده نشانه آن است که تخمک‌های بیشتری دارد و می‌تواند **زاده‌های بیشتری تولید کند**. در این جانوران جیرجیرک‌های ماده برای انتخاب شدن رقابت می‌کنند.



شکل ۱۱- جیرجیرک ماده‌ای که کیسه دارای اسperm و مواد مغذی (بخش سفیدرنگ) را دریافت کرده است.

رفتار تولید مثلی دیگر در جانوران، نوع نظام **جفت‌گیری آنهاست**. طاووس نر نظام جفت‌گیری چند همسری دارد. در این نظام یکی از والدین پرورش و نگهداری زاده‌ها را انجام می‌دهد. طاووس نر در نگهداری زاده‌ها نقشی ندارد، البته می‌تواند با نگهداری از قلمرو، منابع غذایی، محل لانه و پناهگاه ایمن از شکارچی‌ها، به طور غیر مستقیم به ماده‌ها کمک کند. در نتیجه، موفقیت تولید مثلی هر دو جانور

شکل از نظام جفت‌گیری اشاره دارد؟ (خرداد ۱۴۰۱)



## غذایابی

**جاخالی تألفی** رفتار غذایابی مجموعه رفتارهای جانور برای جست‌وجو و به دست آوردن غذاست. غذاهایی که

جانوران می‌خورند معمولاً اندازه‌های متفاوتی دارند. غذاهای بزرگ‌تر انرژی بیشتری دارند اما ممکن

است فراوانی آنها کمتر و به دست آوردن آنها دشوارتر باشد. بنابراین، برای جانوران میزان سود یعنی میزان

انرژی موجود در غذا و هزینه به دست آوردن غذا و مصرف آن اهمیت دارد. موازنی بین محتوای انرژی غذا

جاخالی تألفی

و هزینه به دست آوردن آن، **غذایابی بهینه** نام دارد. براساس انتخاب طبیعی، رفتار غذایابی ای برگزیده

می‌شود که از نظر میزان انرژی دریافتی کارآمدتر باشد یعنی اینکه جانور در هر بار غذایابی، بیشترین انرژی

خالص را دریافت کند. برای مثال خرچنگ‌های ساحلی صدف‌های با اندازه متوسط را ترجیح می‌دهند زیرا

آنها بیشترین انرژی خالص را تأمین می‌کنند. صدف‌های بزرگ‌تر انرژی بیشتری دارند اما برای شکستن

آنها باید انرژی بیشتری صرف شود.

هنگام غذایابی ممکن است جانور خود را خطر شکار شدن یا آسیب دیدن قرار گیرد. بنابراین رفتار

برگزیده باید موازن‌هایی بین کسب بیشترین انرژی و کمترین خطر را نیز نشان دهد. به همین علت است که

هنگام وجود شکارچی یا رقیب، جانوران رفتارهای غذایابی خود را تغییر می‌دهند و در حالتی آماده و گوشش

به زنگ به غذایابی مشغول می‌شوند.

**گاهی** جانوران غذایابی را مصرف می‌کنند که محتوای انرژی چندانی ندارد اما مواد موردنیاز آنها را

تأمین می‌کند. برای مثال طوطی‌هایی که در شکل ۱۲ می‌بینید خاک رس می‌خورند تا مواد سمی حاصل

چرا خرچنگ‌های ساحلی صدف‌های با  
اندازه متوسط را ترجیح می‌دهند؟ (دی ۱۴۰۰)

بعضی طوطی‌ها برای خنثی‌شدن مواد سمی

حاصل از غذاهای گیاهی، چه چیزی مصرف می‌کنند؟ (خرداد ۹۹)

از غذاهای گیاهی را در لوله گوارش آنها خنثی کند.



شکل ۱۲- تغذیه طوطی‌ها از خاک رس

۱- Foraging

۲- Optimal Foraging

تألیفی: قلمروخواهی چیست و به چه شکل‌هایی قابل انجام است (۲ مورد)؟



عکس از حسین خادمی

**قلمروخواهی:** قلمرو یک جانور، بخشی از محدوده جغرافیایی است که جانور در آن زندگی می‌کند. جانوران در برابر افراد هم‌گونه یا افراد گونه‌های دیگر از قلمرو خود دفاع می‌کنند. این رفتار **قلمروخواهی<sup>۱</sup>** نام دارد. جانور با رفتارهایی مانند اجرای نمایش و یا تهاجم به جانوران دیگر اعلام می‌کند که قلمرو متعلق به آن است. مثلاً یک پرنده با آواز خواندن سعی می‌کند از ورود پرنده مزاحم به قلمرو خود جلوگیری کند. اگر آواز مؤثر نباشد، ممکن است پرنده صاحب قلمرو برای بیرون راندن مزاحم به آن حمله کند (شکل ۱۳).

این فعالیت‌ها نیازمند صرف زمان و مصرف انرژی است. تهاجم ممکن است به آسیب دیدن پرنده صاحب قلمرو هم بینجامد. آواز خواندن

ممکن است موقعیت پرنده را برای شکارچی آشکار کند. چرا پرنده هزینه‌های دفاع از قلمرو را می‌پذیرد؟

**قلمروخواهی** برای جانوران فایده‌هایی دارد: استفاده اختصاصی از منابع قلمرو می‌تواند غذا و انرژی دریافتی جانور را افزایش دهد. امکان جفت‌یابی جانور و دسترسی به پناهگاه برای در امان ماندن از

شکارچی نیز افزایش می‌یابد.

شکل ۱۳- قلمروخواهی در قو، سرخورد

مازندران

دو مورد از فایده‌های قلمروخواهی

در جانوران را بنویسید؟ (خرداد ۱۴۰۱)

دریافتی جانور را افزایش دهد. امکان جفت‌یابی جانور و دسترسی به پناهگاه برای در امان ماندن از

جاخالی (دی ۹۸)

**مهاجرت:** هر ساله با آغاز فصل پاییز پرنده‌گان مهاجر از سیبری و اروپا به تالاب‌ها و آبگیرهای شمال



عکس از حسین خادمی

ایران مهاجرت می‌کنند. این پرنده‌ها پس از زمستان گذرانی، در اوایل بهار به سرزمین خود باز می‌گردند.

جایه‌جایی طولانی و رفت و برگشتی جانوران **مهاجرت** نام دارد. تغییر فصل و نامساعد شدن شرایط محیط و کاهش منابع موردنیاز، جانوران را اوایل بهار به سوی زیستگاه‌های مناسب‌تر برای تغذیه، بقا و زادآوری مهاجرت کنند. مهاجرت رفتاری غریزی است که یادگیری نیز در آن نقش دارد. بررسی مهاجرت سارها نشان داده است سارهایی که تجربه مهاجرت دارند بهتر از آنها بی‌که برای نخستین بار مهاجرت می‌کنند، مسیر مهاجرت را تشخیص می‌دهند.

در مسیر مهاجرت بسیاری از جانوران از جاهایی عبور می‌کنند که قبلاً در آنجاها بوده‌اند. پس آنها چگونه در این محیط‌های ناآشنا،

شکل ۱۴- پرنده‌گان مهاجر به پناهگاه

جانوران مهاجر برای جهت‌یابی از نشانه‌های محیطی استفاده می‌کنند. مثلاً **جهت‌یابی** راه خود را پیدا می‌کنند؟ جانوران برای جهت‌یابی از نشانه‌های محیطی استفاده می‌کنند. مثلاً **جهت‌یابی** هنگام روز با استفاده از موقعیت خورشید و در شب با استفاده از موقعیت ستاره‌های در آسمان انجام می‌شود.

وقتی هوا ابری است جانوران چگونه مسیر حرکت را تشخیص می‌دهند؟ آیا میدان مغناطیسی زمین در جهت‌یابی جانوران نقش دارد؟ برای پاسخ به این پرسش، پژوهشگران در یک روز ابری آهنربای کوچکی را روی سر کبوتر خانگی قرار دادند. با وجود این آهنربای، پرنده نتوانست مسیر درست را بیابد و به لانه باز گردد. پژوهشگران نتیجه گرفتند **کبوتر خانگی** می‌تواند موقعیت خود را نسبت به میدان **مغناطیسی زمین** احساس و با استفاده از آن **جهت‌یابی کند**. پژوهشگران در سر بعضی از پرنده‌ها درات

تألیفی: کبوتر خانگی در روزهای ابری چگونه مسیر حرکت خود را می‌یابد؟

**بیشتر بدانید**

لاکپشت‌های دریایی منقار عقابی (*Eretmochelys imbricata*) شدت در خطر انقراض قرار دارند. این جانوران در طول فصل زادآوری یعنی از اسفند تا تیرماه برای تخم‌گذاری به آبهای منطقه خلیج فارس و دریای عمان مهاجرت می‌کنند. پناهگاه حیات وحش و تالاب بین‌المللی شیدور و جزیره هندورابی در استان هرمزگان و جزایر ام‌الکرم و نخلیلو در استان بوشهر مهم‌ترین مناطق لانه‌سازی این جانور است. پروژه دریایی ماهواره‌ای مهاجرت لاکپشت‌های دریایی در منطقه خلیج فارس و دریای عمان به پیشنهاد و حمایت مالی دفتر مالی حفاظت صندوق جهانی حیات وحش و بنیاد تحقیقات دریایی آزانس حفاظت محیط‌زیست ابوظبی و با مشارکت کشورهای ایران، قطر، امارات و عمان در فروردین سال ۱۳۸۹ با نصب پنج ردياب روی لاکپشت‌های منقار عقابی در جزیره شیدور در ایران انجام شد.



لاکپشت منقار عقابی با ردیاب رادیویی

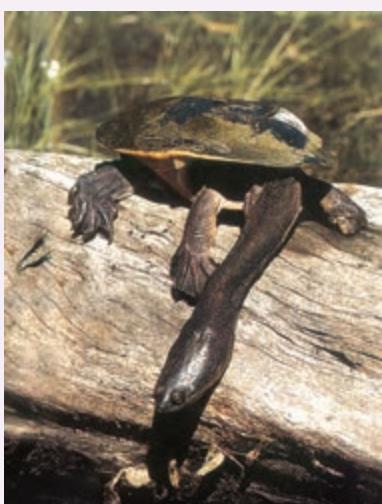
علائم دریافتی از ردیاب ماهواره‌ای ضمن کمک در شناسایی مسیرهای مهاجرت و مکان‌های تغذیه این جانوران، اطلاعات بسیار مهمی درباره رفتارهای تولید مثلی و مهاجرتی آنها فراهم می‌سازد.



نمای کلی از مسیر حرکت لاکپشت‌های ایران و نقاط تجمع و تغذیه لاکپشت‌های ردیابی شده

**فعالیت ۵**

لاکپشتی که در شکل روبرو می‌بینید، حتی وقتی در آزمایشگاه قرار دارد و غذا و آب کافی دریافت می‌کند، رکود تابستانی را نشان می‌دهد. چرا رکود تابستانی را رفتاری ژنی می‌دانند؟



## گفتار ۳ ارتباط و زندگی گروهی

برخی از جانوران زندگی گروهی دارند. برای زندگی در گروه، جانوران باید بتوانند با هم ارتباط برقرار کنند.

### ارتباط بین جانوران

جیرجیرک نر با صدای خود چه اطلاعاتی

را به جیرجیرک ماده می‌رساند؟ (دی ۱۴۰۰)

می‌دانید بعضی جانوران مانند زنبورها با استفاده از فرمون با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. جوجه کاکایی با لمس منقار والد با او ایجاد ارتباط و غذا درخواست می‌کند. جانوران از راههای گوناگون مانند تولید صدا، علامت‌های دیداری، بو و لمس کردن با یکدیگر ارتباط برقرار ساخته و اطلاعات مبادله می‌کنند. در نتیجه این ارتباط، رفتار آنها تغییر می‌کند. صدای جیرجیرک نر، اطلاعاتی مانند گونه و جنسیت را به اطلاع جیرجیرک ماده می‌رساند. برقراری ارتباط برای یافتن غذارا در زنبورهای عسل

بررسی می‌کنیم.

**ارتباط در زنبورهای عسل:** زنبورهای کارگر شهد و گرده گل‌هارا جمع آوری کرده و به کندو می‌آورند.

وقتی زنبور کارگر منبع غذایی جدیدی پیدا می‌کند و به کندو باز می‌گردد، خیلی طول نمی‌کشد که تعداد زیادی زنبور کارگر در محل آن منبع غذایی دیده می‌شوند. چرا چنین است؟

زنبور یابنده پس از بازگشت، اطلاعات خود درباره منبع غذایی را به زنبورهای دیگر ارائه می‌کند.

این زنبور با انجام حرکات ویژه‌ای اطلاعات خود را به زنبورهای دیگر نشان می‌دهد. زنبورهای کارگر با مشاهده این حرکات، فاصله تقریبی کندو تا محل منبع غذاؤ جهتی را که باید پرواز کنند، درمی‌یابند. برای

مثال هرچه این حرکات طولانی تر باشد، منبع غذایی دورتر است. افزون بر آن هنگام انجام حرکات، زنبور یابنده صدای وزوز متفاوتی نیز دارد. زنبورهای کارگر با استفاده از اطلاعات کلی که از زنبور یابنده درباره منبع غذایی دریافت کرده‌اند، به سمت آن پرواز و به کمک بوبایی خود، محل دقیق غذارا پیدا می‌کنند. این

روش برقراری ارتباط چه مزیتی برای زنبورها دارد؟ وقتی زنبورهای کارگر قبل از جستجو درباره محل منبع غذا اطلاعات داشته باشند، با صرف انرژی کمتر و در زمان کوتاه‌تری محل دقیق آن را پیدا می‌کنند.

### بیشتر بدانید

کشف روش ارتباط در زنبورهای عسل از پژوهش‌های کارل فون فریش (۱۸۸۶–۱۹۸۲) است.



### بیشتر بدانید

زنبور یابنده با انجام حرکات در زاویه‌ای مشخص با خط عمود، زاویه بین منبع غذا، کندو و خورشید را نشان می‌دهد. مثلاً همان طور که در شکل زیر می‌بینید، منبع غذا در سمت راست خورشید با زاویه‌ای ۳۰ درجه قرار دارد.



## زندگی گروهی

برخی جانوران مانند مورچه و گرگ به شکل گروهی زندگی می کنند و با هم همکاری دارند. زندگی

گروهی برای این جانوران چه فایده ای دارد؟ جانوران از زندگی گروهی سود می بردند. برای مثال احتمال

شکار شدن جانور در گروه کمتر است زیرا نگهبان های گروه، محیط اطراف را زیر نظر می گیرند. دسترسی

به منابع غذایی نیز ممکن است افزایش یابد زیرا همان طور که در زنبورهای عسل دیدید، جانور می تواند

در باره محل منبع غذا از جانوران دیگر گروه اطلاعات کسب کند. شکار گروهی نیز موفقیت بیشتری دارد

زیرا افراد یک گروه می توانند شکار بزرگ تری را به دام بیندازند.

تألیفی: چند نمونه از فایده های زندگی گروهی را بنویسید؟

اجتماع مورچه ها از گروههایی تشکیل شده است که در اندازه، شکل و کارهایی که انجام می دهند

تفاوت دارند. مثلاً در اجتماع مورچه های برگ بُر، کارگرها اندازه های متفاوتی دارند. تعدادی از آنها برگ ها

را برش می دهند و به لانه حمل می کنند و گروهی دیگر کار دفاع را انجام می دهند (شکل ۱۵). این

مورچه ها قطعه های برگ را به عنوان کود برای پرورش نوعی قارچ که از آن تغذیه می کنند، به کار می بردند.

تألیفی: جرا در اجتماع مورچه های برگ بُر، کارگرها اندازه های متفاوتی دارند؟

وظیفه هر یک از آنها چیست؟

جاخالی تألفی



در اجتماع مورچه های برگ بُر، وظیفه

مورچه های کوچک چیست؟ (خرداد ۹۹)

شکل ۱۵- مورچه بزرگ نه کارگری است

که برگ را به لانه حمل و مورچه های

کوچک تر از آن دفاع می کنند.

## رفتار دگرخواهی

در بین جانورانی که زندگی گروهی دارند، افراد نگهبانی هستند که با تولید صدا حضور شکارچی را

به دیگران هشدار می دهند تا به موقع فرار کنند. البته آنها با این کار توجه شکارچی را به خود جلب کرده‌اند.

احتمال باقی خود را کاهش می دهند (شکل ۱۶). زنبورهای عسل کارگر، نازا هستند و نگهداری و پرورش

زاده های ملکه را انجام می دهند. جانوران نگهبان و زنبورهای عسل کارگر رفتار دگرخواهی<sup>۱</sup> دارند.

دگرخواهی رفتاری است که در آن یک جانور با قاومو قبیت تولید مثالی جانور دیگر را با هزینه کاسته شدن

وظیفه افراد نگهبان در گروه جانوران چیست؟ (دی ۹۹)

سؤال جاخالی (شهریور ۹۸) →

۱- Altruism

نگهداری و پرورش زاده های ملکه که توسط زنبورهای عسل کارگر انجام می شود:

دکتر پوریا خیراندیش - دکتر فرزام فرهمندیا - دکتر رفیع شایان تاک<sup>(۹۹)</sup> - دکتر ایمان روستا

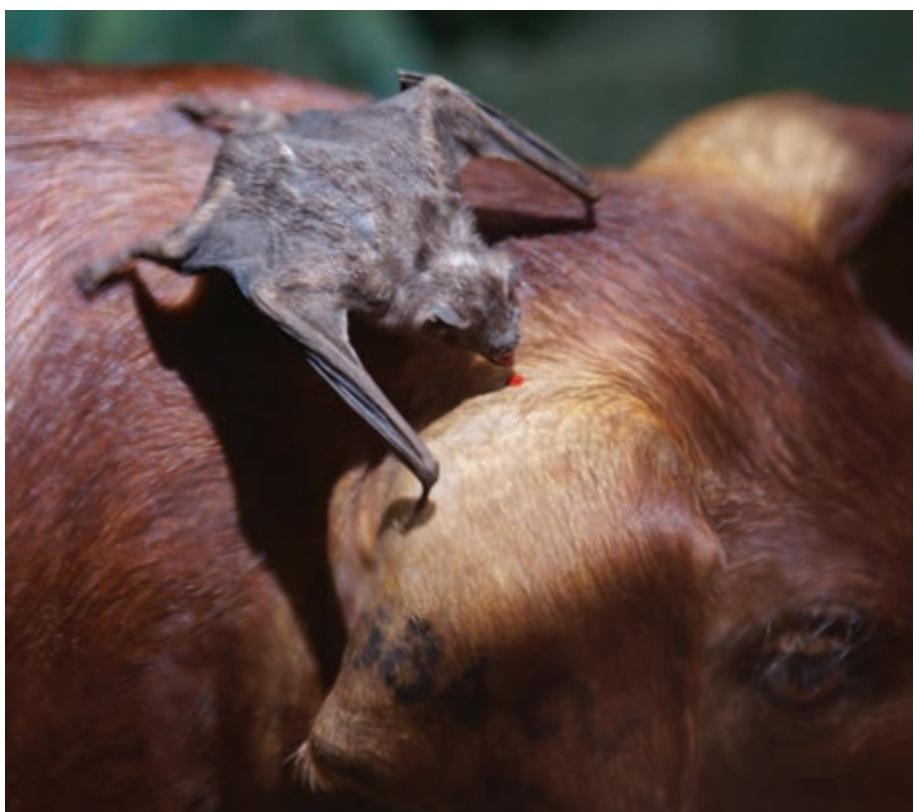
از احتمال بقا و تولید مثل خود، افزایش می‌دهد.  
 چرا جانوران رفتار دگرخواهی انجام می‌دهند؟  
 افراد نگهبان در گروه جانوران و یا زنبورهای عسل، رفتار دگرخواهی را نسبت به خوبشاوندان خود انجام می‌دهند. آنها با خوبشاوندانشان، ژن‌های مشترکی دارند. بنابراین اگرچه این جانوران خود زاده‌ای نخواهند داشت، ولی خوبشاوندان آنها می‌توانند زادآوری کرده و ژن‌های مشترک را به نسل بعد منتقل کنند. به همین علت است که براساس انتخاب طبیعی، رفتار دگرخواهی برگزیده شده است.

در نمونه‌ای دیگر از دگرخواهی جانوران با یکدیگر گروه همکاری تشکیل می‌دهند. برای



شکل ۱۶- این دم‌عصایی (meerkat) در حال نگهبانی است. او در هنگام احساس وجود شکارچی دیگران را با فریاد آگاه می‌کند.

اشترایگزاری خون (غذا) توسط خفاش‌های خون‌آشام، پستانداران بزرگ مثل دام‌های است (شکل ۱۷). این خفاش‌ها خون را که خورده‌اند با یکدیگر به اشتراک می‌گذارند. خفاشی که غذا خورده است کمی از خون خورده شده را برمی‌گرداند تا خفاش گرسنه آن را بخورد. در غیر این صورت خفاش گرسنه خواهد مرد. خفاشی که غذا دریافت کرده، کار خفاش دگرخواه را در آینده جبران می‌کند. اگر جبران انجام نشود، این خفاش از اشتراک غذا کنار گذاشته می‌شود.



شکل ۱۷- خفاش خون‌آشام از خون پستانداران تغذیه می‌کند.

تألیفی: رفتار دگرخواهی ممکن نیست که به سود خود فرد باشد (ص/غ)؟

خفاش‌هایی که دگرخواهی انجام می‌دهند، لزوماً خویشاوند نیستند. در واقع، رفتار دگرخواهی که در اثر انتخاب طبیعی برگزیده شده، به بقای آنها منجر می‌شود.

گاهی دگرخواهی، رفتاری به نفع خود فرد است. در میان پرنده‌گان، افراد یاریگری هستند که در پرورش

زاده‌ها به والدین آنها یاری می‌رسانند. مشخص شده است وجود این یاریگرها احتمال بقای زاده‌ها را

افزایش می‌دهد. یاریگرها اغلب پرنده‌های جوانی اند که با کمک به والدین صاحب لانه، تجربه کسب

می‌کنند و هنگام زادآوری می‌توانند از این تجربه‌ها برای پرورش زاده‌های خود استفاده کنند یا با مرگ

احتمالی جفت‌های زادآور، قلمرو آنها را تصاحب و خود زادآوری کنند.

تألیفی: پرنده‌های یاریگر، چه سودی از دگرخواهی می‌برند؟

## فعالیت ۶

نمودار زیر مزیت زندگی گروهی را نشان می‌دهد، آن را تفسیر کنید.

