

## فصل اول – مولکول های اطلاعاتی – گفتار ۱ – نوکلئیک اسیدها

**نکته:** دستورالعمل های هسته در حین تقسیم از یاخته ای به یاخته دیگر و در حین تولیدمثل از نسلی به نسل دیگر منتقل می شود.

✓ ماده دنا (DNA) ذخیره کننده اطلاعات وراثتی است.

✓ کروموزوم ها (فام تن ها) در هسته قرار دارند:

○ در ساختار کروموزوم ها ، DNA (دنا) و پروتئین مشارکت می کند.

### آزمایش فردریک گریفیت

**نکته:** اطلاعات اولیه در مورد ماده وراثتی از فعالیت ها و آزمایش های باکتری شنا سی انگلیسی به نام گریفیت به دست آمد.

✓ او سعی داشت واکسنی برای آنفلوآنزا تولید کند.

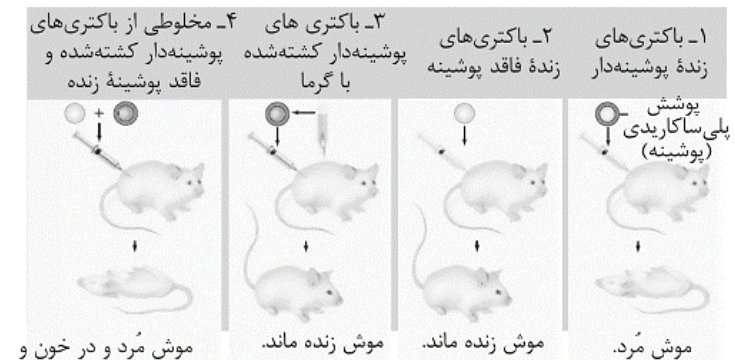
✓ در آن زمان تصور می شد عامل این بیماری، نوعی باکتری به نام استرپتوکوکوس نومونیا است.

✓ گریفیت با دو نوع از این باکتری، آزمایش هایی را روی موش ها انجام داد.

۱. نوع بیماری زای آن که کپسول دار (پوشینه دار) است در موش ها سبب سینه پهلو می شود.

۲. نوع غیر بیماری زا بدون کپسول (بدون پوشینه) که موش ها را بیمار نمی کند.

**نکته:** مشاهدات گریفیت:



۱- باکتری های زنده پوشینه دار  
پوشش پلی ساکاربیدی (پوشینه)  
۲- باکتری های زنده فاقد پوشینه  
۳- باکتری های پوشینه دار کشته شده با گرما  
۴- مخلوطی از باکتری های پوشینه دار کشته شده و فاقد پوشینه زنده  
موش مُرد. موش زنده ماند. موش زنده ماند. موش مُرد و شش های آن باکتری های پوشینه دار زنده مشاهده شد.

۱. باکتری کپسول دار بیماریزا بوده و می کشد

۲. باکتری بدون کپسول بیماریزا نیست و نمی کشد.

۳. باکتری های پوشینه دار کشته شده با گرما موش را نمی کشد پس وجود پوشینه به تنهایی عامل مرگ موش ها نیست.

۴. مخلوطی «باکتری های پوشینه دار کشته شده با گرما» و «باکتری های زنده بدون پوشینه» موش را می کشد چرا که پس از برر سی خون و شش های موش های مرده، تعداد زیادی از باکتری های پوشینه دار زنده مشاهده کرد.

نتیجه: تعدادی از باکتری های بدون پوشینه به نحوی تغییر کرده و پوشینه دار شده اند به این علت که ماده ی وراثتی توانایی انتقال از سلولی به سلول دیگر را دارد.

### آزمایش ایوری و همکارانش

**نکته:** تا این که نتایج کارهای دانشمندی به نام ایوری و همکارانش مشخص کرد عامل اصلی انتقال صفات وراثتی، مولکول DNA است.

**آزمایش اول:** در عصاره استخراج شده از باکتری های کشته شده پوشینه دار، تمامی پروتئین ها را تخریب کردند و باقی مانده محلول را به محیط کشت «باکتری های فاقد پوشینه» اضافه کردند.

✓ انتقال صفت انجام شد؛ پس پروتئین ها ماده وراثتی نیستند.

**آزمایش دوم:** عصاره استخراج شده از باکتری های کشته شده پوشینه دار را در یک سانتریفیوژ (گریزانه) با سرعت بالا قرار دادند و مواد آن را به صورت لایه لایه جدا کردند سپس هریک از لایه ها

را به صورت جداگانه به محیط کشت باکتری فاقد پوشینه اضافه کردند:

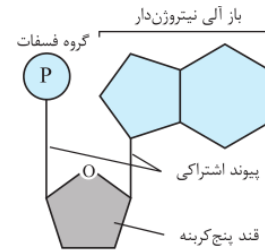
✓ انتقال صفت فقط با لایه ای که در آن DNA وجود دارد انجام می شود پس DNA ماده وراثتی است.

**آزمایش سوم:** عصاره باکتری های پوشینه دار را استخراج و آن را به ۴ قسمت تقسیم کردند. به هر قسمت، آنزیم تخریب کننده یک گروه از مواد آلی را اضافه کردند. سپس هرکدام را به محیط کشت حاوی باکتری بدون پوشینه انتقال دادند.

✓ در همه ظروف انتقال صورت گرفت به جز ظرفی که حاوی آنزیم تخریب کننده دنا (DNA) است پس DNA ماده وراثتی است.

### ساختار نوکلئیک اسید

**نکته:** نوکلئیک اسیدها که شامل دئوکسی ریبونوکلئیک اسید (دنا) = DNA و ریبونوکلئیک اسید (رنا = RNA) هستند و بسپارهایی از واحدهای تکرار شونده به نام نوکلئوتید هستند. هر نوکلئوتید شامل سه بخش است:



۱. یک قند پنج کربنه: ریبوز در RNA و داکسی ریبوز در DNA

۲. یک باز نیتروژن دار: پورین دو حلقه (A و G) و پیریمیدین تک حلقه (C و T و U رنا)

۳. یک ، دو یا سه گروه فسفات

✓ دئوکسی ریبوز یک اکسیژن کم تر از

ریبوز دارد.

✓ در DNA باز یوراسیل شرکت ندارد و به

جای آن تیمین وجود دارد.

✓ در RNA به جای تیمین، باز یوراسیل وجود دارد.

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

✓ مولکول های DNA از دو رشته پلی نوکلئوتید و مولکول های RNA از یک رشته پلی نوکلئوتید تشکیل می شوند.

**نکته:** برای تشکیل یک نوکلئوتید، باز آلی نیتروژن دار و گروه یا گروه های فسفات با پیوند کووالانسی (اشتراکی) به دو سمت قند متصل می شوند.

**نکته:** نوکلئوتیدها با نوعی پیوند کووالانسی به نام فسفودی استر به هم متصل می شوند و رشته پلی نوکلئوتیدی را می سازند.

✓ در پیوند فسفودی استر، فسفات یک نوکلئوتید به گروه هیدروکسیل (OH) از قند مربوط به نوکلئوتید دیگر متصل می شود.

**نکته:** دو انتهای رشته های پلی نوکلئوتید نیز می توانند با پیوند فسفودی استر به هم متصل شوند و نوکلئیک اسید حلقوی را ایجاد کنند مثلاً DNA در باکتری ها به صورت حلقوی است.

**نکته:** 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.

**نکته:** نوکلئوتیدها نقش های اساسی دیگری نیز در یاخته برعهده دارند. برای مثال نوکلئوتید آدنین دار ATP (آدنوزین تری فسفات) به عنوان منبع رایج انرژی در یاخته است و یاخته در فعالیت های مختلف از ATP استفاده می کند.

✓ همچنین نوکلئوتیدها در ساختار مولکول هایی هستند که در فرآیندهای فتوسنتزی و تنفس یاخته ای نقش ناقل الکترون را برعهده دارند.

### تلاش برای کشف ساختار مولکولی DNA

۱. مشاهدات و تحقیقات چارگاف روی DNA های طبیعی موجودات نشان داد که مقدار A=T و G=C

۲. استفاده از پرتو ایکس و تهیه تصویر از DNA توسط ویلکینز و فرانکلین نتایجی به همراه داشت:

✓ DNA مارپیچی است و بیش از یک رشته دارد.

✓ ابعاد مولکول ها را نیز تشخیص دادند.

۳. ارائه مدل مولکولی DNA توسط واتسون و کریک با استفاده از نتایج آزمایش های چارگاف و ویلکینز و فرانکلین و با استفاده از یافته های خود به این نکات کلیدی دست یافتند که DNA بصورت یک نردبان دور شته ای مارپیچ است که به دور محوری فرضی پیچیده شده است.

✓ ستون ها: قند و فسفات و پله ها را بازهای آلی تشکیل می دهند.

✓ بین قند یک نوکلئوتید و فسفات نوکلئوتید دیگر پیوند فسفودی استر قرار دارد.

✓ بین بازهای روبه روی هم پیوند هیدروژنی برقرار است.

**نکته:** پیوندهای هیدروژنی بین بازها، دو رشته DNA را در مقابل هم نگه می دارد:

✓ این پیوندها بین جفت بازهای مکمل و به صورت اختصاصی تشکیل می شوند: A=T و C≡G.

○ مکمل بودن بازهای آلی نتایج آزمایش های چارگاف را نیز تأیید می کند.

○ قرارگیری جفت بازها به این صورت باعث می شود قطر مولکول در سراسر آن یکسان باشد.

○ چون در هر صورت یک باز تک حلقه ای در مقابل یک باز دو حلقه ای قرار می گیرد.

▪ ثابت ماندن قطر DNA باعث پایداری اطلاعات آن شده و در فشرده شدن بهتر کروموزوم ها (فام تن ها) مؤثر است.

▪ شناسایی ترتیب نوکلئوتیدهای هرکدام می تواند ترتیب نوکلئوتیدهای رشته دیگر را هم مشخص کند.

### رنا و انواع آن

**نکته:** مولکول RNA (رنا) تک رشته ای است و از روی بخشی از یکی از رشته های DNA (دنا) ساخته می شود و انواع نقش های متعددی دارند:

۱) رنای پیک (mRNA): اطلاعات را از دنا به ریبوزوم ها (رناتن ها) می رساند و ریبوزوم ها با استفاده از اطلاعات آن، پروتئین سازی می کند.

۲) رنای ناقل (tRNA): آمینو اسیدها را برای استفاده در پروتئین سازی به سمت ریبوزوم ها می برد.

۳) رنای رناتنی (rRNA): در ساختار ریبوزوم ها علاوه بر پروتئین، rRNA نیز شرکت دارد.

✓ نقش های آنزیمی و دخالت در تنظیم بیان ژن نیز مطرح می شود.

### ژن چیست؟

**نکته:** اطلاعات وراثتی در DNA بصورت واحدهایی به نام ژن سازماندهی شده اند و از نسلی به نسل دیگر منتقل می شوند.

✓ ژن بخشی از مولکول DNA است که می تواند بیان آن به تولید RNA یا پلی پپتید بینجامد.

## گفتار ۲ – همانندسازی DNA

**نکته:** هنگام تقسیم یاخته، اطلاعات یاخته ای موجود در DNA، بدون کم و کاست به دلیل همانندسازی، به دو یاخته حاصل از تقسیم می رسند.

✓ به ساخته شدن مولکول DNA جدید از روی DNA قدیمی همانند سازی گویند که برای آن طرح های مختلفی پیشنهاد شد.

**۱- همانندسازی حفاظتی:** هر دو رشته DNA قبلی (اولیه) به صورت دست نخورده باقی مانده و وارد یکی از یاخته‌های حاصل از تقسیم می‌شوند و دو رشته DNA جدید هم وارد یاخته دیگر می‌شوند. بنابراین DNA اولیه به صورت دست نخورده در یکی از یاخته‌ها حفظ شده است.

**۲- همانندسازی نیمه حفاظتی:** هر یاخته دارای یکی از دو رشته DNA مربوط به DNA اولیه است و رشته دیگر با نوکلئوتیدهای جدید ساخته شده است. بنابراین در هر یاخته حاصل، فقط یکی از دو رشته DNA قبلی وجود دارد.

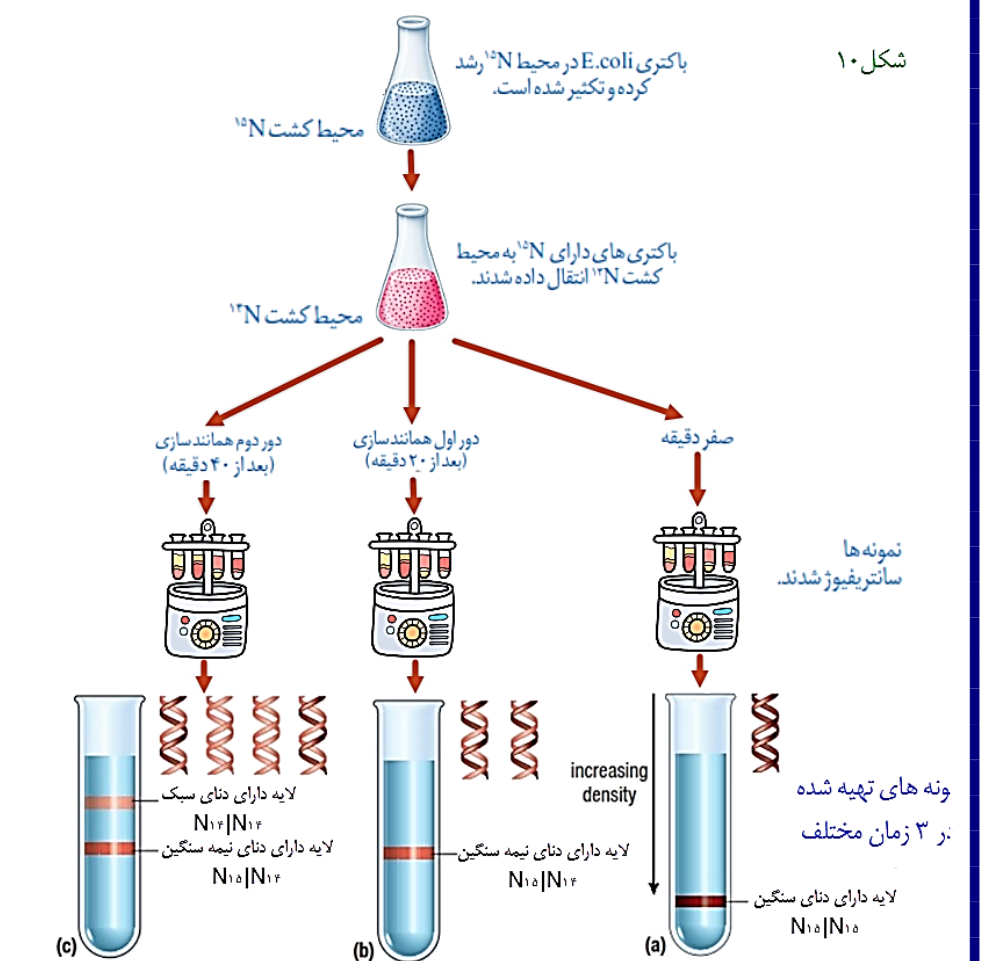
**۳- همانندسازی غیر حفاظتی (پرانگنه):** هر کدام از DNAهای حاصل، قطعاتی از رشته‌های قبلی و رشته‌های جدید را به صورت پراکنده در خود دارند.

### کشف نیمه حفاظتی بودن همانندسازی DNA توسط مزلسون و استال

**نکته:** برای شروع کار، آن‌ها باید بتوانند رشته‌های DNA نوساز را از رشته‌های قدیمی تشخیص دهند به همین علت DNA را با استفاده از نوکلئوتیدهایی که ایزوتوپ سنگین نیتروژن ( $^{15}\text{N}$ ) دارند، نشانه‌گذاری کردند.

✓ DNAهایی که با  $^{15}\text{N}$  ساخته می‌شوند نسبت به DNA معمولی که در نوکلئوتیدهای خود  $^{14}\text{N}$  دارد چگالی بیشتری دارند و با ابزارهایی مثل فراگریزانه (سانتریفیوژ سرعت بالا) می‌توان آن‌ها را از هم جدا کرد.

**نکته:** مراحل آزمایش مزلسون-استال:



- کشت باکتری‌ها در محیطی حاوی نوکلئوتیدهای  $^{15}\text{N}$  که طی آن پس از چندین مرحله رشد و تکثیر، باکتری‌هایی دارای DNA سنگین ایجاد شد.
- انتقال باکتری‌های DNA  $^{15}\text{N}$  را به محیط کشت حاوی نوکلئوتیدهای  $^{14}\text{N}$
- انجام دوره تقسیم‌های ۲۰ دقیقه‌ای و جداسازی و بررسی باکتری‌ها در فواصل دوره‌های ۲۰ دقیقه‌ای.

✓ برای سنجش چگالی، DNA باکتری‌ها را استخراج و در محلولی از سزیم کلرید (CsCl) در سرعتی بسیار بالا گریز می‌دادند. چون در گریزانه میزان حرکت مواد در محلول براساس چگالی است، مواد سنگین‌تر تندتر حرکت می‌کنند، بنابراین براساس میزان حرکت، نوع DNA تشکیل شده در هر مرحله تشخیص داده شد.

✓ در زمان صفر: DNA باکتری دارای  $^{15}\text{N}$  پس از گریز دادن یک نوار در انتهای لوله تشکیل دادند.

✓ در زمان ۲۰ دقیقه: DNA باکتری‌های حاصل از دور اول همانندسازی در محیط کشت  $^{14}\text{N}$  (بعد از ۲۰ دقیقه) پس از گریز دادن نوار در میانه لوله تشکیل دادند و DNA آنها چگالی متوسط داشت.

✓ در زمان ۴۰ دقیقه: DNA 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 متوسط و نیمی چگالی سبک داشتند.

○ بنابراین همانندسازی DNA، نیمه حفاظتی است.

### عوامل و مراحل همانندسازی

- مولکول DNA به عنوان الگو
- دئوکسی ریبونوکلئوتید آزاد سه فسفات که در لحظه اتصال به رشته پلی‌نوکلئوتید در حال ساخت، دو فسفات خود را از دست می‌دهند.
- آنزیم‌های لازم برای همانندسازی که ضمن باز کردن دو رشته نوکلئوتیدها را به صورت مکمل روبه‌روی هم قرار می‌دهد و با پیوند فسفودی‌استر به هم وصل می‌کند.

### مراحل همانندسازی یوکاریوت

- قبل از همانندسازی DNA باید پیچ و تاب DNA باز و پروتئین‌های همراه آن یعنی هیستون‌ها از آن جدا شوند تا همانندسازی بتواند انجام شود.
- باز شدن مارپیچ DNA توسط آنزیم هلیکاز
- ایجاد یک حباب همانندسازی با فاصله گرفتن دو رشته الگوی DNA در محلی بنام جایگاه آغاز همانندسازی توسط آنزیم هلیکاز

**نکته:** در هر حباب همانندسازی، دو ساختار «Y» مانندی به وجود می‌آید که به هر یک از آن‌ها دوراهی همانندسازی می‌گویند.

- قرار دادن نوکلئوتید مکمل روبروی نوکلئوتید رشته الگو
- تشکیل فسفودی‌استر بین نوکلئوتیدهای جدید

**نکته:** هنگام اضافه شدن هر نوکلئوتید سه فسفات به انتهای رشته پلی‌نوکلئوتید دوتا از فسفات‌های آن از مولکول جدا می‌شوند و نوکلئوتید به صورت تک‌فسفات به رشته متصل می‌شود.

**نکته:** آنزیم DNA پاز می‌تواند فسفودی‌استر را تشکیل و یا اگر اشتباه کند در فرایندی بنام ویرایش، فسفودی‌استر را بشکند.

**فرآیند ویرایش:** گاهی در قرار دادن نوکلئوتیدهای مکمل در روبروی رشته الگو اشتباهی رخ می‌دهد مثلاً بجای قرار دادن T روبروی A، C را روبروی A قرار دهد آنگاه:

- ✓ آنزیم برمی‌گردد و رابطه مکملی نوکلئوتید را بررسی می‌کند که رابطه آن درست است یا اشتباه، اگر اشتباه باشد آن را برداشته و نوکلئوتید درست را به جای آن قرار می‌دهد.
- ✓ با فرآیند ویرایش و فعالیت نوکلئازی (توانایی قطع فسفودی‌استر) نوکلئوتید اشتباه را بر می‌دارد و نوکلئوتید درست را قرار می‌دهد.

### همانندسازی در یوکاریوت‌ها (پیش‌هسته‌ای‌ها = باکتری‌ها)

**نکته:** DNA باکتری‌ها در غشا محصور نشده است و فام‌تن اصلی به صورت یک مولکول DNA حلقوی است که در سیتوپلاسم قرار دارد و به غشای پلاسمایی یاخته متصل است.

**نکته:** باکتری‌ها علاوه بر DNA اصلی گاهی DNAهای دیگری به نام پلازمید (دیسک) در اختیار دارند که اطلاعات آنها می‌تواند ویژگی‌های دیگری را به باکتری بدهد مانند افزایش مقاومت باکتری در برابر آنتی‌بیوتیک‌ها.

**نکته:** اغلب پروکاریوت‌ها فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در DNA خود دارند. این نقطه در بخش خاصی از DNA قرار دارد، در این جایگاه دو رشته DNA از هم باز می‌شوند.

**نکته:** در همانندسازی دوجهتی باکتری‌ها فرآیند از یک نقطه همانندسازی شروع و در دو جهت ادامه می‌یابد تا به همدیگر رسیده و همانندسازی پایان یابد

### همانندسازی در یوکاریوت‌ها (هسته‌ای‌ها)

**نکته:** یوکاریوت‌ها شامل آغازین، قارچ‌ها، گیاهان و جانوران می‌باشند:

- ✓ DNA در هر کروموزوم (فام‌تن) به صورت خطی است و مجموعه‌ای از پروتئین‌ها که مهم‌ترین آن‌ها هیستون‌ها هستند همراه آن قرار دارند.
- ✓ کروموزوم‌ها (فام‌تن‌ها) و بیش‌تر DNA، درون هسته قرار دارد که به آن DNA هسته‌ای گفته می‌شود.

**نکته:** در یوکاریوت‌ها علاوه بر هسته در سیتوپلاسم نیز مقداری DNA وجود دارد که به آن DNA سیتوپلاسمی گفته می‌شود که حالت حلقوی دارد و در راکیزه (میتوکندری) و سبزیسه (کلروپلاست) دیده می‌شود.

**نکته:** همانندسازی در یوکاریوت‌ها بسیار پیچیده‌تر از پروکاریوت‌ها است.

✓ علت این مسئله وجود مقدار زیاد DNA و قرار داشتن در چندین فام‌تن است که هر کدام از آن‌ها چندین برابر DNA باکتری هستند.

✓ آغاز همانندسازی در یوکاریوت‌ها، در چندین نقطه در هر فام‌تن انجام می‌شود بنابراین زمان همانندسازی کاهش می‌یابد.

**نکته:** تعداد نقطه‌های آغاز همانندسازی در یوکاریوت‌ها می‌تواند بسته به مراحل رشد و نمو تنظیم شود مثلاً در ابتدای تقسیمات یاخته‌ای در دوران جنینی (در مرحله مورولا و بلاستولا) تعداد نقاط آغاز مورد استفاده زیاد است ولی پس از تشکیل اندام‌ها سرعت تقسیم و تعداد نقاط آغاز کم می‌شوند.

### گفتار ۳ - پروتئین‌ها

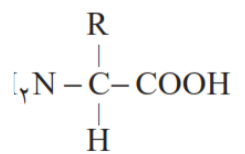
**نکته:** علاوه بر DNA و RNA پروتئین‌ها نیز در یاخته به انجام فرآیندهای مختلف یاخته‌ای کمک می‌کنند.

### ساختار آمینواسیدها

**نکته:** پروتئین‌ها پلیمرهای خطی از آمینواسیدها هستند که نوع، ترتیب و تعداد آمینواسیدها در پروتئین، ساختار و عمل آن‌ها را مشخص می‌کند.

**نکته:** هر آمینواسیدها دارای:

- یک گروه آمین ( $-\text{NH}_2$ )
- یک گروه اسیدی کربوکسیل ( $-\text{COOH}$ )
- یک هیدروژن و
- یک گروه R که در آمینواسیدهای مختلف متفاوت است و ویژگی‌های منحصر به فرد هر آمینواسید به آن بستگی دارد و در رشته پروتئینی ماهیت شیمیایی این گروه شکل پروتئین را تأمین می‌کند.



شکل ۱۵- ساختار عمومی یک آمینواسید

**نکته:** همگی این ۴ بخش به یک کربن مرکزی متصل‌اند و چهار ظرفیت آن را پر می‌کنند.



**پیوند پپتیدی آمینواسیدها را به یکدیگر متصل می‌کند**

**نکته:** در محیط آبی درون یاخته، گروه آمین بار مثبت (+) و گروه کربوکسیل بار منفی (-) به خود می‌گیرد و در دو آمینواسید با نزدیک شدن به هم و با حضور آنزیم موجود در ریبوزوم واکنش سنتزآبدهی انجام می‌دهند و بینشان پیوند اشتراکی بنام پپتیدی ایجاد می‌شود که با خروج یک مولکول آب همراه است.

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

**نکته:** هر نوع پروتئین، ترتیب خاصی از آمینواسیدها را دارد که با استفاده از روش‌های شیمیایی، آمینواسیدها را جدا و آن‌ها را شناسایی می‌کنند.

- ✓ آمینواسیدها در طبیعت انواع گوناگونی دارند اما فقط ۲۰ نوع از آن‌ها در ساختار پروتئین‌ها به‌کار می‌روند.

- ✓ از این ۲۰ نوع، ۸ مورد آن‌ها را در انسان بالغ ضروری (اساسی) می‌دانند؛ یعنی بدن انسان نمی‌تواند آن‌ها را بسازد و باید آنها را به همراه غذا دریافت کند.

**سطوح مختلف ساختاری در پروتئین‌ها**

**نکته:** شکل فضایی پروتئین، نوع عمل آن را مشخص می‌کند.

- ✓ یکی از راه‌های پی بردن به شکل پروتئین استفاده از پرتوهای ایکس است.

- ✓ محققین با استفاده از تصویرهای حاصل از پرتوهای ایکس، به ساختار سه‌بعدی پروتئین‌ها پی می‌برند که در آن حتی جایگاه هر اتم را می‌توانند مشخص کنند.

- ✓ اولین پروتئینی که ساختار آن شناسایی شد میوگلوبین بود که از یک رشته پلی‌پپتید تشکیل شده است.

**نکته:** ساختار پروتئین‌ها در ۴ سطح دارد و هر ساختار، مبنای تشکیل ساختار بالاتر است:

**ساختار اول – توالی آمینواسیدها:**

**نکته:** نوع، تعداد، ترتیب و تکرار آمینواسیدها در توالی خطی آمینواسیدهاست:

- ✓ با ایجاد پیوندهای پپتیدی شکل می‌گیرد.
- ✓ تغییر آمینواسید در هر جایگاه فعالیت آن پروتئین را ممکن است تغییر دهد.
- ✓ همه سطوح دیگر ساختاری در پروتئین‌ها به این ساختار بستگی دارند.

**ساختار دوم – الگوهایی از پیوندهای هیدروژنی:**

**نکته:** بین بخش‌هایی از زنجیره پلی‌پپتیدی می‌تواند پیوندهای هیدروژنی برقرار شود که پیوندها منشأ تشکیل ساختار دوم در پروتئین‌ها هستند و به دو صورت مارپیچ و صفحه‌ای دیده می‌شوند.

- ✓ ساختار نهایی بعضی از پروتئین‌ها می‌تواند همین ساختار دوم باشد.

**نکته:** در هموگلوبین زنجیره‌های مارپیچی با همکاری همدیگر مولکول هموگلوبین را می‌سازند و هر کدامشان خصوصیات ساختار دوم را دارند.

**ساختار سوم – تاخورده و متصل به هم:**

**نکته:** ساختار سه‌بعدی پروتئین‌هاست که در آن با تاخوردگی بیش‌تر به شکل کروی درمی‌آیند.

- ✓ تشکیل این ساختار در اثر پیوندهای آب‌گریز است.
- ✓ با تشکیل پیوندهای دیگری مانند هیدروژنی، اشتراکی و یونی ساختار سوم پروتئین تثبیت می‌شود.

- با وجود این نیروها پروتئین‌های دارای ساختار سوم، ثبات نسبی دارند.

**نکته:** ایجاد تغییر در پروتئین، حتی تغییر یک آمینوا سید هم می‌تواند ساختار و عملکرد آن‌ها را به شدت تغییر دهد.

**نکته:** نمونه‌ای از پروتئین‌ها با ساختار سوم، میوگلوبین است.

**ساختار چهارم – آرایش زیرواحدها:**

**نکته:** بعضی از پروتئین‌ها ساختار چهارم دارند، این ساختار هنگامی شکل می‌گیرد که دو یا چند زنجیره پلی‌پپتید در کنار یکدیگر پروتئین را تشکیل دهند. در این ساختار هریک از زنجیره‌ها نقشی کلیدی در شکل‌گیری پروتئین دارند.

**نکته:** هموگلوبین چهار زنجیره از دو نوع متفاوت دارد. هر زنجیره:

- ✓ در ساختار اول: ترتیب خاصی از آمینواسیدها را دارند.

- ✓ در ساختار دوم: به شکل مارپیچ درمی‌آیند.

- ✓ در ساختار سوم: هریک از به‌صورت یک زیرواحد، تاخورده و شکل خاصی پیدا می‌کنند.

- ✓ در ساختار چهارم: این چهار زیرواحد در کنار هم قرار گرفته و هموگلوبین را شکل می‌دهند.

**نکته:** برای پروتئین‌هایی که فقط یک زنجیره پلی‌پپتید دارند ساختار نهایی می‌تواند ساختار دوم یا سوم باشد، مثل میوگلوبین که ساختار نهایی آن سوم است.

**نقش پروتئین‌ها**

**نکته:** پروتئین‌ها متنوع‌ترین گروه مولکول‌های زیستی از نظر ساختار شیمیایی و عملکردی هستند. نظیر نقش آنزیمی ، گیرنده ای ، دفاعی ، انتقالی ، ساختاری ، انقباضی ، هورمونی و..

**آنزیم‌ها**

**نکته:** واکنش‌های شیمیایی درصورتی سرعت مناسب می‌گیرند که انرژی اولیه کافی (انرژی فعال سازی) برای انجام وجود داشته باشد.

**نکته:** آنزیم امکان برخورد مناسب مولکول‌ها را افزایش و انرژی فعال‌سازی واکنش را کاهش می‌دهد و با این کار سرعت واکنش‌هایی را که در بدن موجود زنده انجام‌شدنی هستند زیاد می‌کند. بدون آنزیم ممکن است در دمای بدن سوخت‌وساز یاخته‌ها بسیار کند انجام شود و انرژی لازم برای حیات تأمین نشود.

**ساختار آنزیم‌ها**

**نکته:** بیش‌تر آنزیم‌ها پروتئینی هستند.

- ✓ آنزیم‌ها در ساختار خود بخشی به نام جایگاه فعال دارند که بخشی اختصاصی در آنزیم است که پیش‌ماده در آن قرار می‌گیرد.

- ✓ ترکیباتی که آنزیم روی آن‌ها عمل می‌کند، پیش‌ماده و ترکیباتی که حاصل فعالیت آنزیم هستند، فرآورده (محصول) خوانده می‌شوند.

**نکته:** بعضی آنزیم‌ها برای فعالیت به یون‌های فلزی (آهن، مس) و یا مواد آلی (ویتامین‌ها) نیاز دارند که به این مواد کوآنزیم (کمک‌کننده به آنزیم) گفته می‌شود.

**نکته:** وجود بعضی از مواد سمی در محیط (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.

**عملکرد اختصاصی آنزیم‌ها**

**نکته:** هر آنزیم عمل اختصاصی دارد و روی یک یا چند پیش‌ماده خاص مؤثر است.

**نکته:** شکل آنزیم در جایگاه فعال با شکل پیش‌ماده یا بخشی از آن مطابقت دارد و به ا صلاح مکمل یکدیگرند.

**نکته:** اگرچه آنزیم‌ها عملی اختصاصی دارند ولی برخی از آن‌ها بیش از یک نوع واکنش را سرعت می‌بخشند.

**نکته:** آنزیم‌ها در همه واکنش‌های شیمیایی بدن جانداران که مشارکت دارند:

- ✓ سرعت آن واکنش را زیاد می‌کنند اما در پایان واکنش‌ها دست‌نخورده باقی می‌مانند تا بدن بتواند بارها از آن‌ها استفاده کند.

- ✓ یاخته‌ها به مقدار کم به آنزیم‌ها نیاز دارند.

- ✓ به مرور مقداری از آن‌ها از بین می‌روند و یاخته مجبور به تولید آنزیم‌های جدید می‌شود.

**عوامل مؤثر بر فعالیت آنزیم‌ها**

**نکته:** 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. pH ترشحات معده است که حدود ۲ می‌باشد.

**نکته:** هر آنزیم در یک pH ویژه بهترین فعالیت را دارد (pH بهینه):

- ✓ pH بهینه پپسین که از یاخته‌های معده ترشح می‌شود حدود ۲ است

- ✓ pH بهینه آنزیم‌هایی که از لوزالمعده به روده کوچک وارد می‌شوند حدود ۸ است.

**نکته:** تغییر pH 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:

**نکته:** آنزیم‌های بدن انسان در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد بهترین فعالیت را دارند:

- ✓ در دمای بالاتر ممکن است شکل غیرطبیعی یا برگشت‌ناپذیر پیدا کنند و غیرفعال شوند.

- ✓ در دمای پایین غیرفعال می‌شوند و با برگشت دما به حالت طبیعی، می‌توانند به حالت فعال برگردند.

- غلظت آنزیم:

- ✓ مقدار بسیار کمی از آنزیم کافی استت تا مقدار زیادی از پیش‌ماده را در واحد زمان به فرآورده تبدیل کند.

- ✓ اگر مقدار آنزیم زیادتر شود تولید فرآورده در واحد زمان افزایش می‌یابد.

- غلظت پیش ماده:

- ✓ افزایش غلظت پیش‌ماده در محیطی که آنزیم وجود دارد 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.

## فصل ۲ – جریان اطلاعات در یاخته – گفتار ۱ – رونویسی

**نکته:** علت این بیماری کم خونی دا سی شکل نوعی تغییر ژنی است که باعث می‌شود پروتئین هموگلوبین حا صل از آن دچار تغییر شود که نتیجه آن تغییر شکل گویچه قرمز از حالت گرد به داسی‌شکل است.

- ✓ این تغییر بسیار جزئی است و تنها یک جفت نوکلئوتید دنا در افراد بیمار تغییر یافته است.

**نکته:** در مولکول DNA، ۴ نوع نوکلئوتید وجود دارد که فقط در نوع بازهای آلی تفاوت دارند.

**نکته:** هر توالی ۳تایی از نوکلئوتیدهای DNA، بیانگر نوعی آمینواسید است.

- ✓ با ۴ نوع نوکلئوتید به‌کار رفته در دنا، ۶۴ توالی ۳ نوکلئوتیدی مختلف ایجاد می‌شود، که می‌توانند رمز ساخت پلی‌پپتیدهایی با ۲۰ نوع آمینواسید را داشته باشند.

**نقش مولکول RNA به‌عنوان میانجی**

**نکته:** محل DNA در یوکاریوت ها در هسته اما پروتئین سازی توسط ریبوزوم ها و در سیتوپلاسم انجام می‌گیرد به همین علت RNAیی بنام mRNA باید نقش میانجی را بازی کند.

**نکته:** در یاخته‌های دارای هسته، چون ریبوزوم ها (ی فعال) درون هسته حضور ندارند، فرآیند ساخت پلی‌پپتید در هسته انجام نمی‌شود.

**نکته:** به ساخته شدن مولکول RNA از روی بخشی از یک رشته DNA، رونویسی گفته می‌شود.

**نکته:** اساس رونویسی شبیه همانندسازی است.

- ✓ شباهت: با توجه به نوکلئوتیدهای رشته DNA، نوکلئوتیدهای مکمل در زنجیره RNA قرار می‌گیرد و به هم متصل می‌شوند.
- ✓ تفاوت: برخلاف همانند سازی که در هر چرخه یاخته‌ای یکبار انجام می‌شود، رونویسی یک ژن می‌تواند در هر چرخه بارها انجام شود و چندین رشته RNA ساخته شود.

### آنزیم‌های ویژه‌ای رونویسی را تسهیل می‌کنند

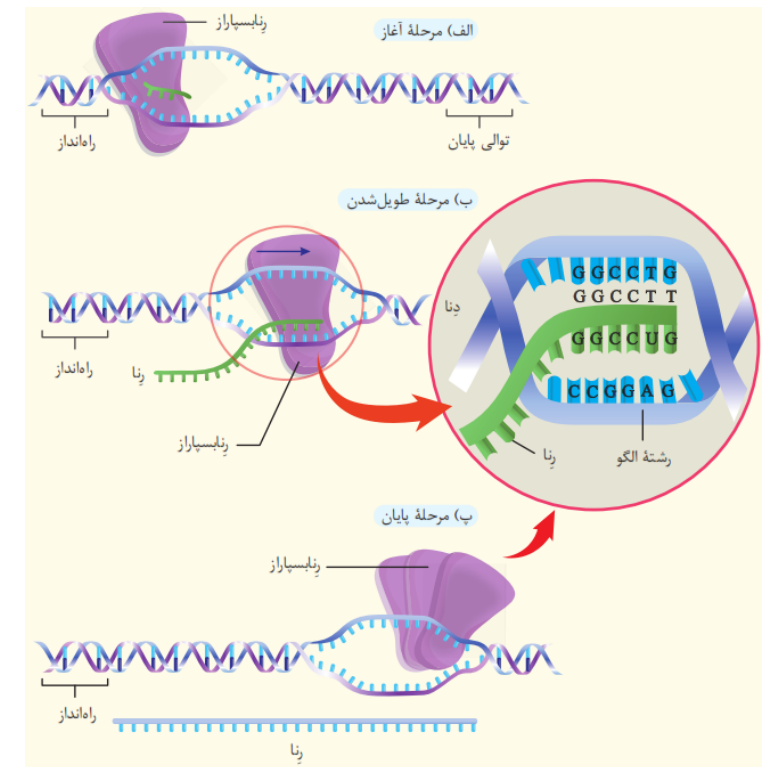
نکته: در یاخته انواعی از RNA ساخته می‌شود.

نکته: عمل رونویسی از DNA به کمک آنزیم‌ها انجام می‌شود که تحت عنوان کلی RNA پلیمراز (رِناسپاراز) نام‌گذاری می‌شوند.

RNA پلیمراز	پروکاریوتی	rRNA, tRNA و mRNA را می‌سازد.
	یوکاریوتی	I rRNA را می‌سازد.
		II پیش ساز mRNA را می‌سازد.
	III tRNA را می‌سازد.	

### مراحل رونویسی

نکته: رونویسی فرآیندی پیوسته است و سه مرحله آغاز، طولیل شدن و پایان دارد:



**مرحله آغاز:** RNA پلیمراز به مولکول DNA متصل می‌شود و دو رشته آن را از هم باز می‌کند (شکستن H).

نکته: برای این‌که رونویسی ژن از محل صحیح خود شروع شود توالی‌های نوکلئوتیدی ویژه‌ای نام راه‌انداز در DNA وجود دارد که RNA پلیمراز آن را شناسایی می‌کند و بخش کوچکی از مولکول DNA باز و زنجیره کوتاهی از RNA ساخته می‌شود.

نکته: راه‌انداز موجب می‌شود RNA پلیمراز اولین نوکلئوتید مناسب را به‌طور دقیق پیدا و رونویسی را از آن‌جا آغاز کند.

نکته: نحوه عمل RNA پلیمراز به این صورت است که:

- (a) آنزیم با توجه به نوکلئوتید رشته الگوی DNA، نوکلئوتید مکمل را در برابر آن قرار می‌دهد.
- (b) این نوکلئوتید را به نوکلئوتید قبلی رشته RNA متصل می‌کند.

نکته: در رونویسی، نوکلئوتید یورا سیل‌دار رنا به‌عنوان مکمل در برابر نوکلئوتید آدنین‌دار دنا قرار می‌گیرد.

**مرحله طولیل شدن:** RNA پلیمراز ساخت RNA را ادامه می‌دهد و RNA طولیل می‌شود.

✓ دو رشته DNA در جلوی آنزیم باز و در چندین نوکلئوتید عقب‌تر، RNA از DNA جدا می‌شود و دو رشته DNA مجدداً به هم می‌پیوندند.

**مرحله پایان:** در DNA توالی‌های ویژه‌ای وجود دارد که در آنجا آنزیم از مولکول DNA و RNA تازه ساخت جدا و دو رشته DNA به هم متصل می‌شوند.

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

نکته: اگر از هر دو رشته ژن رونویسی می‌شد مسلماً RNA و پلی‌پپتید ساخته شده از روی دو رشته مکمل DNA بسیار متفاوت می‌شدند. بنابراین برای هر ژن خاص، همیشه و فقط یکی از دو رشته رونویسی می‌شود.

نکته: به بخشی از رشته DNA که مکمل رشته RNA رونویسی شده است رشته الگو می‌گویند و به رشته مکمل همین بخش در مولکول DNA، رشته رمزگذار گفته می‌شود، زیرا توالی نوکلئوتیدی آن شبیه رشته RNA است که از روی رشته الگوی آن ساخته می‌شود.

نکته: رشته مورد رونویسی یک ژن ممکن است با رشته مورد رونویسی ژن مجاور خود یکسان یا متفاوت باشد.

### RNA های ساخته شده دچار تغییر می‌شوند

نکته: در یاخته‌های یوکاریوتی، RNA ساخته شده در رونویسی با RNA یی که در سیتوپلاسم وجود دارد تفاوت‌هایی دارد.

✓ این تغییرات در بسیاری از RNAها انجام می‌شود و این مولکول‌ها برای انجام کارهای خود دست‌خوش تغییراتی می‌شوند.

### تغییرات mRNA یوکاریوتی

نکته: mRNA ممکن است دست‌خوش تغییراتی در حین رونویسی و یا پس از رونویسی شود:

**عمل پیرایش:** یکی از تغییراتی که در یوکاریوت‌ها و پس از رونویسی متداول است، حذف بخش‌هایی از مولکول mRNA است.

✓ در بعضی ژن‌ها، توالی‌های معینی از RNA ساخته شده، جدا و حذف می‌شود و سایر بخش‌ها به هم متصل می‌شوند و یک mRNA یکپارچه می‌سازند و به این فرآیند پیرایش گفته می‌شود.

نکته: دانشمندان یک mRNA درون سیتوپلاسم (کوتاه شده) را با رشته الگوی ژن آن در DNA مجاورت دادند.

✓ آن‌ها دریافتند که بخش‌هایی از DNA الگو با RNA رونویسی شده، دو رشته مکمل را تشکیل می‌دهند ولی بخش‌هایی نیز فاقد مکمل باقی می‌مانند و به صورت حلقه‌هایی بیرون از مولکول دورشته‌ای قرار می‌گیرند.

✓ به نواحی که در مولکول DNA وجود دارد ولی رونوشت آن در mRNA سیتوپلاسمی حذف شده میانه (اینترون) می‌گویند.

✓ به نواحی که در مولکول DNA وجود دارد و در رونوشت آن‌ها نیز حذف نمی‌شوند بیانه (گزون) گفته می‌شود.

نکته: در واقع RNA رونویسی شده از رشته الگو، در ابتدا دارای رونوشت‌های میانه DNA است و RNA نابالغ (اولیه) نام دارد.

✓ با حذف رونوشت‌های میانه (اینترون) از RNA اولیه و پیوستن بخش‌های باقی‌مانده

بیانه (گزون) به هم، RNA بالغ و کوتاه ایجاد می‌شود.

### شدت و میزان رونویسی

نکته: میزان رونویسی یک ژن به مقدار نیاز یاخته به فرآورده‌های آن بستگی دارد:

✓ بعضی ژن‌ها، مانند ژن‌های سازنده rRNA در یاخته‌های تازه تقسیم شده بسیار فعال‌اند؛ زیرا باید تعداد زیادی از این نوع RNA را بسازند و هنگام رونویسی هم‌زمان تعداد زیادی RNA پلیمراز از ژن رونویسی می‌کنند.

✓ به این دلیل که در هر زمان، RNA پلیمرازها در مراحل مختلفی از رونویسی هستند، در زیر میکروسکوپ الکترونی، اندازه RNAهای ساخته شده متفاوت دیده می‌شود.

نکته: در این ساختار، سمتی که انشعابات RNA یی کوتاه تری دارد به سمت ابتدایی ژن نزدیک می‌باشد و سمتی که انشعابات RNA یی بلندتری دارد به انتهای ژن نزدیک است. کوچکترین RNA بیرون زده به جایگاه راه انداز نزدیک است.

نکته: در ساختار پرممانند همیشه ۱ نوع RNA پلیمراز، ۱ نوع RNA و ۱ نوع ژن را داریم.

### گفتار ۲ – به سوی پروتئین

#### تبدیل زبان نوکلئیک‌اسیدی RNA به پلی‌پپتیدی

نکته: در فرآیند رونویسی از روی توالی‌های DNA، RNA ساخته می‌شود ولی در ساختار پلی‌پپتیدها، آمینواسید وجود دارد. به ساخته شدن پلی‌پپتید از روی اطلاعات mRNA، ترجمه گفته می‌شود.

نکته: توالی‌های ۳ نوکلئوتیدی mRNA بنام کدون (رمزه) تعیین می‌کند که کدام آمینواسیدها باید در ساختار پلی‌پپتید قرار بگیرد.

✓ در یاخته ۶۴ نوع رمزه وجود دارد. رمزه آمینواسیدها در جانداران یکسان‌اند.

نکته: کدون‌های UAA، UAG و UGA هیچ آمینواسیدی را رمز نمی‌کنند و به آن‌ها کدون پایان می‌گویند و حضور این کدون‌ها در mRNA موجب پایان یافتن عمل ترجمه توسط ریبوزوم‌ها می‌شود.

نکته: کدون آغاز یا AUG رمزه‌ای است که ترجمه از آن آغاز می‌شود و معرف آمینواسید متیونین است.

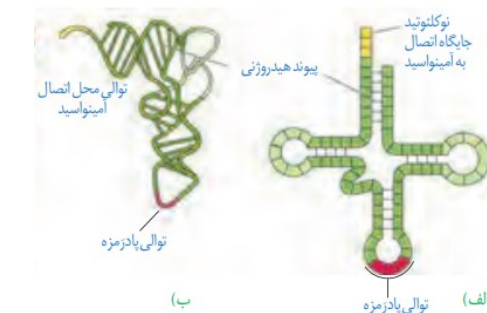
### عوامل لازم در ترجمه

نکته: برای ترجمه به mRNA، ریبوزوم‌ها و tRNA متصل به آمینواسید و ATP نیاز داریم.

### ساختار tRNA

نکته: tRNA مانند سایر RNAها پس از رونویسی دچار تغییراتی می‌شود.

✓ در ساختار نهایی tRNA، نوکلئوتیدهای مکمل می‌توانند پیوند هیدروژنی ایجاد کنند و به همین علت RNA تک‌رشته‌ای، روی خود تا می‌خورد (الف).



✓ tRNA در حالت فعال تاخوردگی‌های مجددی پیدا می‌کند که ساختار سه‌بعدی (3D) را به‌وجود می‌آورد (ب).

نکته: در این ساختار یک بخش محل اتصال آمینواسید و دیگری توالی ۳ نوکلئوتیدی به نام آنتی کدون (پادرمزه) است.

نکته: tRNAها به جز در ناحیه آنتی کدونی، در همه انواع توالی‌های مشابهی دارند.



✓ تعداد انواع آنتی کدون ها کم تر از کدون ها است؛ مثلاً برای کدون های پایان، tRNA وجود ندارد.

### نحوه عمل tRNA

**نکته:** در یاخته‌ها، آنزیم‌های ویژه‌ای وجود دارند که با تشخیص آنتی کدون در tRNA، آمینواسید مناسب را را یافته و به tRNA متصل می‌کند.

### ساختار ریبوزوم (راتن)

**نکته:** ریبوزوم در ساخت پلی‌پپتید نقش دارد و از دو زیرواحد تشکیل شده است و هر زیرواحد یز از RNA و پروتئین تشکیل شده است.

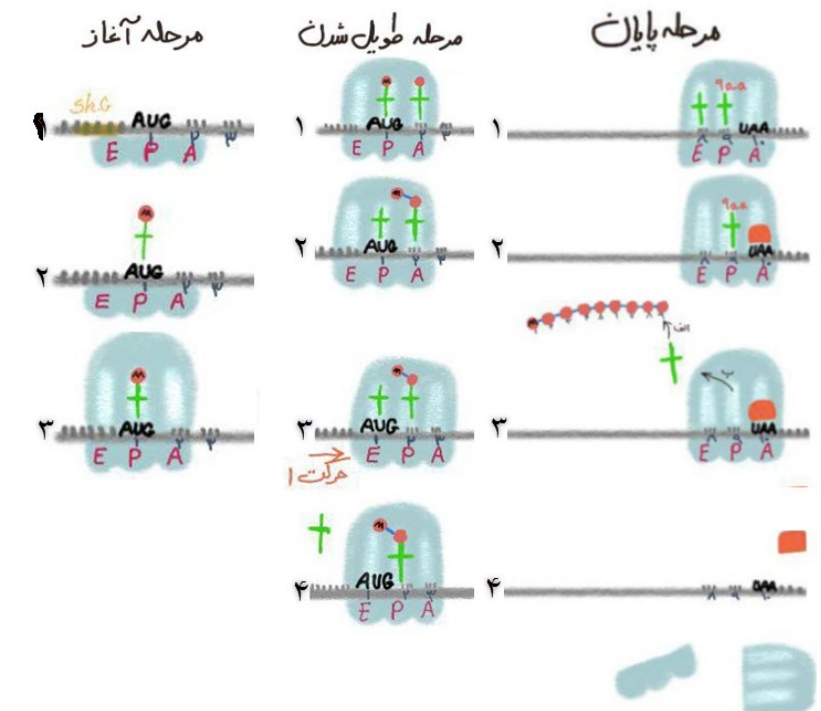
✓ rRNA به‌وسیله RNA پلیمراز I در هسته از روی یکی از رشته‌های ژن مربوط به آن ساخته می‌شود.

**نکته:** در سلول، پروتئین‌های ریبوزومی ساخته شده در سیتوپلاسم و tRNAی در ناحیه ای از هسته به نام هستک کنار هم قرار گرفته و زیرواحد کوچک و بزرگ ریبوزوم را می‌سازد.

✓ ریبوزوم در ساختار کامل، سه جایگاه به نام A (ورود آمینوا سید جدید)، P (قرار گیری پلی پپتید در حال ساخت) و E (خروج tRNA بدون آمینواسید) دارد.

### مراحل ترجمه

**نکته:** ترجمه فرآیندی پیوسته است و سه مرحله آغاز، طویل شدن و پایان دارد.



### مرحله آغاز:

- 1) نواحی خاصی از mRNA، زیرواحد کوچک ریبوزوم را به سوی کدون آغاز (AUG)، هدایت می‌کند.
- 2) tRNAی دارای آنتی کدون UAC و حامل آمینوا سید متیونین که مکمل کدون آغاز است، به کدون آغاز AUG متصل می‌شود و ۷ پیوند هیدروژنی شکل می‌گیرد.
- 3) با افزوده شدن زیرواحد بزرگ ریبوزوم به این مجموعه، ساختار ریبوزوم کامل می‌شود.

### مرحله طویل شدن:

- 1) tRNAهای مختلفی وارد جایگاه A ریبوزوم شوند ولی فقط tRNAیی که مکمل کدون جایگاه A است، استقرار پیدا می‌کند؛ در غیر این صورت جایگاه را ترک می‌کند.
- 2) آمینواسید جایگاه P از tRNA خود جدا می‌شود و با آمینواسید جایگاه A پیوند پپتیدی برقرار می‌کند.

3) ریبوزوم به اندازه یک کدون به سوی کدون پایان پیش می‌رود و سه اتفاق هم زمان روی می‌دهد

**نکته:** این فرآیند بارها تکرار می‌شود و طول زنجیره آمینوا سیدی بیش تر می‌شود تا ریبوزوم به یکی از رَمزه‌های پایان برسد.

### مرحله پایان:

- 1) ورود یکی از رَمزه‌های پایان ترجمه (UAA یا UAG یا UGA) در جایگاه A
- 2) جایگاه A توسط پروتئین‌هایی به نام عوامل آزادکننده اشغال می‌شود.
- 3) این پروتئین‌ها باعث جدا شدن پلی‌پپتید از آخرین tRNA، زیرواحدهای ریبوزوم از هم و آزاد شدن mRNA می‌شوند.

**نکته:** زیرواحدهای ریبوزوم‌ها می‌توانند مجدداً این مراحل را تکرار کنند تا چندین نسخه از یک پلی‌پپتید ساخته شود.

### محل پروتئین‌سازی و سرنوشت آن‌ها

**نکته:** ممکن است پروتئین‌ها در بخش‌های مختلفی از یاخته ساخته شوند مثلاً:

- 1) بعضی از این پروتئین‌ها که توسط ریبوزوم های چسبیده به شبکه آندوپلاسمی ساخته می‌شوند:
  - ✓ به درون شبکه آندوپلاسمی زبر وارد و سپس دستگاه گلژی می‌روند
  - ✓ این پروتئین ها ممکن است برای ترشح به خارج رفته یا به بخش‌هایی مثل واکوئل و لیزوزوم بروند.
- 2) بعضی پروتئین‌ها نیز که توسط ریبوزوم های آزاد در سیتوسل ساخته می‌شوند، یا در سیتوپلاسم می‌مانند و یا این‌که به میتوکندری (راکبزه)، داخل هسته و یا پلاست ها (دیسک ها) می‌روند.

**نکته:** در هر یک از این موارد براساس مقصدی که پروتئین باید برود، توالی‌های آمینواسیدی خاصی در آن وجود دارد که پروتئین را به مقصد هدایت می‌کند.

### سرعت و مقدار پروتئین‌سازی

**نکته:** سرعت و مقدار پروتئین‌سازی در یاخته‌ها بسته به نیاز تنظیم می‌شود.

**نکته:** در پروکاریوت ها پروتئین‌سازی حتی ممکن است پیش از پایان رونویسی mRNA آغاز شود زیرا طول عمر mRNA در این یاخته‌ها کم است.

**نکته:** برای پروتئین‌هایی که به مقدار بیش‌تری موردنیازند، ساخت پروتئین‌ها، به‌طور هم‌زمان و پشت سر هم توسط مجموعه‌ای از ریبوزوم‌ها انجام می‌شود تا تعداد پروتئین بیش‌تری در واحد زمان ساخته شود.

✓ در این مجموعه، ریبوزوم‌ها مانند دانه‌های تسبیح و mRNA شبیه نخ‌ی است که از درون این دانه‌ها می‌گذرد این همکاری جمعی ریبوزوم‌ها به پروتئین‌سازی سرعت بیش‌تری می‌دهد.

**نکته:** تجمع ریبوزوم‌ها در یاخته‌های یوکاریوتها نیز دیده می‌شوند.

✓ البته در این یاخته‌ها سازوکارهایی برای حفاظت mRNA در برابر تخریب وجود دارد بنابراین، فرصت بیش‌تری برای پروتئین‌سازی هست.

### گفتار ۳ – تنظیم بیان ژن

**نکته:** همه یاخته‌های پیکری بدن از تقسیم میتوز (ر شتمان) یاخته تخم ایجاد می‌شوند و از نظر کروموزومی (فام‌تنی) و ژن‌ها یکسان‌اند.

**نکته:** 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 چرا که در هر یاخته تنها تعدادی از ژن‌ها فعال و سایر ژن‌ها غیرفعال هستند.

**نکته:** 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 است و به اصطلاح بیان نشده.

✓ 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.

**تنظیم بیان ژن:** به فرآیندهایی که تعیین می‌کنند در چه هنگام، به چه مقدار و کدام ژن‌ها بیان شوند و یا بیان نشوند گویند.

- ✓ فرآیندی بسیار دقیق و پیچیده است و عوامل متعددی ممکن است بر آن اثر بگذارند.
- ✓ موجب می‌شود تا جاندار به تغییرات پاسخ دهد؛ مثلاً در گیاه، در حضور نور می‌تواند باعث فعال شدن ژن سازنده آنزیمی شود که در فتوسنتز مورد استفاده قرار می‌گیرد و در نبود نور این ژن بیان نمی‌شود.
- ✓ می‌تواند موجب ایجاد یاخته‌های مختلفی از یک یاخته شود نظیر یاخته‌های متفاوتی که از یاخته‌های بنیادی مغز استخوان ایجاد می‌شوند.

### تنظیم بیان ژن در پروکاریوت‌ها

**نکته:** محصول ژن، RNA و پروتئین است. بنابراین تغییر در فعالیت ژن‌ها، بر ساخت این محصولات نیز اثر می‌گذارد.

**نکته:** تنظیم بیان ژن در پروکاریوت‌ها می‌تواند در هر یک از مراحل رونویسی و ترجمه انجام شود اما به‌طور معمول در مرحله رونویسی انجام می‌شود.

✓ گاهی ممکن است یاخته با تغییر در پایداری (طول عمر) RNA یا پروتئین، فعالیت آن را تنظیم کند.

**نکته:** در تنظیم بیان ژن در پروکاریوت‌ها، عواملی به پیوستن RNA پلیمراز به توالی راه‌انداز کمک می‌کنند و یا از این کار جلوگیری می‌کنند.

**نکته:** تنظیم بیان ژن در باکتری به نام اشرشیاکلائی:

**حالت اول: تنظیم منفی = جلوگیری از روند رونویسی با قرار دادن پروتئین مهارکننده روی اپراتور:**

**نکته:** قند مصرفی ترجیحی این باکتری گلوکز است. اگر گلوکز در محیط باکتری وجود نداشته باشد ولی قند لاکتوز در اختیار باکتری قرار بگیرد، باکتری می‌تواند از قند لاکتوز بجای گلوکز استفاده کند این قند متفاوت از گلوکز بوده است و آنزیم‌های لازم برای مصرف آن نیز متفاوت است.

**نکته:** در حضور لاکتوز، باکتری باید آنزیم‌های تجزیه‌کننده آن را بسازد و در نبود یا کاهش لاکتوز نیز ساخت آنزیم‌های تجزیه‌کننده آن متوقف یا کاهش پیدا کند.

**نکته:** رونویسی با چسبیدن RNA پلیمراز به راه‌انداز ژن شروع می‌شود حال اگر مانعی بر سر راه RNA پلیمراز وجود داشته باشد، رونویسی انجام نمی‌شود و مانع پیش روی RNA پلیمراز نوعی پروتئین به نام مهارکننده است.

❖ **ساختار خاموش:** در صورت نبود لاکتوز در محیط، پروتئین مهارکننده به توالی خاصی از DNA که پس از راه انداز قرار دارد به نام اپراتور متصل می‌شود و جلوی حرکت (نه اتصال) RNA پلیمراز را می‌گیرد در نتیجه رونویسی انجام نمی‌شود و mRNAیی ساخته نمی‌شود.

❖ **ساختار روشن:** اما وقتی لاکتوز در محیط موجود باشد به باکتری وارد می‌شود با اتصال به مهارکننده، شکل آن را تغییر می‌دهد.

## فصل ۳ - انتقال اطلاعات در نسل‌ها

**نکته:** در تولیدمثل جنسی ارتباط بین نسل‌ها را کامه‌ها (گامت‌ها) برقرار می‌کنند.

ویژگی‌های هریک از والدین توسط دستورالعمل‌هایی که در DNA موجود در گامت‌ها قرار دارد، به نسل بعد منتقل می‌شود.

**نکته:** 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 کوتاه‌قد باشد، فرزند آنان قدی متوسط خواهد داشت. اما این تصور درست نیست.

**نکته:** گریگور مندل قوانین بنیادی وراثت را کشف کرد و به کمک این قوانین، می‌شد صفات فرزندان را پیش‌بینی کرد.

### گفتار ۱ - مفاهیم پایه

۱. **ویژگی‌های ارثی (صفت):** این ویژگی‌ها را از والدین خود دریافت کرده‌ایم؛ مثل رنگ چشم، رنگ مو یا گروه خونی.

ویژگی‌های ارثی جانداران را صفت می‌نامند.

به انواع مختلف یک صفت، شکل‌های آن صفت می‌گویند.

۲. **ویژگی‌های اکتسابی:** مثل تغییر تیره‌شدن رنگ پوست که به علت قرار گرفتن در معرض آفتاب ایجاد شده است.

**نکته:** ژن‌شناسی، شاخه‌ای از زیست‌شناسی است که به چگونگی وراثت صفات از نسلی به نسل دیگر می‌پردازد.

### گروه‌های خونی

**نکته:** وقتی می‌گویند گروه خونی شخصی A<sup>+</sup> است در واقع «دو» گروه خونی را برای او مشخص کرده‌اند:

۱) **دیگر گروه خونی‌ای به نام Rh:** براساس بودن یا نبودن پروتئین D است که در غشای

گویچه‌های قرمز جای دارد. اگر این پروتئین وجود داشته باشد، گروه خونی Rh مثبت است و اگر وجود نداشته باشد گروه خونی Rh منفی خواهد شد.

**نکته:** دو ژن در ارتباط با این پروتئین وجود دارد. ژنی که

می‌تواند پروتئین D را بسازد (ژن D) و ژنی که نمی‌تواند پروتئین D را بسازد (ژن d).

**نکته:** هر فام‌تن شماره ۱ در این جایگاه یک ژن D یا d را دارد و نه هر دو را اما جایگاه یکسانی از کروموزوم شماره ۱ را به خود اختصاص داده‌اند (جایگاه ژن‌های Rh).

**نکته:** به D و d که شکل‌های مختلف صفت Rh را تعیین می‌کنند و هر دو جایگاه ژنی یکسانی دارند؛ الل (دگره) می‌گویند.

✓ از آن‌جا که هریک از ما دو فام‌تن ۱ داریم، پس دو الل هم برای Rh داریم.

✓ اگر دو الل D و d کنار هم بگیرند، این الل D است که بروز می‌کند در چنین حالتی گفته می‌شود که الل D بارز و الل d نهفته است و بین الل‌ها رابطه بارز و نهفتگی برقرار است و فرد برای آن صفت ناخالص است.

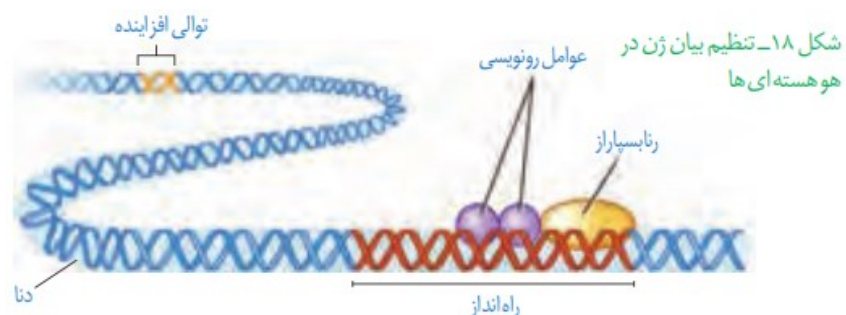
✓ طبق قرارداد، الل بارز را با حرف بزرگ و الل نهفته را با حرف کوچک آن نشان می‌دهیم.

**نکته:** در یاخته‌های یوکاریوتی، بیش‌تر ژن‌ها در هسته و برخی ژن‌ها در میتوکندری (راکیزه) و در پلاست‌ها (دیسه‌ها) قرار دارند.

✓ در هریک از این محل‌ها، یاخته می‌تواند بر بیان ژن نظارت داشته باشد بنابراین تنظیم بیان ژن می‌تواند در مراحل متعددی انجام شود.

### تنظیم بیان ژن یوکاریوت‌ها در مرحله رونویسی

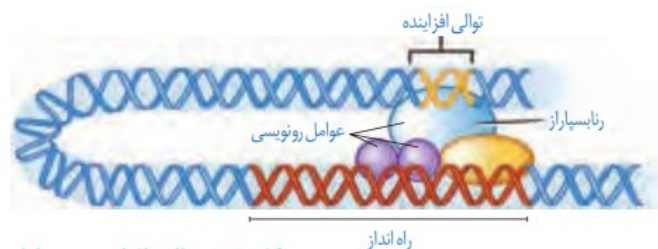
**نکته:** رونویسی با پیوستن RNA پلیمراز به راه‌انداز آغاز می‌شود.



✓ RNA پلیمراز نمی‌تواند به تنهایی راه‌انداز را شناسایی کند و برای پیوستن به آن نیازمند پروتئین‌هایی به نام عوامل رونویسی هستند.

✓ گروهی از این پروتئین‌ها با اتصال به نواحی خاصی از راه‌انداز، RNA پلیمراز را به محل راه‌انداز هدایت می‌کنند، چون تمایل پیوستن این پروتئین‌ها به راه‌انداز در اثر عواملی تغییر می‌کنند، مقدار رونویسی ژن آن هم تغییر می‌کند.

**نکته:** در یوکاریوت‌ها ممکن است عوامل رونویسی دیگری به بخش‌های خاصی از DNA به نام توالی افزایشنده متصل شوند.



شکل ۱۹- توالی افزایشنده و عوامل رونویسی متصل به آن

✓ با پیوستن این پروتئین‌ها به توالی افزایشنده و با ایجاد خمیدگی در DNA، عوامل رونویسی در کنار هم قرار می‌گیرند و سرعت رونویسی را افزایش می‌دهند.

**نکته:** توالی‌های افزایشنده متفاوت از راه‌انداز هستند و ممکن است در فاصله دوری از ژن قرار داشته باشند اتصال این پروتئین‌ها بر سرعت و مقدار رونویسی ژن مؤثر است.

### تنظیم بیان ژن یوکاریوت‌ها در مراحل غیر از رونویسی

۱) تنظیم پیش از رونویسی در سطح کروموزومی:

✓ به‌طور معمول بخش‌های فشرده کروموزوم کم‌تر در دسترس RNA پلیمراز‌ها قرار می‌گیرند بنابراین یاخته می‌تواند با تغییر در میزان فشردگی کروموزوم در بخش‌های خاصی، دسترسی RNA پلیمراز‌ها را به ژن موردنظر تنظیم کند.

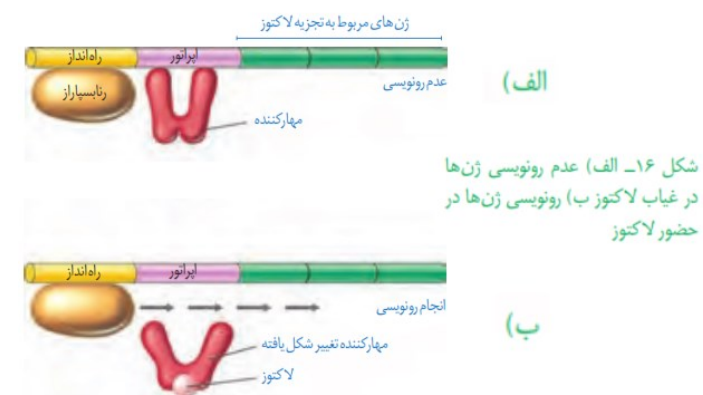
۲) تنظیم پس از رونویسی:

a) با دخالت در روند ترجمه:

✓ با اتصال بعضی RNA‌های کوچک مکمل به mRNA از کار ریبوزوم جلوگیری می‌شود و عمل ترجمه متوقف و mRNA ساخته شده پس از مدتی تجزیه می‌شود.

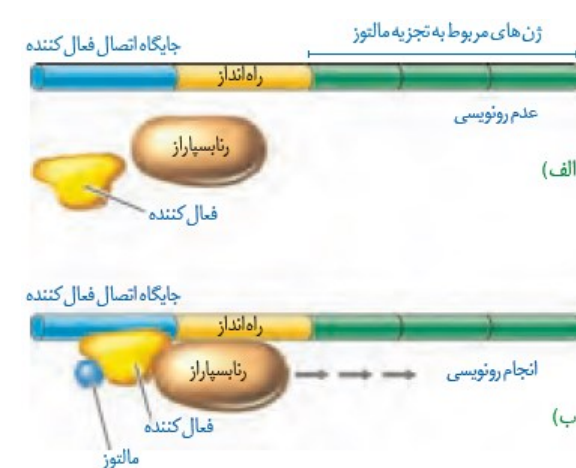
b) با دخالت در طول عمر mRNA است:

✓ افزایش طول عمر mRNA موجب افزایش محصول می‌شود.



**نکته:** تغییر شکل مهارکننده، آن را از اپراتور جدا می‌کند و نیز مانع از اتصال آن به اپراتور می‌شود؛ با برداشته شدن مانع سر راه، RNA پلیمراز می‌تواند رونویسی ژن‌ها را انجام دهد. محصولات این ژن‌های پشت سر هم تجزیه لاکتوز را ممکن می‌کند.

**حالت دوم: تنظیم مثبت = تسهیل روند رونویسی با کمک به RNA پلیمراز برای اتصال به راه‌انداز:**



**نکته:** پروتئین‌های خاصی به نام فعال کننده به RNA پلیمراز کمک می‌کنند تا بتواند به راه‌انداز متصل شود و رونویسی را شروع کند.

✓ اگر در محیط باکتری، قند مالتوز وجود داشته باشد، درون باکتری آنزیم‌هایی ساخته می‌شوند که در تجزیه آن دخالت دارند. در عدم حضور مالتوز این آنزیم‌ها ساخته نمی‌شوند چون باکتری نیازی به آن‌ها ندارد.

**نکته:** انواعی از پروتئین به نام فعال کننده وجود دارند. در حضور قند مالتوز:

✓ اتصال مالتوز به پروتئین‌های فعال کننده موجب قرار گرفتن این پروتئین‌ها روی توالی‌های خاصی از DNA به نام جایگاه اتصال فعال کننده می‌شود. این جایگاه قبل از راه‌انداز قرار دارد.

✓ اگر کمپلکس مالتوز-فعال کننده روی جایگاه اتصال فعال کننده قرار گیرد RNA پلیمراز را کمک می‌کند تا به راه‌انداز متصل شود و با تسهیل اتصال RNA پلیمراز به راه‌انداز تاثیر مثبت خود را می‌گذارد.

### تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها

**نکته:** تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها پیچیده‌تر از پروکاریوت‌هاست و می‌تواند در مراحل پیش‌تری انجام شود.

**نکته:** یاخته‌های یوکاریوتی به‌وسیله غشاها به بخش‌های مختلفی تقسیم شده‌اند بنابراین، اگر یاخته خواهد نسبت به یک ماده واکنش نشان دهد باید این عوامل به طریقی از غشاها عبور کنند؛ ژن‌ها را تحت تأثیر قرار دهند.



**نکته:** داشتن تنها یک الل 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.

**(۲) یکی گروه خونی معروف به ABO:** براساس آن چهار گروه A، B، AB و O گروه خونی داریم.

این گروه‌بندی بر مبنای بودن یا نبودن دو نوع کربوهیدرات به نام‌های A و B در غشای گویچه‌های قرمز است که اضافه شدن آن یک واکنش آنزیمی است.

**نکته:** برای این عمل دو نوع آنزیم وجود دارد:

- آنزیم A، که کربوهیدرات A را به غشا اضافه می‌کند.
- آنزیم B، که کربوهیدرات B را به غشا اضافه می‌کند.

**نکته:** اگر هیچ‌یک از این دو آنزیم وجود نداشته باشند، آن‌گاه هیچ کربوهیدراتی اضافه نخواهد شد.

گروه خونی O	گروه خونی AB	گروه خونی B	گروه خونی A
هیچ کدام	A و B	B	A
B و A	-	A	B

**نکته:** بنابراین برای این صفت، سه الل وجود دارد.

- الی که آنزیم A را می‌سازد (A).
- الی که آنزیم B را می‌سازد (B).
- الی که هیچ آنزیمی نمی‌سازد (O).

**نکته:** جایگاه ژن‌های گروه خونی ABO در فام‌تن شماره ۹ است و برای سادگی، این سه الل را به ترتیب A، B و O می‌نامند.

**نکته:** ژنوتیپ AB هردو آنزیم ساخته می‌شوند و به همین علت گلبول قرمز هردو کربوهیدرات A و B را خواهد داشت.

در این‌جا رابطه بین دو الل A و B، دیگر از نوع بارز و نهفتگی نیست چنین رابطه‌ای را هم‌توانی می‌نامیم و می‌گوییم الل‌های A و B نسبت به هم هم‌توان هستند.

**نکته:** ژن‌شناسان الل‌های A، B و O را به ترتیب با  $I^A$ ،  $I^B$  و  $i$  نشان می‌دهند.

این نوع نام‌گذاری به روشنی نشان می‌دهد که الل  $I^A$  و  $I^B$  نسبت به هم هم‌توان اما نسبت به  $i$  بارزند.

### غالب ناقص (بارزیت ناقص)

**نکته:** رابطه دیگری نیز بین الل‌ها برقرار است و آن موقعی است که صفت در حالت ناخالص، به صورت حدواسط حالت‌های خالص مشاهده می‌شود. رنگ گل میمونی مثال خوبی است. دو الل برای رنگ گل میمونی وجود دارد که یکی قرمز و دیگری سفید است. این دو را به ترتیب با R و W نشان می‌دهیم.

به این علت که هیچ کدام بر دیگری غالبیت ندارند نمی‌توانیم با حرف کوچک نشان‌شان دهیم بنابراین هر کدام را با نوعی حرف بزرگ نشان می‌دهیم در حالت RR رنگ گل قرمز و در حالت WW رنگ گل سفید است.

## گفتار ۲ – انواع صفات

**نکته:** کروموزوم‌ها (فام‌تن‌ها) به دو دسته غیرجنسی و جنسی تقسیم می‌شوند.

(۱) کروموزوم‌های جنسی انسان، X و Y هستند.

(۲) کروموزوم‌های غیر جنسی (اتوزوم)، ۴۴ کروموزوم دیگر هستند.

**نکته:** صفاتی را که جایگاه ژنی آن‌ها در یکی از کروموزوم‌های غیرجنسی قرار داشته باشد صفت مستقل از جنس (اتوزومی) و صفاتی را که جایگاه ژنی آن‌ها در یکی از دو کروموزوم جنسی قرار داشته باشد وابسته به جنس می‌گویند.

### وراثت صفات مستقل از جنس (صفات اتوزومی)

**نکته:** Rh یک صفت مستقل از جنس است. هر یک از پدر و مادر، از هر جفت کروموزوم هم‌تا تنها یکی را از طریق گامت‌ها به نسل بعد منتقل می‌کنند.

✓ اگر پدر و مادر Dd و ناخالص باشند آنگاه هم پدر و هم مادر از نظر Rh دو نوع گامت تولید می‌کنند. یکی گامتی که D دارد و دیگری گامتی که d دارد.

✓ ژنوتیپ فرزندان به این بستگی دارد که کدام گامت‌ها با یکدیگر لقاح پیدا کنند.

**نکته:** ژنوتیپ فرزندان را می‌توان با روشی به نام مربع پانت به دست آورد که در روش مربع پانت، گامت‌های والدین را به‌طور 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:

**نکته:** باید توجه داشت که ژنوتیپ‌های Dd و dd یکسان‌اند.

✓ بنابراین هر فرزندی که متولد می‌شود می‌تواند یکی از (انواع) ژنوتیپ‌های DD، Dd و dd را داشته باشد.

### صفت وابسته به X

**نکته:** گاهی ژن صفتی که بررسی می‌شود در کروموزوم X قرار دارد.

✓ به این صفات، وابسته به X می‌گویند.

**نکته:** هموفیلی، یک بیماری وابسته به X و مغلوب (نهفته) است.

✓ الل این بیماری که روی کروموزوم X قرار دارد مغلوب (نهفته) است.

✓ در فرد بیمار فرآیند لخته شدن

خون دچار اختلال می‌شود.

✓ شایع‌ترین نوع هموفیلی مربوط

است به فقدان عامل انعقادی VIII.

**نکته:** الل بیماری هموفیلی را  $X^h$  می‌نامیم و الل سالم بودن  $X^H$  نامیده می‌شود.

✓ در کروموزوم Y جایگاهی برای الل‌های هموفیلی وجود ندارد.

**نکته:** فرد ناقل بیمار نیست اما ژن بیماری را دارد و می‌تواند به نسل بعد منتقل کند.

**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؟

○ ژنوتیپ مرد هموفیل  $X^hY$  و گامت‌هایی که تولید می‌کند  $X^h$  و Y است.

○ ژنوتیپ زن سالم خالص  $X^HX^H$  است و برای این صفت فقط یک نوع گامت تولید می‌کند:  $X^H$

○ ژنوتیپ‌ها و فنوتیپ‌های نسل‌های بعد را می‌توان به کمک مربع پانت یافت.

گامت‌ها	$X^h$	Y
$X^H$	$X^HX^h$ دختر ناقل	$X^HY$ پسر سالم

## صفات پیوسته (کمی = غیر گسسته = طیفی)

**نکته:** اندازه قد صفتی پیوسته است به این معنی که هر عددی بین یک حداقل و یک حداکثر، ممکن است باشد.

### صفات گسسته (غیر پیوسته)

**نکته:** در میان انسان‌ها، صفت Rh تنها به دو شکل مثبت و منفی دیده می‌شود؛ بنابراین Rh، گسسته است.

### صفات تک‌جایگاهی (تک ژنی)

**نکته:** صفاتی که تا این‌جا بررسی کردیم، صفاتی هستند که یک جایگاه ژن در کروموزوم دارند. الل صفت گروه‌های خونی ABO یک جایگاه مشخص از کروموزوم ۹ را به خود اختصاص داده‌اند.

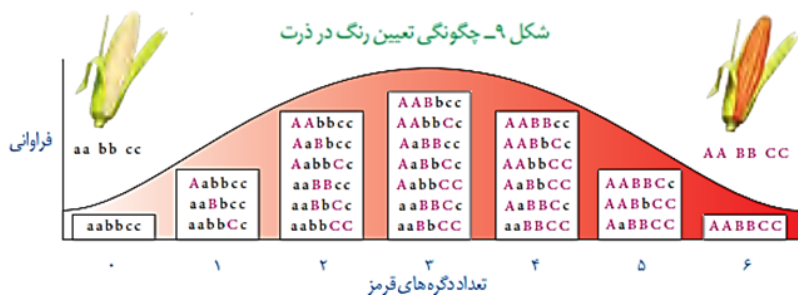
### صفات چندجایگاهی (چند ژنی)

**نکته:** صفاتی هستند که در بروز آن‌ها بیش از یک جایگاه ژن شرکت دارد. رنگ نوعی ذرت مثالی از صفات چندجایگاهی است. رنگ این ذرت طیفی از سفید تا قرمز است.

**نکته:** صفت رنگ در این نوع ذرت صفتی با سه جایگاه ژنی است که هر کدام دو الل دارند (شش الل). برای نشان دادن ژن‌ها در این سه جایگاه، از حروف بزرگ و کوچک A، B و C استفاده می‌کنیم. برحسب نوع ترکیب الل‌ها، رنگ‌های مختلفی ایجاد می‌شود.

✓ الل‌های غالب (بارز)، رنگ قرمز و الل‌های مغلوب (نهفته)، رنگ سفید را به وجود می‌آورند.

✓ بنابراین فنوتیپ‌های دو آستانه طیف، یعنی قرمز و سفید به ترتیب ژنوتیپ‌های AABBCC و aabbcc را دارند.



**نکته:** در فنوتیپ‌های ناخالص، هر چه تعداد الل‌های غالب بیشتر باشد، مقدار رنگ قرمز بیشتر است.

✓ چنان‌که می‌بینیم صفات چندجایگاهی فنوتیپ‌های 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 فنوتیپ‌ها شبیه زنگوله است (تابع توزیع نرمال).

✓ توجه داشته باشیم که فنوتیپ صفات تک‌جایگاهی، غیر پیوسته (گسسته) است. مثلاً

رنگ گل میمونی یا سفید، یا قرمز یا صورتی (بدون طیف) است.

### اثر محیط

**نکته:** گاهی برای بروز یک فنوتیپ، تنها وجود ژن کافی نیست. مثلاً در گیاهان، ساخته شدن کلروفیل (سبزینه) علاوه بر ژن، به نور هم نیاز دارد.

**نکته:** محیط انسان، شامل عوامل متعددی است. تغذیه و ورزش عوامل محیطی‌اند که می‌توانند بر ظهور فنوتیپ اثر بگذارند.

✓ به‌عنوان مثال، قد انسان به تغذیه و ورزش هم بستگی دارد. بنابراین نمی‌توان تنها از

روی ژن‌ها، علت اندازه قد یک نفر را توضیح داد.

### مهار بیماری‌های ژنتیک

**نکته:** نمی‌توان بیماری‌های ژنتیک را در حال حاضر درمان کرد اما گاهی می‌توان با تغییر عوامل محیطی، بروز اثر ژن‌ها را مهار کرد. مثال این موضوع، بیماری فنیل کتونوری (PKU) است.

**فنیل کتونوری:** یک بیماری مغلوب (از نوع اتوزومی نهفته) است که مغز فرد بیمار آسیب می بیند.

- ✓ در این بیماری آنزیمی که آمینواسید فنیل آلانین را می تواند تجزیه کند وجود ندارد.
- ✓ علت این بیماری، تغذیه از پروتئین های حاوی فنیل آلانین است. تجمع فنیل آلانین در بدن به ایجاد ترکیبات خطرناک منجر می شود. پس با تغذیه نکردن از خوراکی هایی که فنیل آلانین دارند، می توان مانع بروز اثرات این بیماری شد.

**نکته:** وقتی نوزاد فاقد ژن سالم متولد می شود، علائم آشکاری ندارد:

- ✓ تغذیه نوزاد مبتلا به فنیل کتونوری با شیر مادر (که حاوی فنیل آلانین است) به آسیب باخته های مغزی او می انجامد.
- ✓ به همین علت، نوزادان را در بدو تولد از نظر ابتلای احتمالی به این بیماری، با انجام آزمایش خون بررسی می کنند. در صورت ابتلا، نوزاد با شیر خشک هایی که فاقد فنیل آلانین است تغذیه می شود و در رژیم غذایی او برای آینده، از رژیم های بدون (یا کم) فنیل آلانین استفاده می شود.

## فصل ۴ - تغییر در اطلاعات وراثتی

**نکته:** پایداری نسبی، یکی از ویژگی های ماده وراثتی است اما به طور محدود تغییرپذیر است و این تغییرپذیری باعث ایجاد گوناگونی می شود.

- ✓ ایجاد دگرگونی توان بقای جمعیت ها را در شرایط متغیر محیط افزایش می دهد و زمینه تغییر گونه ها را فراهم می کند.

## گفتار ۱ - تغییر در ماده وراثتی جانداران

**نکته:** تغییر ماده وراثتی، ممکن است «مفید»، «مضر» یا «خنثی» باشد.

### جهش

**نکته:** تغییر دائمی در نوکلئوتیدهای ماده وراثتی را جهش می نامند.

- ✓ دو پروتئین هموگلوبین در مقایسه آمینواسیدهای هموگلوبین های سالم و تغییر شکل یافته در رابطه با بیماری کم خونی داسی شکل فقط در یک آمینواسید با هم تفاوت دارند:
- ✓ در بیماران، رمز مربوط به این آمینواسید، نوکلئوتید A به جای T قرار گرفته است و آمینواسید والین بجای گلوتامین در زنجیره قرار گرفته است.

### نوع جهش

**نکته:** جهش می تواند در اندازه بسیار و سبب رخ دهد و گاهی جهش آن قدر و سبب است که حتی ساختار یا تعداد کروموزوم را تغییر می دهد و بر همین اساس، جهش ها را به دو گروه کوچک و بزرگ تقسیم می کنند.

### الف: جهش های کوچک:

**نکته:** این جهش ها یک یا چند نوکلئوتید را در برمی گیرند و شامل:

۱. **جهش جانشینی:** این نوع جهش را جانشینی می نامند که نهایتاً پس از همانند سازی جانشینی در یک نوکلئوتید به جانشینی در یک جفت نوکلئوتید منجر می شود:  
(۱) جهش خاموش: رمز یک آمینواسید را به رمز دیگری برای همان آمینواسید تبدیل می کند (بی اثر در توالی آمینواسید پروتئین).  
(۲) جهش دگر معنا: رمز یک آمینواسید را به رمز یک آمینواسید دیگر تبدیل می کند

که در این صورت پلی پپتید تغییر ساختار پیدا خواهد کرد (ایجاد رمز آمینواسید دیگر)، مثل یاخته های داسی شکل.

- ۳) جهش بی معنا: رمز یک آمینواسید را به رمز پایان ترجمه تبدیل کند که در این صورت پلی پپتید حاصل از آن، کوتاه خواهد شد (= ایجاد رمز پایان).



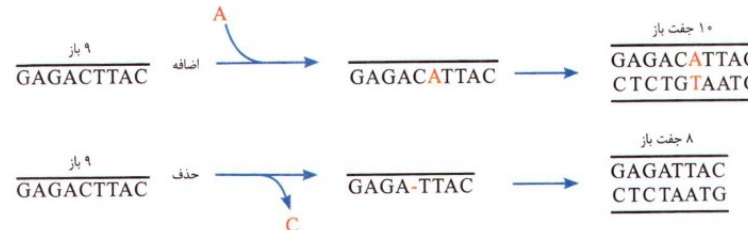
۲. **جهش های اضافه و حذف:** انواع دیگر جهش های کوچک اند. در این جهش ها به ترتیب یک یا چند نوکلئوتید اضافه یا حذف می شود.

**نکته:** اگر نوکلئوتیدی اضافه یا حذف شود ممکن است پیامد وخیمی داشته باشد.

- ✓ جمله «این سیب سرخ است» را که با کلمات سه حرفی نوشته شده است. به صورت زیر در نظر بگیرید: ا ی ن / ا س ی ب / ا س ر خ / ا س ت

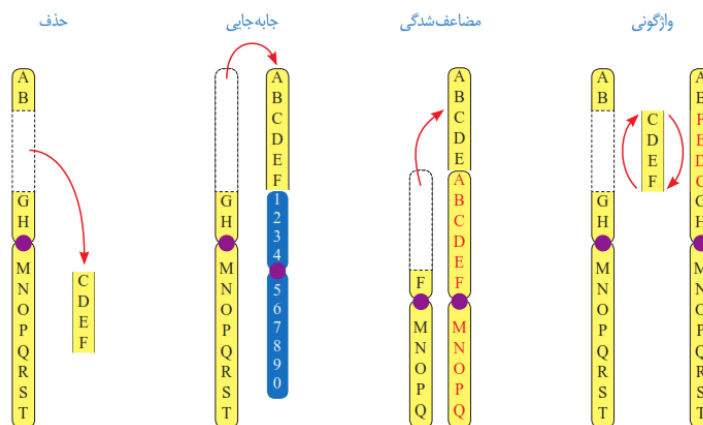
**نکته:** قرار است این جمله را هم چنان به صورت کلمات سه حرفی بخوانیم و جمله معنای خود را از دست می دهد: ا ی ن / ا ر س ی ب / ا س ر ا خ / ا س ت

**نکته:** جهش هایی را که باعث چنین تغییری در خواندن می شوند، جهش تغییر چارچوب خواندن می نامند.



### ب: جهش های بزرگ: (ناهنجاری های کروموزومی)

۱. **ناهنجاری عددی:** مبتلایان به بیماری نشانگان داون یک کروموزوم ۲۱ اضافی دارند.
۲. **ناهنجاری ساختاری:**
  - ۱) جهش حذف: همان طور که در شکل می بینید، ممکن است قسمتی از کروموزوم از دست برود که به آن حذف می گویند و حذفی غالباً باعث مرگ می شوند.
  - ۲) جهش جابه جایی: قسمتی از یک کروموزوم به کروموزوم غیرهمتا منتقل می شود و یا بخش دیگری از همان کروموزوم منتقل می شود.
  - ۳) جهش مضاعف شدگی: قسمتی از یک کروموزوم به کروموزوم همتا جابه جا شود، آن گاه در کروموزوم همتا، از آن قسمت دو نسخه دیده می شود.
  - ۴) جهش واژگونی: جهت قرارگیری قسمتی از یک کروموزوم در جای خود معکوس می شود.



### ژنگان

**نکته:** ژنگان به کل محتوای ماده وراثتی گفته می شود و برابر است با مجموع محتوای ماده وراثتی هسته ای و سیتوپلاسمی.

- ۱) ژنوم هسته ای انسان شامل ۲۲ کروموزوم غیرجنسی و کروموزوم های جنسی X و Y است.
- ۲) ژنوم سیتوپلاسمی مجموع ژن های خارج هسته ای موجود در میتوکندری می باشد.

### پیامدهای جهش بر عملکرد

**نکته:** اگر جهش در توالی های بین ژنی رخ دهد. در این صورت بر توالی محصول ژن، اثری نخواهد گذاشت.

**نکته:** اگر جهش درون ژن رخ دهد، آن گاه پیامدهای آن مختلف خواهد بود.

**نکته:** تغییر در عملکرد آنزیم به محل وقوع تغییر در آنزیم بستگی دارد.

۱. اگر در جایگاه فعال آنزیم شود، احتمال تغییر عملکرد بسیار زیاد است.
۲. 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.

**نکته:** گاهی جهش در یکی از توالی های تنظیمی ژن رخ می دهد، مثلاً در راه انداز یا افزایش دهنده این جهش بر «مقدار» پروتئین تأثیر می گذارد و یا ممکن است راه انداز را قوی تر یا ضعیف تر کند و میزان رونویسی را تحت تأثیر قرار دهد.

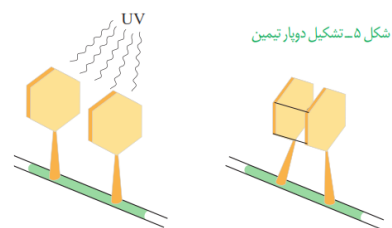
### علت جهش

**نکته:** گاهی در همانندسازی خطاهایی رخ می دهد و یا عوامل جهش زا باعث آن می شود.

**نکته:** عوامل جهش زا را می توان به دو دسته فیزیکی و شیمیایی تقسیم کرد.

**الف: عوامل فیزیکی:** مانند پرتوی فرابنفش که باعث تشکیل پیوند بین دو تیمین مجاور هم

می شود که به آن دوپار (دیمر) تیمین می گویند. که با ایجاد اختلال در عملکرد دنابسپاراز همانندسازی را با مشکل مواجه می کند.



**ب) عوامل شیمیایی:** مانند بنزوپیرن که در دود

سیگار وجود دارد و جهشی ایجاد می کند که به سرطان منجر می شود.

**نکته:** جهش ممکن است ارثی یا اکتسابی باشد:

- ۱) **جهش ارثی:** در گامت ها وجود دارد و از یک یا هر دو والد به فرزند می رسد. که پس از لقاح، جهش را به تخم منتقل می کنند. پس همه یاخته های حاصل از آن تخم، دارای آن جهش اند.

- ۲) **جهش اکتسابی:** از محیط کسب می شود مثل سیگار کشیدن می تواند باعث ایجاد جهش در یاخته های دستگاه تنفس شود.

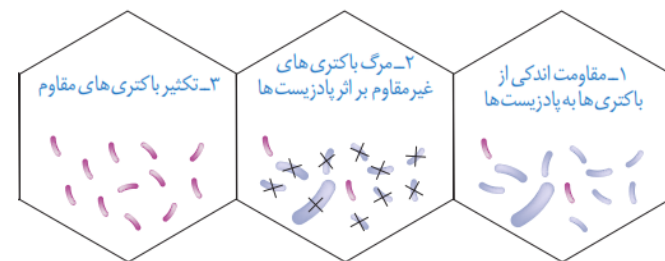
**نکته:** غذاهای گیاهی که پاداکسنده و الیاف دارند در پیشگیری از سرطان مؤثرند همچنین مصرف غذاهای نمکسود یا دودی شده و غذاهای کباب شده یا سرخ شده، احتمال سرطان را بالا می برد.

- ✓ ترکیبات نیتريت دار مانند سدیم نیتريت، که برای ماندگاری محصولات پروتئینی مثل سوسیس و کالباس به آن ها اضافه می شود، در بدن به ترکیباتی سرطان زا تبدیل می شود.



## گفتار ۲ - تغییر در جمعیت‌ها

**نکته:** آنتی‌بیوتیک‌ها (پادزیست‌ها) یکی از کارآمدترین ابزارهای دفاعی در برابر باکتری‌های بیماری‌زا هستند اما برخی باکتری‌ها نسبت به پادزیست‌ها مقاوم شده‌اند که نشان می‌دهد «موجودات زنده می‌توانند در گذر زمان تغییر کنند».



**نکته:** انتقال ژن به باکتری می‌تواند با دریات DNA از محیط (مثل آزمایش گریفیت) یا دریافت DNA نظیر پلازمید از باکتری دیگر باشد.

### تغییر در گذر زمان

**نکته:** تفاوت‌های فردی منحصر به انسان نیست و در میان افراد گونه‌های دیگر هم تفاوت‌های فردی مشاهده می‌شود.

**نکته:** برای تغییر، شرایطی لازم است:

- وجود تفاوت‌های فردی: تحمل شرایط مختلف محیطی و توان بقا را بالا می‌برد.
- شرایط محیطی: موجب می‌شود برخی فنوتیپ‌های سازگار توان بقا پیدا کنند.

**نکته:** این فرآیند را که در آن افراد سازگارتر با محیط انتخاب می‌شوند، یعنی آن‌هایی که شانس بیش‌تری برای زنده ماندن و تولیدمثل دارند، انتخاب طبیعی می‌نامند که می‌تواند علت مقاوم شدن باکتری‌ها به آنتی‌بیوتیک‌ها را نیز توضیح دهد (شکل ۶).

**نکته:** انتخاب طبیعی «جمعیت» را تغییر می‌دهد نه «فرد» را.

✓ جمعیت، به افرادی گفته می‌شود که به یک گونه تعلق دارند و در یک زمان و در یک مکان زندگی می‌کنند.

**خزانه ژن:** مجموع همه الل‌های موجود در همه جایگاه‌های ژنی افراد یک جمعیت را خزانه ژن آن جمعیت می‌نامند.

### جمعیت در حال تعادل

**نکته:** اگر در جمعیتی فراوانی نسبی الل‌ها یا فراوانی نسبی ژنوتیپ‌ها از نسلی به نسل دیگر حفظ شود آن‌گاه می‌گویند جمعیت در حال تعادل ژنی است و تغییر در آن، مورد انتظار نیست.

**نکته:** عوامل برهم خوردن تعادل:

- الف) جهش:** با افزودن الل‌های جدید، خزانه ژن را غنی‌تر می‌کند و گوناگونی را افزایش می‌دهد.
- ✓ بسیاری از جهش‌ها تأثیری فوری بر فنوتیپ ندارند و ممکن است تشخیص داده نشوند.
- ✓ با تغییر شرایط محیط ممکن است الل جدید، سازگارتر از الل یا الل‌های قبلی عمل کند.
- ب) رانش اللی:** در هر جمعیتی، بعضی از افراد ممکن است فرزندان بیش‌تری نسبت به بقیه نداشته باشند یا این‌که اصلاً فرزندی نداشته باشند بنابراین ژن‌هایی که به نسل بعد می‌رسند لزوماً ژن‌های سازگارتر نیستند بلکه ژن‌های خوش‌شانس‌ترند!

**مثال ۱:** فرض کنید گله‌ای شامل ۱۰۰ گوسفند در حال عبور از ارتفاعات‌اند. حین عبور، دو گوسفند به پایین سقوط می‌کنند.

✓ اگر این دو گوسفند پیش از رسیدن به سن تولیدمثل مرده باشند، شانس انتقال ژن‌های خود را به نسل بعد نداشته‌اند.

**نکته:** فرآیندی که باعث تغییر فراوانی الل‌ای بر اثر رویداد تصادفی می‌شود، رانش اللی می‌گویند.

✓ رانش اللی فراوانی الل‌ها را تغییر می‌دهد اما برخلاف انتخاب طبیعی به سازش نمی‌انجامد.

**مثال ۲:** گاهی در حوادثی نظیر سیل، زلزله، آتش‌سوزی و نظایر آن، تعداد آن‌هایی که می‌میرند ممکن است بیش از آن‌هایی باشند که زنده می‌مانند. بنابراین بخشی از الل‌های جمعیت بزرگ اولیه به جمعیت کوچک باقی‌مانده خواهد رسید و جمعیت آینده از همین الل‌های برجای مانده تشکیل خواهند شد.

✓ پس فراوانی الل‌ها تغییر می‌کند اما این تغییر در فراوانی، ارتباطی با سازگاری آن‌ها با محیط و انتخاب طبیعی ندارد.

**نکته:** هرچه اندازه یک جمعیت کوچک‌تر باشد، رانش الل‌ای اثر بیش‌تری دارد.

**نکته:** برای آن‌که جمعیتی در تعادل باشد، باید اندازه بزرگی (تعداد افراد زیاد) داشته باشد.

**ج) شارش ژن:** وقتی افرادی از یک جمعیت به جمعیت دیگری مهاجرت می‌کنند، در واقع تعدادی از الل‌های جمعیت مبدأ را به جمعیت مقصد وارد می‌کنند. به این پدیده، شارش ژن می‌گویند.

✓ اگر بین دو جمعیت، شارش ژن به‌طور پیوسته و دو سویه ادامه یابد، سرانجام خزانه ژن دو جمعیت به هم شبیه می‌شود.

**د) آمیزش غیر تصادفی:** برای آن‌که جمعیتی در حال تعادل باشد، لازم است آمیزش‌ها در آن تصادفی باشند یعنی احتمال آمیزش هر فرد با افراد جنس دیگر در آن جمعیت یکسان باشد.

✓ اگر آمیزش‌ها به فنوتیپ یا ژنوتیپ بستگی داشته باشد دیگر تصادفی نیست مثلاً جانوران جفت خود را براساس ویژگی‌های ظاهری و رفتاری «انتخاب» می‌کنند.

**ه) انتخاب طبیعی:** فراوانی الل‌ها را در خزانه ژنی تغییر می‌دهد.

✓ افراد سازگارتر با محیط را برمی‌گزینند و از فراوانی دیگر افراد می‌کاهد.

✓ خزانه ژن نسل آینده دست‌خوش تغییر می‌شود.

✓ در نتیجه انتخاب طبیعی، بعضی از باکتری‌ها نسبت به تغییر شرایط (حضور پادزیست‌ها) سازش پیدا کرده‌اند.

### حفظ گوناگونی در جمعیت‌ها

**نکته:** نتیجه انتخاب طبیعی، سازگاری بیش‌تر جمعیت با محیط است.

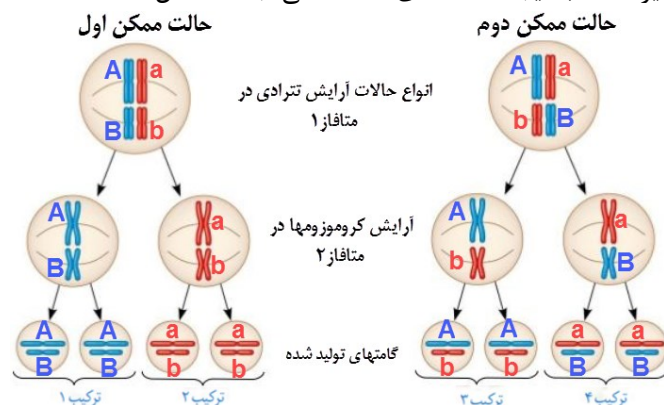
✓ با انتخاب افراد سازگارتر، تفاوت‌های فردی و در نتیجه گوناگونی کاهش می‌یابد.

✓ تنوع در میان افراد یک جمعیت، توانایی بقای جمعیت را در شرایط محیطی جدید بالا می‌برد.

**الف) گوناگونی اللی در گامت‌ها:** در تولیدمثل جنسی، هر والد از طریق گامت‌هایی که می‌سازد، نیمی از کروموزوم‌های خود را به نسل بعد منتقل می‌کند.

✓ این‌که هر گامت کدام‌یک از کروموزوم‌ها را منتقل می‌کند به آرایش تترادها (چهارتایه‌ها) در میوز ۱ (کاستمان) بستگی دارد.

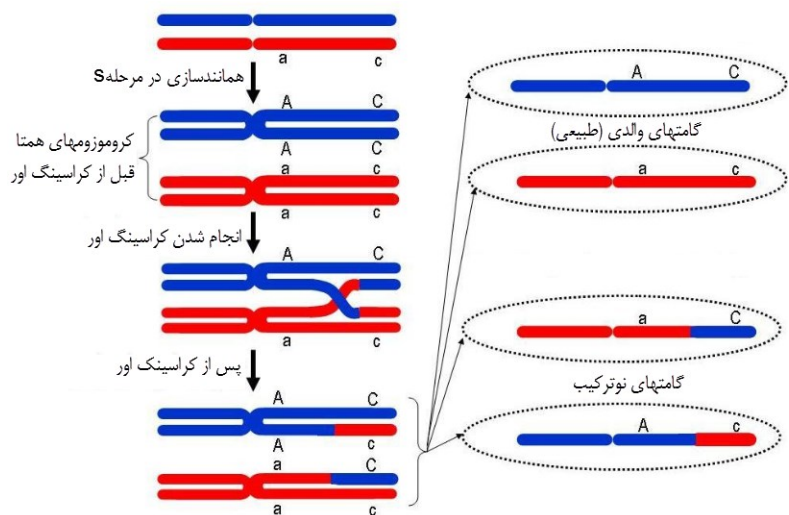
✓ در متافاز میوز ۱، کروموزوم‌ها با آرایش‌های مختلفی ممکن است در سطح میانی یاخته قرار گیرند، که به ایجاد گامت‌های مختلف می‌انجامد (شکل ۸).



**ب) نوترکیبی کراسینگ اوری:** در میوز ۱، هنگام جفت شدن کروموزوم‌های همتا و ایجاد تتراد، ممکن است قطعه‌ای از کروموزوم بین کروماتیدهای غیرخواهری (فامینک‌های غیرخواهری) مبادله شود.

**نکته:** بشرط آنکه قطعات مبادله شده حاوی الل‌های متفاوتی باشند: ترکیب جدیدی از الل‌ها در این دو کروماتید (فامینک) به‌وجود می‌آید و به آن‌ها کروماتیدهای نوترکیب می‌گویند.

✓ از میان گامت‌ها، آن‌هایی که کروماتیدهای نوترکیب را دریافت می‌کنند، گامت نوترکیب نامیده می‌شوند (شکل ۹).



**ج) اهمیت ناخالص‌ها:** حفظ گوناگونی را می‌توان به‌وسیله بیماری کم‌خونی ناشی از گویچه‌های قرمز داسی‌شکل نشان داد:

✓ افراد مبتلا به بیماری ژنوتیپ  $Hb^S Hb^S$  (aa) دارند و در سنین پایین معمولاً می‌میرند.

✓ ناخالص‌ها  $Hb^A Hb^S$  (Aa) بوده و وضع بهتری دارند. گویچه‌های قرمز آن‌ها فقط هنگامی داسی‌شکل می‌شوند که مقدار اکسیژن محیط کم باشد.

**نکته:** فراوانی الل  $Hb^S$  (a) در مناطقی که مالاریا شایع است بسیار بیش‌تر از سایر مناطق است.

✓ بیماری مالاریا به‌وسیله نوعی انگل تک‌یاخته‌ای یوکاریوتی 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 مالاریا قرار دارند.

✓ این انگل نمی‌تواند در افراد  $Hb^A Hb^S$  سبب بیماری شود چون وقتی این گویچه‌ها را آلوده می‌کند، شکل آن‌ها داسی‌شکل می‌شود و انگل می‌میرد.

✓ پس افراد  $Hb^A Hb^S$  در برابر مالاریا مقاوم‌اند. بنابراین، وجود الل  $Hb^S$  در این منطقه باعث بقای جمعیت می‌شود.

○ پس شرایط محیطی، تعیین‌کننده صفتی است که حفظ می‌شود.

## گفتار ۳ - تغییر در گونه‌ها

### الف: سنگواره‌ها

**نکته:** سنگواره، بقایای یک جاندار یا آثاری از جاننداری که در گذشته دور زندگی می‌کرده است.

✓ 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.

✓ عمر یک سنگواره قابل تعیین است و اطلاعات فراوانی به ما می‌دهند و نشان می‌دهند که

در زمان‌های مختلف، زندگی به شکل‌های مختلفی جریان داشته است.

**نکته:** دیرینه‌شناسی، شاخه‌ای از زمین‌شناسی است که به مطالعه سنگواره‌ها می‌پردازد.

✓ در یافته‌اند که در گذشته جاندارانی زندگی می‌کرده‌اند که امروز دیگر نیستند مثل دایناسورها.

✓ جاندارانی نیز هستند که امروز زندگی می‌کنند، اما در گذشته نیز زندگی کرده‌اند مثل درخت گیسو که این درخت در ۱۷۰ میلیون سال پیش هم وجود داشته است.

### ب: تشریح مقایسه‌ای

**نکته:** اجزای پیکر جانداران گونه‌های مختلف با یکدیگر مقایسه می‌شود.

✓ ساختار بدنی بعضی گونه‌ها از طرح مشابهی برخوردار است.

✓ مقایسه اندام حرکت جلویی در مهره‌داران مختلف، از طرح ساختاری یکسان حکایت دارد.

### ساختارهای همتا (همولوگ):

ندام‌هایی دارای طرح ساختاری یکسان اما کار متفاوتی را گویند. دست انسان، بال پرنده، باله دلفین و دست گربه اندام‌های همتا هستند.

**گونه‌های خویشاوند:** گونه‌هایی که، نیای مشترکی دارند در گذشته از گونه مشترکی مشتق شده‌اند و شباهت‌های بینشان زیاد است.

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

**ساختارهای غیرهمتا (آنالوگ):** ساختارهایی را که کار یکسان اما طرح متفاوت دارند. بال کبوتر؛ بال پروانه آنالوگ‌اند.

✓ این ساختارها نشان می‌دهند که برای پاسخ به یک نیاز، جانداران به روش‌های مختلفی سازش پیدا کرده‌اند.

**ساختارهای وستیجیال (ردیا):** ساختارهایی که در یک عده بسیار کارآمد هستند اما در عده دیگر، کوچک یا ساده شده یا ضعیف شده و یا فاقد کار خاص را گویند.

✓ مار پیتون با این که 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.

✓ مارها از تغییر یافتن سوسمارها پدید آمده‌اند.

### ج: مطالعات مولکولی

**نکته:** در ژنوم‌شناسی مقایسه‌ای، ژنوم گونه‌های مختلف با یکدیگر مقایسه می‌شود. کاربرد:

۱. می‌توان فهمید، کدام ژن‌ها در بین گونه‌ها مشترک‌اند و کدام ژن‌ها ویژگی‌های خاص یک گونه را باعث می‌شوند.
۲. تشخیص خویشاوندی گونه‌ها.

**توالی‌های حفظ شده:** توالی‌هایی از DNA را که در بین گونه‌های مختلف دیده می‌شوند.

### گونه‌زایی

تعریف ارنست مایر برای جاندارانی که تولیدمثل جنسی دارند:

«گونه به جاندارانی گفته می‌شود که می‌توانند در طبیعت با هم آمیزش کنند و زاده‌های زیست‌زا و با وجود آوردن ولی نمی‌توانند با جانداران دیگر آمیزش موفقیت‌آمیز داشته باشند»

**زیست‌زا:** به جاندارانی گفته می‌شود که زنده می‌ماند و زندگی طبیعی خود را ادامه می‌دهد.

**آمیزش موفقیت‌آمیز:** آمیزشی است که به تولید زاده‌های زیست‌زا و منجر شود.

**عوامل جدایی تولیدمثلی:** عواملی است که مانع آمیزش بعضی از افراد یک گونه با بعضی دیگر

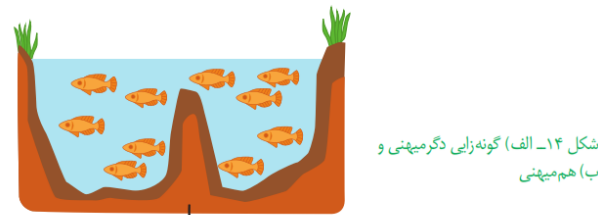
از افراد همان گونه می‌شوند.

**نکته:** اگر میان افراد یک گونه جدایی تولیدمثلی رخ دهد، آن‌گاه خزانه ژنی آن‌ها از یکدیگر جدا و احتمال تشکیل گونه جدید فراهم می‌شود.

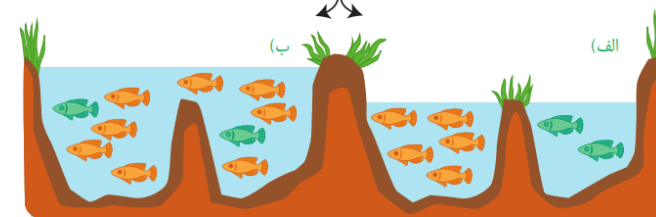
**نکته:** به‌طور کلی سازوکارهایی را که باعث ایجاد گونه‌های جدید می‌شوند، به دو گروه تقسیم می‌کنند:

(۱) **گونه‌زایی دگرمیهنی:** که در آن جدایی جغرافیایی رخ می‌دهد.

(۲) **گونه‌زایی هم‌میهنی:** که در آن جدایی جغرافیایی رخ نمی‌دهد.



شکل ۱۴- الف) گونه‌زایی دگرمیهنی و ب) هم‌میهنی



### گونه‌زایی دگرمیهنی

**نکته:** گاهی بر اثر وقوع رخدادهای زمین‌شناختی و وقوع 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 و این سدهای جغرافیایی، ارتباط دو قسمت را که قبلاً به یک جمعیت تعلق داشتند قطع می‌کنند و بین آن‌ها دیگر شارش ژن صورت نمی‌گیرد.

**نکته:** بر اثر وقوع پدیده‌هایی همچون جهش، نوترکیبی و انتخاب طبیعی، به تدریج دو جمعیت یادشده 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 بنابراین می‌توان آن‌ها را دو گونه مجزا به‌شمار آورد.

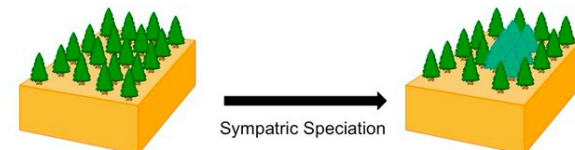


**نکته:** اگر جمعیتی که از جمعیت اصلی جدا شده است کوچک باشد، آن‌وقت اثر رانش ژن را نیز باید در نظر گرفت که خود بر میزان تفاوت بین دو جمعیت می‌افزاید.

### گونه‌زایی هم‌میهنی

**نکته:** گاهی بین جمعیت‌هایی که در یک زیستگاه زندگی می‌کنند، جدایی تولیدمثلی اتفاق می‌افتد و در نتیجه، گونه جدیدی حاصل می‌شود.

**نکته:** در گونه‌زایی هم‌میهنی، برخلاف گونه‌زایی دگرمیهنی، جدایی جغرافیایی رخ نمی‌دهد.



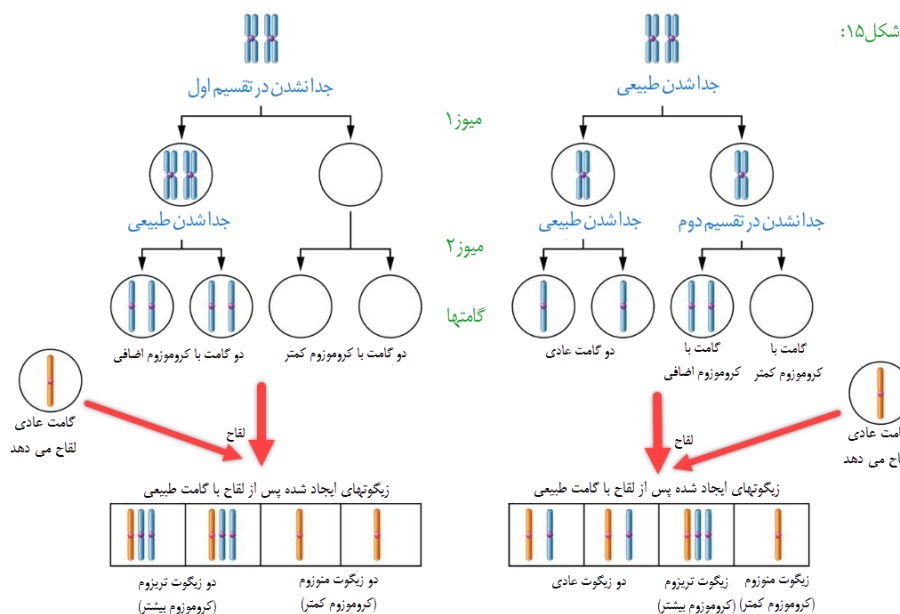
**مثال ۱ گونه‌زایی هم‌میهنی:**

**پیدایش گیاهان پلی‌پلوئیدی (چندلادی):** پلی‌پلوئیدی به تولید گیاهانی منجر می‌شود که زیست‌زا و زایا هستند اما نمی‌توانند در نتیجه آمیزش با افراد گونه نیایی خود، زاده‌های زیست‌زا و زایا پدید آورند و بنابراین گونه‌های جدید به‌شمار می‌روند.

**نکته:** گیاهان پلی‌پلوئیدی بر اثر خطای میوزی ایجاد می‌شوند.

**نکته:** جدا نشدن کروموزوم‌ها در میوز به تشکیل گامت‌هایی با عدد کروموزومی غیرطبیعی منجر می‌شود اگر این گامت‌ها با گامت طبیعی لقاح کنند تخم طبیعی تشکیل نخواهد شد.

شکل ۱۵:



**نکته:** در اوایل دهه ۱۹۰۰ دانشمندی به نام هوگو دووری که با گیاهان گل مغربی ( $2n=14$ ) کار می‌کرد، متوجه شد که یکی از گل‌های مغربی ظاهری متفاوت با بقیه دارد.

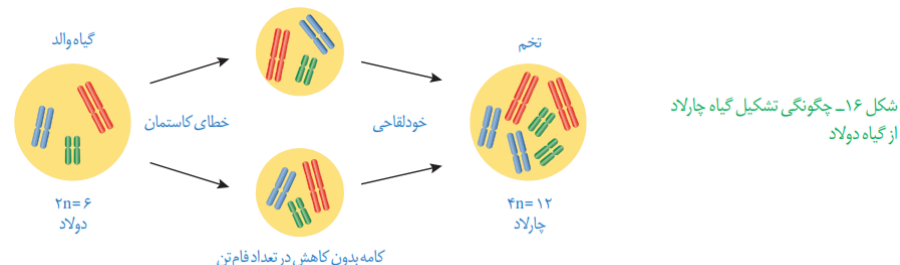
✓ این گیاه به جای ۱۴ کروموزوم ( $2n=14$ )، ۲۸ کروموزوم ( $4n=28$ ) داشت.

○ گیاه تتراپلوئید (چارلاد  $4n$ ) بود. گامت‌هایی که گیاه چارلاد ایجاد می‌کند،  $2n$  هستند نه  $n$  و اگر گامت‌های این گیاه (که دیپلوئید است) با گامت‌های گیاهان طبیعی، که هاپلوئیدند (تک‌لادند)، آمیزش کنند تخم‌های حاصل سه‌لاد (تریپلوئید  $3n$ ) خواهند شد و گیاه تریپلوئید حاصل، نازاست.

**نکته:** اگر گیاه تتراپلوئید بتواند خودلقاحی انجام دهد، یا در نزدیکی آن گیاه تتراپلوئید مشابه دیگری وجود داشته باشد، یاخته تخم  $4n$  خواهد بود و گیاهی که از آن ایجاد می‌شود، قادر به کاستمان بوده، بنابراین زیاست.

✓ این گیاه، با جمعیت نیایی خود (که  $2n$  بودند) نمی‌تواند آمیزش کند و بنابراین به گونه جدیدی تعلق دارد که افراد آن  $4n$  هستند.

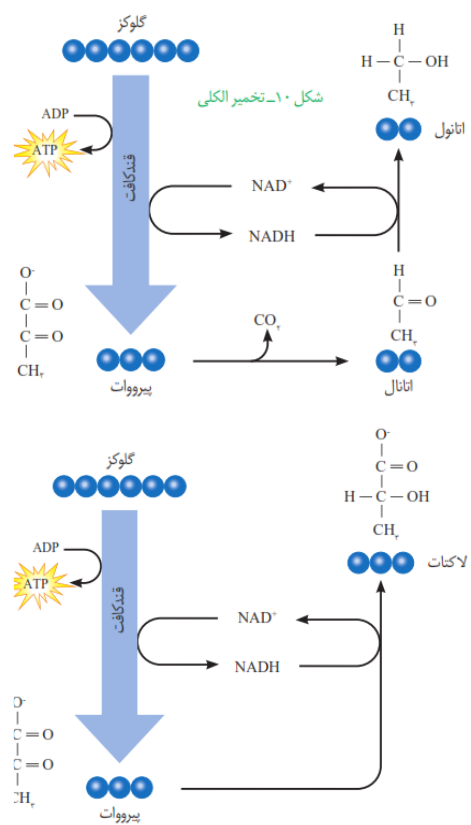
✓ در شکل زیر گیاه والد  $2n=6$  با خطای میوزی گامت  $2n=6$  ایجاد کرده در نتیجه لقاح دو گامت  $2n=6$  غیر طبیعی، گیاهی تتراپلوئید  $4n=12$  ایجاد می‌شود اگر توان خودلقاحی داشته باشد یک گونه زیست‌زا و زایا خواهیم داشت. اما گامت  $2n=6$  این گیاه با گامت  $n=3$  یک گیاه والدی اگر لقاح دهد گیاهی  $3n=9$  ایجاد می‌شود که نازا خواهد بود. پس گیاه  $4n$  ایجاد شده گونه‌ای متفاوت نسبت به گیاه  $2n$  اولیه خواهد بود.



شکل ۱۶- چگونگی تشکیل گیاه چارلاد از گیاه دولاد







**نکته:** در این فرآیند، پیرووات حاصل از گلیکولیز با از دست دادن  $\text{CO}_2$ ، به اتانال تبدیل می‌شود.

✓ اتانال با گرفتن الکترون های  $\text{NADH}$  اتانول ایجاد می‌کند.

**نکته:** ورآمدن خمیر نان به علت انجام تخمیر الکلی است.

### ۲) تخمیر لاکتیکی:

**نکته:** ماهیچه‌های اسکلتی برای تجزیه کامل گلوکز به اکسیژن نیاز دارند و اگر اکسیژن کافی نباشد، لاکتات در ماهیچه‌ها تجمع می‌یابد.

✓ فعالیت شدید ماهیچه‌ها به اکسیژن فراوان نیاز دارد و اگر اکسیژن کافی نباشد، پیرووات حاصل از گلیکولیز وارد میتوکندری‌ها نمی‌شود، بلکه با گرفتن الکترون های  $\text{NADH}$  به لاکتات تبدیل می‌شود.

**نکته:** انواعی از باکتری‌ها تخمیر لاکتیکی را انجام می‌دهند مانند بعضی از این باکتری‌ها، مانند آنچه در ترش شدن شیر یا تولید فرآورده‌های شیری و خوراکی‌هایی مانند خیارشور نقش دارد.

### تخمیر در گیاهان

**نکته:** گیاهانی که به‌طور طبیعی در شرایط غرقابی رشد می‌کنند، سازوکارهایی برای تأمین اکسیژن موردنیاز دارند.

۱. تشکیل بافت پارانشیم هوادار (نرم آکنه‌ای هوادار) در گیاهان آبی.
۲. شش ریشه در درخت حراً از سازوکارهایی است.

○ اگر اکسیژن به هر علتی در محیط نباشد یا کم باشد، تخمیر انجام می‌شود.

**نکته:** هردو نوع تخمیر الکلی و لاکتیکی در گیاهان وجود دارد اما تجمع الکل یا لاکتیک اسید در یاخته گیاهی به مرگ آن می‌انجامد و باید از یاخته‌ها دور شوند.

### سلامت بدن: پاداکسندها

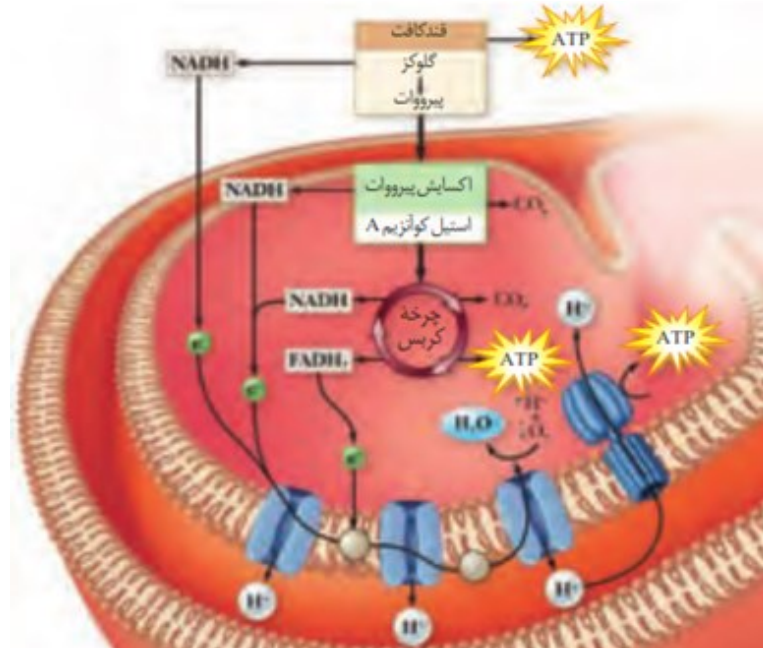
**نکته:** رادیکال‌های آزاد به علت داشتن الکترون‌های جفت نشده، واکنش‌پذیری بالایی دارند و می‌توانند در واکنش با مولکول‌های تشکیل‌دهنده بافت‌های بدن، به آن‌ها آسیب برسانند.

**نکته:** اکسیژن با پذیرش الکترون در پایان زنجیره انتقال الکترون، به یون اکسید ( $\text{O}^{2-}$ ) تبدیل می‌شود که با یون‌های هیدروژن ( $\text{H}^+$ ) ترکیب می‌شوند و در نتیجه مولکول آب به‌وجود می‌آید.

○ اما گاه پیش می‌آید که درصدی از اکسیژن‌ها وارد واکنش تشکیل آب نمی‌شوند، بلکه به‌صورت رادیکال آزاد درمی‌آیند که از عوامل ایجاد سرطان‌اند.

**نکته:** میتوکندری‌ها برای مقابله با اثر سمی رادیکال‌های آزاد، به ترکیبات پاداکسنده وابسته‌اند.

✓ خوردن میوه‌ها و سبزیجات دارای پاداکسندهایی مانند کاروتنوئیدها هستند که با رادیکال‌های آزاد واکنش داده و مانع از اثر تخریبی آن‌ها بر مولکول‌های زیستی و در نتیجه تخریب بافت‌های بدن می‌شوند.



### بازده انرژیایی تنفس سلولی

**نکته:** که مقدار ATP تولیدشده در ازای تجزیه کامل یک گلوکز در یاخته یوکاریوت، حداکثر ۳۰ ATP است. این مقدار ATP در یاخته‌های متفاوت و متناسب با نیاز بدن فرق می‌کند.

### تنظیم تنفس سلولی: تولید اقتصادی

**نکته:** مشخص شده که تولید ATP تحت کنترل میزان ATP و ADP است.

- ۱) اگر ATP زیاد باشد، آنزیم‌های درگیر در گلیکولیز و چرخه کربس مهار می‌شوند.
- ۲) اگر ATP کم و ADP زیاد باشد، این آنزیم‌ها فعال می‌شوند.

**نکته:** یاخته‌های انسان به‌طور معمول از گلوکز و ذخیره قندی کبد برای تأمین انرژی استفاده می‌کنند اگر 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 سوءتغذیه و فقر غذایی شدید و طولانی‌مدت در افرادی است که رژیم غذایی نامناسب دارند.

### گفتار ۳ - زیستن مستقل از اکسیژن

#### تخمیر

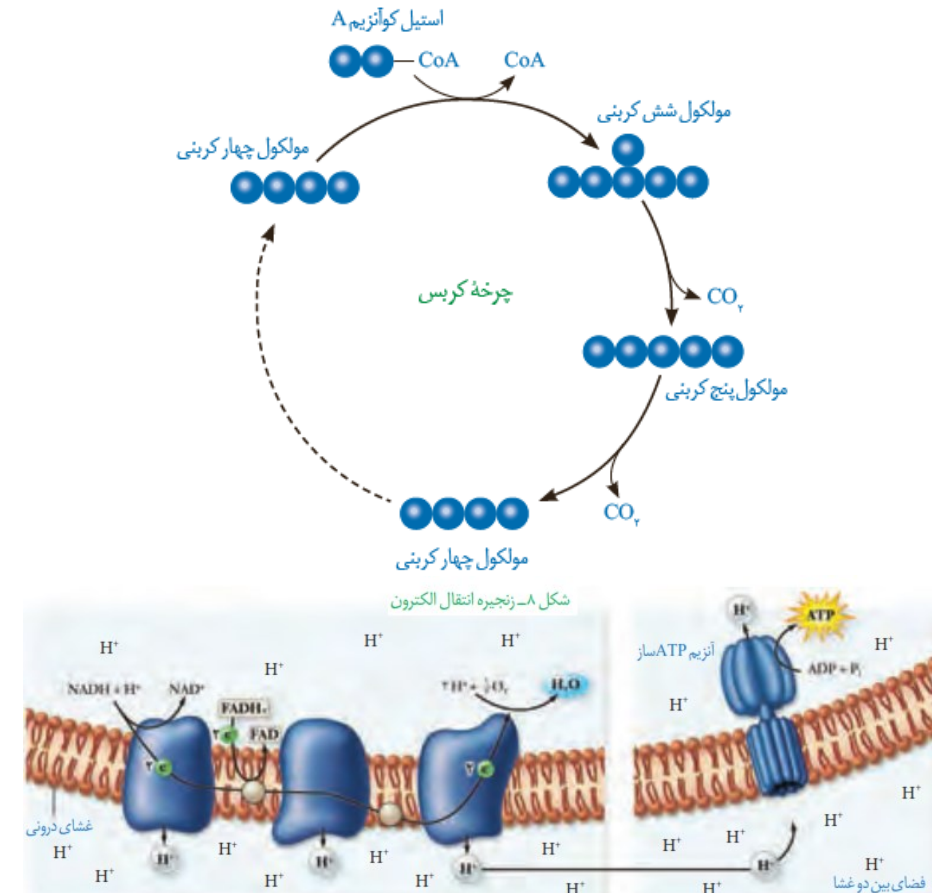
**نکته:** در تنفس یاخته‌ای، اکسیژن گیرنده نهایی الکترون است اما در تخمیر که از روش‌های تأمین انرژی در شرایط کمبود یا نبود اکسیژن است و در انواعی از جانداران رخ می‌دهد، آخرین پذیرنده ترکیبی ۲ یا ۳ کربنی و آلی است.

✓ تخمیر الکلی و تخمیر لاکتیکی انواعی از تخمیر است.

**نکته:** تخمیر الکلی و لاکتیکی مانند تنفس هوازی با گلیکولیز آغاز می‌شوند و پیرووات ایجاد می‌کنند.

✓ در گلیکولیز تشکیل پیرووات از قند فسفات‌ها همراه با ایجاد  $\text{NADH}$  از  $\text{NAD}^+$  است بنابراین برای تداوم گلیکولیز،  $\text{NAD}^+$  ضروری است و اگر نباشد گلیکولیز متوقف می‌شود در نتیجه تخمیر انجام نمی‌شود.

**نکته:** در تخمیر، مولکول‌هایی ایجاد می‌شوند که در فرآیند تشکیل آن‌ها  $\text{NAD}^+$  به‌وجود می‌آید.



**نکته:** پروتون‌ها (یون‌های  $\text{H}^+$ ) 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  $\text{NADH}$  و  $\text{FADH}_2$  فراهم می‌شود.

**نکته:** پس از ورود پروتون‌ها از بخش داخلی به فضای بین دو غشا، تراکم آن‌ها در این فضا، سبب به بخش داخلی افزایش می‌یابد.

✓ پروتون‌ها براساس شیب غلظت، تمایل دارند که به سمت بخش داخلی برگردند. برای برگشتن به بستره، مجموعه‌ای پروتئینی به نام آنزیم ATP‌ساز کمک می‌کند.

✓ پروتون‌ها از کانالی که در این مجموعه قرار دارد، می‌گذرند و انرژی موردنیاز برای تشکیل ATP فراهم می‌شود.

### بروری بر تنفس سلولی

**نکته:** خلاصه‌ای از تنفس یاخته‌ای:

- ۱) در فرآیند گلیکولیز از گلوکز پیرووات ایجاد می‌شود.
- ۲) پیرووات به میتوکندری می‌رود و در آنجا به استیل کوآنزیم A اکسایش می‌یابد.
- ۳) استیل کوآنزیم A وارد چرخه کربس می‌شود.

**نکته:** در تنفس یاخته‌ای مولکول‌های  $\text{CO}_2$ ،  $\text{ATP}$ ،  $\text{NADH}$  و  $\text{FADH}_2$  تولید می‌شوند.

۴)  $\text{NADH}$  و  $\text{FADH}_2$ ‌ها برای ایجاد ATP بیشتر در زنجیره انتقال الکترون مصرف می‌شوند و نهایتاً مجموعه کانال آنزیمی ATP می‌سازد.



## نتیجه تجمع رادیکال‌های آزاد

**نکته:** موجب تخریب میتوکندری و نهایتاً تخریب یاخته می‌شود.

○ الکل و انواعی از نقص‌های ژنی در عملکرد میتوکندری در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد مشکل ایجاد می‌کنند.

**اثر الکل:** الکل سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد از اکسیژن را افزایش می‌دهد و مانع از عملکرد میتوکندری در جهت کاهش آن‌ها می‌شود.

✓ رادیکال‌های آزاد با حمله به DNA میتوکندری، سبب تخریب میتوکندری و در نتیجه مرگ یاخته‌های کبدی و بافت مردگی (نکروز) کبد می‌شوند که از شایع‌ترین عوارض نوشیدن مشروبات الکلی است.

**نقص ژنی:** نقص در ژن‌های مربوط به پروتئین‌های زنجیره انتقال الکترون، به ساخته شدن پروتئین‌های معیوب می‌انجامد که این پروتئین‌های معیوب در مبارزه با رادیکال‌های آزاد، عملکرد مناسبی ندارد.

## توقف انتقال الکترون

**نکته:** مواد سمی فراوانی وجود دارند که با مهار یک یا تعدادی از واکنش‌های تنفس هوازی، سبب توقف تنفس یاخته 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.

✓ CO با اتصال به هموگلوبین، مانع از اتصال اکسیژن به آن می‌شود و چون به آسانی از هموگلوبین جدا نمی‌شود، ظرفیت حمل اکسیژن در خون را کاهش می‌دهد و در انجام تنفس یاخته‌ای اختلال ایجاد می‌کند.

○ CO به شکل دیگری نیز بر تنفس یاخته‌ای اثر می‌گذارد؛ این گاز سبب توقف واکنش مربوط به انتقال الکترون‌ها به اکسیژن می‌شود.

**نکته:** دود خارج شده از خودروها و سیگار، از منابع دیگر تولید CO اند.

## فصل ۶ - از انرژی به ماده - گفتار ۱ - فتوسنتز

**نکته:** گیاهان در فرآیند فتوسنتز  $CO_2$  را با استفاده از انرژی نور خورشید به ماده آلی تبدیل و کسب نیز تولید می‌کنند.



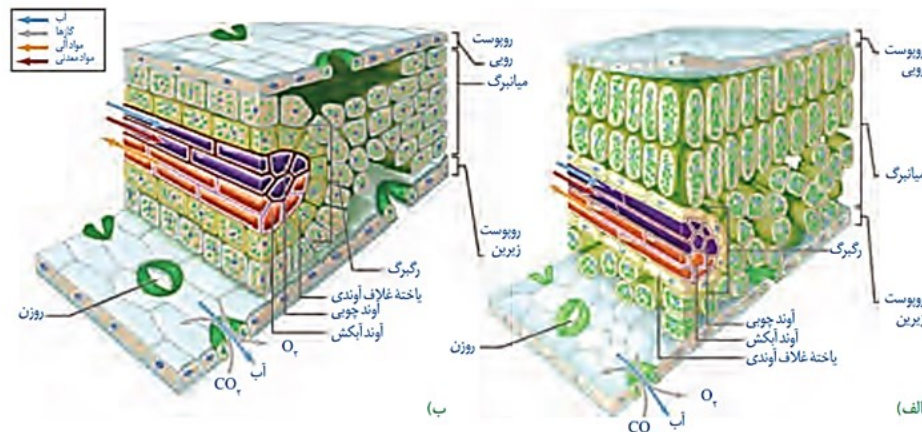
## برگ ساختار تخصص یافته برای فتوسنتز

**نکته:** برگ مناسب‌ترین ساختار برای فتوسنتز در اکثر گیاهان است و تعداد فراوانی کلروپلاست (سبزدیسه) دارد.

✓ برگ گیاهان دو لپه دارای پهنک و دم‌برگ است.

○ پهنک شامل روپوست، میانبرگ و دسته‌های آوندی (رگبرگ) است و میانبرگ شامل یاخته‌های پارانشیمی نرده‌ای و اسفنجی (نرم آکنه) است.

✓ میانبرگ در بعضی گیاهان (فقط) از یاخته‌های اسفنجی تشکیل شده است (منظور تک لپه است)



## کلروپلاست (سبزدیسه)

**نکته:** کلروپلاست همانند میتوکندری دارای غشای بیرونی و غشای درونی است که از هم فاصله دارند.

✓ بستره کلروپلاست 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 و بستره دارای DNA، RNA و ریبوزوم است.

**نکته:** کلروپلاست مانند میتوکندری می‌تواند بعضی پروتئین‌های مورد نیاز خود را بسازد و می‌تواند به‌طور مستقل تقسیم شود.

**نکته:** رنگیته‌های فتوسنتزی در غشای تیلاکوئید قرار دارند.

۱. کلروفیل بیش‌ترین رنگیته در کلروپلاست‌ها است

۲. کاروتنوئیدها نیز که نوع دیگری از رنگیته هستند در غشای تیلاکوئید وجود دارند.

○ وجود رنگیته‌های متفاوت، کارایی گیاه را در استفاده از طول موج‌های متفاوت نور افزایش می‌دهد.

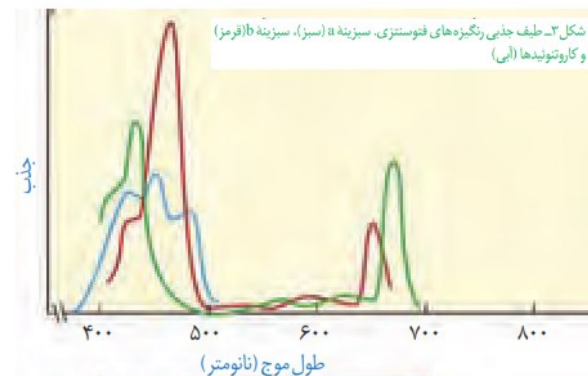
**نکته:** در گیاهان کلروفیل‌های a و b وجود دارند.

✓ بیش‌ترین جذب هر دو نوع کلروفیل در محدوده‌های ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر (بنفش - آبی) و ۶۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر (نارنجی - قرمز) است.

✓ حداکثر جذب کلروفیل‌های a و b در هریک از این محدوده‌ها (۴۰۰-۵۰۰ و ۶۰۰-۷۰۰) با هم فرق می‌کند.

**نکته:** کاروتنوئیدها به رنگ‌های زرد، نارنجی و قرمز دیده می‌شوند (پس این رنگ‌ها را منعکس می‌کنند).

✓ بیش‌ترین جذب کاروتنوئیدها در بخش آبی و سبز نور مرئی است (شکل ۳).



## فتوسیستم (سامانه تبدیل انرژی)

**نکته:** رنگیته‌های فتوسنتزی همراه با انواعی پروتئین در سامانه‌هایی به نام فتوسیستم ۱ و ۲ قرار دارند.

✓ هر فتوسیستم شامل آنتن‌های گیرنده نور و یک مرکز واکنش است.

۱) هر آنتن که از رنگیته‌های متفاوت (کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها) و انواعی پروتئین ساخته شده است.

**نکته:** آنتن هر فتوسیستم انرژی نور را می‌گیرد و به مرکز واکنش منتقل می‌کند.

۲) مرکز واکنش، شامل مولکول‌های کلروفیل a است که در بستری پروتئینی قرار دارند.

✓ حداکثر جذب کلروفیل a در مرکز واکنش فتوسیستم ۱، در طول موج ۷۰۰ نانومتر است.

✓ حداکثر جذب کلروفیل a در مرکز واکنش فتوسیستم ۲، در طول موج ۶۸۰ نانومتر است.

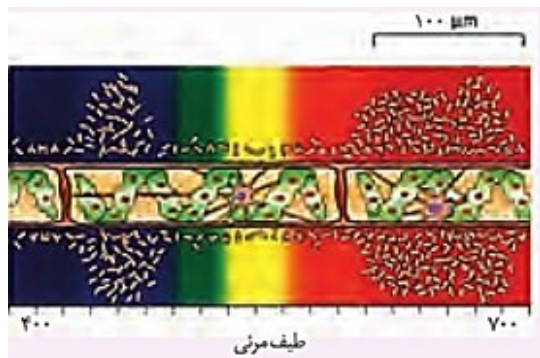
○ به کلروفیل a در فتوسیستم ۱، P۷۰۰ و در فتوسیستم ۲، P۶۸۰ می‌گویند.

**نکته:** 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 بدهند.



**نکته:** اسپروتری کلروپلاست‌های نواری و دراز دارد اگر همه طول موج‌های نور به یک اندازه در فتوسنتز مؤثر باشند، انتظار داریم که تراکم اکسیژن در اطراف جلبک رشته‌ای یکسان باشد.

✓ جلبک را روی سطحی ثابت کردند و درون لوله آزمایشی شامل آب و باکتری‌های هوازی قرار دادند. لوله آزمایش در برابر نوری قرار گرفت که از منشور عبور کرده و به طیف‌های متفاوت تجزیه شده بود. بعد از گذشت مدتی، مشاهده شد که باکتری‌ها در بعضی قسمت‌ها تجمع یافتند.



## گفتار ۲ - واکنش‌های فتوسنتزی

**نکته:** واکنش‌های فتوسنتزی را در دو گروه قرار می‌دهند:

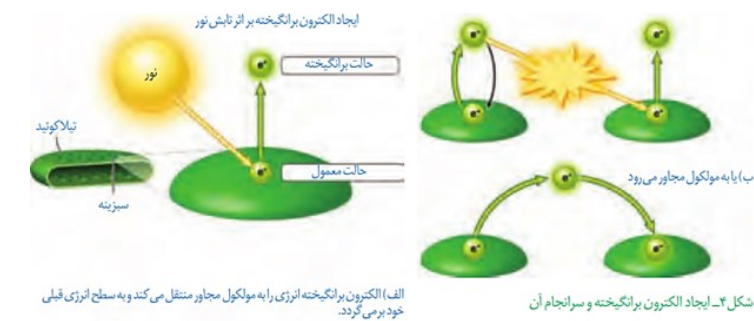
**الف) واکنش‌های وابسته به نور** (واکنش‌های تیلاکوئیدی)

**نکته:** وقتی نور به مولکول‌های رنگیته می‌تابد، الکترون انرژی می‌گیرد (الکترون برانگیخته) و ممکن است از مدار خود خارج شود. این الکترون برانگیخته ممکن است:

۱) با انتقال انرژی به مولکول رنگیته بعدی، به مدار خود برگردد

۲) از رنگیته خارج و به وسیله رنگیته یا مولکولی دیگر گرفته شود.





**نکته:** در فتو سنتز، انرژی الکترون های برانگیخته در رنگیزه های موجود در آنتن ها از رنگیزه های به رنگیزه دیگر منتقل و در نهایت، به مرکز واکنش می رود. در آن جا سبب ایجاد الکترون برانگیخته در کلروفیل a و خروج الکترون از آن می شود.

**نکته:** الکترون برانگیخته از فتوسیستم ۲ بعد از عبور از زنجیره انتقال الکترون به مرکز واکنش در فتوسیستم ۱ می رود.

**نکته:** دو نوع زنجیره انتقال الکترون در غشای تیلاکوئید وجود دارد.

(۱) یک زنجیره بین فتوسیستم ۲ و فتوسیستم ۱

(۲) دیگری بین فتوسیستم ۱ و  $NADP^+$  قرار دارد.

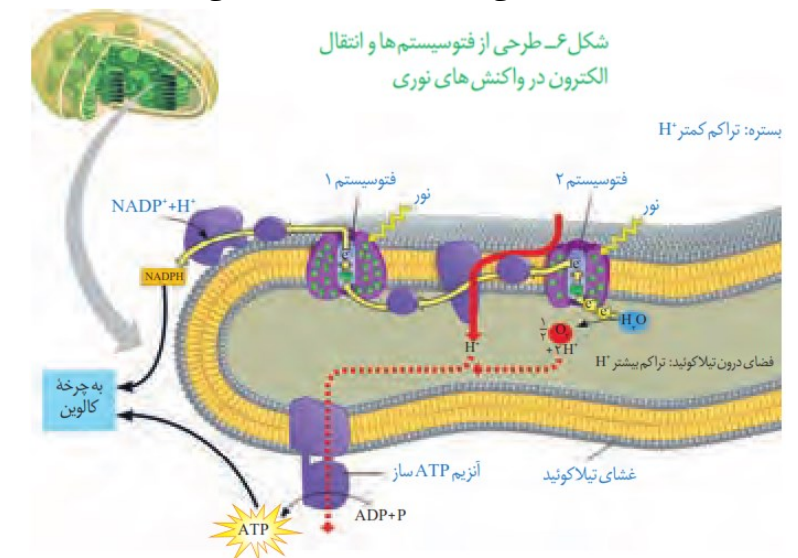
**نکته:**  $NADP^+$  با گرفتن دو الکترون، بار منفی پیدا می کند و با ایجاد پیوند با پروتون به مولکول NADPH تبدیل می شود.

**نکته:** الکترونی که از کلروفیل a در مرکز واکنش فتوسیستم ۲ می آید، کمبود الکترون کلروفیل a در فتوسیستم ۱ را جبران می کند.

### نجزیه نوری آب

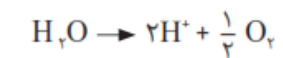
**نکته:** مولکول های آب تجزیه می شوند و الکترون های حاصل از آن به فتوسیستم ۲ می روند.

✓ تجزیه آب به علت فرآیندهایی است که به اثر نور مربوط می شود.



**نکته:** تجزیه نوری آب در فتوسیستم ۲ و در سطح داخلی تیلاکوئید انجام می شود.

✓ حاصل تجزیه آب در فتوسیستم ۲، الکترون، پروتون و اکسیژن است الکترون ها، کمبود الکترونی کلروفیل a در مرکز واکنش فتوسیستم ۲ را جبران می کنند. پروتون ها در فضای درون تیلاکوئیدها تجمع می یابند.



واکنش ۳- تجزیه آب

ساخته شدن ATP در فتوستنز

**نکته:** یکی از اجزای زنجیره انتقال الکترون که بین فتوسیستم ۲ و ۱ قرار دارد:

✓ پروتئینی است که یون های  $H^+$  را از بستره به فضای درون تیلاکوئیدها پمپ می کند بنابراین، با گذشت زمان تعدادی پروتون از بستره به فضای درون تیلاکوئید وارد می شود.

**نکته:** تعدادی پروتون از تجزیه آب، درون فضای تیلاکوئید به وجود می آید در نتیجه، به تدریج تراکم پروتون ها در فضای درون تیلاکوئیدها نسبت به بستره افزایش می یابد و شبیهی از غلظت پروتون از فضای درون تیلاکوئیدها به سمت بستره ایجاد می شود.

**نکته:** بنابراین دو عامل در افزایش تعداد پروتون ها در فضای درون تیلاکوئیدها دخیلند:

(۱) تجزیه آب در فتوسیستم ۲

(۲) فعالیت پمپ غشایی

**نکته:** پروتون ها براساس شیب غلظت خود می خواهند از فضای درون

تیلاکوئید به بستره بروند، اما نمی توانند از طریق انتشار از غشای تیلاکوئید عبور کنند.

**نکته:** در غشای تیلاکوئید مجموعه ای پروتئینی به نام آنزیم ATP ساز وجود دارد.

✓ این آنزیم مشابه آنزیم ATP ساز

در میتوکندری است. پروتون ها فقط از طریق این آنزیم می توانند به بستره منتشر شوند. همانند آن چه در میتوکندری رخ می دهد، همراه با عبور پروتون ها از این آنزیم، ساخته می شود.

**نکته:** به ساخته شدن ATP در واکنش های نوری، ساخته شدن نوری ATP می گویند زیرا حاصل فرآیندی است که با نور به راه می افتد.

### واکنش های مستقل از نور (واکنش های تثبیت کربن)

**نکته:** در فتوستنز، مولکول های  $CO_2$  به قند تبدیل می شوند.

**نکته:** عدد اکسایش اتم کربن در مولکول قند نسبت به کربن در مولکول  $CO_2$  کاهش یافته است:

✓ برای ساختن قند، به انرژی و منبعی برای تأمین الکترون نیاز دارد که از واکنش های وابسته به نور تأمین می شوند.

✓ ساخته شدن قند در چرخه ای از واکنش ها، به نام چرخه کالوین رخ می دهد؛ در استرومای (بستره) کلروپلاست انجام می شوند.

**نکته:** در چرخه کالوین:

(۱)  $CO_2$  با قندی پنج کربنی به نام ریبولوزیسی فسفات ترکیب و مولکول شش کربنی ناپایداری تشکیل می شود.

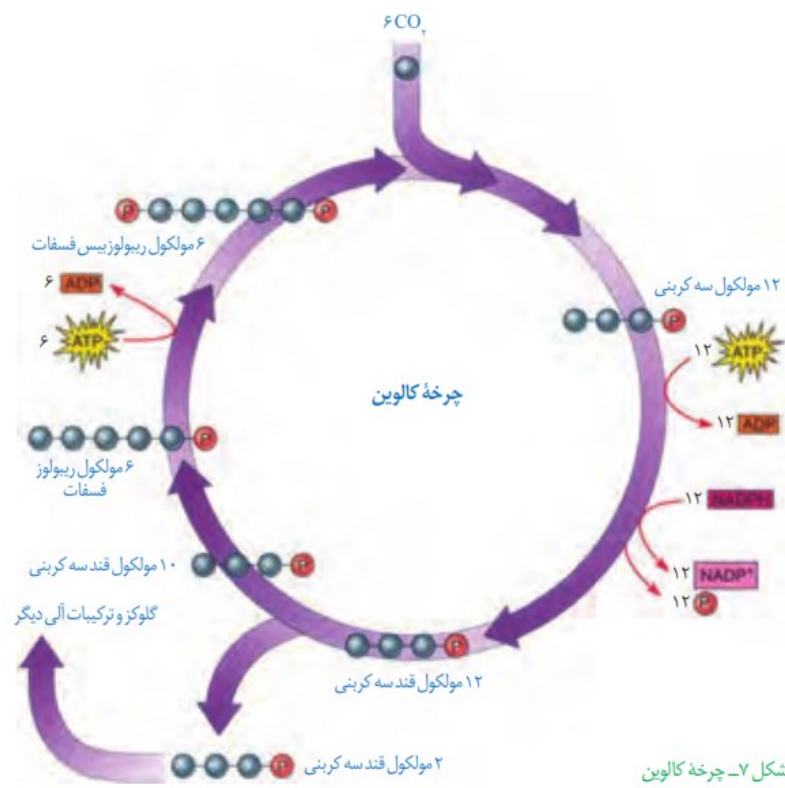
✓ افزوده شدن  $CO_2$  به مولکول پنج کربنی، با آنزیم روبیسکو (ریبولوزیسی فسفات کربوکسیلاز — اکسیژناز) و فعالیت کربوکسیلازی آن (تشکیل گروه کربوکسیل) انجام می شود.

(۲) هر مولکول شش کربنی ناپایدار بوده، بلافاصله تجزیه و دو مولکول اسید سه کربنی ایجاد می کند.

(۳) این مولکول ها در نهایت به قندهای سه کربنی تبدیل می شوند.

(۴) تعدادی از این قندها برای ساخته شدن گلوکز و ترکیبات آلی دیگر به مصرف می رسند.

(۵) تعدادی نیز برای بازسازی ریبولوزیسی فسفات به مصرف می رسند.



**نکته:** 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.

✓ به فرآیند استفاده از  $CO_2$  برای تشکیل ترکیبات آلی تثبیت کربن می گویند.

### گیاهان $C_3$

**نکته:** اولین ماده آلی پایدار ساخته شده در کالوین، ترکیبی سه کربنی است به همین علت به گیاهانی که تثبیت کربن در آن ها فقط با چرخه کالوین انجام می شود، گیاهان  $C_3$  می گویند.

✓ اکثر گیاهان  $C_3$  هستند.

### اثر محیط بر فتوستنز

**نکته:** چهار عامل بر فتوستنز اثر می گذارند:

(۱) میزان  $CO_2$

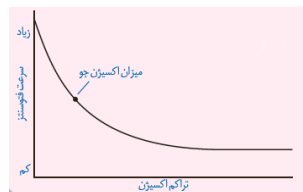
(۲) میزان اکسیژن  $O_2$

(۳) نور (از نظر طول موج، شدت تابش، مدت زمان تابش)

(۴) دما

**نکته:** فتوستنز فرآیندی آنزیمی است، بیشترین فعالیت آنزیم ها در گستره دمایی خاص انجام می شود.

**نکته:** میزان اکسیژن بر فتوستنز اثر دارد.



### گفتار ۳ - فتوستنز در شرایط دشوار

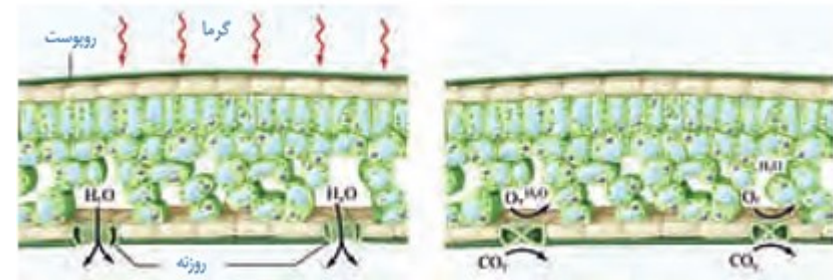
**نکته:** افزایش بیش از حد دما و نور سبب بسته شدن روزنه ها می شود.

**نکته:** در چنین شرایطی وقتی روزنه ها به منظور کاهش تعرق بسته می شوند، تبادل گازهای  $O_2$  و  $CO_2$  از روزنه ها نیز توقف می یابد:

✓ اما فتوستنز ادامه دارد بنابراین درحالی که میزان  $CO_2$  برگ کم می شود، میزان  $O_2$  در آن

افزایش می یابد.





**نکته:** در = حالتی که میزان O<sub>2</sub> در برگ افزایش یابد، وضعیت برای نقش اکسیژنازی آنزیم روبیسکو مساعد می‌شود:

✓ نقش کربوکسیلازی یا نقش اکسیژنازی روبیسکو به میزان CO<sub>2</sub> و میزان O<sub>2</sub> در محیط عملکرد آن ارتباط دارد.

**نکته:** با افزایش O<sub>2</sub> در برگ، O<sub>2</sub> با ریبولوز بیس فسفات ترکیب می‌شود. مولکول حاصل، ناپایدار است و به دو مولکول سه‌کربنی و دو کربنی تجزیه می‌شود.

( مولکول سه‌کربنی به مصرف بازسازی ریبولوز بیس فسفات می‌رسد.

( مولکول دو کربنی از کلروپلاست خارج و در واکنش‌هایی که بخشی از آن‌ها در میتوکندری انجام می‌گیرد و از آن مولکول CO<sub>2</sub> آزاد می‌شود.

○ چون این فرآیند با مصرف O<sub>2</sub> و آزاد شدن CO<sub>2</sub> حین فتوسنتز همراه است، تنفس نوری نامیده می‌شود.

**نکته:** در تنفس نوری گرچه ماده آلی تجزیه می‌شود:

✓ اما برخلاف تنفس یاخته‌ای، ATP از آن ایجاد نمی‌شود. بنابراین تنفس نوری باعث کاهش فرآورده‌های فتوسنتز می‌شود.

### فتوسنتز در گیاهان C<sub>4</sub>

**نکته:** انواعی از گیاهان هستند که در محیط‌های با دمای بالا و تابش شدید نور خورشید زندگی می‌کنند. یکی از سازوکارها برای ممانعت تنفس نوری، در گیاهانی وجود دارد که به گیاهان C<sub>4</sub> معروف‌اند.

✓ یاخته‌های غلاف آوندی در این گیاهان کلروپلاست دارند و محل انجام چرخه کالوین‌اند درحالی‌که یاخته‌هایی که در اطراف دسته آوندی در گیاهان C<sub>4</sub> دیده می‌شوند، کلروپلاست ندارند.

**نکته:** تثبیت کردن در گیاهان C<sub>4</sub> در دو مرحله انجام می‌شود:

(۱) تثبیت اول یاخته‌های میانبرگ

(۲) تثبیت دوم در یاخته‌های غلاف آوندی

**نکته:** در گیاهان C<sub>4</sub>:

(۱) CO<sub>2</sub> در یاخته‌های میانبرگ با اسیدی سه‌کربنی ترکیب و در نتیجه اسیدی چهارکربنی ایجاد می‌شود.

✓ به همین علت به این گیاهان، گیاهان C<sub>4</sub> می‌گویند؛ زیرا اولین ماده پایدار حاصل از تثبیت کردن، ترکیبی چهارکربنی است.

✓ آنزیمی که در ترکیب CO<sub>2</sub> با اسید سه‌کربنی و تشکیل اسید چهارکربنی نقش دارد، برخلاف روبیسکو به‌طور اختصاصی با CO<sub>2</sub> عمل می‌کند و تمایلی به اکسیژن ندارد.

(۲) اسید چهارکربنی از یاخته‌های میانبرگ از طریق پلاسمودسم‌ها به یاخته‌های غلاف آوندی منتقل می‌شود.

✓ در این یاخته‌ها، مولکول CO<sub>2</sub> از اسید چهارکربنی آزاد و وارد چرخه کالوین می‌شود.

✓ اسید سه‌کربنی باقی‌مانده نیز به یاخته‌های میانبرگ برمی‌گردد.

**نکته:** در گیاهان C<sub>4</sub> با وجود عملکرد آنزیم‌های گوناگون در تثبیت کربن و تقسیم مکانی آن در دو نوع یاخته:

✓ میزان CO<sub>2</sub> در محل فعالیت آنزیم روبیسکو، به اندازه‌ای بالا نگه داشته می‌شود که بازدارنده تنفس نوری است.

✓ تنفس نوری به‌ندرت در این گیاهان روی می‌دهد.

**نکته:** گیاهان C<sub>4</sub> در دماهای بالا، شدت‌های زیاد نور و کمبود آب، درحالی‌که روزنه‌ها بسته شده‌اند تا از تبخیر آب جلوگیری شود پس هم‌چنان میزان CO<sub>2</sub> را در محل عملکرد آنزیم روبیسکو بالا نگه می‌دارند به همین علت کارایی آن‌ها در چنین شرایطی بیش از گیاهان C<sub>3</sub> است.

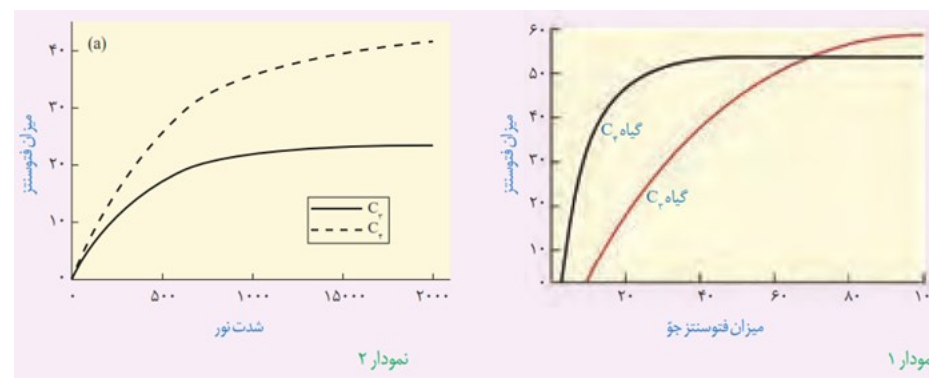
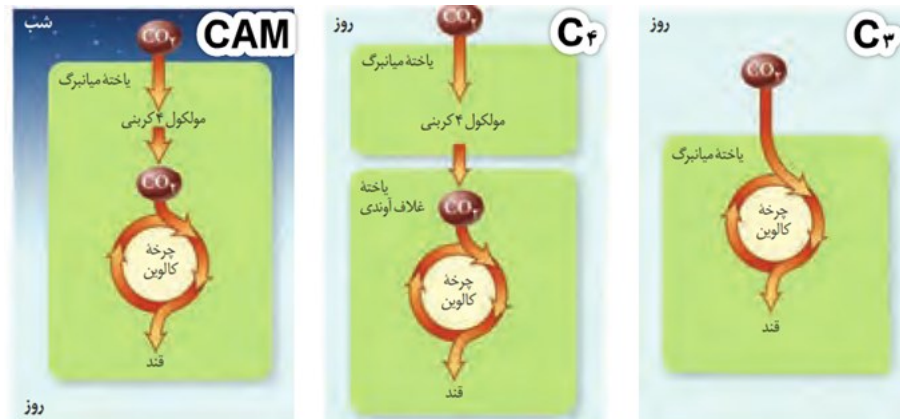
### فتوسنتز در گیاهان CAM

**نکته:** 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، ساقه یا هردوی آن‌ها در چنین گیاهانی گوشتی و برآب است. این گیاهان در کریچه‌های خود ترکیباتی دارند که آب را نگه می‌دارند.

**نکته:** تثبیت کربن در این گیاهان، مانند گیاهان C<sub>3</sub> است:

✓ تثبیت اولیه کربن در شب که روزنه‌ها بازند و چرخه کالوین در روز انجام می‌شود که روزنه‌ها بسته‌اند. آناناس از گیاهان CAM است.



### جانداران فتوسنتز کننده دیگر

**نکته:** 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.

**باکتری‌های فتوسنتز کننده اکسیژن‌زا:** کلروپلاست ندارند، اما دارای رنگزده‌های جذب‌کننده نورند.

✓ سیانوباکتری‌ها کلروفیل a دارند و همانند گیاهان با استفاده از CO<sub>2</sub> و نور ماده آلی می‌سازند. و چون همانند گیاهان در فرآیند فتوسنتز اکسیژن تولید می‌کنند، باکتری‌های فتوسنتز کننده اکسیژن‌زا نامیده می‌شوند.

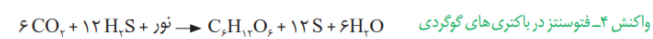
### باکتری‌های فتوسنتز کننده غیراکسیژن‌زا: باکتری‌های گوگردی ارغوانی و سبز از این گروه‌اند.

✓ رنگزده فتوسنتزی این باکتری‌ها، باکتروکلروفیل است.

✓ این باکتری‌ها CO<sub>2</sub> را جذب می‌کنند، اما O<sub>2</sub> تولید نمی‌کنند؛ زیرا منبع تأمین الکترون در آن‌ها ترکیبی به غیر از آب است.

**نکته:** در باکتری‌های گوگردی منبع تأمین الکترون H<sub>2</sub>S است و به جای اکسیژن، گوگرد ایجاد می‌شود.

✓ از این باکتری‌ها در تصفیه فاضلاب‌ها برای حذف H<sub>2</sub>S استفاده می‌کنند. H<sub>2</sub>S گازی بی‌رنگ است و بویی شبیه تخم‌مرغ گندیده دارد.



### آغازیان

**نکته:** جلبک‌های سبز، قرمز و قهوه‌ای از آغازیان هستند و فتوسنتز می‌کنند.

**نکته:** اوگلنا جاندار تک‌یاخته‌ای و مثالی از آغازیان فتوسنتز کننده است.



شکل ۱۲- اوگا

✓ این جاندار در حضور نور فتوسنتز می‌کند و در صورتی که نور نباشد، کلروپلاست‌های خود را از دست می‌دهد و با تغذیه از مواد آلی، ترکیبات موردنیاز خود را به‌دست می‌آورد.

### شیمیوسنتز در باکتری‌ها

**نکته:** انواعی از باکتری‌ها در معادن، اعماق اقیانوس‌ها و اطراف دهانه آتشفشان‌های زیر آب وجود دارند که:

✓ می‌توانند بدون نیاز به نور از CO<sub>2</sub> ماده آلی بسازند.

✓ از قدیمی‌ترین جانداران روی زمین‌اند.

**نکته:** انرژی موردنیاز برای ساختن مواد آلی از مواد معدنی را:

✓ از واکنش‌های شیمیایی، به‌ویژه اکسایش ترکیبات معدنی (غیرآلی) به‌دست می‌آورند به این فرآیند شیمیوسنتز می‌گویند.

○ باکتری‌های نیترات‌ساز که آمونیوم را به نیترات تبدیل می‌کنند، از باکتری‌های شیمیوسنتز کننده‌اند.

## فصل ۷ - فناوری‌های نوین زیستی

**نکته:** تولید و استفاده از پلاستیک‌هایی قابل تجزیه زیستی، راهکار مناسبی برای پیشگیری از مصرف بی‌رویه پلاستیک‌های غیرقابل تجزیه است.

**نکته:** تولید پلاستیک‌های قابل تجزیه با صرف هزینه کم‌تر انجام می‌شود و این کار با وارد کردن ژن‌های تولیدکننده‌ی بسیاری از این نوع مواد از باکتری به گیاه امکان‌پذیر است.

### گفتار ۱ - زیست‌فناوری و مهندسی ژنتیک

**نکته:** جهش در یک ژن و در نتیجه، تغییر در محصول آن (RNA یا پروتئین) می‌تواند به بروز بیماری منجر شود:

✓ اختلال در عملکرد و مقدار عوامل مؤثر در انعقاد خون از این دسته هستند.

**نکته:** امروزه، انتقال ژن‌های انسان به داخل یاخته‌های سایر موجودات زنده و یا استفاده از

باکتری‌ها برای ساختن پروتئین‌های انسانی ممکن شده است.

### زیست‌فناوری (بیوتکنولوژی)

**نکته:** هرگونه فعالیت هوشمندانه آدمی در تولید و بهبود محصولات گوناگون با استفاده از موجود زنده، زیست‌فناوری گویند. روش‌هایی مانند مهندسی ژنتیک، مهندسی پروتئین و مهندسی بافت را دربرمی‌گیرد.

✓ زیست‌فناوری از گرایش‌های علمی متعددی مانند علوم زیستی، فیزیک، ریاضیات و علوم مهندسی بهره می‌برد.

### ناریخچه زیست‌فناوری (بیوتکنولوژی)

**نکته:** برای زیست‌فناوری دوره در نظر می‌گیرند:

- ۱) **زیست‌فناوری سنتی:** تولید محصولات تخمیری (مانند سرکه، نان و فرآورده‌های لبنی).
  - ۲) **زیست‌فناوری کلاسیک:** تولید پادزیست‌ها، آنزیم‌ها و مواد غذایی با استفاده از روش‌های تخمیر و کشت ریزاندامگان (میکروارگانیزمها).
  - ۳) **زیست‌فناوری نوین:** انتقال ژن از یک ریزاندامگان به ریزاندامگان دیگر آغاز شد.
- ✓ دانشمندان توانستند با تغییر و اصلاح خصوصیات ریزاندامگان‌ها ترکیبات جدید را با مقادیر بیش‌تر و کارایی بالاتر تولید کنند.

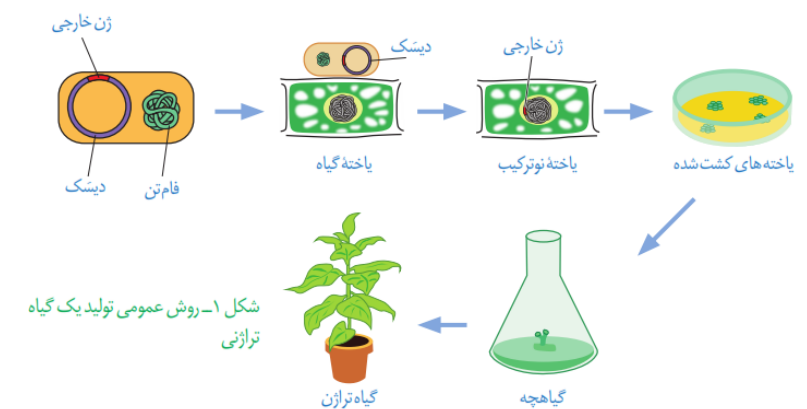
### مهندسی ژنتیک

**نکته:** یکی از روش‌های زیست‌فناوری نوین است:

✓ قطعه‌ای از DNA یک یاخته توسط ناقل به یاخته‌ای دیگر انتقال می‌یابد در این حالت، یاخته دریافت‌کننده قطعه DNA دچار دست‌ورزی ژنتیکی و دارای صفت جدید می‌شود.

**نکته:** به جانداري که از طریق مهندسی ژنتیک دارای ترکیب جدیدی از مواد ژنتیکی شده است، جاندار تغییر یافته ژنتیکی (GMO) یا جاندار تراژنی (TO) می‌گویند.

**نکته:** مراحل ایجاد گیاهان زراعی تراژنی:



شکل ۱- روش عمومی تولید یک گیاه تراژنی

۱. تعیین صفت مطلوب (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 ایمنی زیستی و اثبات بی‌خطر بودن برای سلامت انسان و محیط‌زیست
۶. تکثیر و کشت گیاه تراژنی با رعایت اصول ایمنی زیستی

### همسانه‌سازی DNA (کلونینگ DNA)

**نکته:** تولید انبوه ژن با همسانه‌سازی DNA (کلونینگ DNA) انجام می‌شود:

- ✓ جداسازی یک یا چند ژن و تکثیر آن‌ها را همسانه‌سازی DNA می‌گویند.
- ✓ در همسانه‌سازی DNA ابتدا ماده وراثتی با ابزارهای مختلف در خارج از یاخته تهیه می‌شود سپس به وسیله یک ناقل همسانه‌سازی به درون ژنوم میزبان منتقل می‌شود.

✓ هدف از این کار تولید مقادیر زیادی از DNAی خالص است که می‌تواند برای دست‌ورزی، تولید یک ماده به‌خصوص و یا مطالعه مورد استفاده قرار گیرد.

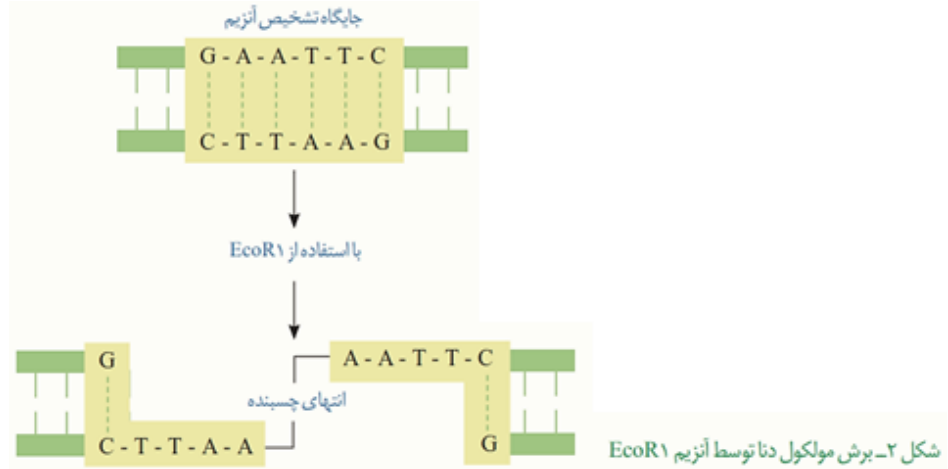
**نکته:** برای همسانه‌سازی DNA (پس از تعیین صفت) مراحل زیر انجام می‌شود:

- ۱) جداسازی قطعه‌ای ژن از DNA: این کار به وسیله آنزیم‌های برش‌دهنده انجام می‌شود.
  - ✓ این آنزیم‌ها در باکتری‌ها وجود دارند قسمتی از سامانه دفاعی آن‌ها محسوب می‌شوند.
  - ✓ این آنزیم‌ها توالی‌های نوکلئوتیدی خاصی را در DNA تشخیص و برش می‌دهند مثلاً آنزیم EcoR1 توالی شش جفت نوکلئوتیدی GAATTC را شناسایی و برش می‌دهد. CTTAAG
- به این توالی جایگاه تشخیص آنزیم گفته می‌شود.

**نکته:** در جایگاه تشخیص آنزیم EcoR1، توالی نوکلئوتیدی هر دو رشته DNA از دو سمت مخالف یکسان خوانده می‌شود.

✓ این آنزیم پیوند فسفودی استر بین نوکلئوتید G دار و A دار هر دو رشته را برش می‌زند. در نتیجه، انتهایی از مولکول DNA ایجاد می‌شود که یک رشته آن بلندتر از رشته مقابل است و به آن انتهای چسبیده می‌گویند. برای تشکیل چنین انتهایی از مولکول DNA، علاوه بر پیوندهای فسفودی استر، پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته DNA در منطقه تشخیص نیز شکسته می‌شوند.

**نکته:** استفاده از آنزیم‌های برش‌دهنده، DNA را به قطعات کوتاه‌تری تبدیل می‌کند. این قطعات را با روش‌های خاصی جدا می‌کنند و تشخیص می‌دهند.



۲) اتصال قطعه DNA به ناقل و تشکیل DNAی نو ترکیب:

**نکته:** این ناقلین:

- توالی‌های DNAی هستند.
- در خارج از کروموزوم اصلی قرار دارند.
- می‌توانند مستقل از کروموزوم اصلی تکثیر شوند.

**نکته:** یکی از این مولکول‌ها (ناقلین = وکتور)، دیسک (پلازمید) باکتری است. دیسک یک مولکول DNAی دورشته‌ای و حلقوی خارج کروموزومی است.

**نکته:** معمولاً درون باکتری‌ها و بعضی قارچ‌ها مثل مخمرها وجود دارد و می‌تواند مستقل از ژنوم میزبان همانندسازی کند.

**نکته:** دیسک‌ها را کروموزوم‌های کمکی نیز می‌نامند چون حاوی ژن‌هایی هستند که در کروموزوم اصلی باکتری وجود ندارند مثلاً ژن مقاومت به پادزیست در دیسک قرار دارد.

**نکته:** در صورت انتقال قطعه DNAی مورد نظر به دیسک و ورود آن به یاخته میزبان، با هر بار همانندسازی دیسک، DNAی مورد نظر نیز همانندسازی می‌شود.

✓ بهتر است از دیسکی استفاده شود که فقط یک جایگاه تشخیص برای آنزیم برش‌دهنده

داشته باشد.

**نکته:** اگر پلازمید مورد استفاده بیش از یک جایگاه تشخیص برای آنزیم مورد استفاده باشد آنگاه تکه تکه شده و آزمایش سخت می‌شود اما اگر دارای ۱ جایگاه باشد به یک دنا ی خطی که در دوسر خود دارای انتهای چسبیده است تبدیل می‌شود و وارد کردن ژن مورد نظر به آن به مراتب ساده تر می‌باشد.



شکل ۳- طرح ساده‌ای از دیسک و یک ژن خارجی

**نکته:** در ساخت یک DNAی نو ترکیب، قطعه DNAی حاوی توالی مورد نظر در DNAی ناقل جاسازی می‌شود:

- ✓ برای جداسازی قطعه DNAی مورد نظر از نوعی آنزیم برش‌دهنده استفاده می‌شود.
- ✓ آنزیم مورد استفاده برای برش دادن دیسک، باید همان آنزیمی باشد که در جداسازی DNAی مورد نظر استفاده شده است.

**نکته:** اگر ژن مورد نظر و پلازمید باز شده توسط یک نوع آنزیم ایجاد شده باشند آنگاه انتهای چسبیده دوسر آنها شبیه به هم بوده و می‌توانند به هم متصل شوند.

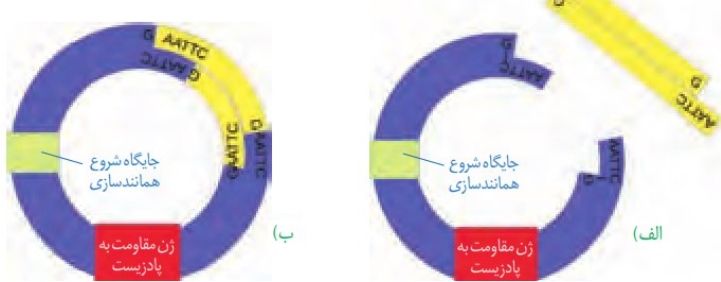
- ✓ انتهای چسبیده همدیگر را پیدا می‌کنند و پیوند هیدروژنی شکل می‌گیرد.
- ✓ سپس آنزیم دنا لیگاز وارد عمل شده و با تشکیل فسفودی استر، جایگاه تشخیص می‌سازد و یک پلازمید نو ترکیب پدید می‌آید.

**نکته:** برش دیسک با آنزیم، آن را به یک قطعه DNAی خطی تبدیل می‌کند که دارای دو انتهای چسبیده است هم‌چنین قطعه DNAی خارجی نیز دو انتهای چسبیده دارد.

**نکته:** برای اتصال DNAی مورد نظر به دیسک از آنزیم لیگاز (اتصال‌دهنده) استفاده می‌شود. این آنزیم پیوند فسفودی استر بین دو انتهای مکمل را ایجاد می‌کند.

**نکته:** به مجموعه DNAی ناقل و ژن جاگذاری شده در آن، DNAی نو ترکیب گفته می‌شود.

شکل ۴- تشکیل دنا ی نو ترکیب: (الف) قبل از تأثیر لیگاز و (ب) بعد از تأثیر لیگاز



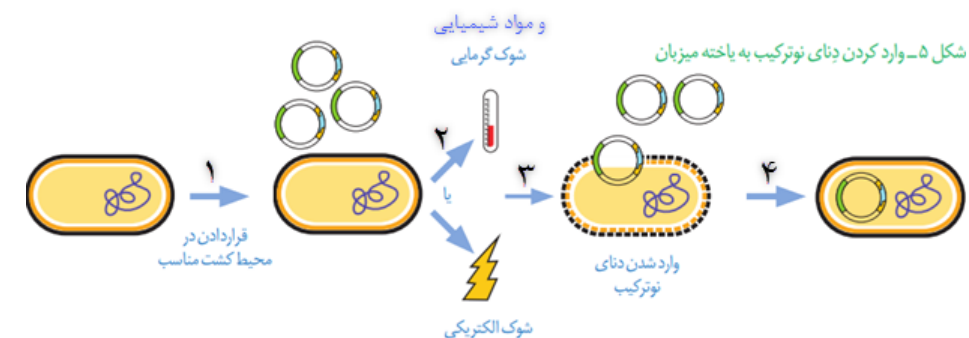
۳) وارد کردن DNAی نو ترکیب به یاخته میزبان: در این مرحله، DNAی نو ترکیب را به درون یاخته میزبان مثلاً باکتری منتقل می‌کنند:

- ✓ 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.

**نکته:** همه باکتری‌ها DNAی نو ترکیب را دریافت نمی‌کنند بنابراین لازم است باکتری



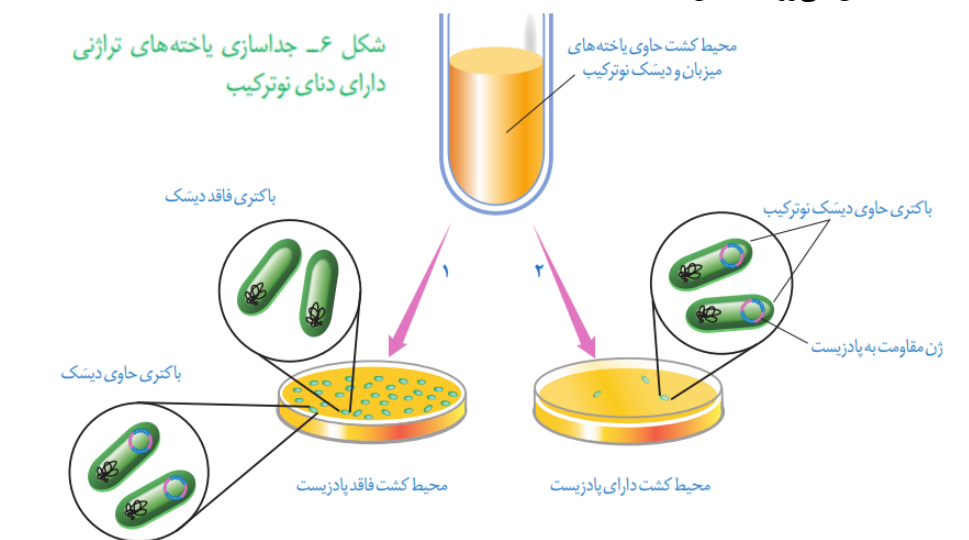
دریافت کننده دیسک از باکتری فاقد آن تفکیک شود.



۴) جداسازی یاخته‌های تراژنی: یکی از این روش‌ها استفاده از دیسکی است که دارای ژن مقاومت به پادزیستی مثل آمپی سیلین است.

✓ اگر باکتری، DNAی نو ترکیب را دریافت کرده باشد، در محیط حاوی پادزیست رشد می‌کند.

✓ باکتری‌های فاقد DNAی نو ترکیب به دلیل حساسیت به پادزیست در چنین محیطی از بین می‌روند (شکل ۶).



نکته: در شرایط مناسب باکتری‌های تراژنی با سرعت بالایی تکثیر می‌شوند. هم‌چنین از DNAهای نو ترکیب نیز به صورت مستقل از کروموزوم اصلی یاخته، نسخه‌های متعددی ساخته می‌شود در نتیجه آن DNAی خارجی به سرعت تکثیر می‌شود بنابراین، تعداد زیادی باکتری دارای DNAی خارجی آماده شد که می‌توان از آن‌ها برای تولید فرآورده یا استخراج ژن استفاده کرد.

نکته: امروزه می‌توان مخمرها، یاخته‌های گیاهی و حتی جانوری را با این فرآیند تغییر داد.

## گفتار ۲ - فناوری مهندسی پروتئین و بافت

### الف) مهندسی پروتئین

نکته: می‌توان از آن‌ها به منظور تغییر در ویژگی‌های یک پروتئین و بهبود عملکرد آن بهره‌مند شد انجام چنین تغییراتی روی پروتئین‌ها، که به آن مهندسی پروتئین گفته می‌شود که نیازمند شناخت کامل از ساختار و عملکرد آن پروتئین است.

نکته: این تغییرات می‌تواند جزئی یا کلی باشد:

۱. **تغییر جزئی:** در حد یک یا چند آمینواسید در مقایسه با پروتئین طبیعی است.

۱. **تغییرات کلی (عمده):** گسترده‌تر است و می‌تواند شامل برداشتن قسمتی از ژن یک پروتئین تا ترکیب بخش‌هایی از ژن‌های مربوط به پروتئین‌های متفاوت باشد.

نکته: تغییر در توالی آمینواسیدها باعث تغییر در شکل فضایی مولکول پروتئین و در نتیجه تغییر

در عمل آن می‌شود. از تغییرات و اصلاحات مفید در فرآیند مهندسی پروتئین‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. افزایش پایداری پروتئین در مقابل گرما و تغییر pH

۲. افزایش حداکثری سرعت واکنش

۳. تمایل آنزیم برای اتصال به پیش‌ماده

### مثالهایی از افزایش پایداری پروتئین‌ها

نکته: با روش‌های مهندسی پروتئین می‌توان پایداری پروتئین‌ها را در مقابل گرما افزایش داد. در دمای بالا:

(a) سرعت واکنش بیشتر است.

(b) خطر آلودگی میکروبی در محیط واکنش کم‌تر می‌شود.

(c) نیازی به خنک کردن محیط واکنش به خصوص در مورد واکنش‌های گرمازا نیست.

### آمیلازها

نکته: این آنزیم‌ها که از آنزیم‌های پرکاربرد در صنعت هستند مولکول‌های نشاسته 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 دماهای بالا انجام می‌شود بنابراین:

○ استفاده از آمیلاز پایدار در برابر گرما ضرورت دارد.

○ امروزه به کمک روش‌های زیست‌فناوری، طراحی و تولید آمیلازهای مقاوم به گرما ممکن شده است.

○ استفاده از این مولکول‌ها باعث کاهش زمان واکنش، صرفه‌جویی اقتصادی و در نتیجه افزایش بهره‌وری صنعتی می‌شود.

نکته: در طبیعت نیز آمیلاز مقاوم به گرما وجود دارد مثلاً باکتری‌های گرمادوست در چشمه‌های آب گرم دارای آمیلازهایی هستند که پایداری بیشتری در مقابل گرما دارند.

### اینترفرون

نکته: 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 یاخته باکتری است که باعث تغییر در شکل مولکول و در نتیجه کاهش فعالیت آن می‌شوند.

نکته: به کمک مهندسی پروتئین، توالی آمینواسیدهای اینترفرون را طوری تغییر می‌دهند که یکی از آمینواسیدهای آنجا آمینواسید دیگری می‌شود این تغییر، فعالیت ضدویروسی اینترفرون ساخته شده را به اندازه پروتئین طبیعی افزایش می‌دهد.

✓ آن را پایدارتر می‌کند که در نگهداری طولانی‌مدت به‌عنوان دارو اهمیت زیادی دارد.

### پلاسمین

نکته: تشکیل لخته، یک فرآیند زیستی مهم است که از ادامه خونریزی جلوگیری می‌کند:

✓ لخته در سرخرگ‌های 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.

نکته: لخته‌ها به‌طور طبیعی در بدن توسط آنزیم پلاسمین تجزیه می‌شوند:

✓ پلاسمین کاربرد درمانی دارد، اما مدت اثر آن در پلاسمای خیلی کوتاه است جانشینی یک آمینواسید پلاسمین با آمینواسید دیگری در توالی، باعث می‌شود که مدت‌زمان فعالیت پلاسمایی و اثرات درمانی آن بیشتر شود.

### ب) مهندسی بافت

نکته: اگر به علت سوختگی و وسیع نیاز به پیوند پوست وجود داشته باشد چنانچه اهداکننده مناسب وجود نداشته باشد و یا به علت وسعت سوختگی، برداشتن پوست از بدن بیمار ممکن نباشد، بهترین راه، کشت بافت و پیوند پوست است.

نکته: در پوست یاخته‌هایی وجود دارد که توانایی تکثیر زیاد و تمایز به انواع یاخته‌های پوست را دارند امروزه در مهندسی بافت از این یاخته‌ها استفاده می‌شود.

نکته: متخصصان مهندسی بافت، در زمینه تولید و پیوند اعضا نیز فعالیت می‌کنند:

✓ جراحان بازسازی‌کننده چهره می‌توانند به کمک روش‌های مهندسی 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 آسیب‌دیده تولید می‌کنند.

### یاخته‌های بنیادی و مهندسی بافت

نکته: 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 بالغ استفاده می‌کنند.

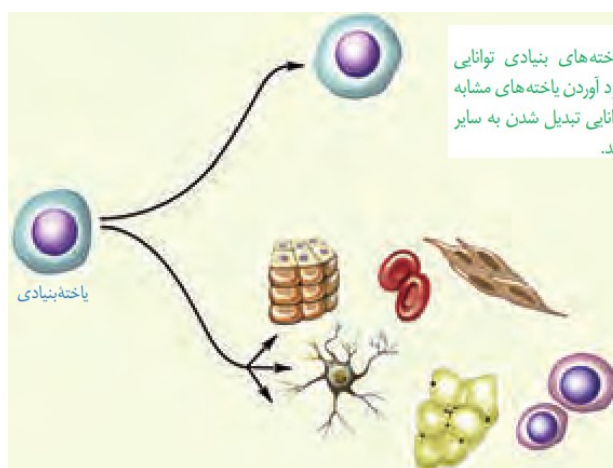
○ یاخته‌های بنیادی جنینی، همان یاخته‌های توده داخلی بلاستولا هستند

○ یاخته‌های بنیادی بالغ در بافت‌ها یافت می‌شوند.

نکته: یاخته‌های بنیادی می‌توانند:

۱. تکثیر شوند.

۲. به انواع متفاوت یاخته تبدیل شوند.

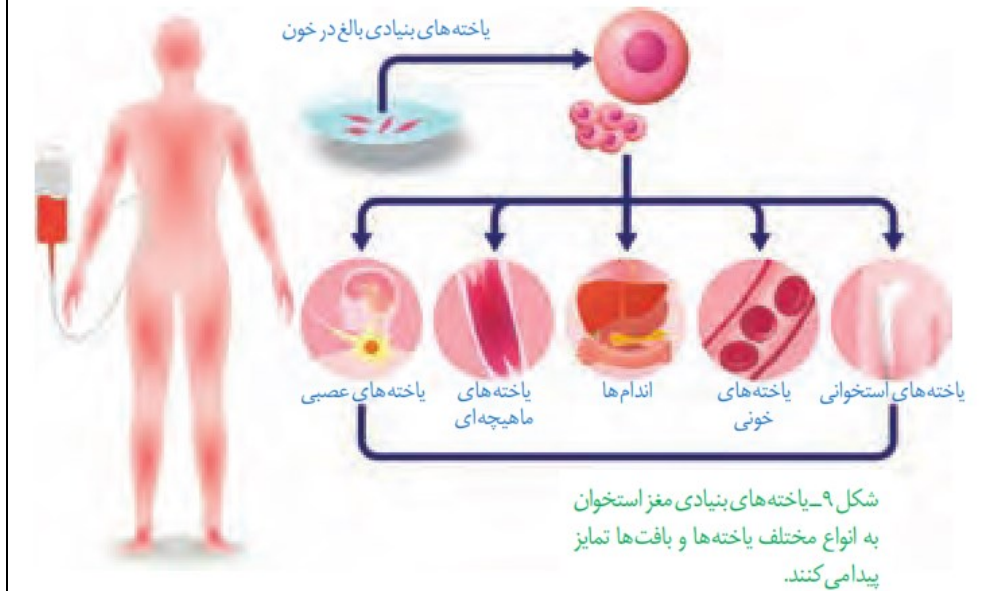


**الف) یاخته‌های بنیادی بالغ:** در بافت‌های مختلف بدن وجود دارد که در محیط کشت تکثیر می‌شوند به‌عنوان مثال یاخته‌های بنیادی کبد می‌توانند تکثیر شوند و به:

(۱) یاخته کبدی

(۲) یاخته مجرای صفراوی تمایز پیدا کنند.

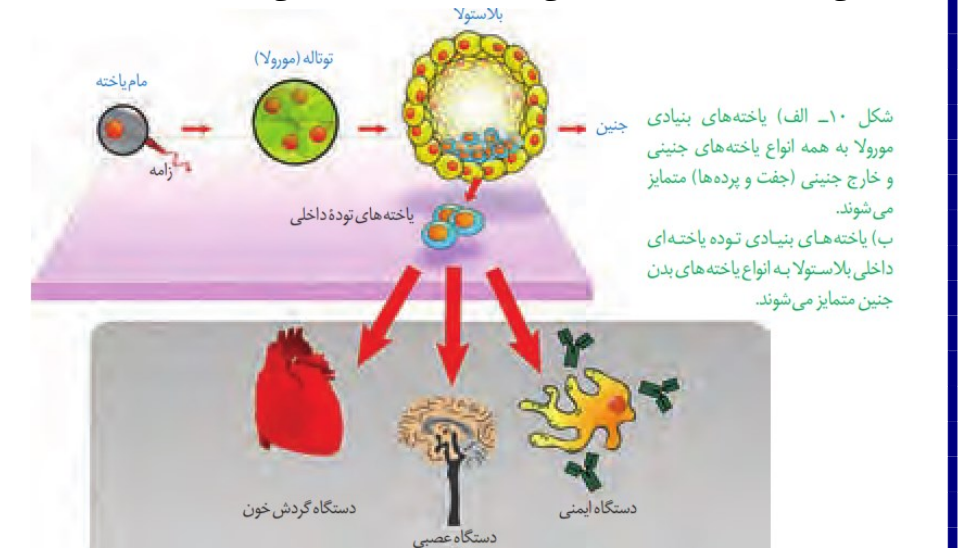
نکته: علاوه بر یاخته‌های بنیادی مغز استخوان (میلوئیدی و لنفوئیدی) انواع دیگری از یاخته‌های بنیادی در مغز استخوان وجود دارند که می‌توانند به رگ‌های خونی، ماهیچه اسکلتی و قلبی تمایز پیدا کنند. این یاخته‌ها از فرد بالغ برداشته و کشت داده می‌شوند.



### (ب) یاخته‌های بنیادی جنینی:

- ۱) قادر به تشکیل همه بافت‌های بدن جنین هستند،
- ۲) در مراحل اولیه جنینی می‌توانند یک جنین کامل را تشکیل دهند.

**نکته:** این یاخته‌ها بعد از جدا سازی کشت داده و برای تشکیل بسیاری از انواع یاخته‌ها تحریک می‌شوند اما تمایز جنین یاخته‌هایی هنوز نمی‌تواند به گونه‌ای تنظیم شود که بتواند همه انواع یاخته‌هایی را که در بدن جنین تولید می‌کنند در شرایط آزمایشگاهی نیز به وجود بیاورد.



### گفتار ۳ - کاربردهای زیست فناوری

#### الف) در کشاورزی

**نکته:** تحول در کشاورزی نوین توانست افزایش چشمگیری در محصولات کشاورزی مانند گندم، برنج و ذرت ایجاد کند:

- نتایج مفید: استفاده از کودها و سموم شیمیایی، کشت انواع محصول، استفاده از ماشین‌ها در کشاورزی و افزایش سطح زیر کشت.
- نتایج بد: آلودگی محیط زیست، کاهش تنوع ژنی و تخریب جنگل‌ها و مراتع.

#### نولید گیاهان مقاوم در برابر بعضی آفت‌ها

**نکته:** این روش توانسته است مصرف آفت‌کش‌ها را کاهش دهد.

**مثال:** برخی از باکتری‌های خاکزی، پروتئین‌هایی تولید می‌کنند که حشرات مضر برای گیاهان زراعی را می‌کشند و در مرحله‌ای از رشد خود نوعی پروتئین سمی می‌سازند که ابتدا به صورت

مولکولی غیرفعال است. این مولکول در بدن حشره فعال شده، حشره را از بین می‌برد. پیش سم غیرفعال، تحت تأثیر آنزیم‌های گوارشی موجود در لوله گوارش حشره شکسته و فعال می‌شود. سم فعال شده باعث تخریب یاخته‌های لوله گوارش و سرانجام مرگ حشره می‌شود.

**نکته:** برای تولید گیاه مقاوم به آفت (گیاه مقاوم مثل ذرت، پنبه و سویا):

- ۱) ژن مربوط به این سم از ژنوم باکتری جداسازی می‌شود.
- ۲) همسانه‌سازی می‌شود.
- ۳) به گیاه مورد نظر انتقال داده می‌شود.

**مثال:** کرم به درون غوزه نارس پنبه نفوذ می‌کند، بنابراین برای از بین بردن این آفت سم‌پاشی‌های متعدد لازم است، زیرا آفت در معرض سم قرار نمی‌گیرد. چنانچه استفاده زیاد سم برای محیط زیست مضر است. امروزه با کمک فناوری زیستی و تولید پنبه‌های مقاوم، نیاز به سم‌پاشی مزارع پنبه تا حدود زیادی کاهش پیدا کرده است.

✓ حشره در اثر خوردن گیاه مقاوم شده از بین می‌رود و فرصت ورود به درون غوزه را از دست می‌دهد. بنابراین، نیاز به سم‌پاشی مزرعه کاهش می‌یابد.

#### مثالهای دیگر:

- ۱) اصلاح بذر برای تولید گیاهان مطلوب
- ۲) تولید گیاهان مقاوم به خشکی و شوری
- ۳) تنظیم سرعت رسیدن میوه‌ها
- ۴) افزایش ارزش غذایی محصولات
- ۵) تولید گیاهان مقاوم به علف‌کش‌ها

**نکته:** کشت گیاهان مقاوم به علف‌کش‌ها باعث می‌شود که علف‌های هرز را با استفاده از علف‌کش‌هایی که راحت در طبیعت تجزیه می‌شوند، بدون آسیب به گیاه اصلی از بین برد:

✓ هم‌چنین به علت عدم شخم زدن زمین، خاک‌های سطحی نیز کم‌تر دست‌خوش فرسایش می‌شوند.

#### ب) در پزشکی

۱) **تولید دارو:** این داروها، برخلاف فرآورده‌های مشابهی که از منابع غیرانسانی تهیه می‌شوند، پاسخ‌های ایمنی ایجاد نمی‌کنند. انسولین یکی از داروهایی است که توسط این فناوری تولید می‌شود:

**نکته:** روش‌های تهیه انسولین:

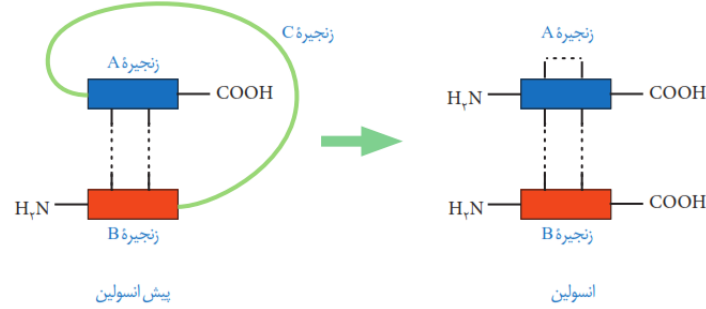
- ۱) جداسازی و خالص کردن آن از لوزالمعده جانورانی مثل گاو.
- ۲) استفاده از مهندسی ژنتیک.

✓ باکتری در صورت داشتن ژن انسولین انسانی می‌تواند آن را بسازد.  
 ✓ مولکول انسولین فعال، از دو زنجیره کوتاه پلی‌پپتیدی به نام‌های A و B تشکیل شده است که به یکدیگر متصل هستند.

**نکته:** در پستانداران از جمله انسان انسولین به صورت یک مولکول پیش‌هورمون (غیر فعال) ساخته می‌شود.

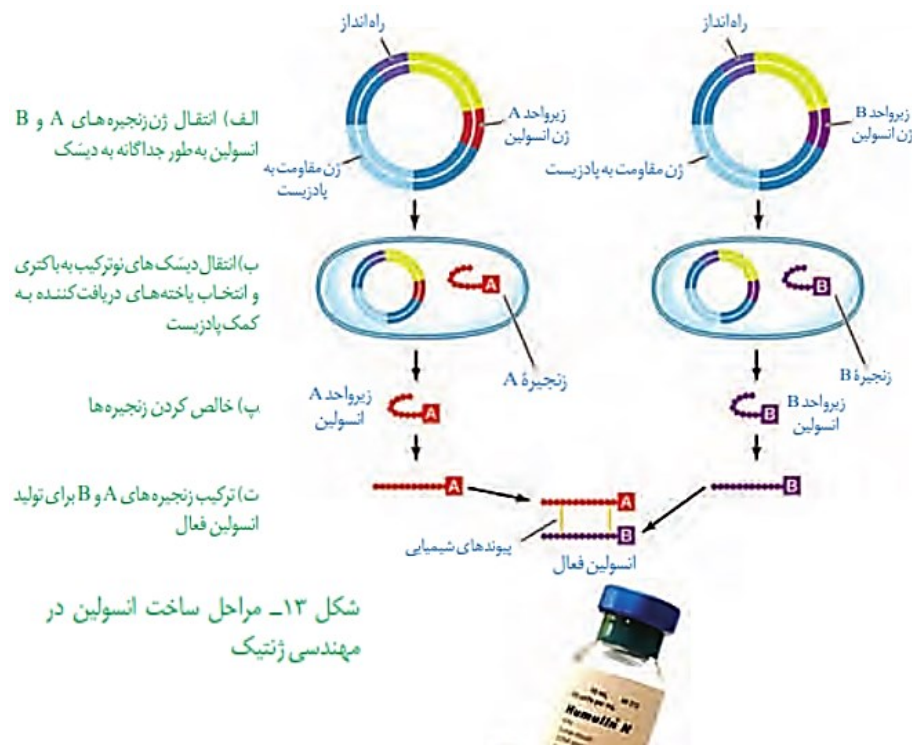
**نکته:** پیش‌هورمون به صورت یک زنجیره پلی‌پپتیدی است و با جدا شدن بخشی از توالی به نام زنجیره C به هورمون فعال تبدیل می‌شود.

**نکته:** مهم‌ترین مرحله در ساخت انسولین به روش مهندسی ژنتیک، تبدیل انسولین غیرفعال به انسولین فعال است زیرا تبدیل پیش‌هورمون به هورمون در باکتری انجام نمی‌شود.



**نکته:** در سال ۱۹۸۳ برای اولین بار:

- ۱) دو توالی DNA به صورت جداگانه برای رمز کردن زنجیره‌های A و B انسولین تولید و توسط دیسک به نوعی باکتری منتقل شدند.
- ۲) سپس، زنجیره‌های پلی‌پپتیدی ساخته شده جمع‌آوری و در آزمایشگاه به وسیله پیوندهایی به یکدیگر متصل شدند.



۲) **تولید واکسن:** واکسن تولید شده باید بتواند دستگاه ایمنی را برای مقابله با عامل بیماری‌زا تحریک کند، اما منجر به ایجاد بیماری نشود و واکسن‌های تولید شده با روش مهندسی ژنتیک چنین خطری ندارند.

**نکته:** در این روش، ژن مربوط به پادگین (آنتی‌ژن) سطحی عامل بیماری‌زا به یک باکتری یا ویروس غیربیماری‌زا منتقل می‌شود:

✓ واکسن نوترکیب ضدپاتیت B با این روش تولید شده است.

۳) **ژن درمانی:** ژن درمانی یعنی قرار دادن نسخه سالم یک ژن در یاخته‌های فردی که دارای نسخه‌ای ناقص از همان ژن است. در این روش:

- ۱) یاخته‌هایی را از بدن بیمار خارج و ژن سالم را با کمک ناقل وارد آن‌ها می‌کنند.
- ۲) سپس یاخته تغییر یافته را به بدن بیمار بازمی‌گردانند.

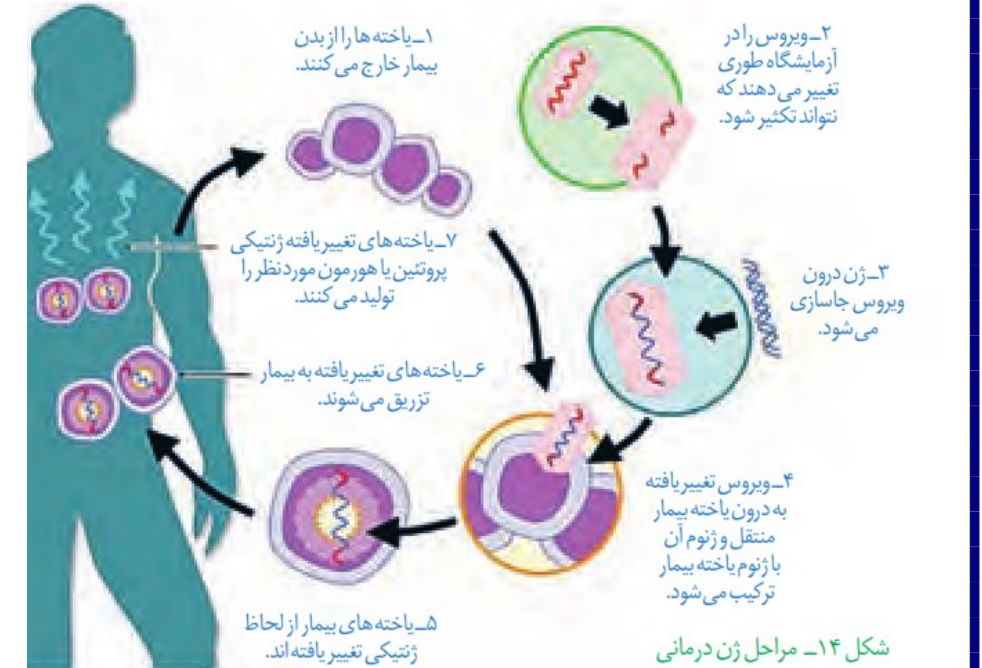
**نکته:** اولین ژن درمانی موفقیت‌آمیز برای یک دختر بچه ۴ ساله، دارای نوعی نقص ژنی، انجام شد این ژن جهش‌یافته نمی‌توانست یک آنزیم مهم دستگاه ایمنی را بسازد. برای درمان آن:

- ۱) لنفوسیت‌ها را از خون بیمار جدا کردند و در خارج از بدن کشت دادند.
- ۲) نسخه‌ای از ژن کارآمد را به لنفوسیت‌ها منتقل و آن‌ها را وارد بدن بیمار کردند.



**نکته:** یاخته‌ها توانستند آنزیم موردنیاز بدن را بسازند ولی چون قدرت بقای زیادی ندارند، لازم بود بیمار به‌طور متناوب لنفوسیت‌های مهندسی شده را دریافت کند.

**نکته:** برای درمان این افراد می‌توان از روش‌هایی مثل پیوند مغز استخوان و یا تزریق آنزیم هم استفاده کرد.



**۴) تشخیص بیماری:** امروزه با کمک روش‌های زیست‌فناوری و شناسایی نوکلئیک‌اسید عامل بیماری‌زا می‌توان به‌وجود آن در بدن پی برد.

**نکته:** ایدز بیماری خطرناکی است و هنوز درمان قطعی برای آن وجود ندارد. فرد مبتلا به ایدز توانایی دفاع در مقابل عوامل بیماری‌زا را از دست می‌دهد.

**نکته:** برای تشخیص ایدز:

۱. DNA موجود در خون فرد مشکوک را استخراج می‌کنند. DNA استخراج شده شامل DNA یاخته‌های بدن خود فرد و احتمالاً DNA ویروس است.
۲. با استفاده از روش‌های زیست‌فناوری DNA ویروس تشخیص داده می‌شود. تشخیص زودهنگام آلودگی با ویروس ایدز اهمیت زیادی دارد و باعث می‌شود که بدون اتلاف وقت اقدامات درمانی و پیشگیری لازم صورت گیرد.

**نکته:** روش زیست‌فناوری در مطالعه در مورد DNA فسیل‌ها نیز کاربرد دارد.

### اهمیت تولید جانوران تراژنی در زیست‌فناوری

- ۱) مطالعه عملکرد ژن‌های خاص در بدن (ژن‌های عوامل رشد و نقش آن‌ها در رشد بهتر دام‌ها)
- ۲) کاربرد آن‌ها به‌عنوان مدلی برای مطالعه بیماری‌های انسانی (انواع سرطان، آلزایمر و ام.اس)
- ۳) تولید پروتئین‌های انسانی یا داروهای خاص در بدن آن‌ها (گاوه‌های تراژنی دارای شیر حاوی پروتئین انسانی)

### زیست‌فناوری و اخلاق

**نکته:** استفاده از دستاورد علمی زیست‌فناوری نیز باید با ملاحظات همراه باشد:

- ✓ این ملاحظات جنبه‌های مختلف اخلاقی، اجتماعی و ایمنی زیستی را دربرمی‌گیرند.
- ✓ ایمنی زیستی شامل مجموعه‌ای از تدابیر، مقررات و روش‌هایی برای تضمین بهره‌برداری از این فنون است.

## فصل ۸ – رفتارهای جانوران

**نکته:** دانستن درباره چگونگی زادآوری یک حشره آفت، می‌تواند به یافتن راه‌هایی برای مبارزه با آن منجر شود.

**نکته:** دانستن درباره مهاجرت یا تغذیه یک جانور در معرض خطر انقراض، می‌تواند به راه‌هایی برای حفظ آن گونه و حفاظت از تنوع زیستی بینجامد.

## گفتار ۱ – اساس رفتار

**نکته:** تعریف رفتار:

«واکنش یا مجموعه واکنش‌هایی است که جانور در پاسخ به محرک یا محرک‌ها انجام می‌دهد.»

✓ محرک‌هایی مانند بو، رنگ، صدا، تغییر میزان هورمون‌ها یا گلوکز در بدن جانور، تغییر دمای محیط و تغییر طول روز موجب بروز رفتارهای گوناگون در جانوران می‌شوند.

### الف) رفتار غریزی

۱) **رفتار غریزی جوجه کلاغی:** جوجه کاکایی برای دریافت غذا به منقار پرندۀ والد نوک می‌زند و والد بخشی از غذای خورده شده را برمی‌گرداند تا جوجه آن را بخورد.

○ دریافت غذای کافی برای بقا و رشد جوجه اهمیت دارد.

○ جوجه پس از بیرون آمدن از تخم، می‌تواند به منقار والد نوک بزند.

۲) **رفتار غریزی مراقبت از فرزند در موش ماده:** موش ماده طبیعی اجازه نمی‌دهد بچه‌موش‌ها از او دور شوند؛ اگر بچه‌موش‌ها دور شوند، مادر آن‌ها را می‌گیرد و به سمت خود می‌کشد

a) موش مادر ابتدا نوزادان را وارسی می‌کند و اطلاعاتی از راه حواس به مغز آن ارسال می‌شود.

b) ژن B در یاخته‌هایی در مغز موش مادر فعال می‌شود و دستور ساخت پروتئینی را می‌دهد که آنزیم‌ها و ژن‌های دیگری را فعال می‌کند.

c) در مغز جانور فرآیندهای پیچیده‌ای به راه می‌افتد که در نتیجه آن‌ها، موش ماده رفتار مراقبت مادری را نشان می‌دهد.

**نکته:** پژوهشگران با ایجاد جهش در ژن B آن را غیرفعال کردند:

✓ موش‌های ماده‌ای که ژن‌های جهش‌یافته داشتند، ابتدا بچه‌موش‌های تازه متولد شده را وارسی کردند ولی بعد آن‌ها را نادیده گرفتند و رفتار مراقبت نشان ندادند.

○ این ترتیب، مشخص شد رفتار مراقبت مادری در موش اساس ژنی دارد.

**نکته:** اساس رفتار غریزی در همه افراد یک گونه یکسان است، زیرا ژنی وارثی است.

✓ رفتار جوجه کاکایی برای به‌دست آوردن غذا، لانه‌سازی پرندۀها و رفتار مکیدن در شیرخواران نمونه‌های دیگری از رفتارهای غریزی‌اند.

✓ همه رفتارهای غریزی به‌طور کامل هنگام تولد در جانور ایجاد نشده‌اند.

### ب) یادگیری و رفتار

**نکته:** تغییر نسبتاً پایدار در رفتار که در اثر تجربه به‌وجود می‌آید یادگیری نام دارد.

**نکته:** در رفتار درخواست غذا، نوک‌زدن‌های جوجه کاکایی به منقار والد در ابتدا دقیق نیست ولی به‌تدریج و با تمرین، این رفتار دقیق‌تر می‌شود:

✓ هرچه جوجه دقیق‌تر نوک بزند، والد سریع‌تر به درخواست آن برای غذا پاسخ می‌دهد. به این ترتیب جوجه می‌آموزد تا دقیق‌تر نوک بزند. بنابراین، جوجه کاکایی تجربه به‌دست می‌آورد و رفتار غریزی آن تغییر می‌کند و اصلاح می‌شود.

**نکته:** انواع یادگیری:

۱) **خوگیری** (عادی شدن):

**مثال ۱:** جوجه پرندگان اجسام گوناگونی مانند برگ‌های درحال افتادن را در بالای سر خود می‌بینند در ابتدا جوجه‌ها با پایین آوردن سر خود و آرام ماندن به این محرک‌ها پاسخ می‌دهند، اما با دیدن مکرر اجسام درحال حرکت، یاد می‌گیرند آن‌ها برایشان خطر یا فایده‌ای ندارند. در نتیجه، جوجه‌ها دیگر به این محرک‌ها پاسخ نمی‌دهند.

✓ در این یادگیری، پاسخ جانور به یک محرک تکراری که سود یا زیانی برای آن ندارد، کاهش پیدا می‌کند و جانور می‌آموزد به برخی محرک‌ها پاسخ ندهد.

✓ خوگیری موجب می‌شود جانور با چشم‌پوشی از محرک‌های بی‌اهمیت، انرژی خود را برای انجام فعالیت‌های حیاتی حفظ کند.

**مثال ۲:** در برخی کشتزارها قوطی‌های فلزی را به مترسک آویزان می‌کنند، تا پرندگان را دور کنند اما اگر به آن قوطی آویزان نکنند تا صدا ایجاد نکند عادی می‌شود.

**مثال ۳:** شقایق دریایی با تحریک مکانیکی (تماس)، بازوهای خود را منقبض می‌کند اما به حرکت مداوم آب پاسخی نمی‌دهد.

### ۲) شرطی شدن کلاسیک

**نکته:** وقتی یک محرک بی اثر همراه با یک محرک شرطی به تکرار به یک جانور عرضه شود پس از مدتی محرک بی اثر به محرک شرطی تبدیل می‌شود و حتی به تنهایی پاسخ را در جانور ایجاد می‌کند.

**مثال ۱:** وقتی جانوری مانند سگ غذا می‌بیند و یا بوی آن را احساس می‌کند، بزاق او ترشح می‌شود.

✓ غذا محرک و ترشح بزاق، پاسخی غریزی و یک بازتاب طبیعی است.

**نکته:** دانشمندی به نام پاولوف آزمایش‌های متعددی در این‌باره انجام داد:

✓ او متوجه شد بزاق سگ، با دیدن فرد غذا دهنده و قبل از دریافت غذا نیز ترشح می‌شود.  
✓ پاولف آزمایشی طرح کرد و در آن هم‌زمان با دادن پودر گوشت (محرک طبیعی) به سگ گرسنه، زنگی (محرک بی اثر) را به صدا درآورد.

✓ با تکرار این کار، سگ بین صدای زنگ و غذا ارتباط برقرار کرد، طوری که بزاق آن با شنیدن صدای زنگ (محرک شرطی شده) و حتی بدون دریافت غذا نیز ترشح می‌شد.

**نکته:** صدای زنگ در ابتدا یک محرک بی‌اثر بود ولی وقتی با محرک طبیعی یعنی غذا همراه شد، سبب بروز پاسخ ترشح بزاق شد.

✓ صدای زنگ یک محرک شرطی است زیرا در صورتی می‌تواند موجب بروز پاسخ شود که با یک محرک طبیعی همراه شود.

**مثال ۲:** رام‌کنندگان جانوران به این روش انجام حرکات نمایشی در سیرک را به آن‌ها می‌آموزند.

۳) **شرطی شدن فعال** (یادگیری با آزمون و خطا):

**نکته:** در شرطی شدن فعال، جانور می‌آموزد بین رفتار خود با پاداش یا تنبیهی که دریافت می‌کند، ارتباط برقرار کرده و در آینده فکری را تکرار یا از انجام آن خودداری می‌کند.

**مثال ۱:** دانشمندی به نام اسکینر موش گرسنه‌ای را در جعبه‌ای قرار داد که درون آن اهرمی وجود داشت و موش می‌توانست آن را فشار دهد. موش درون جعبه حرکت می‌کرد و به‌طور تصادفی اهرم درون جعبه را فشار می‌داد. در نتیجه، تکه‌ای غذا به درون جعبه می‌افتاد و موش غذا دریافت 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 به‌طور عمدی، اهرم را فشار می‌داد تا غذا به‌دست آورد.

**مثال ۲:** اگر پرنده‌ای ، پروانه مونارک ببلعد ، دچار تهوع شده و پس از چنین تجربه‌هایی پرنده می‌آموزد، این حشره را نباید بخورد.

۴) **حل مسئله:**

**نکته:** جانور بین تجربه‌های گذشته و موقعیت جدید ارتباط برقرار می‌کند و با استفاده از آن‌ها برای حل مسئله جدید، آگاهانه برنامه‌ریزی می‌کند.

**مثال ۱:** رسیدن شامپانزه به موز آوریزان

**مثال ۲:** بدست آوردن تکه گوشت آویزان توسط کلاغ سیاهی

۵) **نقش‌پذیری:**

**نکته:** نقش‌پذیری نوعی یادگیری است که در دوره مشخصی از زندگی جانور انجام می‌شود و در بقای آنها نقش دارد.

**مثال ۱:** جوجه غازها پس از بیرون آمدن از تخم، نخستین جسم متحرکی را که می‌بینند، دنبال می‌کنند جسم متحرک معمولاً مادر آن‌هاست.

✓ این دنبال کردن موجب پیوند جوجه‌ها با مادر می‌شود.

✓ نقش‌پذیری جوجه غازها طی چند ساعت پس از خروج از تخم رخ می‌دهد. این زمان، دوره حساسی است که در آن نقش‌پذیری با بیش‌ترین موفقیت انجام می‌شود.

✓ جوجه غازها با نقش‌پذیری مادر خود را می‌شناسند و این شناسایی برای بقای جوجه‌ها حیاتی است.

✓ بدون آن جوجه‌ها تحت مراقبت مادر قرار نمی‌گیرند و ممکن است بمیرند.

✓ جوجه‌ها با نقش‌پذیری، رفتارهای اساسی مانند جست‌وجوی غذا را نیز از مادر یاد می‌گیرند.

**مثال ۲:** بره‌هایی که مادر خود را از دست داده‌اند و انسان آن‌ها را پرورش داده است، دنبال او راه می‌افتند و تمایلی برای ارتباط با گوسفندهای دیگر نشان نمی‌دهند.

**برهم‌کنش غریزه و یادگیری**

**نکته:** بیش‌تر رفتارهای جانوران محصول برهم‌کنش ژن‌ها و اثرهای محیطی است که جانور در آن زندگی می‌کند:

✓ همان‌طور‌که در رفتار درخواست غذای جوجه کاکایی دیدیم، این رفتار غریزی به‌طور کامل در جوجه‌ای که از تخم بیرون می‌آید، بروز پیدا نمی‌کند.

✓ برای شکل‌گیری کامل آن، برهم‌کنش جوجه و والدین و کسب تجربه لازم است.

**نکته:** یادگیری برای بقای جانوران لازم است، زیرا محیط جانوران همواره درحال تغییر است.

## رفتار ۲ – انتخاب طبیعی و رفتار

**نکته:** پژوهشگران در بررسی یک رفتار تلاش می‌کنند به دو نوع پرسش پاسخ دهند.

۱) جانور چگونه رفتاری را انجام می‌دهد؟ (فرآیندهای ژنی، رشدونمو و عملکرد بدن جانور)
۲) چرا جانور رفتاری را انجام می‌دهد؟ (به دیدگاه انتخاب طبیعی مربوط است.)

**مثال:** پرنده کاکایی پس از آن‌که جوجه‌هایش از تخم بیرون می‌آیند، پوسته‌های تخم را از لانه خارج می‌کند جوجه‌ها و تخم‌های کاکایی در میان علف‌های اطراف آشیانه به خوبی استتار می‌شوند اما رنگ سفید داخل پوسته تخم‌های شکسته بسیار مشخص است.

✓ اگر تخم‌های شکسته بیرون انداخته نشوند کلاغ‌ها تخم کاکایی را پیدا کرده و می‌خورد به این علت که رنگ سفید داخل پوسته تخم‌های شکسته، راهنمای کلاغ‌ها است.

**نکته:** کاکایی‌ها با رفتار دور انداختن پوسته تخم‌های شکسته از لانه ، احتمال شکار شدن را کاهش و احتمال بقای جوجه‌ها را افزایش می‌دهند.

✓ کاکایی‌ها زمان بسیار کوتاهی را برای بیرون بردن پوسته تخم‌ها صرف می‌کنند اما این

رفتار در بقای زاده‌های آن‌ها نقشی حیاتی دارد.

✓ رفتارهای سازگارکننده با سازوکار انتخاب طبیعی، برگزیده می‌شوند.

**نکته:** در رفتارشناسی با دیدگاه انتخاب طبیعی، پژوهشگران برای پاسخ به پرسش چرایی رفتارها و اثر انتخاب طبیعی در شکل دادن به آن‌ها پژوهش می‌کنند.

✓ آن‌ها نقش سازگارکنندگی رفتارهای گوناگون و به‌عبارتی نقش رفتارها را در بقا و زادآوری بیش‌تر جانوران بررسی می‌کنند.

✓ این کار با بررسی سود و هزینه رفتار برای جانور، انجام می‌شود.

**زادآوری (تولیدمثل)**

**نکته:** داشتن بیش‌ترین تعداد زاده‌های سالم، معیاری برای موفقیت زادآوری در جانوران است.

✓ جانوران برای دستیابی به موفقیت در زادآوری (تولیدمثل)، رفتارهای زادآوری انجام می‌دهند.

**رفتار انتخاب جفت:** جانور ابتدا ویژگی‌های جفت را بررسی می‌کند و بعد تصمیم می‌گیرد با آن جفت‌گیری کند یا نه.

**مثال ۱:** انتخاب جفت در طاووس:

✓ ویژگی‌های ظاهری طاووس‌های نر و ماده متفاوت است. در فصل زادآوری دم طاووس نر، پره‌ای پرنقش‌ونگاری پیدا می‌کند.

✓ طاووس نر دم خود را مانند بادبزن می‌گستراند.

✓ طاووس ماده دم طاووس‌های نر را بررسی می‌کند

✓ نری به‌عنوان جفت انتخاب می‌شود که رنگ درخشان و لکه‌های چشم مانند بیش‌تری روی پره‌ای دم خود داشته باشد.

**نکته:** در جانوران، ماده‌ها بیش‌تر از نرها رفتار انتخاب جفت را انجام می‌دهند.

✓ در جانوران هریک از والدین باید انرژی و مدت‌زمانی را برای زادآوری و پرورش زاده‌ها صرف کنند.

✓ جانوران ماده معمولاً زمان و انرژی بیش‌تری صرف می‌کنند.

**نکته:** نگهداری از تخم‌ها و جوجه‌ها در پرندگان و بارداری و شیر دادن به نوزادان در پستانداران فعالیت‌های پرهزینه‌ای هستند که جانوران ماده آن‌ها را انجام می‌دهند:

✓ بنابراین، تولیدمثل برای آن‌ها هزینه بیش‌تری دارد.

✓ پس جانوران ماده باید جفت انتخاب کنند تا موفقیت تولیدمثل آن‌ها تضمین شود.

**نکته:** جانوران ماده در انتخاب جفت به ویژگی‌های ظاهری نرها توجه می‌کنند:

✓ درخشان بودن رنگ پرنده یکی از این ویژگی‌هایی است که نشانه سلامت و کیفیت رژیم غذایی آن است. جفت‌گیری با نری که این نشانه را دارد، سلامت جانور ماده و زاده‌هایش را تضمین می‌کند.

**نکته:** ویژگی‌های ظاهری جانور نر نشانه‌ای از داشتن ژن‌های مربوط به صفات سازگارکننده نیز هستند.

✓ 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 تولیدمثل، سازگارتر بودن آن را نشان می‌دهد.

**نکته:** ویژگی‌های ظاهری مانند دم زینتی طاووس نر یا شاخ گوزن نر از صفات ثانویه جنسی جانوران نر هستند که هنگام جفت‌یابی و رقابت با نرهای دیگر به‌کار می‌روند.

**مثال ۲:** در نوعی جیرجیرک، جانور نر هزینه بیش‌تری در تولیدمثل می‌پردازد و بنابراین جفت را انتخاب می‌کند.

○ جیرجیرک نر زامه‌های خود را درون کیسه‌ای به همراه مقداری مواد مغذی به جانور ماده

منتقل می‌کند. جانور ماده هنگام تشکیل تخم و برای رشدونمو جنین به مواد مغذی درون کیسه نیاز دارد این کیسه بخش قابل توجهی از وزن بدن جانور نر را تشکیل می‌دهد.

**نکته:** 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.

**نظام های جفتگیری**

۱) **چند همسری** (در طاووس نر و بیشتر پستانداران):

✓ این نظام یکی از والدین پرورش و نگهداری زاده‌ها را انجام می‌دهد.

✓ طاووس نر در نگهداری زاده‌ها نقشی ندارد، اما می‌تواند با نگهداری از قلمرو، منابع غذایی، محل لانه و پناهگاه ایمن از شکارچی‌ها، به‌طور غیرمستقیم به ماده‌ها کمک کند.

۲) **تک همسری** (در بیش‌تر پرندگان مثل قمری خانگی):

✓ در این نظام هردو والد هزینه‌های پرورش زاده‌ها را می‌پردازند.

✓ در این نظام جانور نر و ماده در انتخاب جفت سهم مساوی دارند.

**رفتار غذایی**

**نکته:** مجموعه رفتارهای جانور برای جست‌وجو و به‌دست آوردن غذاست.

✓ غذاهایی که جانوران می‌خورند معمولاً اندازه‌های متفاوتی دارند.

✓ غذاهای بزرگ‌تر انرژی بیش‌تری دارند اما ممکن است فراوانی آن‌ها کم‌تر و به‌دست آوردن آن‌ها دشوارتر باشد.

○ بنابراین، برای جانوران میزان سود یعنی میزان انرژی موجود در غذا و هزینه به‌دست آوردن غذا و مصرف آن اهمیت دارد.

**غذایابی بسینه:** موازنه بین محتوای انرژی غذا و هزینه به‌دست آوردن آن است.

✓ براساس انتخاب طبیعی، رفتار غذایی‌ای برگزیده می‌شود که از نظر میزان انرژی دریافتی کارآمدتر باشد.

○ 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.

**نکته:** رفتار برگزیده باید موازنه‌ای بین کسب بیش‌ترین انرژی و کم‌ترین خطر را نشان دهد.

**نکته:** گاهی جانوران غذایی را مصرف می‌کنند که محتوای انرژی چندانی ندارد اما موردنیاز آن‌ها را تأمین می‌کند:

✓ برای مثال طوطی‌های، خاک رس می‌خورند تا مواد سمی حاصل از غذاهای گیاهی را در لوله گوارش آن‌ها خنثی کند.

**رفتار قلمروخواهی**

**نکته:** 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.

✓ 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.

**فایده قلمروخواهی:** استفاده اختصاصی از منابع قلمرو می‌تواند غذا و انرژی دریافتی جانور را افزایش دهد و امکان جفت‌یابی جانور و دست‌رسی به پناهگاه برای در امان ماندن از شکارچی نیز افزایش می‌یابد.



## رفتار مهاجرت

**نکته:** جابه‌جایی طولانی و رفت و برگشتی جانوران مهاجرت نام دارد.

**نکته:** تغییر فصل و نامساعد شدن شرایط محیط و کاهش منابع موردنیاز، جانوران را وامی‌دارد به سوی زیستگاه‌های مناسب‌تر برای تغذیه، بقا و زادآوری مهاجرت کنند.

**نکته:** مهاجرت رفتاری غریزی است که یادگیری نیز در آن نقش دارد:

- ✓ بررسی مهاجرت سارها نشان داده است سارهایی که تجربه مهارت دارند بهتر از آن‌هایی که برای نخستین‌بار مهاجرت می‌کنند، مسیر مهاجرت را تشخیص می‌دهند.
- ✓ در مسیر مهاجرت بسیاری از جانوران از جاهایی عبور می‌کنند که قبلاً در آن‌جاها نبوده‌اند.

**بهت یابی حین مهاجرت:** جانوران برای جهت‌یابی از نشانه‌های محیطی استفاده می‌کنند.

✓ مثلاً جهت‌یابی هنگام روز با استفاده از موقعیت خورشید و در شب با استفاده از موقعیت ستاره‌ها در آسمان انجام می‌شود.

**مثال ۱:** کبوترخانگی می‌تواند موقعیت خود را نسبت به میدان مغناطیسی زمین احساس و با استفاده از آن جهت‌یابی کند.

**نکته:** در سر بعضی از پرنده‌ها ذرات آهن مغناطیسی شده نیز یافته‌اند.

**مثال ۲:** لاک‌پشت‌های دریایی ماده پس از طی مسافت‌های طولانی، برای تخم‌گذاری به ساحل دریا می‌آیند و پس از تخم‌گذاری دوباره به دریا بازمی‌گردند. به‌نظر می‌رسد میدان مغناطیسی زمین در جهت‌یابی لاک‌پشت‌ها نیز نقش دارد.

## خواب زمستانی

**نکته:** در این حالت جانور به خواب عمیقی فرو می‌رود و یک دوره کاهش فعالیت را طی می‌کند که در آن دمای بدن، مصرف اکسیژن، تعداد تنفس جانور و نیاز جانور به انرژی کاهش می‌یابد.

✓ پیش از ورود به خواب زمستانی، جانور مقدار زیادی غذا مصرف می‌کند و در بدن آن چربی لازم به مقدار کافی ذخیره می‌شود تا هنگام خواب به مصرف برسد.

## رکود تابستانی

**نکته:** رکود تابستانی نیز یک دوره کاهش فعالیت است که در آن سوخت‌وساز جانور کاهش پیدا می‌کند:

- ✓ رکود تابستانی در جانورانی دیده می‌شود که در جاهای به شدت گرم مانند بیابان زندگی می‌کنند.
- ✓ این جانوران در پاسخ به نبود غذا یا دوره‌های خشک‌سالی، رکود تابستانی انجام می‌دهند.
- ✓ مثال: لاک‌پشت

## گفتار ۳ – ارتباط و زندگی گروهی

**نکته:** برخی از جانوران زندگی گروهی دارند برای زندگی در گروه، جانوران باید بتوانند با هم ارتباط برقرار کنند.

## ارتباط بین جانوران

**نکته:** جانوران از راه‌های گوناگون مانند تولید صدا، علامت‌های دیداری، بو و لمس کردن با یکدیگر ارتباط برقرار ساخته و اطلاعات مبادله می‌کنند.

- ✓ زنبورها با استفاده از فرومون با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند:
- ✓ جوجه کاکایی با لمس منقار والد با او ایجاد ارتباط و غذا درخواست می‌کند.
- ✓ صدای جیرجیرک نر، اطلاعاتی مانند گونه و جنسیت را به اطلاع جیرجیرک ماده می‌رساند.

## ارتباط در زنبورهای عسل

**نکته:** زنبورهای کارگر شهد و گرده گل‌ها را جمع‌آوری کرده و به کندو می‌آورند:

- ✓ زنبور یابنده گرده 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. هرچه این حرکات طولانی‌تر باشد، منبع غذایی دورتر است.

## زندگی گروهی

**نکته:** مورچه و گرگ به شکل گروهی زندگی می‌کنند و با هم همکاری دارند.

**نکته:** جانوران از زندگی گروهی سود می‌برند.

- ✓ احتمال شکار شدن جانور در گروه کم‌تر است.
- ✓ دسترسی به منابع غذایی نیز ممکن است افزایش یابد.
- ✓ شکار گروهی نیز موفقیت بیش‌تری دارد.

**نکته:** در اجتماع مورچه‌های برگ‌بر، کارگرها اندازه‌های متفاوتی دارند.

- تعدادی از آن‌ها برگ‌ها را برش می‌دهند و به لانه حمل می‌کنند.
- گروهی دیگر کار دفاع را انجام می‌دهند.
- ✓ این مورچه‌ها قطعه‌های برگ را به‌عنوان کود برای پرورش نوعی قارچ که از آن تغذیه می‌کنند، به‌کار می‌برند.

## رفتار دگرخواهی

**نکته:** دگرخواهی رفتاری است که در آن یک جانور بقا و موفقیت تولیدمثلی جانور دیگری را با هزینه کاسته شدن از احتمال بقا و تولیدمثل خود، افزایش می‌دهد.

**نکته:** در بین جانورانی که زندگی گروهی دارند، افراد نگهبانی هستند که با تولید صدا حضور شکارچی را به دیگران هشدار می‌دهند تا به موقع فرار کنند.

**مثال ۱:** زنبورهای عسل کارگر، نازا هستند و نگهداری و پرورش زاده‌های ملکه را انجام می‌دهند.

- ✓ جانوران نگهبان و زنبورهای عسل کارگر رفتار دگرخواهی دارند.
- ✓ آن‌ها با خویشاوندانشان، ژن‌های مشترکی دارند. بنابراین اگرچه این جانوران خود زاده‌ای نخواهند داشت، ولی خویشاوندان آن‌ها می‌توانند زادآوری کرده و ژن‌های مشترک را به نسل بعد منتقل کنند.

**مثال ۲:** خفاش‌های خون‌آشام به‌طور گروهی درون غارها یا سوراخ درختان زندگی می‌کنند.

- ✓ این خفاش‌ها خونی 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.
- ✓ خفاش‌هایی که دگرخواهی انجام می‌دهند، لزوماً خویشاوند نیستند.

**مثال ۳:** میرکت‌ها (دم عصاییها) که با ایجاد صدا توسط نگهبان‌ها گروه را از خطر آگاه می‌کنند.

**نکته:** گاهی دگرخواهی، رفتاری به نفع خود فرد است:

- ✓ در کبوترها، یاریگری‌هایی هستند که اغلب جوان‌اند و با کمک به والدین صاحب لانه، تجربه کسب می‌کنند و هنگام زادآوری می‌توانند از این تجربه‌ها برای پرورش زاده‌های خود استفاده کنند و با مرگ جفت‌های زادآور، قلمرو را تصاحب و خود زادآوری می‌کنند.

موفق باشید