# مقدمهٔ مؤلف

سلام کنکوری‌ها! آره دیگه رسیدیم به سال کنکور. می‌دونم همتون آرزوهای بزرگی در این سال دارین و دوست دارین بهترین نتیجه رو بگیرین. اما اصلاً آیا درسته که چیزی رو آرزو کنین؟ وقتی چیزی رو آرزو می‌کنین، یعنی اینکه اون چیز رو دوس دارین، ولی شاید براتون دور از دسترس باشه و برای همین فقط یه «آرزو» هست. پس بهتر نیست که به‌جای اینکه آرزوتون باشه، هدفتون باشه؟ مسلماً در راه رسیدن به این هدف شکست‌ها و ناامیدی‌های زیادی جلوتون قرار می‌گیره، اما می‌گن «توی هر ضرر باید استفاده‌ای باشه / باخت باید احساس فوق‌العاده‌ای باشه». باید از باخت‌ها درس گرفت و با کمک اونا، روز به روز به هدف نزدیک‌تر شد.

اما جلد آموزش میکرو زیست‌شناسی دوازدهم! با جرأت می‌گم که این کتاب خاص‌ترین کتابی هست که توی این سال می‌خونین. این کتاب، جامع‌ترین و کامل‌ترین درسنامه‌های کنکوری رو داره و ما در این کتاب، به فکر همه‌چیز شما بودیم. سخته درسنامه‌ای رو بنویسیم که هم کامل باشه و هم حجم مناسبی داشته باشه و برای همینه که ما برای اولین بار، ایدهٔ «درسنامه‌های ماژولار» رو در این کتاب به شما معرفی می‌کنیم. فعلاً توضیح بیشتری بهتون نمی‌دم و چند صفحه جلوتر، می‌تونین توضیحات کامل رو دربارهٔ درسنامه‌های ماژولار دوازدهم بخونین و شگفت‌زده بشین!

## ما به شما ماهی‌گیری رو یاد می‌دیم!

یکی از بدی‌های خوندن درسنامه (و کلاً کتاب‌های کمک‌آموزشی) این هست که قدرت تحلیل‌کردن رو از شما می‌گیرن. برای همین هست که ما سعی کردیم توی این کتاب فقط ماهی آماده رو به شما ندیم و ماهی‌گیری رو بهتون یاد بدیم؛ یعنی اینکه ما فقط بهتون نکات رو نگفتیم، بلکه روش تحلیل‌کردن و استخراج نکات رو هم یاد دادیم. شما با خوندن این درسنامه‌ها هم مفاهیم رو یاد می‌گیرین، هم می‌فهمین که چطوری میشه این مفاهیم رو از کتاب درسی برداشت کرد. این موضوع برای سال کنکور شما که باید قدرت تحلیل خودتون رو افزایش بدین، خیلی مهم هست. علاوه‌بر این، ما می‌تونیم ادعا کنیم که برای اولین بار، تونستیم به‌حدی پوشش کاملی از کتاب درسی ارائه بدیم که حتی از خود کتاب درسی هم بی‌نیاز بشین؛ یا حداقل نیاز خیلی خیلی کمتری نسبت به قبل داشته باشین. برین و حالش رو ببرین!

## تقدیم به تمام کسانی که تلاش کردن تا بهترین کتاب به دست شما برسه...

اول از همه؛ تشکر می‌کنم از پدر و مادر عزیزم که مثل همیشه مایهٔ دلگرمی من بودن و همینطور برادر عزیزم که بهترین‌ها رو براش آرزو دارم. بعد از اون باید تشکر کنم از کسی که همیشه یار و یاور من بوده و همه‌جوره کنار من هست؛ همسر عزیزم که همیشه به من انرژی می‌داد و مایهٔ آرامش من بود ...

اما گاج؛ جایی که بهترین‌ها هستن و تو رو هم مجبور می‌کنن بهترین باشی. ابتدا سپاسگزار هستم از مهندس ابولفضل و محمد جوکار بابت اعتمادی که به من داشتن. تشکر ویژه‌ای دارم از مهندس افشین احمدی که مثل همیشه، حامی من بودن و به‌مانند برادر بزرگ و دلسوز من هستن. نباید فراموش کنیم زحمات سرکار خانم غلامی رو که خیلی اذیت شدن و بدقولی‌های من رو تحمل کردن، اما تمام تلاششون رو کردن که کتاب به‌موقع و با بهترین کیفیت به دست شما برسه و همینطور جناب آقای اسماعیل‌زاده و پورافشار که خیلی برای هماهنگی‌های این کتاب تلاش کردن. و باز مثل همیشه باید یادی کنیم از جناب آقای شاکری و تیم فنی گاج که این بار خیلی بیشتر اذیت شدن ولی در نهایت، کتابی رو آماده کردن که شما فقط با دیدن ظاهر زیبا و غنی اون، می‌تونین بفهمین که کتابی متفاوت در دستتون هست. همچنین لازم هست از تمامی افراد دیگه‌ای که در زمینهٔ ویراستاری این کتاب به ما کمک کردن، به خصوص آقای سهیل مرزایی و خانم‌ها الهام مرادی و سمیه قادرمرزی تشکر کنم و به اونا خسته نباشید بگم. در نهایت تشکر می‌کنم از جناب آقای وحید فتحی، دبیر برجستهٔ زیست شیراز که با نظرات کارشناسی خودشون، سهم مهمی در ارتقای کیفیت این کتاب داشتن.

## باشد که درخت‌ها هم راضی باشن!

در نهایت، ما تمام سعیمون رو کردیم که کتاب رو کامل و بی‌نقص بهتون ارائه بدیم، جوری که حتی درختان از اینکه شدن کاغذ کتاب ما، راضی و خندان باشن! اما چه کنیم که فقط «دیکتهٔ نانوشته خطا نداره» و «گل بی‌عیب خداست» ...

ما از شما دعوت می‌کنیم که هر نظر، پیشنهاد یا انتقادی در ارتباط با این کتاب یا سایر کتاب‌های میکرو زیست داشتین، از طریق ایمیل iqmicrozist@gmail.com برای ما بفرستین. همچنین می‌تونین از طریق سایت www.myzist.ir با ما در ارتباط باشین و از مطالب آموزشی بیشتر هم بهره‌مند بشین. مطمئن باشین ما همهٔ پیام‌های شما رو می‌خونیم و حتی اگه فرصت نکنیم به اونا پاسخ بدیم، از اونا برای بهتر کردن کتاب‌هامون در چاپ‌های بعدی استفاده می‌کنیم.

به‌امید اینکه آرزوهاتون، هدف‌های دست‌یافتنی بشن.

*«هدف تو در زندگی این هست که هدفت رو پیدا کنی و تمام قلب و روحت رو به اون اختصاص بدی.»*

# راهنمای استفاده از کتاب؛ حتماً بخوانید!

برای اینکه بتونین از این کتاب خوب استفاده کنین، لازمه که اول با بخش‌های مختلف این کتاب آشنا بشین. بنابراین، حتماً این راهنما رو با دقت زیادی مطالعه کنین. درسنامه‌ها از چهار بخش تشکیل شدن: ۱- متن اصلی درسنامه، ۲- آیکون‌ها، ۳- کادرهای اصلی و ۴- صفحات طلایی.

## متن اصلی درسنامه

قسمت اصلی درسنامه و مهم‌ترین بخشی که شما باید بخوانید. این قسمت، شامل کلیهٔ مطالب و مفاهیم مربوط به کتاب درسی است و بیش از خواندن هر بخش دیگری از کتاب، ابتدا باید این قسمت را بخوانید. نوشته‌های این قسمت، به پنج شکل مختلف دیده می‌شوند: ۱- *فونت فورمونی*؛ که مثال‌ها و توضیحات بیشتر برای درک بهتر مفاهیم هستن و ۲- ساده، ۳- آبی، ۴- **بولد (bold)** و ۵- **بولد و آبی**. قسمت‌های ۲ تا ۵، توضیحات اصلی متن درسنامه هستن و بر اساس اهمیت مشخص شده‌اند؛ یعنی، قسمت‌هایی که **بولد و آبی** هستن، بیشترین اهمیت رو دارن.

## آیکون‌ها

میانبرهایی هستن برای اونایی که می‌خوان بالاترین درصدها رو توی کنکور به‌دست بیارن. برای اینکه دیگه چیزی نمونده باشه که بلد نباشین.

۱- **نکته** شامل نکات مفهومی؛ نکاتی کنکوری که برای موفقیت در کنکور، حتماً باید آن‌ها را بلد باشین تا در دام طراح نیفتین.

۲- **تمرین** و **سؤال**: برای درک بهتر؛ سؤالاتی که ذهن شما رو به چالش می‌کشن و شما رو وادار به فکر کردن می‌کنن.

۳- **آن‌چه گذشت** و **آن‌چه خواهیم خواند**: نکات ترکیبی؛ هم نکات ترکیبی با فصل‌های قبلی و هم نکات ترکیبی با فصل‌های بعدی. با خوندن این نکات، پاسخ‌دادن به سؤالات ترکیبی خیلی آسونه.

۴- **یادآوری**: نوستالژي میکرو؛ نکاتی از کتاب‌های علوم دورهٔ متوسطهٔ اول که دونستن اونا باعث درک بهتر مطالب دوازدهم می‌شه.

۵- **مثال**: راهی ساده برای یادگیری بهتر؛ برای اینکه بتونین هر چیزی رو در ذهنتون تصور کنین و برای همیشه یادتون بمونه.

۶- **مقایسه**: برای اینکه از سؤالات مقایسه‌ای نترسین؛ برادر کوچک‌تر کادر مقایسه که مثل اون، کارش این هست که چیزای مختلف رو با هم مقایسه کنه؛ حتی چیزای به‌ظاهر بی‌ربط.

## کادرهای اصلی

کادرهایی هستن که خوندنشون واجب نیست اما مستحبه! اگه این کادرها رو بخونین، مسیر رسیدنتون به اهدافتون خیلی سریع‌تر و آسون‌تر میشه.

**همه چیز دربارهٔ**

### همه‌چیز دربارهٔ همه‌چیز از همه‌جای زیست

در این کادرها، می‌تونین همهٔ نکات ترکیبی دربارهٔ مطالب مختلف رو از همه‌جای کتاب‌های درسی زیست بخونین. این کادرها، نسخهٔ تکمیل‌شدهٔ کادرهای همه‌چیز دربارهٔ یازدهم هستن.

**جمع‌بندی**

### نسخهٔ مخصوص قبل آزمون

هرچقدر هم درس بخونین، بدون جمع‌بندی درس خوندنتون فایده‌ای نداره. این کادرها برای این هستن که در کوتاه‌ترین زمان ممکن قبل از هر آزمونی، همهٔ مطالب مهم براتون جمع‌بندی بشن.

**مقایسه**

### برای سؤالات مقایسه‌ای

شاید برای شما هم سؤالات مقایسه‌ای سخت باشن! اما تا قبل از اینکه کادرهای مقایسه‌ای این کتاب رو بخونین. با خوندن این کادرها، هم مطالب براتون جمع‌بندی می‌شن هم اینکه دعا می‌کنین توی کنکور سؤالات مقایسه‌ای بیان.

**فعالیت کتاب درسی**

### برای اینکه توی امتحان نهایی و کنکور، نمره بگیرین

حتماً می‌دونین که فعالیت کتاب‌های درسی، بخشی از نمرهٔ شما در امتحان نهایی و کنکور رو به‌خودشون اختصاص می‌دن. در کادرهای فعالیت، شما می‌تونین دقیق‌ترین و کامل‌ترین پاسخ‌ها برای همهٔ فعالیت‌های کتاب درسی رو بخونین.

## صفحات طلایی

چجوری میشه کل کنکور رو توی چند صفحه جمع کرد؟ کافیه کتابی داشته باشین که توش صفحات طلایی وجود داشته باشه. صفحات طلایی و کادرهای طلایی (جمع‌بندی) کتاب میکرو دوازدهم، سورپرایزهای خفنی هستن که فقط می‌تونین از دیدن و خوندنشون لذت ببرین.

### شکل‌های گفتار ۱

**نکاتی از شکل که فقط طراح کنکور می‌بینه**

می‌دونم که می‌دونین تو خیلی از سؤالات کنکور، حداقل یه نکته از شکل‌های کتاب درسی مطرح می‌شن. می‌دونم براتون خیلی سخته که نکات شکل‌ها رو استخراج کنین. ولی ما به فکرتون بودیم و کل نکات همهٔ شکل‌ها رو یه‌جا آوردیم.

### عبارت‌نامهٔ گفتار ۱

**توی هر سؤال کنکور، یاد این کادر میفتین**

برای پاسخگویی به هر سؤال کنکور، اول باید بتونین اون سؤال رو ترجمه کنین. یعنی باید کل تعبیرهای کتاب رو خوب بلد باشین. توی کادرهای عبارت‌نامه، می‌تونین همهٔ تعبیرها و ترجمه‌های کتاب درسی رو بخونین. یعنی صورت کل سؤالات کنکور!

### قیدنامهٔ گفتار ۱

**برای اینکه هیچی یادتون نره**

زیست‌شناسی پر از قید و استثنا هست و طراحان کنکور هم علاقهٔ خاصی به این چیا دارن. برای اینکه بتونین همهٔ قیدها رو یاد بگیرین، ما اونا رو خیلی قشنگ دسته‌بندی کردیم و تازه، دور شمارهٔ مهم‌ترین قیدها کادر گذاشتیم تا بتونین خیلی سریع، قیدهای مهم رو هم مرور کنین.

### تایم لاین گفتار ۱

**روی خط زمانی حرکت کنید**

توی کتاب‌های درسی، به‌خصوص دوازدهم، کلی فرایند مرحله‌ای داریم. طراحان کنکور هم عاشق این هستن که ترتیب این مراحل رو بپرسن. کادرهای تایم‌لاین برای این هستن که شما ترتیب مراحل هرچیزی رو بدونین؛ حتی چیزایی رو که مرحله‌ای نیستن، ما مرحله‌ای کردیم تا بتونین بهتر یاد بگیرین.

## واژه‌نامه

یکی از مشکلاتی که شما در کنکورتون دارین، سروکله زدن با کلماتی هست که به صورت کاملاً غیرمنطقی و غیرعلمی؛ وارد کتاب‌های درسی شدن. برای این‌که کارتون راحت‌تر بشه، ما در انتهای هر فصل، یک واژه‌نامه قرار دادیم که در اون، می‌تونین معادل جدید و قدیم هر کلمه همراه با معادل لاتین و توضیح خلاصه‌ای از اون اصطلاح رو بخونین. واضح است که معادل‌های لاتین، فقط برای اطلاع بیشتر هستند. راستی، برای این‌که پی‌دی اف واژه‌نامه‌های هر سه کتاب دهم، یازدهم و دوازدهم رو داشته باشین، می‌تونین به سایت www.myzist.ir مراجعه کنید.

## مشاوره‌نامهٔ زیستی

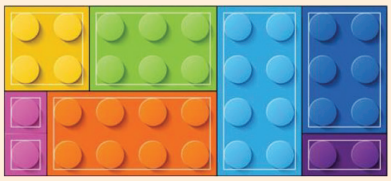
در ابتدای هر فصل، صفحه‌ای تحت عنوان مشاوره‌نامهٔ زیستی قرار دارد که در آن، می‌توانید اطلاعاتی نظیر معرفی فصل، تخمین تعداد سؤالات فصل، نوع سؤالات فصل، روش مطالعهٔ فصل، زمان و مقدار مناسب مطالعهٔ فصل و اولویت‌بندی مباحث بر اساس درسنامه‌ها، گفتارها، موضوع مبحث و شکل‌های کتاب درسی را بخوانید. توصیه می‌کنیم حتماً قبل از شروع هر فصل، این مشاوره‌نامه را بخوانید تا با دید شفاف‌تری بتوانید مطالب موجود در هر فصل را بخوانید و یاد بگیرید.

**بیشتر نخوانید**

## مباحثی برای نخواندن!

بیشتر نخوانیدها، مباحثی هستند که به‌نظر نمی‌آید در کنکور سراسری مطرح شوند و بیشتر احتمال مطرح‌شدن آن‌ها در کتاب‌های کمک‌درسی و آزمون‌های آزمایشی وجود دارد. به همین خاطر، جهت اطمینان بیشتر شما، ما این مطالب را نیز در کتاب آورده‌ایم و تصمیم‌گیری دربارهٔ مطالعه‌کردن یا نکردن آن‌ها را برعهدهٔ خودتان گذاشتیم. به‌هر حال، به یاد داشته باشید که طبق توضیحات کتاب درسی، مطالعهٔ این مباحث برای امتحانات مختلف نظیر امتحان نهایی و کنکور لازم نیست و می‌توانید اصلاً آن‌ها را نخوانید. در ضمن، دقت داشته باشید که ابتدا و انتهای هر بخش بیشتر نخوانید، با یک خط‌چین ( ----- ) مشخص شده است.

## درسنامه‌های ماژولار



لِگو LEGO

تا حالا اسباب‌بازی‌های لِگو رو دیدین؟ شما خودتون می‌تونین انتخاب کنین که چیا رو کنار هم قرار بدین و چه چیزی بسازین. بر اساس همین ایده، گوشی‌های ماژولار هم شکل گرفتن که دیگه امکاناتشون ثابت و از پیش تعیین‌شده نیست؛ مثلاً خودتون می‌تونین یه دوربین ۸ مگاپیکسلی و رم ۴ گیگ رو کنار بقیهٔ اجزا قرار بدین و موبایل مخصوص به خودتون رو بسازین. حالا فکر کنین که کتابی دستتون باشه که همین ویژگی رو داشته باشه؛ یعنی خودتون تعیین می‌کنین که چه چیزی رو می‌خواین بخونین و در واقع، بر اساس انتخاب خودتون، کتابی که می‌خواین بخونین شکل می‌گیره.

### ۳ کتاب در یک کتاب!

بله، درست خوندین! شما یه کتاب نخریدین، بلکه سه تا کتاب خریدین. شما در این کتاب، می‌تونین با توجه به هدف و نیاز خودتون، انتخاب کنین که چه بخش‌هایی از کتاب رو بخونین و چه بخش‌هایی رو نخونین. برای اینکه بتونیم به شما در این زمینه کمک کنیم، جدول زیر رو براتون آماده کردیم که بر اساس ۳ نیاز اصلی دانش‌آموزان در سال کنکور پر شده است: ۱- امتحان نهایی (۳۰ درصد کنکور)، ۲- کنکور و آزمون‌های آزمایشی و ۳- جمع‌بندی. بر اساس جدول زیر، می‌تونین الگوی مطالعهٔ خودتون رو تعیین کنین.

| هدف مطالعاتی | متن اصلی درسنامه | آیکون‌ها | | | | | | کادرهای اصلی | | | | صفحات طلایی | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | نکته | ترکیب * | تمرین و سؤال | مثال | یادآوری | مقایسه | همه‌چیز دربارهٔ | فعالیت کتاب درسی | جمع‌بندی | مقایسه | شکل | عبارت‌نامه | قیدنامه | تایم‌لاین | واژه‌نامه |
| نهایی | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ | ✓ |
| کنکور | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ | ✓ | ✗ | ✗ | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ | ✓ |
| جمع‌بندی | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| درصد حجمی | ۴۵ درصد | ۱۰ درصد | | | | | | ۲۰ درصد | | | | ۲۵ درصد | | | | | |

* منظور از ترکیب در جدول بالا، آن‌چه گذشت و آن‌چه خواهیم خواند است.

همانطور که مشاهده می‌کنین، حدود ۵۰ درصد مطالب این کتاب به جمع‌بندی و ترکیب اختصاص دارن. اما چرا اینجوریه؟ چون مباحث کتاب دوازدهم نسبت به کتاب پیش‌دانشگاهی نظام قدیم، بسیار ساده‌تر و کم‌تر هست و بنابراین، اهمیت اون نسبت به کتاب‌های دهم و یازدهم کم‌تر هست. در واقع، خیلی بهتره که شما در این سال توجه زیادی به مباحث پایه داشته باشین؛ برای همین هم ما کلی مطلب ترکیبی براتون آوردیم. علاوه‌بر این، برای اینکه مطالب دوازدهم رو بتونین سریع‌تر و کاربردی‌تر بخونین، کادرهای زیادی با هدف جمع‌بندی براتون آماده کردیم.

تذکر: الگوی مطالعاتی ذکر شده در جدول بالا، فقط یک پیشنهاد می‌باشد و شما می‌توانید با توجه به نیاز، هدف و زمان، الگوی مطالعاتی خود را تعیین کنین. برای اینکه بتونین خودتون این الگو رو تعیین کنین، ما جدول زیر رو براتون قرار دادیم که می‌تونین خودتون تکمیلش کنین:

| هدف مطالعاتی | متن اصلی درسنامه | آیکون‌ها | | | | | | کادرهای اصلی | | | | صفحات طلایی | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | نکته | ترکیب | تمرین و سؤال | مثال | یادآوری | مقایسه | همه‌چیز دربارهٔ | فعالیت کتاب درسی | جمع‌بندی | مقایسه | شکل | عبارت‌نامه | قیدنامه | تایم‌لاین | واژه‌نامه |
| نهایی | | | | | | | | | | | | | | | | |
| کنکور | | | | | | | | | | | | | | | | |
| جمع‌بندی | | | | | | | | | | | | | | | | |

# فصل ۱

**به یاد موش‌ها؛ به‌خاطر این‌که مردن تا DNA کشف بشه!**

*گریفیت در تلاش برای کشف واکسن بیماری آنفلوانزا، باکتری‌های استرپتوکوکوس نومونیا را به موش‌ها تزریق می‌کرد. این باکتری عامل بیماری سینه‌پهلو است؛ نوعی بیماری تنفسی که باعث مرگ موش‌ها می‌شه. گریفیت متوجه شد که فقط باکتری‌های کپسول‌دار زنده می‌تونن باعث بیماری و مرگ موش‌ها بشن.*

## مولکول‌های اطلاعاتی

مطمئنم همهٔ شما اسم DNA رو شنیدین و می‌دونین که ویژگی‌های ما توسط اطلاعات DNA ایجاد می‌شن. چقدر جالبه که مولکولی که ما حتی نمی‌تونیم با چشمامون ببینیمش، توی تک‌تک لحظات زندگی ما تأثیرگذار هست. اما حقیقت اینه که کنترل ما روی DNA بیشتره. این ما هستیم که با کارهامون می‌تونیم باعث بشیم از ژنمون در آینده به‌عنوان یه ژن خوب یاد بشه یا اینکه اصلاً فراموش بشیم.

در اولین فصل کتاب دوازدهم، با مباحث مربوط به ساختار و عملکرد نوکلئیک‌اسیدها و پروتئین‌ها آشنا می‌شیم. اولین گفتار کتاب، با صحبت دربارهٔ ساختار DNA و نحوهٔ کشف اون شروع میشه و بعد در گفتار (۲)، راجع به همانندسازی و تکثیر DNA صحبت می‌کنیم. در نهایت، آخرین گفتار فصل راجع به پروتئین‌هاست. یه ویژگی جالب این فصل این هست که هرچی به آخر فصل نزدیک‌تر می‌شیم، اهمیت مباحث بیشتر میشه و احتمال سؤال اومدن از اونا بیشتر میشه. البته، دلیل مهم‌تر اهمیت بالای این فصل، نه تعداد سؤالات اون در کنکور بلکه پایه‌ای بودن مباحث این فصل برای کلیهٔ فصل‌های بعدی کتاب دوازدهم هست. پس برای اینکه بتونین یه نتیجهٔ خیلی خوب در کنکور بگیرین، از همین الان با جدیت شروع کنین:

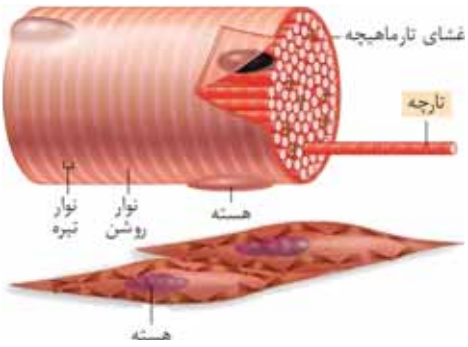
*«نیازی نیست که آدم بزرگی باشی تا شروع کنی! باید شروع کنی تا آدم بزرگی بشی.»*

# نوکلئیک‌اسیدها (DNA و RNA)

## درسنامهٔ ۱ ذخیره و انتقال اطلاعات زیستی

*سلام! به اولین فصل کتاب میکرو دوازدهم خوش اومدین. باور تون میشه اینقدر زود گذشت؟ انگار همین دو سال پیش بود که داشتین میکرو دهم رو می‌خوندین!!! اما خُب امسال دیگه سال آخره و نتایج زحماتتون رو امسال خواهید دید. ما هم تمام تلاشمون رو کردیم که کتاب امسال، خیلی بهتر از کتاب‌های قبلی باشه و ویژگی‌های جدیدی هم به کتاب اضافه کنیم. یکی از کارهایی که کردیم، این هست که کلی مثال و نکات ترکیبی از کتاب‌های دهم و یازدهم آوردیم تا با خوندن مطالب همین کتاب، مطالب مرتبط در کتاب‌های دهم و یازدهم هم براتون مرور بشه. البته، در مجمی معقول که وقتتون رو الکی نگیره. خُب اولین نمونش رو هم در اولین درسنامهٔ اولین فصل کتاب دوازدهم می‌بینین. آماده‌این شروع کنیم؟*

### چرا یاخته‌های بدن انسان، ویژگی‌های متفاوتی دارند؟



یاختهٔ ماهیچهٔ اسکلتی و صاف

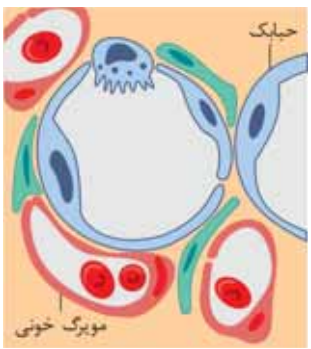
هر یک از یاخته‌های بدن ما، مجموعه‌ای از ویژگی‌ها را دارند که باعث **تمایز آن‌ها از سایر یاخته‌های بدن** می‌شود؛ مثلاً، یاخته‌های ما از نظر **شکل، اندازه، توانایی‌ها** و ... با یک‌دیگر تفاوت دارند.

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۱ ـ فصل ۱ دهم] **تنوع، از ویژگی‌های حیات است**. یکی از هدف‌های اصلی زیست‌شناسان، مشاهدهٔ تنوع زیستی و در پی آن، **یافتن ویژگی‌های مشترک** گونه‌های مختلف است.

**مثال ۱** یاخته‌های ماهیچهٔ اسکلتی، استوانه‌ای‌شکل، مخطط و نسبتاً بزرگ هستند ولی یاخته‌های ماهیچهٔ صاف، دوکی‌شکل و بدون ظاهر مخطط می‌باشند و اندازهٔ نسبتاً کوچکی دارند. ماهیچه‌های اسکلتی، معمولاً در حرکت‌دادن استخوان‌ها نقش دارند و به‌طور ارادی منقبض می‌شوند. اما ماهیچه‌های صاف به صورت غیرارادی منقبض می‌شوند و در عملکرد اندام‌های داخلی بدن، مثل معده و روده، نقش دارند.

| نوع یاختهٔ ماهیچه‌ای | ویژگی ظاهری | اندازه | توانایی |
|---|---|---|---|
| **یاختهٔ ماهیچهٔ اسکلتی** | استوانه‌ای‌شکل و مخطط | نسبتاً بزرگ | انقباض ارادی و حرکت‌دادن استخوان‌ها |
| **یاختهٔ ماهیچهٔ صاف** | دوکی‌شکل و بدون خط | نسبتاً کوچک | انقباض غیرارادی و مؤثر در عملکرد اندام‌های داخلی |

**مثال ۲** دیوارهٔ حبابک از دو نوع یاخته ساخته شده است. نوع اول، سنگ‌فرشی است و فراوان‌تر می‌باشد. یاخته‌های نوع اول، در تبادلات گازی نقش دارند. اما یاخته‌های نوع دوم، با ظاهری کاملاً متفاوت، به تعداد خیلی کم‌تر دیده می‌شوند و ترشح عامل سطح فعال (سورفاکتانت) را برعهده دارند و با این کار، کشش سطحی مایع درون حبابک را کاهش می‌دهند.



**مثال ۳** گویچه‌های سفید خون، شکل، اندازه و توانایی‌های مختلفی دارند؛ مثلاً، لنفوسیت‌ها کوچک هستند، سیتوپلاسم بدون دانه دارند و در دفاع اختصاصی فعالیت می‌کنند. اما نوتروفیل‌ها، سیتوپلاسم دانه‌دار دارند، اندازهٔ آن‌ها از لنفوسیت‌ها بزرگ‌تر است و در دفاع غیراختصاصی فعالیت می‌کنند. هم‌چنین، نوتروفیل‌ها، برخلاف لنفوسیت‌ها، توانایی فاگوسیتوز را دارند.

نوتروفیل — لنفوسیت

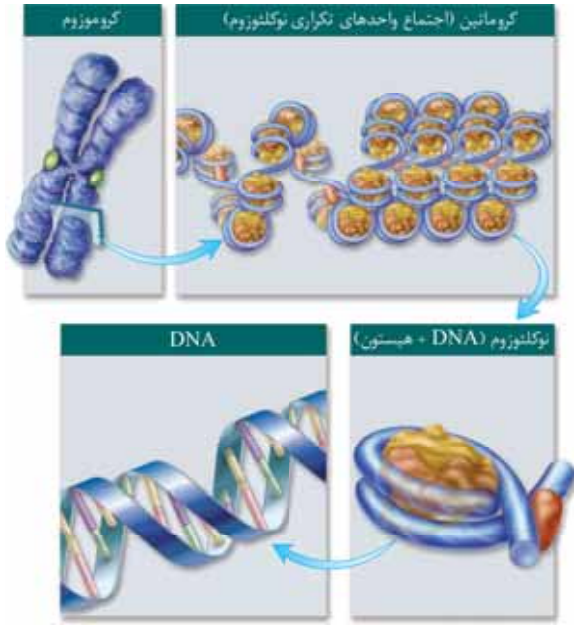
| نوع گویچهٔ سفید | ویژگی ظاهری | اندازه | توانایی |
|---|---|---|---|
| **لنفوسیت** | سیتوپلاسم بدون دانه | نسبتاً کوچک | فعالیت اصلی در دفاع اختصاصی |
| **نوتروفیل** | سیتوپلاسم دانه‌دار | بزرگ‌تر از لنفوسیت | نیروی واکنش سریع؛ فعالیت در دفاع غیر اختصاصی و فاگوسیتوز |

*این‌ها فقط تعدادی مثال بود تا متوجه بشیم که واقعاً ما انواع خیلی زیادی یاخته در بدنمون داریم. اما چه چیزی باعث میشه که ویژگی‌های یاخته‌های بدن متفاوت باشه؟ برای این‌که بتونیم پاسخ این سؤال رو بدیم، باید اول از همه بدونیم که منشأ ویژگی‌های یاخته‌های بدن چی هست؟ چه چیزی تعیین می‌کنه که هر یاخته‌ای، چه ویژگی‌هایی داشته باشه؟ بذارین اول برگردیم به زیست دهم؛*

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۱ ـ فصل ۱ دهم] مولکول دِنا (**DNA**)، که یکی از شباهت‌های جانداران مختلف را تشکیل می‌دهد، **در همهٔ جانداران وجود دارد** و کار یکسانی انجام می‌دهد. **اطلاعات لازم برای زندگی یاخته** در مولکول‌های دِنا ذخیره شده است.

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۱ ـ فصل ۱ دهم] امروزه با استفاده از دِنا (**DNA**)ی افراد، هویت انسان‌ها را به آسانی شناسایی می‌کنند. هم‌چنین با خواندن اطلاعات مولکول‌های دِنای افراد، از بیماری‌های ارثی‌ای خبردار می‌شوند که ممکن است در آینده به سراغ انسان بیاید.

**ذخیرهٔ اطلاعات وراثتی:** در یوکاریوت‌ها[1] (مثل جانوران) اطلاعات و دستورالعمل‌های لازم برای هدایت یاخته، **درون هسته** قرار دارند. در واقع، DNAی درون هسته، مولکولی است که به عنوان **ذخیره‌کنندهٔ اطلاعات وراثتی در همهٔ جانداران** عمل می‌کند. ارائهٔ دستورالعمل‌های متفاوت توسط DNA یاخته‌های مختلف[2]، سبب بروز ویژگی‌های متفاوتی در یاخته‌های بدن می‌شود.



ساختار مادهٔ وراثتی در هسته

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۱ ـ فصل ۶ یازدهم] در هستهٔ یاخته، کروموزوم‌ها قرار دارند که در ساختار آن‌ها، DNA و پروتئین مشارکت می‌کنند.

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۱ ـ فصل ۶ یازدهم] زمانی که یاخته در حال تقسیم نیست، فشردگی مادهٔ وراثتی هسته، کم‌تر و به صورت توده‌ای از رشته‌های درهم است که به آن، **کروماتین (فامینه)** می‌گویند. هر رشتهٔ کروماتین، از واحدهای تکراری به‌نام **نوکلئوزوم (هسته‌تن)** تشکیل می‌شود که در آن، مولکول DNA حدود ۲ دور اطراف ۸ مولکول پروتئینی به‌نام **هیستون** پیچیده است.

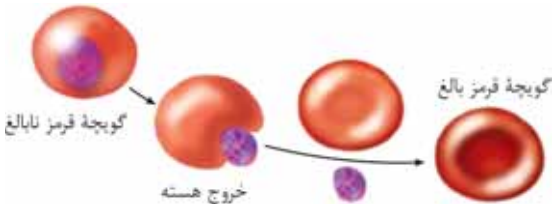
**نکته** مادهٔ وراثتی هسته، در تمام مراحل زندگی یاخته، به‌جز تقسیم، به صورت کروماتین است.

**نکته** در همهٔ یاخته‌های پیکری و هسته‌دار بدن، DNAهای مشابه وجود دارند؛ برای مثال، نوع اطلاعات ژنتیکی موجود در DNAی یاخته‌های پوششی کبد و اطلاعات ژنتیکی یاخته‌های عصبی یکسان است. *پس چه چیزی باعث تفاوت این دو یاخته می‌شه؟ فصل بعد می‌گیم؛ بیان ژن.*

**سؤال** **آیا در همهٔ یاخته‌ها (به‌جز باکتری‌ها[3])، دستورالعمل‌های هدایت‌کنندهٔ یاخته درون هسته قرار دارند؟**

جواب منفی است؛ **چون بعضی از یاخته‌های یوکاریوت فاقد هسته هستند**، مثل یاخته‌های خونی قرمز بالغ و یاخته‌های آوند آبکشی. حال سؤال دیگری که به وجود می‌آید این است که اطلاعات لازم برای زندگی این یاخته‌ها در کجا قرار دارد؟ در واقع، **این یاخته‌ها نیز در ابتدا هسته‌دار بوده‌اند و با کمک اطلاعات موجود در کروموزوم‌های هسته، ویژگی‌های مورد نیاز خود را کسب کرده‌اند** و در نهایت، طی مراحل بلوغ، هستهٔ خود را نیز از دست داده‌اند. همین از دست دادن هسته نیز در راستای انجام بهتر وظایف این یاخته‌ها بوده است.

**مثال** از تقسیم **یاخته‌های بنیادی میلوئیدی** در مغز قرمز استخوان، گویچه‌های قرمز نابالغ به وجود می‌آیند که هسته‌دار هستند. با کمک اطلاعات درون هسته، هموگلوبین، انیدراز کربنیک، آنتی‌ژن‌های گروه خونی Rh و ABO و سایر مولکول‌های موردنیاز گویچه‌های قرمز تولید می‌شود و گویچهٔ قرمز، شکل خاص خود را نیز پیدا می‌کند. در نهایت، **با خروج هسته از گویچهٔ قرمز نابالغ، گویچهٔ قرمز بالغ به وجود می‌آید.**



مراحل بلوغ گویچهٔ قرمز

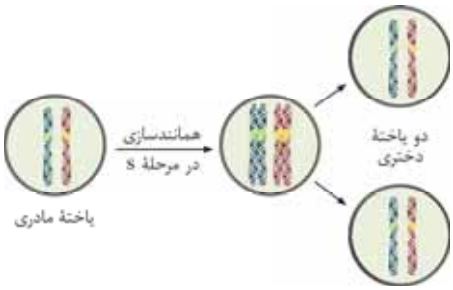
---

۱- پروکاریوت‌ها شامل همهٔ باکتری‌ها هستند. جانداران دیگر شامل جانوران، گیاهان، قارچ‌ها و آغازیان، یوکاریوت هستند.

۲- البته در آینده متوجه می‌شویم که تفاوت در دستورالعمل‌ها، به دلیل تفاوت در نوع اطلاعات در یاخته‌های مختلف نیست؛ بلکه، تفاوت در نحوهٔ بیان ژن‌ها وجود دارد؛ در واقع، تفاوت در نوع ژن‌های استفاده شده در هر یاخته است.

۳- باکتری‌ها، جانداران پروکاریوت هستند و برخلاف یوکاریوت‌ها (آغازیان، قارچ‌ها، گیاهان و جانوران)، هسته ندارند. کروموزوم اصلی باکتری‌ها، درون سیتوپلاسم آن‌ها قرار دارد و به غشا متصل می‌باشد. بعداً بیشتر راجع به پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها صحبت می‌کنیم.

**انتقال اطلاعات وراثتی:** اطلاعات وراثتی می‌توانند **از یاخته‌ای به یاختهٔ دیگر** و از **نسلی به نسل دیگر** منتقل شوند. در تقسیم یاخته‌ای (مثل میتوز)، اطلاعات وراثتی از یاختهٔ مادری به یاخته‌های دختری منتقل می‌شود. در فرایند تولیدمثل نیز اطلاعات وراثتی از یک نسل (مثلاً پدر و مادر) به نسل دیگر (فرزندان) منتقل می‌شود.



انتقال اطلاعات وراثتی در تقسیم میتوز

*آن‌چه گذشت* [گفتار ۲ ــ فصل ۶ یازدهم] در تقسیم میتوز (رشتمان)، مادهٔ ژنتیک که در مرحلهٔ S همانندسازی شده بود، تقسیم می‌شود و به یاخته‌های جدید می‌رسد.

*آن‌چه خواهیم خواند* [ورودی فصل ۳ دوازدهم] در تولیدمثل جنسی، ارتباط بین نسل‌ها را گامت‌ها برقرار می‌کنند و ویژگی‌های هر یک از والدین توسط دستورالعمل‌هایی که در DNAی موجود در گامت‌ها قرار دارد، به نسل بعد منتقل می‌شود.

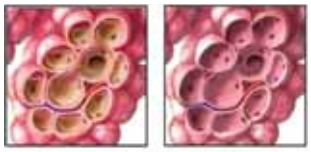
*اما یه سؤال دیگه؛ در سافتار کروموزوم، هم DNA وجود داره و هم پروتئین. دانشمندان از کجا فهمیدن که اطلاعات وراثتی در DNA ذخیره می‌شن نه پروتئین؟ چرا پروتئین رو به عنوان ذخیره‌کنندهٔ اطلاعات وراثتی در نظر نمی‌گیریم؟ این چیزی هست که در درسنامهٔ بعدی بهش می‌پردازیم.*

## درسنامهٔ ۲ کشف مادهٔ وراثتی (۱): آزمایش‌های اولیه توسط گریفیت

*سال‌ها بود که DNA کشف شده بود[۱] اما هنوز کسی نمی‌دونست کارش چی هست. علاوه‌بر این، برای دانشمندان این سؤال پیش اومده بود که کدوم یکی از مولکول‌های زیستی درون سلول، مادهٔ وراثتی هستن؟ کربوهیدرات، لیپید، پروتئین یا نوکلئیک‌اسید؟ شروع رسیدن به پاسخ این سؤال، با آزمایشی انجام شد که ارتباطی به ژنتیک هم نداشت؛ توسط دانشمندی به‌نام فردریک گریفیت.*

*نکته* اطلاعات اولیه در مورد ماهیت مادهٔ وراثتی، از کارهای باکتری‌شناسی به‌نام گریفیت به دست آمد. *باکتری‌شناس بود اما راجع به بیماری ویروسی تحقیق می‌کرد، دنبال واکسن آنفلوانزا بود اما کارش با عامل بیماری سینه‌پهلو بود آخرش هم کشفش هیچ ربطی به ژنتیک نداشت.*

### پژوهش‌های گریفیت بر روی استرپتوکوکوس نومونیا


حبابک‌های سالم — حبابک‌ها در ذات‌الریه

گریفیت یک باکتری‌شناس بود که سعی داشت **واکسنی علیه آنفلوانزا**[۲] تولید کند. از *قضا، اون زمان فکر می‌کردن که عامل بیماری آنفلوانزا، نوعی باکتری به‌نام استرپتوکوکوس نومونیا*[۳] *است. اگه این اشتباه نبود، شاید هنوزم کشف نشده بود که DNA مادهٔ وراثتی هست!* **استرپتوکوکوس نومونیا، عامل بیماری سینه‌پهلو**[۴] **است.** *چند تا نکتهٔ تنفسی؛*

*آن‌چه گذشت* [گفتار ۱ ــ فصل ۳ دهم] **بخش مبادله‌ای دستگاه تنفسی**، با حضور اجزای کوچکی به‌نام **حبابک** مشخص می‌شود. حبابک‌ها محلی هستند که تبادل گازهای تنفسی بین خون و هوای دمی انجام می‌شود.

*آن‌چه گذشت* [گفتار ۳ ــ فصل ۵ یازدهم] **آنفلوانزای پرندگان** را ویروسی پدید می‌آورد که می‌تواند سایر گونه‌ها، از جمله انسان را نیز آلوده کند. این ویروس، به شش‌ها حمله می‌کند و سبب می‌شود **دستگاه ایمنی بیش از حد معمول فعالیت کند** که به تولید انبوه و بیش از اندازهٔ لنفوسیت‌های T می‌انجامد. حملهٔ لنفوسیت‌های T به یاخته‌های شش‌ها و ایجاد آسیب بافتی، می‌تواند نهایتاً منجر به مرگ شود.

*آن‌چه گذشت* [گفتار ۳ ــ فصل ۵ یازدهم] **واکسن**، میکروب ضعیف‌شده، کشته‌شده، آنتی‌ژن میکروب یا سم خنثی‌شدهٔ آن است که با وارد کردن آن به بدن، یاخته‌های خاطره پدید می‌آید. به همین علت، ایمنی حاصل از واکسن را **ایمنی فعال** می‌نامند.

*نکته* هم در آنفلوانزا و هم در سینه‌پهلو، بافت‌های شش آسیب می‌بینند. *هر وقت اسم آسیب بافتی میاد، یاد چی میفتین؟ التهاب؟!*

*آن‌چه گذشت* [گفتار ۲ ــ فصل ۵ یازدهم] التهاب، پاسخی موضعی است که به دنبال آسیب بافتی بروز می‌کند. این پاسخ به از بین بردن میکروب‌ها، جلوگیری از انتشار میکروب‌ها و تسریع بهبودی می‌انجامد.

*یه بخش ۱۰۰٪ اختیاری؛ به بهونهٔ اشاره به بیماری آنفلوانزا، که نوعی بیماری ویروسی هست، می‌خوایم کل چیزایی که دربارهٔ ویروس‌ها می‌دونیم رو بررسی کنیم.*[۵]

---

۱- دانشمندی به‌نام فردریک میشر، DNA را کشف کرد. او توانست DNA را از هستهٔ یاخته‌های بدن انسان و اسپرم ماهی استخراج کند. میشر، این ماده را نوکلئیک‌اسید به معنای اسید هسته‌ای نامید؛ چون از هسته (Nucleus) استخراج شده بود و خاصیت اسیدی ضعیفی داشت.

۲- **Influenza**؛ آنفلوانزا، نوعی بیماری ویروسی است که توسط ویروس آنفلوانزا (Influenza Virus) ایجاد می‌شود.

۳- **Streptococcus pneumonia**؛ باکتری‌هایی با شکل ظاهری کروی هستند که پشت سر یک‌دیگر قرار می‌گیرند و ساختاری رشته‌ای را ایجاد می‌کنند.

۴- **Pneumonia**؛ ذات‌الریه؛ نوعی بیماری مربوط به شش‌ها است که در یک یا هر دو شش رخ می‌دهد. این بیماری، همراه با التهاب حبابک‌هاست. در نتیجهٔ التهاب حبابک‌ها و تجمع چرک در آن‌ها، تنفس دشوار می‌شود. سینه‌پهلو می‌تواند توسط ویروس‌ها، باکتری‌ها و قارچ‌ها ایجاد شود، ولی نوعی باکتریایی شایع‌ترین نوع است.

۵- دقت داشته باشید که مطالعهٔ کادرهای «همه چیز دربارهٔ»، «مقایسه» و «جمع‌بندی»، برای فهم مطالب مطرح شده در هر فصل لازم نیست و این کادرها، بیشتر با هدف مرور سریع در جمع‌بندی کلی مطالب قبل از آزمون‌های آزمایشی و کنکور تهیه شده‌اند. لطفاً برای توضیحات بیشتر، حتماً به «راهنمای مطالعهٔ کتاب» در صفحات ابتدایی مراجعه کنید.

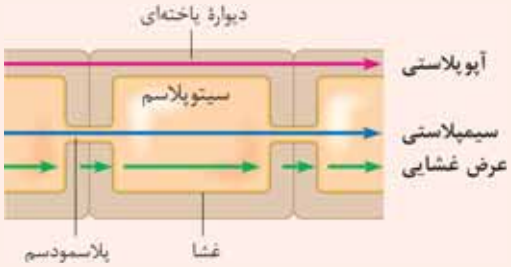
همه چیز دربارهٔ[۱]

## ویروس‌ها

**مثال** ویروس آنفلوانزای پرندگان، ویروس آنفلوانزا، ویروس نقص ایمنی انسان (HIV)

**۱- عدم وجود حیات در ویروس‌ها** [گفتار ۱ ـ فصل ۱ دهم] ویروس‌ها، ۷ ویژگی مشترک حیات را ندارند و بنابراین، زنده محسوب نمی‌شوند.

**۲- بیماری‌زایی ویروس‌ها در گیاهان** [گفتار ۱ ـ فصل ۱ دهم] برای بهبود مقاومت گیاهان به بیماری‌های گیاهی ویروسی، باکتریایی و قارچی و نیز برای رویارویی با حشرات آفت، از مهندسی ژنتیک استفاده می‌شود.




**۳- انتقال ویروس‌ها در گیاهان** [گفتار ۳ ـ فصل ۷ دهم] آب و بسیاری از مواد محلول می‌توانند از فضای پلاسمودسم به یاخته‌های دیگر منتقل شوند (مسیر سیمپلاستی). منافذ پلاسمودسم آن‌قدر بزرگ است که پروتئین‌ها، نوکلئیک‌اسیدها و حتی ویروس‌های گیاهی از آن عبور می‌کنند.

**۴- یاخته‌های کشندهٔ طبیعی و ویروس‌ها** [گفتار ۲ ـ فصل ۵ یازدهم] یاخته‌های کشندهٔ طبیعی، لنفوسیت‌هایی هستند که در دفاع غیراختصاصی فعالیت می‌کنند و یاخته‌های سرطانی و آلوده به ویروس را نابود می‌کنند. این کار، با ترشح پرفورین و آنزیم القاکنندهٔ «مرگ برنامه‌ریزی‌شدهٔ یاخته‌ای» صورت می‌گیرد.

**۵- اینترفرون نوع I و ویروس** [گفتار ۲ ـ فصل ۵ یازدهم] اینترفرون نوع I، از یاخته‌های آلوده به ویروس ترشح می‌شود و علاوه‌بر یاختهٔ آلوده، بر یاخته‌های سالم مجاور هم اثر می‌کند و آن‌ها را در برابر ویروس مقاوم می‌کند.

**۶- خنثی‌سازی ویروس توسط پادتن** [گفتار ۳ ـ فصل ۵ یازدهم] پادتن می‌تواند به آنتی‌ژن‌های سطح ویروس متصل شود و اقدام به خنثی‌سازی ویروس کند. ویروس خنثی‌شده، توسط بیگانه‌خوارها بلعیده و هضم می‌شود.

**نکته** خنثی‌سازی ویروس توسط پادتن، میزان فاگوسیتوز آن را افزایش می‌دهد.

**۷- لنفوسیت T و ویروس‌ها** [گفتار ۳ ـ فصل ۵ یازدهم] لنفوسیت T، یاخته‌های خودی را که تغییر کرده‌اند، مثلاً سرطانی یا آلوده به ویروس شده‌اند، نابود می‌کند. این کار، با ترشح پرفورین و آنزیم القاکنندهٔ «مرگ برنامه‌ریزی‌شدهٔ یاخته‌ای» صورت می‌گیرد.

**۹- نقص ایمنی اکتسابی (ایدز)** [گفتار ۳ ـ فصل ۵ یازدهم] ایدز، نوعی بیماری ویروسی است که توسط ویروس HIV ایجاد می‌شود. علت بیماری ایدز، حملهٔ ویروس به لنفوسیت‌های T کمک‌کننده و از پای درآوردن آن‌هاست. از بین رفتن این نوع از لنفوسیت‌ها، به تضعیف کل دستگاه ایمنی، حتی لنفوسیت‌های B می‌انجامد. ویروس HIV می‌تواند بین ۶ ماه تا ۱۵ سال نهفته باقی بماند و بیماری ایجاد نکند. HIV بسیار ریز است.

**۱۰- سرطان‌زایی ویروس‌ها** [گفتار ۲ ـ فصل ۶ یازدهم] عوامل محیطی در بروز سرطان مؤثر هستند. پرتوها و مواد شیمیایی سرطان‌زا، آلاینده‌های محیطی و دود خودروها، مواد غذایی دودی‌شده مثل گوشت و ماهی دودی، بعضی ویروس‌ها، قرص ضدبارداری، نوشیدنی‌های الکلی و دخانیات از عوامل مهم سرطان‌زایی هستند.

**۱۱- آلودگی یاختهٔ گیاهی توسط ویروس** [گفتار ۲ ـ فصل ۹ یازدهم] ویروس بیماری‌زا در گیاه فرایندهایی را به راه می‌اندازد که نتیجهٔ آن، مرگ یاخته‌های آلوده و قطع ارتباط آن‌ها با بافت‌های سالم است. در نتیجه، ویروس نمی‌تواند در بافت‌های سالم گیاه تکثیر یابد و گیاه فرصت پیدا می‌کند تا با سازوکارهای دیگری، مانند تولید ترکیبات ضدویروس، با آن مقابله کند.

**۱۲- تولید اینترفرون با زیست‌فناوری** [گفتار ۲ ـ فصل ۷ دوازدهم] به کمک فرایند مهندسی پروتئین، توالی آمینواسیدهای اینترفرون تولیدشده در مهندسی ژنتیک را طوری تغییر می‌دهند که یکی از آمینواسیدهای آن با آمینواسید دیگری جایگزین می‌شود. این تغییر، فعالیت ضد ویروسی اینترفرون ساخته‌شده را به اندازهٔ پروتئین طبیعی افزایش داده و هم‌چنین آن را پایدارتر می‌کند.

**۱۳- تولید واکسن در مهندسی ژنتیک** [گفتار ۳ ـ فصل ۷ دوازدهم] در روش‌های قبلی تولید واکسن، احتمال بروز بیماری در اثر مصرف واکسن وجود دارد. واکسن‌های تولیدشده با روش مهندسی ژنتیک، چنین خطری ندارند. در این روش، ژن مربوط به آنتی‌ژن سطحی عامل بیماری‌زا به یک باکتری یا ویروس غیربیماری‌زا منتقل می‌شود. تاکنون با این روش واکسن نوترکیب ضد هپاتیت B تولید و به بهره‌برداری رسیده است.

*نکته* بعضی از ویروس‌ها بیماری‌زا نیستند و می‌توان از آن‌ها در مهندسی ژنتیک استفاده کرد.

**۱۴- ژن‌درمانی با کمک ویروس‌ها** [گفتار ۳ ـ فصل ۷ دوازدهم] برای ژن‌درمانی، می‌توان ویروس‌ها را در آزمایشگاه طوری تغییر داد که نتوانند تکثیر شوند و سپس ژن را درون ویروس جاسازی کرد. ویروس تغییریافته می‌تواند با یاختهٔ بیمار ترکیب شود و باعث تغییر یاخته‌های بیمار از لحاظ ژنتیکی شود. بدین‌ترتیب، یاخته‌های تغییریافتهٔ ژنتیکی می‌توانند در بدن فرد بیماری، پروتئین یا هورمون موردنظر را تولید کنند.

**۱۵- تشخیص بیماری ایدز** [گفتار ۳ ـ فصل ۷ دوازدهم] برای تشخیص ایدز در مراحل اولیه، DNAی موجود در خون فرد مشکوک را استخراج می‌کنند. DNAی استخراج‌شده شامل DNAی یاخته‌های بدن خود فرد و احتمالاً DNAی ویروس است. سپس با استفاده از روش‌های زیست‌فناوری DNAی ویروس تشخیص داده می‌شود. تشخیص زودهنگام آلودگی با ویروس ایدز اهمیت زیادی دارد؛ زیرا، باعث می‌شود که بدون اتلاف وقت اقدامات درمانی لازم و اقدامات کنترلی برای جلوگیری از انتقال ویروس به سایر افراد صورت گیرد.

## ویژگی‌ها و انواع باکتری استرپتوکوکوس نومونیا

گفتیم که باکتری استرپتوکوکوس نومونیا، عامل بیماری سینه‌پهلو است. اما باید بدانیم که این باکتری، **دو نوع مختلف** دارد که فقط یکی از آن‌ها بیماری‌زاست:

**۱- نوع کپسول‌دار:** بیماری‌زاست و در موش [و انسان]، سینه‌پهلو ایجاد می‌کند.

**۲- نوع بدون کپسول:** غیربیماری‌زاست و نمی‌تواند بیماری سینه‌پهلو را ایجاد کند.

*نکته* می‌توان گفت که عامل بیماری ذات‌الریه، نوع کپسول‌دار باکتری استرپتوکوکوس نومونیا است و نوع بدون کپسول، توانایی بیماری‌زایی ندارد.

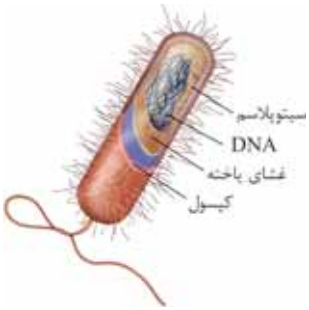
*مقایسه*

### نوع کپسول‌دار و بدون کپسول استرپتوکوکوس نومونیا

| نوع باکتری | غشا، سیتوپلاسم و DNA | کپسول | توانایی بیماری‌زایی | نتیجهٔ تزریق به موش |
|---|---|---|---|---|
| **کپسول‌دار** | دارد | دارد | دارد ← سینه‌پهلو | ایجاد بیماری ← موش مرده |
| **بدون کپسول** | دارد | ندارد | ندارد | عدم ایجاد بیماری ← موش زنده |

## بیشتر نخوانید

*سؤال* **منظور از کپسول در باکتری چیست؟**




*در کتاب درسی، اشاره به کپسول باکتری‌ها شده اما تعریفی از کپسول ارائه نشده. بنابراین، مسلماً نمی‌دونین کپسول چی هست. خُب از اونجایی که در کتاب درسی توضیحی راجع به کپسول داده نشده، توضیحی هم که ما این‌جا می‌دیم، فقط برای اطلاع بیشتر خودتون هست. اگه خواستین، نخونینش.*

در اطراف یک سلول باکتری، ممکن است دیوارهٔ یاخته‌ای و کپسول وجود داشته باشد. در واقع، کپسول نوعی پوشش پلی‌ساکاریدی است که باکتری را احاطه می‌کند. کار کپسول، حفاظت از باکتری (مثلاً در برابر دستگاه ایمنی) و هم‌چنین چسبیدن به سطوح مختلف (مثل سطح یاخته‌های بدن) است. ویژگی حفاظتی کپسول باعث می‌شود که نوع کپسول‌دار باکتری استرپتوکوکوس نومونیا، بتواند از خود در برابر دستگاه ایمنی حفاظت و ایجاد بیماری کند. اما نوع بدون کپسول، توسط دستگاه ایمنی از بین می‌رود و در نتیجه، نوع بدون کپسول نمی‌تواند بیماری‌زایی کند.

## ❑ مراحل آزمایش‌های گریفیت

*گریفیت، آزمایش‌های خود را در چهار مرحله انجام داد. در ادامه، هر یک از مراحل آزمایش‌های گریفیت را به‌طور کامل بررسی می‌کنیم.*

### ۱- تزریق باکتری‌های کپسول‌دار زنده

**وضعیت موش‌ها:** موش‌ها بیمار شدند و مردند.

**یافته‌های نمونهٔ خون محیطی:** باکتری‌های کپسول‌دار زنده

در اولین آزمایش، گریفیت باکتری‌های کپسول‌دار را به خون موش تزریق کرد. پس از مدتی، علائم بیماری در موش‌ها بروز پیدا کرد و موش‌ها مردند.

**نتیجه** باکتری‌های کپسول‌دار زنده، می‌توانند باعث ایجاد بیماری شوند.

**نکته** باکتری‌های تزریق‌شده به خون موش‌ها، می‌توانند خود را به شش‌ها برسانند و در شش، بیماری‌زایی کنند.

**نکته** علاوه بر گازهای تنفسی، کربن مونواکسید و نیکوتین (در سیگار)، باکتری استرپتوکوکوس نومونیا نیز می‌تواند از دیوارهٔ مویرگ‌های خونی عبور کند.

### ۲- تزریق باکتری‌های بدون کپسول زنده

**وضعیت موش‌ها:** موش‌ها بیمار نشدند و زنده ماندند.

**یافته‌های نمونهٔ خون محیطی:** باکتری‌های بدون کپسول

در آزمایش دوم، گریفیت باکتری‌های بدون کپسول زنده را به موش تزریق کرد. او مشاهده کرد که موش‌ها بیمار نشدند و زنده ماندند. بنابراین، نتیجه گرفت که باکتری‌های بدون کپسول نمی‌توانند بیماری‌زایی کنند.

**نتیجه** باکتری‌های بدون کپسول زنده، نمی‌توانند باعث ایجاد بیماری شوند.

*وقتی گریفیت دید که فقط باکتری‌های کپسول‌دار باعث بیماری می‌شن و باکتری‌های بدون کپسول توانایی بیماری‌زایی ندارن، با خودش فکر کرد که این دو باکتری چه تفاوتی دارن؟ خب اولین چیزی که به ذهنش رسید کپسول بود. به همین خاطر، در آزمایش سوم بررسی کرد که آیا خود کپسول به‌تنهایی می‌تونه باعث ایجاد بیماری در موش بشه؟*

### ۳- تزریق باکتری‌های کپسول‌دار کشته‌شده با گرما

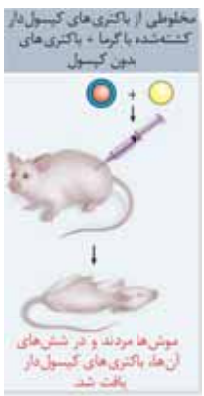
**وضعیت موش‌ها:** موش‌ها بیمار نشدند و زنده ماندند.

**یافته‌های نمونهٔ خون محیطی:** باکتری‌های کپسول‌دار کشته‌شده

*در سومین آزمایش، گریفیت باکتری‌های کپسول‌دار را با گرما کشت و سپس، باکتری‌های کشته‌شده را به موش تزریق کرد. در باکتری کشته‌شده، کپسول باقی می‌مونه ولی خود باکتری (یعنی اجزای دیگهٔ سلول باکتری مثل غشا و سیتوپلاسم) آسیب می‌بینن. قاعدتاً اگر فقط کپسول عامل بیماری باشد، در این آزمایش هم باید موش‌ها توسط کپسول بیمار شوند و بمیرند. اما نتیجه چیز دیگری بود! موش‌ها بیمار نشدند و زنده باقی ماندند.*

**نتیجه** کپسول به‌تنهایی عامل بیماری‌زایی نیست و باکتری کپسول‌دار کشته‌شده، نمی‌تواند باعث ایجاد بیماری شود.

**نکته** همان‌طور که در شکل کتاب درسی مشخص است، تحت تأثیر گرما، ساختار کپسول باکتری آسیب نمی‌بیند اما اجزای درونی باکتری آسیب می‌بینند و خود باکتری می‌میرد.




### ۴- تزریق مخلوطی از باکتری‌های کپسول‌دار کشته‌شده با گرما + باکتری‌های بدون کپسول زنده

**وضعیت موش‌ها:** موش‌ها بیمار شدند و مردند.

**یافته‌های نمونهٔ خون محیطی:** باکتری‌های کپسول‌دار کشته‌شده، باکتری‌های بدون کپسول، تعداد زیادی باکتری کپسول‌دار زنده

*این آزمایشه خیلی جالبه! گریفیت اومد باکتری‌های کپسول‌دار کشته‌شده و باکتری‌های بدون کپسول زنده رو به موش تزریق کرد. خب در آزمایش (۲) و (۳)، دیدیم که این دو تا، هیچ‌کدوم به‌تنهایی نمی‌تونن بیماری‌زایی کنن. گریفیت هم انتظار داشت که موش‌ها سالم بمونن و بیمار نشن اما نتیجهٔ آزمایش چیز دیگری بود. موش‌ها دار فانی رو وداع گفتن! اما چرا؟* وقتی گریفیت شش‌های موش‌های مرده را بررسی کرد، **مقدار زیادی** باکتری کپسول‌دار زنده مشاهده کرد. *اِاِا، پی شد؟ باکتری‌ها زنده شدن؟ نه، مسلماً باکتری‌های مرده زنده نشدن. یه اتفاق دیگه افتاده. پی؟* باکتری‌های بدون کپسول زنده، تغییر کردند و به باکتری‌های کپسول‌دار تبدیل شدند. در نتیجه، توانایی بیماری‌زایی را کسب کردند و توانستند باعث مرگ موش شوند. *این هنوز تموم نشده‌ها! یکم جلوتر، دوباره میایم سراغ بررسی دقیق‌تر این آزمایش.*

**نتیجه** باکتری‌های بدون کپسول تغییر کرده و کپسول‌دار شده‌اند و سپس، توانسته‌اند بیماری‌زایی کنند.

### ❑ بررسی دقیق‌تر نتیجهٔ آزمایش گریفیت

وقتی که باکتری‌های کپسول‌دار با گرما کشته می‌شوند، محتویات درون آن‌ها، شامل مولکول‌های درون آن‌ها (مثل DNA و پروتئین)، آزاد می‌شوند. باکتری‌های بدون کپسول زنده که در مجاورت این مواد قرار می‌گیرند، می‌توانند **مادهٔ وراثتی باکتری کشته‌شده را دریافت کنند** و با استفاده از اطلاعات موجود در آن، آنزیم‌های لازم برای ساخت کپسول را تولید کنند.

بنابراین، در آزمایش گریفیت مشخص شد که **مادهٔ وراثتی می‌تواند بین سلول‌ها منتقل شود**؛ باکتری بدون کپسول زنده، مادهٔ وراثتی باکتری کپسول‌دار کشته‌شده را دریافت می‌کند و با کمک اطلاعات موجود در آن، می‌تواند کپسول[1] تولید کند. اما در آزمایش‌های گریفیت، مشخص نشد که ماهیت مادهٔ وراثتی چیست و چگونه انتقال پیدا می‌کند. *در واقع چیزی که معلوم شد این بود که اون ماده‌ای که باعث میشه باکتری بدون کپسول بتونه کپسول بسازه، همون مادهٔ وراثتی باکتری کپسول‌دار کشته‌شده هست. اما معلوم نشد که این مادهٔ وراثتی، کدوم یکی از مولکول‌های درون باکتری هست؛ یعنی هنوز دانشمندان نفهمیده بودن که کدوم یکی از مولکول‌های DNA، پروتئین، لیپید و یا کربوهیدرات، مادهٔ وراثتی هست و اینم نفهمیدن که چه‌جوری می‌تونه انتقال پیدا کنه. اما اینو فهمیدن که هر کدوم که هست، همون عامليه که باعث تغییر باکتری بدون کپسول به باکتری کپسول‌دار میشه.*

**نکته** هر یاخته‌ای که می‌تواند تقسیم شود، اطلاعات وراثتی را به یاخته‌های دختری حاصل از تقسیم منتقل می‌کند. اما، **باکتری‌ها می‌توانند اطلاعات وراثتی را از محیط اطراف خود نیز دریافت کنند**[2].

*اما چند تا نکته دربارهٔ انتقال ژن. فصل (۷) بیشتر راجع به انتقال ژن صحبت می‌کنیم.*

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۲ ـ فصل ۱ دهم] زیست‌شناسان می‌توانند ژن‌های یک جاندار را به بدن جانداران دیگر وارد کنند، به گونه‌ای که ژن‌های منتقل‌شده بتوانند اثرهای خود را ظاهر کنند. این روش، که باعث انتقال صفت یا صفاتی از یک جاندار به جانداران دیگر می‌شود، مهندسی ژن‌شناسی (ژنتیک) نام دارد.

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۲ ـ فصل ۱ دهم] جاندارانی که ژن‌های افراد گونه‌ای دیگر را در خود دارند، جانداران **تراژن** نامیده می‌شوند. دقت داشته باشید که در آزمایش گریفیت، باکتری‌های بدون کپسولی که کپسول‌دار شدند، تراژن محسوب نمی‌شوند؛ **زیرا، هر دو نوع باکتری‌های استرپتوکوکوس نومونیا، مربوط به یک گونه هستند.**

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۳ ـ فصل ۱ دهم] امروزه می‌توان ژن‌های دلخواه را شناسایی و از گیاهان خودرو استخراج، و با فنون مهندسی ژن‌شناسی به دِنا (DNA) ی گیاهان زراعی منتقل کرد. می‌توان به این طریق، بسیاری از سازوکارهای مولکولی مربوط به سرعت رشد، کیفیت و کمیت محصول را به شکل دلخواه تغییر داد.

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۱ ـ فصل ۷ دهم] امروزه تلاش‌های زیادی برای انتقال ژن‌های مؤثر در تثبیت نیتروژن به گیاهان در جریان است تا بدون نیاز به باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن خاک، نیتروژن موردنیاز در اختیار گیاه قرار گیرد.

*بقیهٔ نکات ترکیبی انتقال ژن بمونه برای فصل (۷).*

**جمع‌بندی**

#### خلاصهٔ مراحل آزمایش گریفیت

| محتویات تزریق‌شده | نتیجه | انتقال صفت | یافته‌های نمونه خون | نتیجه |
|---|---|---|---|---|
| **کپسول‌دار زنده** | مرگ موش‌ها | ـــــ | باکتری‌های کپسول‌دار زنده | باکتری کپسول‌دار بیماری‌زاست |
| **بدون کپسول زنده** | زنده ماندن موش‌ها | ـــــ | باکتری‌های بدون کپسول | |
| **کپسول‌دار کشته‌شده** | | ـــــ | باکتری‌های کپسول‌دار کشته‌شده | کپسول به‌تنهایی عامل بیماری نیست |
| **کپسول‌دار کشته‌شده + بدون کپسول زنده** | مرگ موش‌ها | تولید کپسول و تغییر شکل باکتری | باکتری‌های کپسول‌دار کشته‌شده + باکتری‌های بدون کپسول زنده + باکتری‌های کپسول‌دار زنده | باکتری‌های بدون کپسول تغییر کردند + انتقال صفات به یاخته‌ها |

---

۱- در DNA، اطلاعات لازم برای ساخت RNA و پروتئین وجود دارد. در واقع، هیچ‌یک از ژن‌های DNA، مربوط به تولید کربوهیدرات‌ها و لیپیدها نیستند. تولید کربوهیدرات‌ها و لیپیدها توسط آنزیم‌های پروتئینی تولیدشده با استفاده از اطلاعات DNA صورت می‌گیرد.

۲- به پدیده‌ای که طی آن باکتری مواد ژنتیکی را از محیط خارج دریافت و در ساختار ظاهری خود تغییر ایجاد می‌کند، ترانسفورماسیون می‌گویند.

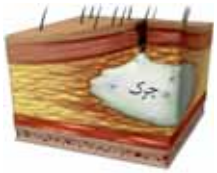
## در بیماری سینه‌پهلو، چه اتفاقی می‌افتد؟

*تا این‌جا، کل آزمایشات گریفیت رو توضیح دادیم. حالا می‌خوایم یه نگاه دقیق‌تر و ترکیبی به بیماری سینه‌پهلو داشته باشیم. میشه گفت این قسمت بیشتر مروری بر مبحث التهاب کتاب یازدهمه.* در سینه‌پهلو، باکتری استرپتوکوکوس نومونیای کپسول‌دار، به شش‌ها حمله می‌کند و باعث **آسیب بافتی** در شش‌ها می‌شود. *خُب، نتیجهٔ هر نوع آسیب بافتی چی بود؟* بروز **التهاب**!

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۲ ــ فصل ۵ یازدهم] التهاب، پاسخی **موضعی** است که به دنبال آسیب بافتی بروز می‌کند. این پاسخ، به از بین بردن میکروب‌ها، جلوگیری از انتشار میکروب‌ها و تسریع بهبودی می‌انجامد. *اما بعضی وقتا، همین التهاب دردسرسازه!*

در واقع، حملهٔ باکتری کپسول‌دار به شش‌ها باعث می‌شود که در شش‌ها التهاب رخ دهد. **در اثر التهاب، چرک تولید می‌شود** و این مایع چرکی، در شش‌ها تجمع می‌یابد. در نهایت، **آسیب بافتی شش‌ها و تجمع چرک درون حبابک‌ها، سبب اختلال در تنفس می‌شود** که می‌تواند منجر به مرگ شود. *حالا راستی، چرک چی بود؟*

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۲ ــ فصل ۵ یازدهم] چرک مایعی سفید یا زرد رنگ است که در اثر **عفونت‌های باکتریایی** ظاهر می‌شود. چرک شامل یاخته‌های مرده و اجزای یاخته‌ای، میکروب‌های کشته‌شده و نوتروفیل‌ها و هم‌چنین، مواد ترشح‌شده توسط یاخته است. *البته این‌که در سینه‌پهلو چرک تولید می‌شه، یکم سفته از کتاب درسی برداشته بشه. اما بد نیست بدونین.*




**مراحل التهاب:** نمونه‌ای از پاسخ التهابی هنگام ورود باکتری به بدن

۱- باکتری به بدن وارد می‌شود.

۲- محتویات ریزکیسه‌های درون ماستوسیت‌ها، با برون‌رانی آزاد می‌شوند. هیستامین (نقاط آبی) آزادشده، باعث گشادی رگ‌ها و افزایش جریان خون و در نتیجه، تورم، قرمزی و گرمی می‌شود.

۳- پیک‌های شیمیایی ترشح شده توسط دیوارهٔ مویرگ‌ها و فاگوسیت‌ها (مثل ماستوسیت‌ها)، گویچه‌های سفید خون را به موضع آسیب فرا می‌خوانند. در پی گشادتر شدن رگ‌ها، منافذ آن‌ها بزرگ‌تر شده است و نوتروفیل‌ها و مونوسیت‌ها، با دیاپدز از رگ خونی خارج می‌شوند.

۴- در پی نفوذ باکتری‌ها به بدن، پروتئین‌های مکمل (نقاط بنفش)، فعال می‌شوند. پروتئین‌های مکمل فعال، به باکتری‌ها متصل می‌شوند.

۵- فاگوسیت‌هایی که در بافت حضور دارند، علاوه بر تولید پیک‌های شیمیایی، باکتری‌ها را با فاگوسیتوز از بین می‌برند.

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۱ ــ فصل ۳ دهم] در حبابک‌های شش‌ها، مخاط مژک‌دار وجود ندارد. در حبابک‌ها، گروهی از یاخته‌های دستگاه ایمنی به‌نام درشت‌خوار (ماکروفاژها) مستقر شده‌اند. این یاخته‌ها حرکت می‌کنند و باکتری‌ها و مواد دیگر را با فاگوسیتوز نابود می‌کنند. *البته استرپتوکوکوس نومونیای کپسول‌دار از دستشون فرار می‌کنه.*

**نکته** به علت آسیب شش‌ها در سینه‌پهلو، ظرفیت تنفسی کاهش می‌یابد و اکسیژن‌رسانی بافت‌ها نیز با مشکل مواجه می‌شود. لذا، فعالیت‌های وابسته به اکسیژن مثل تنفس یاخته‌ای مختل می‌شود. مثلاً، در ماهیچه‌ها تخمیر لاکتیکی رخ می‌دهد.

## درسنامهٔ ۳ کشف مادهٔ وراثتی (۲): اثبات DNA به عنوان مادهٔ وراثتی

*تا سال‌ها پس از گریفیت، هنوز مشخص نشده بود که مادهٔ وراثتی چی هست. تا این که دانشمندی پیدا شد به‌نام ایوری. ایوری و همکاراش، یه سری آزمایش انجام دادن تا بفهمن مادهٔ وراثتی چیه. اما هر آزمایشی که انجام می‌دادن، یکی پیدا می‌شد که ایراد بگیره. ایوری هم این‌قدر آزمایش انجام داد تا بالأخره بر همگنان[1] اثبات شد که* DNA *همون مادهٔ وراثتی است.*

### آزمایش اول ایوری؛ پروتئین‌ها نقشی ندارند!

**گام ۱:** استخراج عصارهٔ (همهٔ مواد درون) باکتری‌های کپسول‌دار کشته‌شده

**گام ۲:** تخریب **همهٔ پروتئین‌های** موجود در عصارهٔ تهیه‌شده

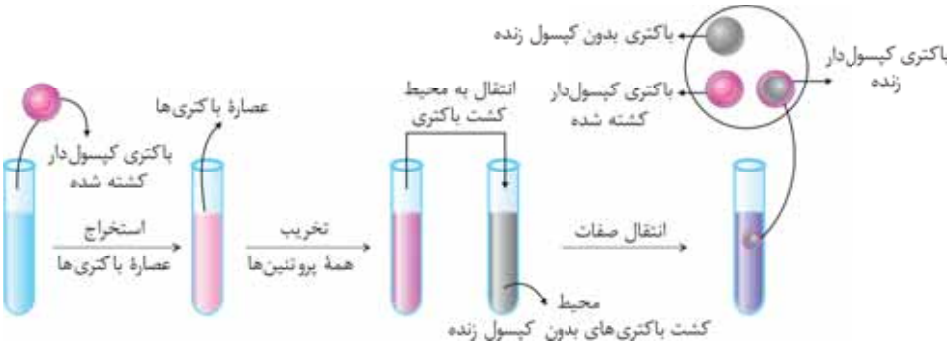
**گام ۳:** اضافه‌کردن باقی‌ماندهٔ مخلوط به محیط کشت[2] باکتری‌های بدون کپسول زنده

---

۱- همگنان به معنای همه و همگی است. سعدی می‌گه: «در دولت خداوندی همگنان را راضی کردم مگر حسود را». منم باهاش موافقم!

۲- محیط کشت، ظرفی است که در آن شرایط لازم برای رشد یک جاندار، مثل باکتری، فراهم شده است. باکتری‌ها در محیط کشت قرار می‌گیرند و با استفاده از مواد موجود در محیط کشت، تکثیر می‌شوند.

**نتیجه** انتقال صفات صورت گرفت؛ باکتری‌های کپسول‌دار زنده در محیط کشت مشاهده شدند.




*از این آزمایش چی می‌فهمیم؟* در واقع، در این آزمایش مشخص شد که **عامل انتقال صفتِ مربوط به تولید کپسول در باکتری، پروتئین نیست** *(چون ایوری پروتئین‌ها رو جدا کرده بود ولی باز هم انتقال صفت صورت گرفت)*؛ پس باید مادهٔ دیگری درون باکتری وجود داشته باشد که در انتقال صفات مؤثر است. آزمایش‌های بعدی، تلاش برای تشخیص ماهیت این ماده بود.

## آزمایش دوم ایوری؛ انکارناپذیر ولی غیرقابل‌قبول!

**گام ۱:** استخراج عصارهٔ باکتری‌های کپسول‌دار کشته‌شده و تخریب همهٔ پروتئین‌های آن

**گام ۲:** قرار دادن مخلوط به دست آمده در یک سانتریفیوژ (گریزانه)[1] با سرعت بالا

**گام ۳:** جدا شدن مواد موجود در مخلوط به صورت لایه‌لایه

**گام ۴:** مواد موجود در هر لایه، به صورت جداگانه به محیط کشت باکتری‌های بدون کپسول اضافه شدند.

**نتیجه** انتقال صفات فقط توسط لایه‌ای انجام شد که در آن، DNA وجود داشت.

اضافه‌کردن جداگانه‌هر لایه به محیط کشت باکتری بدون کپسول

*واقعاً دیگه این آزمایش ثابت کرد که* DNA *مادهٔ وراثتی هست. ایوری هم مطمئن شده بود که عامل وراثتی یا همون عامل مؤثر در انتقال صفات، مولکول* DNA *هست. اما باز هم کافی نبود. بسیاری از دانشمندان، هنوز اعتقاد داشتند که پروتئین‌ها مادهٔ وراثتی هستن و زیر بار نمی‌رفتن که* DNA *مادهٔ وراثتی هست. حق هم داشتن. پروتئین‌ها از نظر ساختاری و کار خیلی تنوع داشتن ولی هنوز ساختار* DNA *به خوبی شناخته نشده بود. بنابراین، باز هم ایوری دست به کار شد.*

## آزمایش سوم ایوری؛ شک‌ها برطرف شد!

*برای این‌که خیال همه راحت بشه که مادهٔ وراثتی همون* DNA *است، ایوری یه آزمایش دیگه هم انجام داد.*

**گام ۱:** استخراج **عصارهٔ** باکتری‌های کپسول‌دار کشته‌شده

*منظور از عصارهٔ باکتری، کل محتویات درون باکتری هست. یعنی موادی که درون سیتوپلاسم باکتری وجود دارن.*

**گام ۲:** تقسیم عصارهٔ استخراج‌شده به چند قسمت

**گام ۳:** اضافه‌کردن **آنزیم تخریب‌کنندهٔ** یک نوع مادهٔ آلی به هر قسمت از عصارهٔ باکتری

**گام ۴:** انتقال عصاره‌ها به محیط‌های کشت حاوی باکتری بدون کپسول زنده و انتظار برای انتقال صفت، رشد و تکثیر باکتری

*محیط کشت، ظرفی هست که از اون، برای تکثیر باکتری‌ها استفاده میشه.*

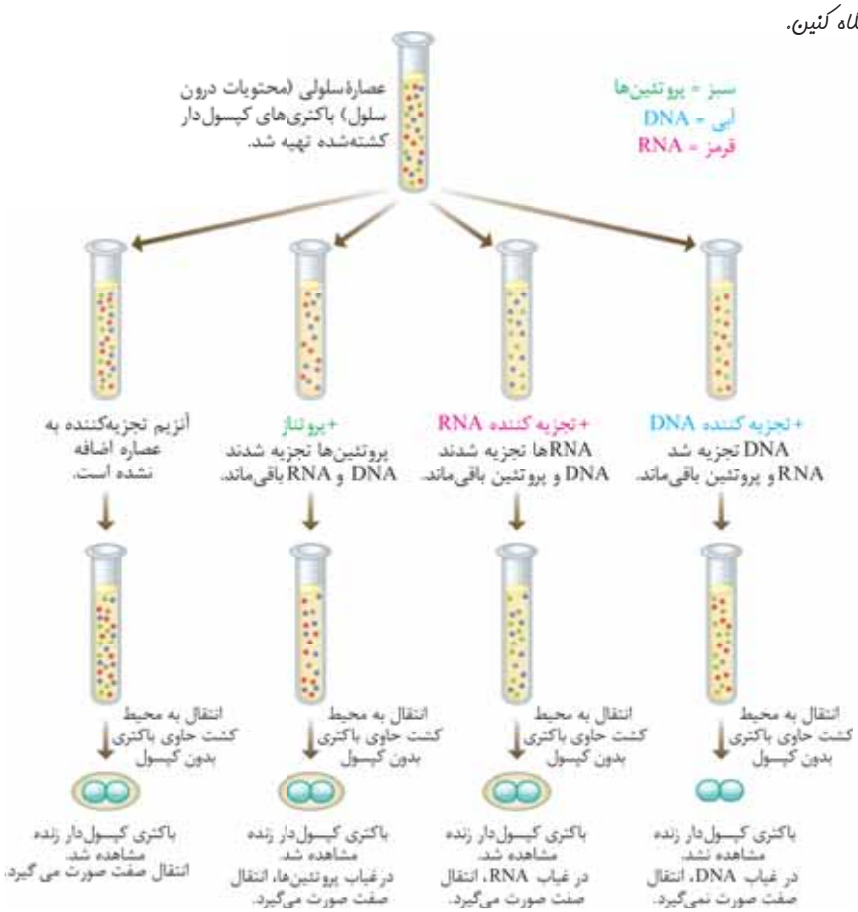
**گام ۵:** بررسی محیط‌های کشت از نظر انتقال صفت (تبدیل باکتری‌های بدون کپسول به باکتری‌های کپسول‌دار)

---

۱- سانتریفیوژ دستگاهی است که از آن برای چرخاندن مواد با سرعت بالا استفاده می‌شود. در این دستگاه محفظه‌ای که مواد جداشدنی در آن قرار دارند، به کمک یک موتور به سرعت حول یک محور می‌چرخد. در سانتریفیوژ با استفاده از نیروی گریز از مرکز مواد را از یک‌دیگر جدا می‌کنند.

**نتیجه** در این آزمایش مشاهده می‌شود که **انتقال صفات فقط زمانی صورت می‌گیرد که DNA تخریب نشده باشد.** پس عامل انتقال صفات یا همان مادهٔ وراثتی، **مولکول DNA** است[۱].

*برای درک بهتر، به شکل نگاه کنین.*




*اگه ماده‌ای به‌جز DNA مادهٔ وراثتی باشه، باید زمانی که تخریب شده، انتقال صفت صورت نگیره و زمانی که در محیط کشت هست، انتقال صفت هم انجام بشه. مثلاً، فرض کنین پروتئین مادهٔ وراثتی باشه. در این حالت، زمانی که پروتئین تخریب میشه، چون دیگه پروتئین (مادهٔ وراثتی فرضی) در محیط کشت نیست، انتقال صفت نباید صورت بگیره (درحالی که در واقعیت صفت منتقل میشه). هم‌چنین، هر زمانی که پروتئین در محیط کشت هست، انتقال صفت هم باید انجام بشه (که در نبود مولکول DNA، حتی در صورت حضور پروتئین، این اتفاق رخ نمی‌ده). پس مادهٔ وراثتی، نمی‌تونه چیزی باشه جز DNA.*

| نوع آنزیم تخریب‌کننده | لولهٔ آزمایش ۴ | لولهٔ آزمایش ۳ | لولهٔ آزمایش ۲ | لولهٔ آزمایش ۱ |
|---|---|---|---|---|
| | تخریب‌کنندهٔ DNA | تخریب‌کنندهٔ RNA | تخریب‌کنندهٔ پروتئین | —— |
| پروتئین | + | + | —— | + |
| RNA | + | —— | + | + |
| DNA | —— | + | + | + |
| انتقال صفت | —— | + | + | + |
| باکتری کپسول‌دار زنده | —— | + | + | + |
| نتیجه | عامل انتقال صفت DNA است و در غیاب مولکول DNA، انتقال صفت صورت نمی‌گیرد. | | | |

*تا این‌جا تازه فهمیدیم که DNA، همون مادهٔ وراثتی هست. حالا وقتش هست که یکم بیشتر با ساختار DNA و البته RNA، آشنا بشیم.*

---

۱- درسته این واسه شما یه چیز خیلی بدیهی هست اما حتماً شنیدین که می‌گن «معما چو حل گشت، آسان شود». اما خیلی‌ها اعتقاد دارن که از بین کسایی که جایزهٔ نوبل نگرفتن، ایوری یکی از لایق‌ترین افراد بوده و در حقش ظلم شده!

## درس‌نامهٔ ۴ ساختار نوکلئیک‌اسیدها (DNA و RNA)

### انواع نوکلئیک‌اسیدها

به‌طور کلی، نوکلئیک‌اسیدها را می‌توان در دو گروه قرار داد:

۱- **دئوکسی‌ریبونوکلئیک‌اسید (دِنا ـ DNA)**، نوعی نوکلئیک‌اسید دورشته‌ای که **مادهٔ وراثتی یاخته** محسوب می‌شود.

۲- **ریبونوکلئیک‌اسید (رِنا ـ RNA)**، نوعی نوکلئیک‌اسید تک‌رشته‌ای که بیشتر در فرایند **پروتئین‌سازی** مؤثر هستند.

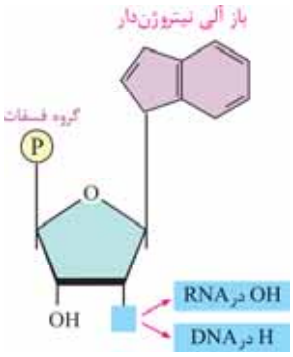
### نوکلئوتیدها؛ واحد سازندهٔ نوکلئیک‌اسیدها

هر نوکلئیک‌اسید، **پلی‌مری**[1] است که از **واحدهایی تکرارشونده (مونومر)** به‌نام **نوکلئوتید** تشکیل شده است. *پس نوکلئیک‌اسید، زمانی تشکیل میشه که تعداد زیادی نوکلئوتید با هم پیوند تشکیل بدن.* هر نوکلئوتید، از **سه بخش** تشکیل شده است:

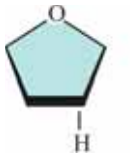
۱- **قند پنج کربنی:** در نوکلئیک‌اسیدها، دو نوع مونوساکارید پنج کربنی وجود دارد:

**الف) ریبوز:** نوعی قند پنج‌کربنی است که در ساختار **مولکول RNA** وجود دارد.

**ب) دئوکسی‌ریبوز:** این قند پنج‌کربنی، در ساختار **مولکول DNA** وجود دارد و یک اتم اکسیژن کم‌تر از ریبوز دارد.



قند ۵ کربنی

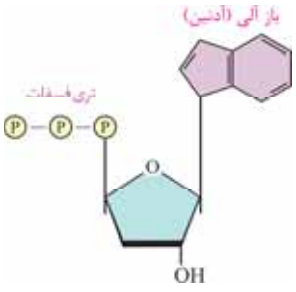


دئوکسی ریبوز

ریبوز

**نکته** همان‌طور که در شکل مشخص است، قند ریبوز و دئوکسی‌ریبوز، **ساختار حلقوی** دارند و دارای یک حلقه می‌باشند.

۲- **یک تا سه گروه فسفات ($PO_4^{3-}$):** همان‌طور که در شکل مشخص است، به مولکول قندِ نوکلئوتید، گروه فسفات متصل است. تعداد گروه فسفات نوکلئوتید، می‌تواند **۱، ۲ یا ۳ عدد** باشد. مثلاً، در ATP (که نوعی نوکلئوتید است)، سه گروه فسفات وجود دارد.



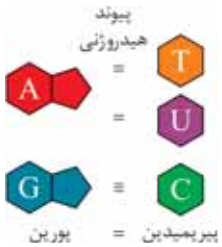
قند ۵ کربنی (ریبوز)

**نکته** به دلیل منفی‌بودن بار گروه فسفات، نوکلئیک‌اسیدها دارای بار منفی هستند.

**نکته** بین گروه‌های فسفات نوکلئوتیدها، پیوند پرانرژی وجود دارد. به همین دلیل، هنگام هیدرولیز مولکول ATP، انرژی آزاد می‌شود.

*برای این‌که «همه‌چیز دربارهٔ» ATP رو بدونین، می‌تونین به فصل ۵ همین کتاب مراجعه کنین.*

۳- **باز آلی نیتروژن‌دار:** گفتیم که به یک سمت مولکول قند در نوکلئوتید، گروه فسفات متصل می‌شود. به سمت دیگر مولکول قند، **باز آلی** متصل است. بازهای آلی را براساس **تعداد حلقه‌های** آن‌ها، به دو گروه تقسیم می‌کنند:




**الف) پیریمیدین‌ها،** که ساختار تک‌حلقه‌ای دارند و شامل تیمین (T)، سیتوزین (C) و یوراسیل (U) می‌باشند.

**نکته** در مولکول DNA، باز آلی تیمین وجود دارد ولی در RNA، به‌جای تیمین، یوراسیل وجود دارد. در واقع، ممکن نیست در یک نوکلئیک‌اسید هم باز آلی T وجود داشته باشد و هم U.

**ب) پورین‌ها،** که ساختار دو حلقه‌ای دارند و شامل آدنین (A) و گوانین (G) می‌باشند.

**نکته** نوکلئیک‌اسیدها، خاصیت اسیدی دارند اما در ساختار آن‌ها، مولکول‌های بازی (قلیایی) نیز یافت می‌شوند.

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۲ ـ فصل ۵ دهم] در نتیجهٔ تجزیهٔ آمینواسیدها و باز آلی نوکلئیک‌اسیدها، مادهٔ سمی نیتروژن‌دار آمونیاک به وجود می‌آید که در کبد، با کربن دی‌اکسید ترکیب می‌شود و به اوره (فراوان‌ترین مادهٔ آلی دفعی نیتروژن‌دار ادرار) تبدیل می‌شود.

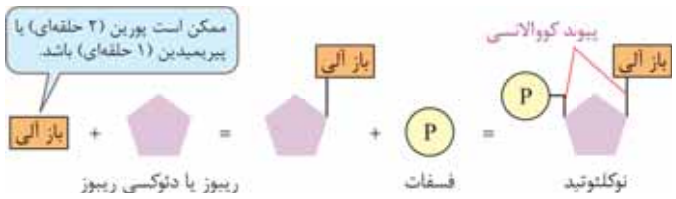
**آن‌چه گذشت** [گفتار ۲ ـ فصل ۵ دهم] اوریک‌اسید، یکی از مواد دفعی نیتروژن‌دار در ادرار است که در نتیجهٔ سوخت‌وساز نوکلئیک‌اسیدها ایجاد می‌شود و انحلال‌پذیری زیادی در آب ندارد.

---

۱- پلی‌مر، ترکیبی شامل تعداد زیادی واحدهای کم‌وبیش یکسان است. به هر یک از این واحدها، مونومر گفته می‌شود. مثلاً، گلیکوژن پلی‌مری از مولکول‌های گلوکز است. پروتئین‌ها، پلی‌مری از آمینواسیدها هستند. مونومر نوکلئیک‌اسیدها نیز نوکلئوتید نام دارد.

### ❑ تشکیل نوکلئوتید

برای تشکیل یک نوکلئوتید، باز آلی نیتروژن‌دار و گروه فسفات به دو طرف قند متصل می‌شوند. پیوند بین قند با باز آلی نیتروژن‌دار و گروه فسفات، از نوع پیوند **کووالانسی** است.




**سؤال** **آیا نوکلئوتید دارای باز آلی آدنین در مولکول RNA با نوکلئوتید دارای باز آلی آدنین در مولکول DNA یکسان است؟**

*امیدوارم جوابتون مثبت نبوده باشه! حواستون باشه که نوکلئوتید دارای سه بخش فسفات، باز آلی و قند هست. حتی اگه تعداد فسفات دو نوکلئوتید و نوع باز آلی هم یکسان باشه، مولکول قند می‌تونه متفاوت باشه. همونطور که گفتیم، در RNA قند ریبوز وجود داره و در DNA، دئوکسی‌ریبوز. بنابراین، نوکلئوتید A در DNA و RNA یکسان نیستن. این موضوع دربارهٔ نوکلئوتیدهای C و G در DNA و RNA هم صدق می‌کنه. نوکلئوتید T و U چی؟ امیدوارم دقت کرده باشین که T فقط در DNA هست و U فقط در RNA.*

### ❑ انواع نوکلئوتیدها

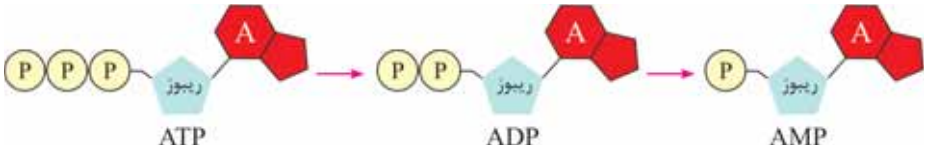
*به‌نظرتون کلاً چند نوع نوکلئوتید داریم؟ ۴ تا؟ ۵ تا؟ بیشتر؟ این قسمت، می‌خوایم راجع به انواع نوکلئوتیدها صحبت کنیم.*

همان‌طور که گفتیم، **هر نوع نوکلئوتید در DNA با نوکلئوتیدهای RNA متفاوت است؛** زیرا، در نوکلئوتیدهای DNA، قند دئوکسی‌ریبوز وجود دارد و در نوکلئوتیدهای RNA، قند ریبوز. البته، نوکلئوتید دارای باز آلی تیمین نیز در ساختار RNA وجود ندارد و به‌جای آن، ریبونوکلئوتید یوراسیل‌دار در ساختار RNA مشاهده می‌شود. *پس تا این‌جا، بدون در نظر گرفتن تعداد گروه‌های فسفات، ۸ نوع نوکلئوتید داریم:*

| نوع نوکلئوتید | دئوکسی‌ریبونوکلئوتید | | | | ریبونوکلئوتید | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| باز آلی | T | A | C | G | U | A | C | G |
| قند | دئوکسی‌ریبوز | | | | ریبوز | | | |
| محل استفاده | DNA | | | | RNA | | | |

*اما باید حواسمون باشه که هر کدوم از این مولکول‌ها، ممکنه یک تا سه گروه فسفات داشته باشن. یعنی، سه حالت ممکن براشون وجود داره.*

**مثال** شکل بعدی، سه مولکول ATP ، ADP و AMP را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، در این نوکلئوتیدها، قند ریبوز و باز آدنین وجود دارد و تنها تفاوت، مربوط به تعداد گروه‌های فسفات است.




بنابراین، با در نظر گرفتن تعداد گروه‌های فسفات، می‌توان گفت که **در کل ۲۴ نوع نوکلئوتید وجود دارد** که ۱۲تای آن‌ها دارای قند دئوکسی‌ریبوز هستند و ۱۲تای دیگر، قند ریبوز دارند. *چند تا مثال:*

**بیشتر بخوانید**

**سؤال ۱** **چند نوع نوکلئوتید دارای باز آلی گوانین وجود دارد؟**

| مجموع | باز آلی نیتروژن‌دار | قند پنج‌کربنی | گروه‌های فسفات | حالت مطلوب |
|---|---|---|---|---|
| ۳ × ۲ × ۱ = ۶ | ۱ (گوانین) | ۲ (ریبوز یا دئوکسی‌ریبوز) | ۳ (۱، ۲ یا ۳ گروه فسفات) | نوکلئوتید گوانین‌دار |

**سؤال ۲** **چند نوع نوکلئوتید دارای باز پورین وجود دارد؟**

| مجموع | باز آلی نیتروژن‌دار | قند پنج‌کربنی | گروه‌های فسفات | حالت مطلوب |
|---|---|---|---|---|
| ۳ × ۲ × ۹ = ۵۴ | ۹ (آدنین و گوانین) | ۲ (ریبوز یا دئوکسی‌ریبوز) | ۳ (۱، ۲ یا ۳ گروه فسفات) | نوکلئوتید پورین‌دار |

**سؤال ۳** چند نوع نوکلئوتید فاقد باز آلی آدنین وجود دارد؟

| مجموع | باز آلی نیتروژن‌دار | قند پنج‌کربنی | گروه‌های فسفات | حالت مطلوب |
|---|---|---|---|---|
| ۶ = ۱ × ۲ × ۳ | ۱ (آدنین) | ۲ (ریبوز یا دئوکسی‌ریبوز) | ۳ (۱، ۲ یا ۳ گروه فسفات) | نوکلئوتید آدنین‌دار |

۱۸ = ۶ − ۲۴ = نوکلئوتید آدنین‌دار − کل نوکلئوتیدها = انواع نوکلئوتیدهای فاقد باز آلی آدنین

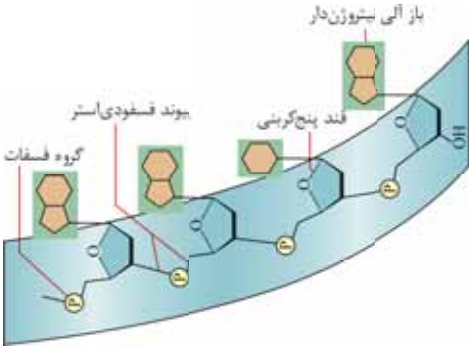
**سؤال ۴** چند نوع نوکلئوتید دارای باز آلی یوراسیل وجود دارد؟

| مجموع | باز آلی نیتروژن‌دار | قند پنج‌کربنی | گروه‌های فسفات | حالت مطلوب |
|---|---|---|---|---|
| ۳ = ۱ × ۱ × ۳ | ۱ (یوراسیل) | ۱ (ریبوز) | ۳ (۱، ۲ یا ۳ گروه فسفات) | نوکلئوتید یوراسیل‌دار |

**نکته** دقت داشته باشید که نوکلئوتید یوراسیل‌دار، فقط در ساختار RNA وجود دارد و قند آن، ریبوز است.

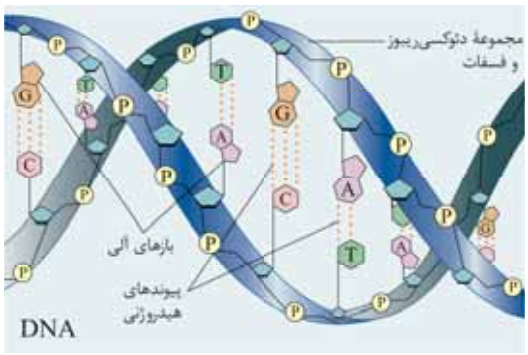
*باز هم سؤال هست از این مبحث. البته، بعید می‌دونم در کنکور مطرح بشه. می‌تونین تست‌های بیشتر از این مبحث رو در جلد بانک تست میکرو دوازدهم مطالعه کنین.*

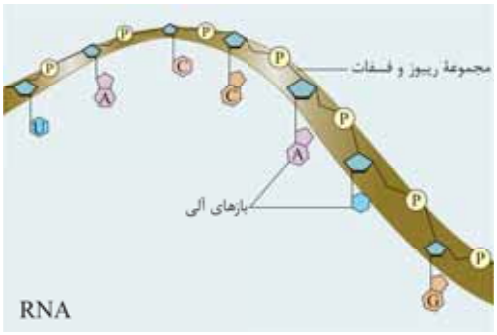
## اتصال نوکلئوتیدها به یک‌دیگر



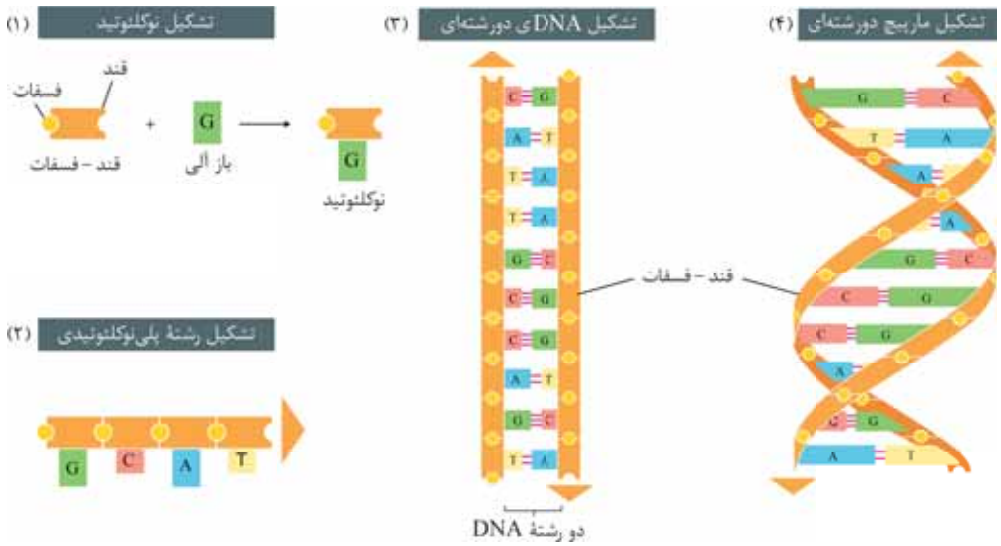

برای تشکیل رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی (دارای چند نوکلئوتید)، نوکلئوتیدها با **پیوند فسفودی‌استر** به هم متصل می‌شوند. در پیوند فسفودی‌استر، گروه فسفات یک نوکلئوتید به یک گروه هیدروکسیل (OH) قند نوکلئوتید دیگر متصل می‌شود.

**DNA و RNA:** هر رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی ممکن است به تنهایی یک نوکلئیک‌اسید را بسازد. در این صورت، به آن RNA گفته می‌شود. در واقع، RNA یک رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی **(نوکلئیک‌اسید تک‌رشته‌ای)** است. اما DNA زمانی تشکیل می‌شود که رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی به صورت **دوتایی** در کنار یک‌دیگر قرار بگیرند.

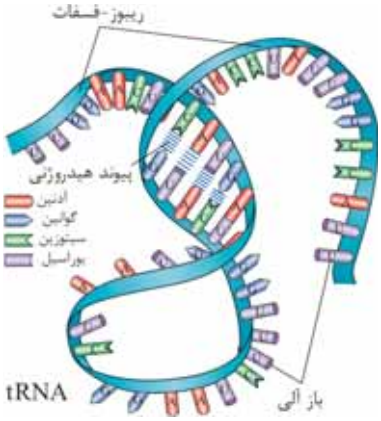



**مثال** تشکیل DNA از نوکلئوتیدهای سازندهٔ آن؛ *به شکل زیر دقت کنین.*



### ❑ در RNA هم ممکن است بخش‌های دورشته‌ای دیده شود.




همان‌طور که در شکل کتاب درسی مشخص است، گاهی **ممکن است در مولکول RNA نیز بخش‌های دورشته‌ای مشاهده شود.** مثلاً در مولکول tRNA (که در ادامه با آن بیشتر آشنا می‌شویم)، قسمت‌هایی دورشته‌ای نیز مشاهده می‌شوند. در این بخش‌ها، بازهای مکمل[1] در مقابل یک‌دیگر قرار گرفته‌اند و با تشکیل پیوندهای هیدروژنی، بخش‌های دورشته‌ای را تشکیل داده‌اند. دقت داشته باشید که **در این حالت هم مولکول RNA، مولکولی تک‌رشته‌ای محسوب می‌شود.** *در واقع مثل یه رشته نخ که روی خودش پیچ‌وتاب می‌خوره و دو رشته‌ای می‌شه، تا فوردن* tRNA *هم باعث ایجاد بخش‌های دورشته‌ای می‌شه.*

**مقایسه**

#### RNA و DNA

*در جدول زیر، ویژگی‌های* RNA و DNA *مقایسه شدن. البته، بعضیاشون رو بعداً می‌فونین.*

| نوکلئیک‌اسید | رشته‌ها | قند | پیریمیدین‌ها | انواع اصلی | نقش اصلی | محل تولید | محل فعالیت |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **DNA** | ۲ رشته | دئوکسی‌ریبوز (O کم‌تر از ریبوز) | C و T | حلقوی و خطی | مادهٔ وراثتی یاخته | هسته* (همانندسازی) | هسته* |
| **RNA** | ۱ رشته | ریبوز | C و U | rRNA<br>mRNA<br>tRNA | نقش در پروتئین‌سازی | هسته* (رونویسی) | سیتوپلاسم |

* در پروکاریوت‌ها، هسته وجود ندارد و DNA در سیتوپلاسم قرار دارد. در این جانداران، همانندسازی و رونویسی نیز در سیتوپلاسم انجام می‌شود.

### ❑ نوکلئیک اسید حلقوی و خطی

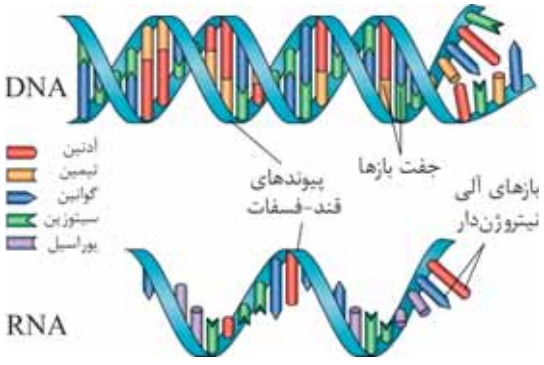
نوکلئیک‌اسیدها را می‌توان به دو دستهٔ حلقوی و خطی تقسیم کرد.

**الف) نوکلئیک‌اسید حلقوی:** در این نوع نوکلئیک‌اسیدها، دو انتهای رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی به یک‌دیگر متصل می‌شوند؛ در نتیجه، **نوکلئیک‌اسید انتهای آزاد ندارد** و به صورت حلقوی دیده می‌شود. *شکل مقابل، یه* DNA*ی حلقوی رو نشون می‌ده. می‌بینین چقدر خوشگله، اما سر و ته نداره!*

**مثال** در باکتری‌ها، میتوکندری و کلروپلاست، DNAی حلقوی وجود دارد.

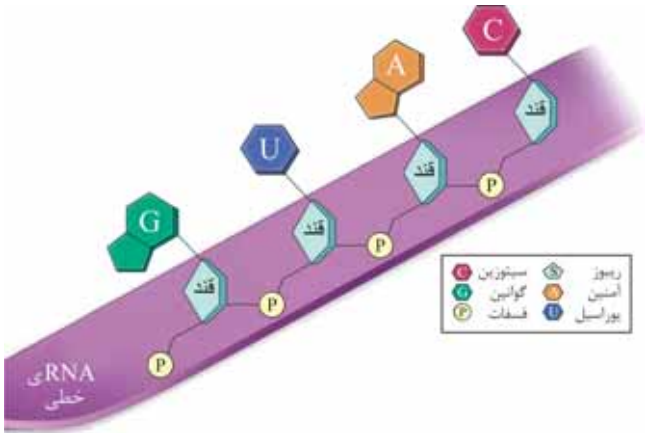
**ب) نوکلئیک‌اسید خطی:** اگر دو انتهای رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی **آزاد باشند و به یک‌دیگر متصل نشوند**، نوکلئیک‌اسید خطی می‌شود.

**مثال** DNA و RNAی خطی در یاخته‌های هسته‌دار انسان




---

۱- در ادامهٔ فصل می‌خوانیم که ساختار بازهای آلی به گونه‌ای است که هر باز آلی در مقابل نوع خاصی باز آلی دیگر قرار می‌گیرد: باز آلی A در مقابل T و باز آلی G در مقابل C قرار می‌گیرد. در مولکول RNA نیز باز آلی A در مقابل باز آلی U قرار می‌گیرد. به هر جفت از این بازهای آلی، بازهای مکمل گفته می‌شود.




**نکته** در نوکلئیک‌اسید خطی، دو انتهای رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی یکسان نیستند. در یک انتها، گروه فسفات و در انتهای دیگر، گروه هیدروکسیل (OH قند) قرار دارد. بنابراین، **هر رشتهٔ DNA و RNAی خطی، همواره دو سر متفاوت دارد** و این موضوع، ارتباطی به اندازه و یا تعداد مونومرهای رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی ندارد.

**نکته** دو انتهای یک مولکول DNAی خطی یکسان هستند؛ زیرا، دو رشتهٔ پلی نوکلئوتیدی آن در خلاف جهت یک‌دیگر قرار دارند. بنابراین، در یک مولکول DNAی خطی، در هر دو انتها هم گروه فسفات مشاهده می‌شود و هم گروه هیدروکسیل؛ در یک رشته، گروه فسفات در انتها هست و در مقابل آن، در رشتهٔ دیگر، گروه هیدروکسیل قرار دارد.

## درسنامه ۵ اطلاعات اولیه دربارهٔ ساختار مولکول DNA

*تا این‌جا فهمیدیم که نوکلئیک‌اسیدها چیا هستن و یه مختصری هم راجع به ساختارشون گفتیم. حالا می‌خوایم بیشتر با ساختارشون آشنا شیم. اما اول از همه باید داستان کشف DNA رو بررسی کنیم؛ داستانی که آخرش به جایزهٔ نوبل ختم می‌شه.*

### تصورات اولیه از ساختار DNA

در ابتدا تصور می‌شد که چهار نوع نوکلئوتید موجود در DNA، به نسبت مساوی در سراسر مولکول توزیع شده‌اند. *یعنی این‌که* $\frac{۱}{۴}$ *(یا ۲۵ درصد) نوکلئوتیدها،* A *هستن،* $T\ \frac{۱}{۴}$، $G\ \frac{۱}{۴}$ و $C\ \frac{۱}{۴}$. بر این اساس، **دانشمندان انتظار داشتند که مقدار ۴ نوع باز آلی** در تمامی قسمت‌های همهٔ مولکول‌های DNA **از هر جانداری، با یک‌دیگر برابر باشد.** *یعنی فکر می‌کردن اگه فراوانی بازهای* A *در* **DNA***ی انسان و* **DNA***ی باکتری رو اندازه بگیریم، یکسانه و حتماً هم ۲۵ درصد* $(\frac{۱}{۴})$ *هست.*

### مشاهدات چارگاف

دانشمندی به‌نام چارگاف، مقدار نوکلئوتیدها در DNAهای طبیعی (واقعی و استخراج‌شده از موجودات زنده) را بررسی کرد. نتایج مشاهدات چارگاف، با فرض اولیهٔ دانشمندان متفاوت بود.

چارگاف فهمید که **مقدار آدنین در DNA با مقدار تیمین برابر است. مقدار گوانین نیز با مقدار سیتوزین برابر است.**

$$A = T\ ,\ C = G$$

*اما از این تساوی‌ها، چه چیزای دیگه‌ای متوجه می‌شیم؟*

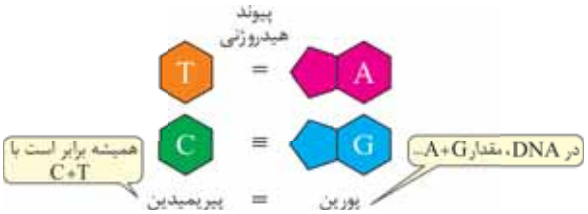
$$\frac{A}{T} = \frac{G}{C} = ۱$$

*از طرفی، چون* A *و* T *با هم برابر هستن و* C *و* G *هم با همدیگه، به رابطهٔ زیر می‌رسیم؛*

$$A + G = T + C \Rightarrow \frac{A+G}{T+C} = ۱$$

*موافقین توی رابطهٔ بالا، به‌جای* A + G *بنویسیم پورین‌ها؟ به‌جای* T + C *هم می‌نویسیم پیریمیدین‌ها.*

$$\frac{\text{پورین‌ها}}{\text{پیریمیدین‌ها}} = ۱ \Rightarrow \text{کل نوکلئوتیدها} \times \frac{۱}{۲} = \text{پیریمیدین‌ها} = \text{پورین‌ها}$$




**نکته** در مولکول DNA، نصف بازهای آلی پورین هستند و نصف دیگر بازهای آلی، پیریمیدین.

**نکته** در مولکول DNA، مجموع بازهای آلی پورین برابر است با مجموع بازهای آلی پیریمیدین.

*آیا رابطهٔ* $A+T = C+G$ *هم درست است؟* ممکن است این رابطه در یک مولکول DNA درست باشد اما همیشه این رابطه برقرار نیست. چون ممکن است تعداد جفت‌بازهای A-T و C-G برابر نباشد. مثلاً، در سؤال بعدی، مجموع نوکلئوتیدهای A و T بیشتر از مجموع نوکلئوتیدهای C و G است.

*اگه این رابطه‌ها رو خوب متوجه نشدین، اصلاً نگران نباشین. نیازی به دونستنشون نیست در درسنامهٔ «کارگاه حل مسئله» هم بیشتر راجع به اینا صحبت می‌کنیم. اما بذارین یه سؤال حل کنیم.*

**سؤال** **در یک مولکول DNA با هزار نوکلئوتید، ۳۰۰ نوکلئوتید T وجود دارد. در این مولکول، چند نوکلئوتید C یافت می‌شود؟**

همان‌طور که گفتیم، مقدار نوکلئوتید T و A برابر است. بنابراین، داریم:

$$A = T = ۳۰۰ \Rightarrow A + T = ۶۰۰$$

از طرفی می‌دانیم که باقی‌ماندهٔ نوکلئوتیدهای DNA، شامل نوکلئوتیدهای G و C می‌شوند و مقدار این دو نوکلئوتید نیز با یک‌دیگر برابر است:

$$G + C = ۱۰۰۰ - ۶۰۰ \Rightarrow ۴۰۰ \overset{G=C}{\underset{\text{تعداد}}{\text{تعداد}}} \quad C = G = \frac{۴۰۰}{۲} = ۲۰۰$$

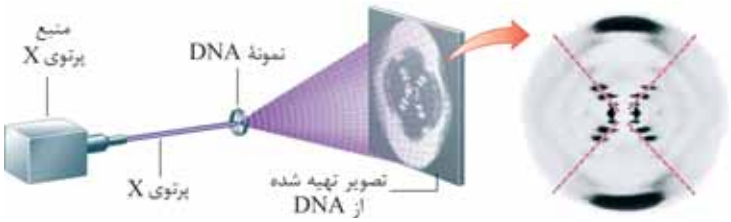
**نکته** همان‌طور که در این مثال دیدیم، مقدار نوکلئوتیدهای C و G با مقدار نوکلئوتیدهای A و T می‌تواند برابر نباشد. *البته، می‌تونه هم برابر باشه.*

**چارگاف، متوجه نشد که دلیل برابری نوکلئوتیدها چیست** و دانشمندان بعدی توانستند دلیل این برابری را متوجه شوند. *بریم ببینیم پی هست دلیلش.*

## تصویربرداری از DNA با کمک پرتوی X

در ادامهٔ تلاش برای کشف ساختار مولکول DNA، ویلکنیز و فرانکلین[۱] تصاویری از DNA با کمک پرتوی X[۲] تهیه کردند.

*اما چه نتایجی از این تصویربرداری به دست آمد؟*




### ❑ مهم‌ترین نتایج حاصل از تصویربرداری DNA

**۱- مارپیچی‌بودن DNA:** مولکول DNA، حالت مارپیچی دارد.

**۲- بیش از یک رشته داشتن:** در DNA بیشتر از یک رشته وجود دارد.

**نکته** دقت داشته باشید که در این آزمایش هنوز مشخص نشد که DNA دورشته‌ای است. فقط دانشمندان متوجه شدند که DNA تک‌رشته‌ای نیست.

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۲ ـ فصل ۱ دهم] روش تصویربرداری از **DNA** با کمک پرتوی **X**، مربوط به نوعی **فناوری نوین مشاهدهٔ سامانه‌های زیستی زنده** است و **حاصل نگرش بین‌رشته‌ای** می‌باشد.

### ❑ نتیجهٔ دیگر

**۳- تعیین ابعاد مولکول:** پس از تهیهٔ تصویر از مولکول DNA، دانشمندان توانستند ابعاد این مولکول را نیز اندازه‌گیری کنند.

## مدل مولکولی DNA

*این‌جا آخر داستانه! جایی که واتسون و کریک تونستن مدل مولکولی DNA رو ارائه بدن و برای همین مدل، نوبل هم بگیرن. اما اونا چه‌جوری تونستن به این مدل برسن؟* واتسون و کریک برای ارائهٔ مدل مولکولی DNA، از سه چیز استفاده کردند:

۱- نتایج آزمایش‌های چارگاف

۲- داده‌های حاصل از تصاویر تهیه‌شده با پرتوهای X

۳- یافته‌های خود

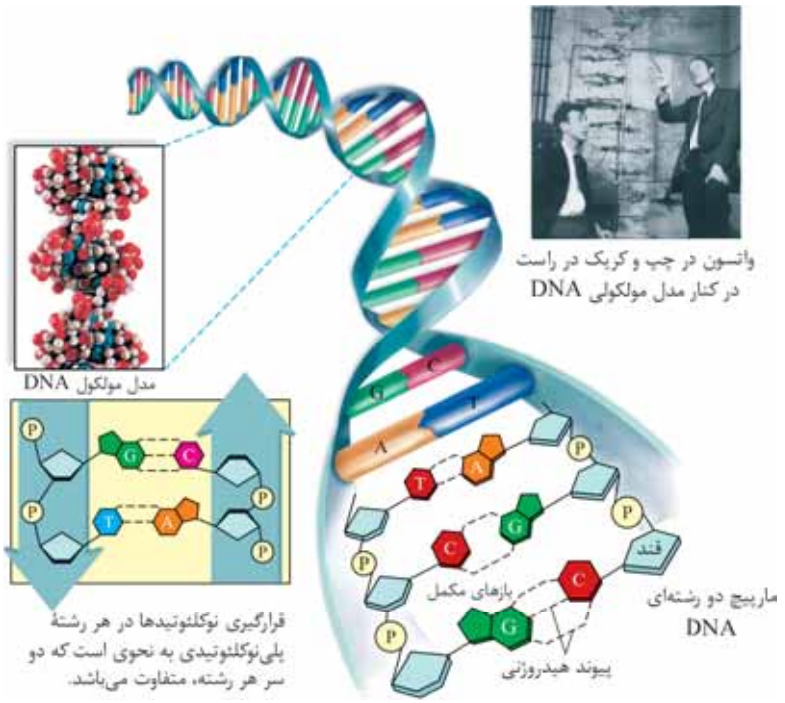
**نکته** ساختار مولکول DNA، توسط واتسون و کریک مشخص شد اما اثبات نقش DNA به عنوان مادهٔ وراثتی، توسط ایوری (با استفاده از نتایج آزمایش گریفیت) انجام شد.

---

۱- روزالیند فرانکلین، دانشمند انگلیسی بود که با روش پراش پرتوی X، از مولکول DNA عکس تهیه کرد و سهم به سزایی در کشف مدل مولکولی DNA داشت. فرانکلین، در سن ۳۷ سالگی، به دلیل سرطان درگذشت. دلیل ابتلای وی به سرطان را به کار با پرتوهای X نسبت می‌دهند.

۲- روش پراش پرتوی X، روشی است که در آن پرتوهای X از بلور مادهٔ موردنظر عبور می‌کنند. بخش‌هایی از پرتوهای تابیده‌شده توسط مولکول جذب می‌شود و سایر پرتوها به صفحهٔ حساس موجود در پشت بلور برخورد می‌کنند. در واقع، در این روش، سایه‌ای از بلور تشکیل می‌شود که با تجزیه و تحلیل آن، می‌توان تا حدودی به ساختار مولکول پی برد.

*خُب، دیگه وقتشه که بریم سراغ مهم‌ترین قسمت گفتار (۱) و با مدل مولکولی DNA آشنا بشیم. اما قبل از اون، شکل و جمع‌بندی داریم.*




**آن‌چه گذشت** [گفتار ۲ ـ فصل ۱ دهم] نگرش‌ها، روش‌ها و ابزارهای زیست‌شناسان، پس از شناخت ساختار مولکول **DNA** توسط واتسون و کریک، متحول شده است. این تحول سبب شده که علم زیست‌شناسی به رشته‌ای مترقی، توانا و پویا و هم‌چنین امیدبخش تبدیل شود؛ به گونه‌ای که انتظارات جامعه از زیست‌شناسان نسبت به دهه‌ها و سده‌های قبلی بسیار افزایش یافته است.

**جمع‌بندی**

## کشف ساختار، ماهیت و مدل تکثیر[1] مادهٔ وراثتی به روایت آزمایش

| | دانشمند | موضوع پژوهش | روش | نتیجهٔ نهایی |
|---|---|---|---|---|
| شناسایی ماهیت مادهٔ وراثتی | گریفیت | پیدا کردن واکسن برای آنفلوانزا | تزریق باکتری‌های کپسول‌دار و بدون کپسول استرپتوکوکوس نومونیا (عامل سینه‌پهلو) به موش | انتقال صفت به باکتری‌های بدون کپسول |
| | ایوری و همکاران | پیدا کردن ماهیت عامل تغییر شکل (مادهٔ وراثتی) استرپتوکوکوس نومونیا | تخریب همهٔ پروتئین‌های مخلوط | عامل انتقال صفت یا همان مادهٔ وراثتی، DNA است نه پروتئین. |
| | | | سانتریفیوژ محتویات مخلوط | |
| | | | اضافه‌کردن آنزیم‌های تخریب‌کنندهٔ مواد آلی | |
| کشف ساختار DNA | چارگاف | بررسی مقدار بازهای آلی در DNA | اندازه‌گیری مقدار بازهای آلی در DNAهای طبیعی | G=C و A=T |
| | ویلکینز و فرانکلین | تصویربرداری از مولکول DNA | تهیه تصویر از DNA با پرتوی X | DNA مارپیچ است و بیش از یک رشته دارد + اندازه‌گیری ابعاد DNA |
| | واتسون و کریک | بررسی ساختار مولکولی DNA و ارائهٔ مدل مولکولی DNA | از نتایج چارگاف، تصاویر تهیه‌شده از DNA و یافته‌های خود استفاده کردند. | ارائهٔ مدل مولکولی DNA؛ مولکول DNA، یک مارپیچ دورشته‌ای است. |
| تکثیر DNA | مزلسون و استال | کشف و اثبات مدل همانندسازی DNA از بین سه طرح پیشنهادی | رشد و تکثیر باکتری‌ها در محیط کشت‌هایی با ایزوتوپ‌های مختلف نیتروژن و سپس سانتریفیوژ نمونه‌های زمان‌های مختلف | همانندسازی به صورت نیمه‌حفاظتی است و در هر مولکول DNAی جدید، یک رشتهٔ قدیمی نیز وجود دارد. |

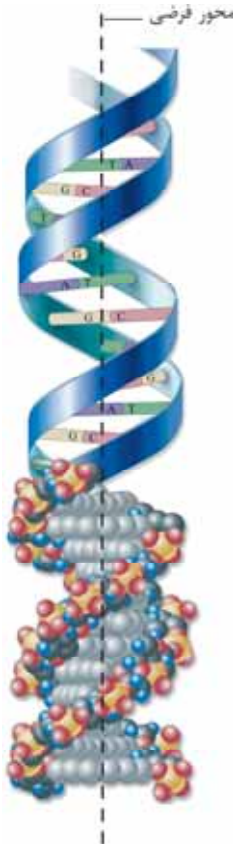
۱- با تکثیر DNA (همانندسازی)، در گفتار بعدی آشنا می‌شوید.

## درسنامهٔ ۶ مدل مولکولی DNA

*لطفاً این درسنامه رو خوب یاد بگیرین. چون هم خودش به‌تنهایی مهمه و هم برای یادگیری قسمت‌های بعدش بهش نیاز دارین.*

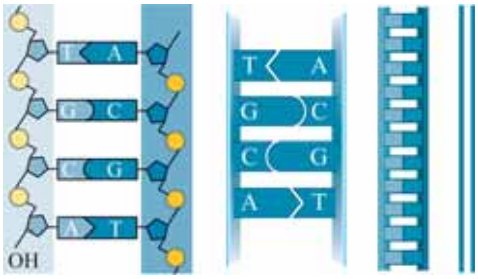
### DNA، یک مارپیچ دورشته‌ای است.

گفتیم که هر مولکول DNA از دو رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی ساخته شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است، این دو رشته به **دور محوری فرضی** می‌پیچند و ساختار **مارپیچ دورشته‌ای** را ایجاد می‌کنند.

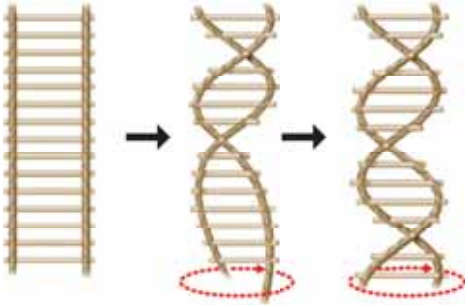



#### ❑ نردبان پیچ‌خورده

ساختار DNA را به یک **نردبان پیچ‌خورده** تشبیه می‌کنند که دارای دو ستون و تعدادی پله است:




چهار روش مختلف برای نشان دادن مولکول DNA

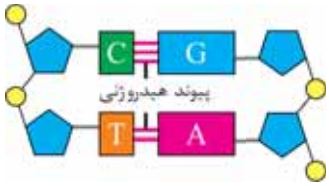


DNA، یک نردبان پیچ‌خورده

**۱- ستون‌های نردبان:** دو رشتهٔ DNA، ستون‌های نردبان را تشکیل می‌دهند. در واقع، در هر ستون، قند و فسفات تکرار شده‌اند و از طریق **پیوند فسفودی‌استر** به یک‌دیگر متصل می‌شوند.

**۲- پله‌های نردبان:** بازهای آلی متصل به قند، پله‌های نردبان را تشکیل می‌دهند. بازهای آلی هر رشته، از طریق **پیوند هیدروژنی**، به باز آلی مقابل خود در رشتهٔ دیگر متصل می‌شوند.

### بازهای مکمل




همان‌طور که گفتیم، بازهای آلی دو رشتهٔ DNA، با یک‌دیگر پیوند هیدروژنی تشکیل می‌دهند. این پیوندهای هیدروژنی باعث می‌شوند که **دو رشتهٔ DNA در کنار هم باقی بمانند**. *اما آیا یک باز آلی، می‌تونه با هر باز دیگه‌ای پیوند تشکیل بده؟ جواب منفی هست.*

#### ❑ بازهای مکمل

پیوندهای هیدروژنی بین جفت‌بازها به صورت **اختصاصی** تشکیل می‌شود. بدین‌ترتیب که باز آدنین (A) با تیمین (T)، پیوند هیدروژنی تشکیل می‌دهد و باز گوانین (G) با سیتوزین (C). به این جفت‌بازها، **بازهای مکمل** می‌گویند؛ یعنی، A و T، باز مکمل یک‌دیگر هستند. باز آلی C نیز مکمل باز آلی G است. *بر این اساس، در مولکول* **DNA** *همیشه باید باز* **A** *روبه‌روی* **T** *قرار بگیره و باز* **C**، *روبه‌روی باز* **G**. *به شکل دقت کنین تا بهتر بفهمین.*

**نکته** بیشترین تعداد پیوند هیدروژنی، بین بازهای G و C تشکیل می‌شود[1]. به همین دلیل، هر چقدر تعداد بازهای آلی G و C در یک رشتهٔ DNA بیشتر باشد، پایداری و ثبات مولکول DNA بیشتر است.

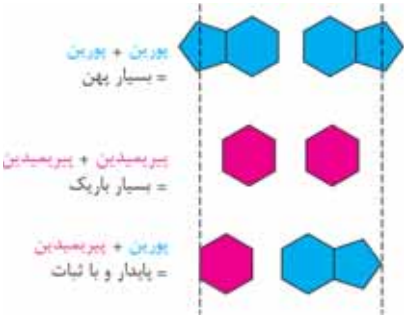
**ارتباط بازهای مکمل و نتایج آزمایش‌های چارگاف: مکمل بودن بازهای آلی، نتایج آزمایش‌های چارگاف را تأیید می‌کند.** زیرا، در مولکول DNA، بازهای A و T همواره در مقابل یک‌دیگر قرار می‌گیرند و بنابراین، به ازای هر باز آلی A، یک باز آلی T وجود دارد؛ بنابراین، تعداد بازهای آلی A و T با یک‌دیگر باید برابر باشد. همین موضوع، دربارهٔ بازهای آلی C و G نیز صدق می‌کند.

**نکته** دقت داشته باشید که چارگاف به مکمل بودن بازهای آلی پی نبرد و این موضوع، توسط واتسون و کریک مشخص شد.

---

۱- بین بازهای آلی C و G، سه پیوند هیدروژنی تشکیل می‌شود. بین بازهای آلی A و T، دو پیوند هیدروژنی تشکیل می‌شود.

### ❑ ثبات قطر مارپیچ دورشته‌ای DNA




قرارگیری جفت‌بازهای مکمل در مقابل یک‌دیگر باعث می‌شود که **قطر دو رشتهٔ DNA در همهٔ قسمت‌های آن برابر باشد؛** چون در همهٔ قسمت‌های DNA، یک باز تک‌حلقه‌ای (T یا C) در مقابل یک باز دوحلقه‌ای (A یا G) قرار می‌گیرد. *به عبارتی دیگر، هر پلهٔ نردبان پیچ‌خوردهٔ* **DNA**، *دارای سه حلقه است که پایدارترین حالت برای مولکول* **DNA** *را ایجاد می‌کند.*

**سؤال در هر جفت نوکلئوتید مکمل، چند حلقه در بازهای آلی وجود دارد؟**

چون در هر جفت باز، یک باز تک‌حلقه‌ای (پیریمیدین) در مقابل یک باز دو حلقه‌ای (پورین) قرار می‌گیرد، تعداد حلقهٔ در بازهای آلی در هر جفت باز مکمل، ۳ عدد است.

**سؤال در هر جفت نوکلئوتید مکمل، چند حلقهٔ آلی وجود دارد؟**

*این سؤال تفاوتش با سؤال قبلی این هست که دیگه فقط در مورد بازهای آلی نیست. شاید با خودتون بگین مگه ما به‌جز بازهای آلی، مولکول حلقوی دیگه‌ای هم در یک نوکلئوتید داریم؟ جواب بله هست. اگه به شکل نوکلئوتید دقت کرده باشین، مولکول قند هم ساختار حلقه‌ای داره.* پس در هر جفت نوکلئوتید مکمل، ۳ حلقهٔ آلی در بازهای آلی وجود دارد. قند موجود در هر نوکلئوتید نیز یک حلقه دارد. بنابراین، در مجموع **دو باز آلی مکمل و قند متصل به آن‌ها، روی هم ۵ حلقهٔ آلی دارند.**

## مشخص‌کردن ترتیب نوکلئوتیدهای هر رشتهٔ DNA

در هر رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی، هر تعداد و هر ترتیبی از نوکلئوتیدها ممکن است وجود داشته باشد. *یعنی اینجوری نیست که مثلاً بگیم هر رشتهٔ* **DNA** *باید ۱۰۰ تا نوکلئوتید باشه و ۲۰تاشم* **A** *باشه و ... یعنی قانون خاصی برای توالی نوکلئوتیدی یک رشته وجود نداره.* اما به دلیل قانون جفت بازهای مکمل، با شناسایی ترتیب نوکلئوتیدها در یک رشتهٔ DNA، می‌توان ترتیب نوکلئوتیدها در رشتهٔ دیگر را نیز مشخص کرد. *مثال حل کنین تا متوجه بشین.*

**مثال ترتیب نوکلئوتیدها در یک رشتهٔ DNA، به صورت ACTGTAC است. ترتیب نوکلئوتیدها در رشتهٔ مکمل را بنویسید.**

در مقابل هر باز آلی، باز مکملش رو قرار می‌دیم تا ترتیب رشته مکمل رو مشخص کنیم.

رشتهٔ اصلی ← **A C T G T A C**

رشتهٔ مکمل ← T G A C A T G

**مثال ترتیب نوکلئوتیدها در یک رشتهٔ DNA، به صورت GCTATGCATG است. ترتیب نوکلئوتیدها در رشتهٔ مکمل را مشخص کنید.**

رشتهٔ اصلی ← **G C T A T G C A T G**

رشتهٔ مکمل ← C G A T A C G T A C

## پایداری DNA

همان‌طور که احتمالاً از درس شیمی به یاد دارید، **پیوندهای هیدروژنی برخلاف پیوندهای کووالانسی، استحکام و انرژی پیوند زیادی ندارند؛** در نتیجه، شکستن یک پیوند هیدروژنی به سادگی صورت می‌گیرد. با این حال، یک مولکول DNA پایداری زیادی دارد که دلیل آن، تشکیل پیوند هیدروژنی بین هزاران تا میلیون‌ها نوکلئوتید است. وجود این تعداد زیاد پیوند هیدروژنی، باعث می‌شود که **مولکول DNA پایدار باشد.** در عین حال، چون شکستن هر پیوند هیدروژنی نیاز به انرژی کمی دارد، در مواقع مورد نیاز (مثلاً هنگام همانندسازی)، **امکان جدا شدن دو رشتهٔ DNA در نقاطی از آن وجود دارد.** حتی در این حالت نیز پایداری DNA حفظ می‌شود و DNA می‌تواند وظایف خود را انجام دهد.

*آن‌چه خواهیم خواند* [ورودی فصل ۴ دوازدهم] پایداری اطلاعات در سامانه‌های زنده، یکی از ویژگی‌های مادهٔ وراثتی است اما در عین حال، مادهٔ وراثتی به‌طور محدود تغییرپذیر است. این تغییرپذیری باعث ایجاد گوناگونی می‌شود و چنان که خواهیم دید، توان بقای جمعیت‌ها را در شرایط متغیر محیط افزایش می‌دهد و زمینهٔ تغییر گونه‌ها را فراهم می‌کند.

جمع‌بندی

### ساختار و مدل مولکولی DNA

DNA، یک مارپیچ **دورشته‌ای** است و مانند یک نردبان است که دور محوری فرضی پیچیده است. نرده‌های این نردبان، قند و فسفات هستند که با پیوند **فسفودی‌استر** به یک‌دیگر متصل می‌شوند. پله‌های این نردبان نیز بازهای آلی نیتروژن‌دار هستند که از طریق **پیوند هیدروژنی** به یک‌دیگر متصل می‌شوند. **باز A با T مکمل است و باز G با C. بازهای مکمل، با یک‌دیگر پیوند هیدروژنی تشکیل می‌دهند** و بین بازهای G و C، بیشترین تعداد پیوند هیدروژنی تشکیل می‌شود. **تعداد زیاد پیوندهای هیدروژنی، باعث پایداری زیاد مولکول DNA بدون اختلال در کار آن می‌شود.** ارتباط بازهای مکمل، آزمایش‌های چارگاف را نیز تأیید می‌کند. براساس قانون مکمل بودن بازها، **می‌توان با مشخص بودن ترتیب نوکلئوتیدهای یک رشته، ترتیب نوکلئوتیدهای رشتهٔ دیگر را مشخص کرد.**

## درسنامهٔ ۷ نوکلئوتیدها و نوکلئیک‌اسیدهای دیگر: ATP و RNA

*تا این‌جا متوجه شدیم که نوکلئوتیدها در ساختار مولکول DNA و RNA وجود دارند. اما آیا فقط نوکلئوتیدها برای تشکیل DNA و RNA و به عنوان واحد سازندهٔ این مولکول‌ها کاربرد دارند؟ همونجوری که درس می‌زنین، جواب این سؤال منفی است. نوکلئوتیدها نقش‌های دیگه‌ای هم دارن.*

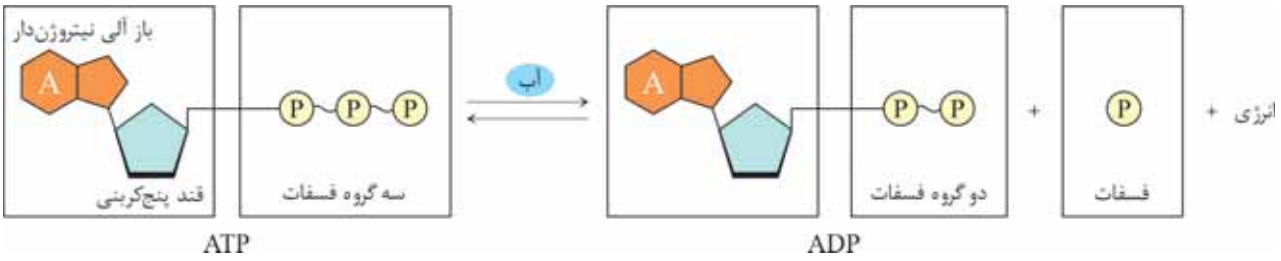
### نوکلئوتیدها، می‌توانند ناقل انرژی و الکترون باشند.

نوکلئوتیدها در یاخته‌های زنده، نقش‌های متفاوتی دارند. *یکی از این نقش‌ها رو گفتیم به عنوان واحد سازندهٔ* DNA و RNA *است.* از جمله نقش‌های دیگری که نوکلئوتیدها در یاخته دارند، به عنوان **ناقل انرژی و الکترون** است.

#### ❑ ATP، ناقل انرژی

*آره، درست فوندین.* ATP **نوعی نوکلئوتید هست.** در واقع، ATP نوعی نوکلئوتید **آدنین‌دار** است که دارای **سه گروه فسفات** می‌باشد. طی واکنش‌های سوخت‌وسازی یاخته، **پیوندهای پرانرژی بین گروه‌های فسفات** شکسته می‌شود و انرژی آزاد می‌شود.

**نکته** ATP، انرژی رایج در یاخته است و یاخته در فعالیت‌های مختلف از آن استفاده می‌کند.




**آن‌چه خواهیم خواند** [گفتار ۱ ـ فصل ۵ دوازدهم] ATP یا آدنوزین تری‌فسفات، شکل رایج و قابل‌استفادهٔ انرژی در یاخته‌ها و نوکلئوتیدی تشکیل‌شده از باز آلی آدنین، قند پنج کربنی ریبوز و سه گروه فسفات است. به مجموعهٔ آدنین و ریبوز، آدنوزین گفته می‌شود.

*می‌تونین «همه‌چیز دربارهٔ» ATP رو در فصل ۵ بخونین.*

#### ❑ ناقل‌های الکترون

ناقل‌های الکترون، مولکول‌هایی هستند که **می‌توانند الکترون را حمل کنند و به مولکول‌های دیگر انتقال دهند.** در ساختار این مولکول‌ها، نوکلئوتیدها شرکت دارند.

**نکته** ناقل‌های الکترون در فرایندهای یاخته‌ای مانند تنفس یاخته‌ای و فتوسنتز شرکت دارند. *در فصل‌های بعدی بیشتر راجع بهشون صحبت می‌کنیم.*

**مثال** $NAD^+$، $NADP^+$ و FAD

**نکته** ATP، خود یک نوکلئوتید می‌باشد اما در ساختار ناقل‌های الکترون، دو نوکلئوتید آدنین‌دار وجود دارد.

**نکته** در همهٔ ناقل‌های انرژی و الکترون، باز آلی آدنین وجود دارد.

**نکته** دقت داشته باشید که $NAD^+$ و FAD دارای دو نوکلئوتید هستند و چون در هر نوکلئوتید حداقل یک گروه فسفات وجود دارد، $NAD^+$ و FAD حداقل ۲ فسفات دارند. $NADP^+$ نسبت به $NAD^+$، یک فسفات بیشتر دارد.

همه چیز دربارهٔ

## فرایندهایی که با مصرف ATP انجام می‌شوند (قسمت اول: دهم)

| فرایند | آدرس | توضیحات |
|---|---|---|
| انتقال فعال[1] (معمولاً) | [گفتار ۱ ـ فصل ۲ دهم] | انتقال مواد در خلاف شیب غلظت با کمک پروتئین‌های غشایی |
| درون‌بری (آندوسیتوز)[2] | [گفتار ۱ ـ فصل ۲ دهم] | ورود ذرات بزرگ (مانند پروتئین‌ها) به یاخته‌ها — همراه با تشکیل کیسه‌های غشایی |
| برون‌رانی (اگزوسیتوز)[3] | [گفتار ۱ ـ فصل ۲ دهم] | خروج ذرات بزرگ (مانند پروتئین‌ها) از یاخته — همراه با تشکیل کیسه‌های غشایی |
| جذب کلسیم و آهن | [گفتار ۳ ـ فصل ۲ دهم] | بعضی از مواد معدنی با روش انتقال فعال جذب می‌شوند. |
| جذب ویتامین‌های محلول در آب | [گفتار ۳ ـ فصل ۲ دهم] | اغلب ویتامین‌های B و C با روش انتشار و یا انتقال فعال جذب می‌شوند. |
| جذب ویتامین $B_{12}$ | [گفتار ۳ ـ فصل ۲ دهم] | ویتامین $B_{12}$، همراه با عامل داخلی معده، با روش درون‌بری جذب می‌شود. |
| تشکیل کریچهٔ غذایی در پارامسی | [گفتار ۴ ـ فصل ۲ دهم] | در انتهای حفرهٔ دهانی، کریچهٔ (واکوئول) غذایی با روش درون‌بری (آندوسیتوز) تشکیل می‌شود. |
| دفع محتویات کریچهٔ دفعی در پارامسی | [گفتار ۴ ـ فصل ۲ دهم] | محتویات کریچهٔ (واکوئول) دفعی از راه منفذ دفعی و با روش برون‌رانی (اگزوسیتوز)، از یاخته خارج می‌شود. |
| جذب در حفرهٔ گوارشی | [گفتار ۴ ـ فصل ۲ دهم] | بعضی از یاخته‌های حفرهٔ گوارشی، مواد مغذی را با بیگانه‌خواری (فاگوسیتوز) دریافت و فرایند گوارش درون‌یاخته‌ای را آغاز می‌کنند. |
| درون‌بری و برون‌رانی در مویرگ‌های خونی | [گفتار ۲ ـ فصل ۴ دهم] | پروتئین‌های درشت، درون کیسه‌هایی از جنس غشا قرار می‌گیرند و با درون‌بری وارد یاخته‌های پوششی شده و با برون‌رانی از آن‌ها خارج می‌شوند. |
| بازجذب در نفرون (معمولاً) | [گفتار ۲ ـ فصل ۵ دهم] | در بیشتر موارد، بازجذب فعال است و با صرف انرژی زیستی انجام می‌گیرد. |
| ترشح در نفرون (معمولاً) | [گفتار ۲ ـ فصل ۵ دهم] | ترشح در بیشتر مواد به روش فعال و با صرف انرژی زیستی انجام می‌گیرد. |
| ترشح محلول بسیار غلیظ نمک به روده توسط غدد راست‌روده‌ای | [گفتار ۳ ـ فصل ۵ دهم] | ماهیان غضروفی (کوسه و سفره‌ماهی)، علاوه‌بر کلیه‌ها، دارای غدد راست‌روده‌ای هستند که محلول نمک (سدیم‌کلرید) بسیار غلیظ را به روده ترشح می‌کنند. |
| جذب یون‌ها در ماهیان آب شیرین | [گفتار ۳ ـ فصل ۵ دهم] | در ماهیان آب شیرین جذب نمک و یون‌ها با انتقال فعال از آبشش‌هاست |
| دفع یون‌ها در ماهیان آب شور | [گفتار ۳ ـ فصل ۵ دهم] | در ماهیان آب شور، یون‌ها از طریق آبشش‌ها با انتقال فعال دفع می‌شوند. |
| ایجاد فشار ریشه‌ای | [گفتار ۳ ـ فصل ۷ دهم] | انتقال فعال یون‌های معدنی به درون آوندهای چوبی توسط یاخته‌های درون‌پوست و یاخته‌های زندهٔ درون استوانهٔ آوندی ریشه |
| ورود یون‌ها به یاخته‌های نگهبان | [گفتار ۳ ـ فصل ۷ دهم] | انتقال فعال ساکارز و یون‌های پتاسیم و کلر به درون یاخته‌های نگهبان روزنه |
| خروج یون‌ها از یاخته‌های نگهبان | [گفتار ۳ ـ فصل ۷ دهم] | خروج فعال ساکارز و یون‌های پتاسیم و کلر از یاخته‌های نگهبان روزنه |
| بارگیری آبکشی | [گفتار ۳ ـ فصل ۷ دهم] | **محل منبع:** ورود فعال قند و مواد آلی به یاخته‌های آبکشی |
| باربرداری آبکشی | [گفتار ۳ ـ فصل ۷ دهم] | **محل مصرف:** خروج فعال قند و مواد آلی از یاخته‌های آبکشی |

**۱- انتقال فعال:** هم‌انتقالی گلوکز (یا آمینواسیدها) با سدیم[1]، جذب کلسیم و آهن، جذب بعضی ویتامین‌های محلول در آب، بازجذب و ترشح در نفرون‌ها (معمولاً)، ترشح محلول بسیار غلیظ نمک به روده توسط غدد راست‌روده‌ای، جذب یون‌ها در آبشش ماهیان آب شیرین، دفع یون‌ها در آبشش ماهیان آب شور، انتقال یون‌های معدنی به درون آوندهای چوبی، ورود و خروج یون‌ها در یاخته‌های نگهبان روزنه، بارگیری و باربرداری آبکشی

**۲- آندوسیتوز:** جذب ویتامین $B_{12}$، تشکیل کریچهٔ غذایی در پارامسی، ورود پروتئین‌های درشت به یاخته‌های پوششی مویرگ‌ها

**۳- اگزوسیتوز:** دفع محتویات کریچهٔ دفعی در پارامسی، جذب در حفرهٔ گوارشی، خروج پروتئین‌های درشت از یاخته‌های پوششی مویرگ‌ها

---

۱- در روش هم‌انتقالی، انرژی لازم برای انتقال گلوکز از شیب غلظت سدیم فراهم می‌شود نه مولکول ATP.

**فرایندهای که با مصرف ATP انجام می‌شوند (قسمت دوم: یازدهم و دوازدهم)**

| فرایند | آدرس | توضیحات |
|---|---|---|
| **فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم** | [گفتار ۱ ـ فصل ۱ یازدهم] | خروج سه یون سدیم از یاخته و ورود دو یون پتاسیم به یاخته با انتقال فعال |
| **آزاد شدن ناقل‌های عصبی** | [گفتار ۱ ـ فصل ۱ یازدهم] | آزاد شدن ناقل‌های عصبی در فضای سیناپسی با برون‌رانی ریزکیسه‌ها |
| **جدا شدن سر میوزین از اکتین** | [گفتار ۲ ـ فصل ۳ یازدهم] | با اتصال ATP به سر میوزین، اتصال بین میوزین و اکتین از بین می‌رود. |
| **ترشح هورمون‌ها** | [گفتار ۱ ـ فصل ۴ یازدهم] | یاخته‌های درون‌ریز، با برون‌رانی، محتویات کیسه‌های ترشحی را آزاد می‌کنند. |
| **بیگانه‌خواری (فاگوسیتوز)** | [گفتار ۲ ـ فصل ۵ یازدهم] | بیگانه‌خوارها، با بیگانه‌خواری می‌توانند میکروب‌ها را از بین ببرند. |
| **ترشح انواع پروتئین‌های دفاعی** | [فصل ۵ یازدهم] | ترشح همهٔ پروتئین‌های دفاعی، با اگزوسیتوز و مصرف ATP انجام می‌شود. |
| **حرکت اسپرم با تاژک** | [گفتار ۱ ـ فصل ۷ یازدهم] | اسپرم برای زنش تاژک خود، نیاز به مصرف انرژی ATP دارد. |
| **ترجمه در ریبوزوم‌ها** | [گفتار ۲ - فصل ۲ دوازدهم] | انرژی لازم برای تهیهٔ پلی‌پپتید طی فرایند ترمه از مولکول ATP به دست می‌آید |
| **اتصال آمینواسید به tRNA** | [گفتار ۲ - فصل ۲ دوازدهم] | اتصال آمینواسید به tRNA توسط نوعی آنزیم ویژه، نیازمند انرژی است. |
| **تبدیل گلوکز به گلوکز فسفاته** | [گفتار ۱ - فصل ۵ دوازدهم] | برای انجام واکنش‌های مربوط به تجزیهٔ گلوکز انرژی فعال‌سازی نیاز هست. این انرژی از ATP تأمین می‌شود. گلوکز با گرفتن فسفات‌های ATP، فسفاته می‌شود. |
| **تبدیل مولکول سه‌کربنی به قند سه‌کربنی در چرخهٔ کالوین** | [گفتار ۲ - فصل ۶ دوازدهم] | گرچه واکنش‌های کالوین مستقل از نور انجام می‌شوند، اما انجام این واکنش‌ها وابسته به ATP و NADPH حاصل از واکنش‌های نوری است و در دو قسمت چرخهٔ کالوین، ATP مصرف می‌شود: ۱- تبدیل مولکول سه‌کربنی به قند سه‌کربنی و ۲- تبدیل ریبولوز فسفات به ریبولوز بیس‌فسفات. |
| **تبدیل ریبولوز فسفات به ریبولوز بیس‌فسفات** | | |

۱- **انتقال فعال:** فعالیت پمپ سدیم ـ پتاسیم، ورود پروتون ($H^+$) به فضای درون تیلاکوئید*، انتقال پروتون به فضای بین دو غشای میتوکندری*

۲- **آندوسیتوز:** بیگانه‌خواری (فاگوسیتوز)

۳- **اگزوسیتوز:** آزاد شدن ناقل‌های عصبی، ترشح هورمون‌ها، ترشح انواع پروتئین‌های دفاعی

**نکته** به‌طور کلی، ترشح مواد با روش اگزوسیتوز انجام می‌شود (به‌جز مواد لیپیدی که می‌توانند از غشای یاخته عبور کنند).

* در میتوکندری و تیلاکوئید، عبور پروتون در خلاف جهت شیب غلظت با روش انتقال فعال ولی بدون مصرف انرژی ATP است. این جابه‌جایی‌ها با استفاده از انرژی الکترون‌های برانگیخته رخ می‌دهند.

## ژن چیست؟

در آزمایش ایوری مشخص شده که اطلاعات وراثتی در DNA قرار دارند و **می‌توانند از نسلی به نسل دیگر منتقل شوند**. در هر مولکول DNA، اطلاعات وراثتی در واحدهایی به‌نام ژن سازمان‌دهی شده‌اند. در واقع، **ژن بخشی از مولکول DNA است که دستورالعمل لازم برای تولید RNA و پروتئین را در خود ذخیره دارد.**

**مثال** ژن رنگ چشم، ژن گروه خونی، ژن تولید هموگلوبین، ژن تولید انسولین و ...

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۲ ـ فصل ۶ یازدهم] پروتئین‌ها، تنظیم‌کنندهٔ چرخهٔ یاخته و مرگ آن هستند. پروتئین‌ها، محصول عملکرد ژن‌ها هستند. بنابراین، مشخص است که در ایجاد سرطان، ژن‌ها نقش دارند. ژن‌های زیادی شناخته شده‌اند که در بروز سرطان مؤثرند.

**از روی ژن‌ها، مولکول RNA ساخته می‌شود** و RNAها، دستورالعمل‌های DNA را اجرا می‌کنند. *چه‌جوری؟ فصل بعد می‌گیم.*

## RNA، نوعی نوکلئیک‌اسید

**تعریف:** RNA، نوعی مولکول نوکلئیک‌اسید **تک‌رشته‌ای** است.

**نقش:** RNAها، به‌طور عمده در فرایند **پروتئین‌سازی** نقش دارند.

**تولید:** RNAها، طی فرایند **رونویسی**، از روی بخشی از یکی از رشته‌های DNA تولید می‌شوند.

### انواع RNA

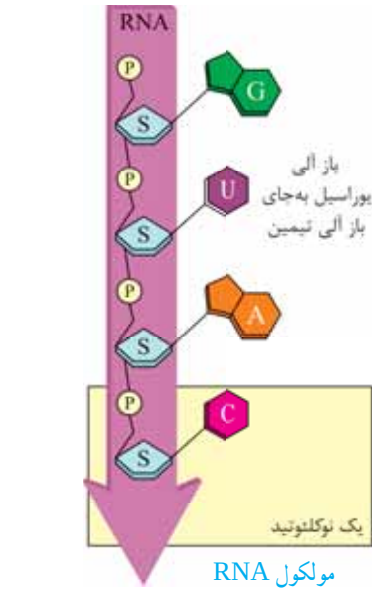
انواع متعددی RNA با نقش‌های گوناگون در یاخته وجود دارند. بعضی از این RNAها، در فرایند پروتئین‌سازی نقش اصلی را برعهده دارند:

**۱- mRNA (رِنای پیک):** این نوع از RNAها، **اطلاعات مربوط به ساخت پروتئین‌ها** را از DNA به ریبوزوم‌ها می‌رسانند. ریبوزوم‌ها با استفاده از اطلاعات mRNA، پروتئین‌سازی می‌کنند.

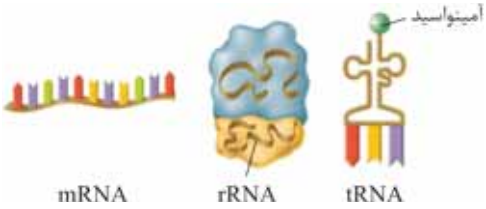
**۲- tRNA (رِنای ناقل):** این نوع از RNAها، آمینواسیدها را برای استفاده از پروتئین‌سازی به سمت ریبوزوم‌ها می‌برند.

**۳- rRNA (رِنای رناتنی):** همان‌طور که می‌دانید، ریبوزوم‌ها، ساختارهایی در یاخته هستند که محل پروتئین‌سازی می‌باشند. **در ساختار ریبوزوم‌ها**، پروتئین‌ها و rRNAها وجود دارند.

*اگه فرض کنیم که پروتئین مثل یه ساختمون هست، mRNA همون نقشهٔ ساختمون است. tRNA، کامیونی هست که مصالح رو حمل می‌کنه. rRNA هم بنایی هست که با استفاده از نقشهٔ mRNA و مصالح tRNA ساختمان پروتئین رو می‌سازه.*



مولکول RNA




پروتئین ←(ترجمه)— RNA ←(رونویسی)— DNA

**۴- نقش‌های دیگر RNAها:** به‌جز سه نقش اصلی ذکرشده برای RNAها، کارهای دیگری نیز توسط RNAها انجام می‌شود. مثلاً بعضی از RNAها دارای فعالیت آنزیمی هستند و بعضی نیز در تنظیم بیان ژن نقش دارند. دقت داشته باشید که به‌جز سه نوع RNA ذکرشده، انواع دیگری از RNA نیز در یاخته‌ها وجود دارند.

*آن‌چه خواهیم خواند* [گفتار ۳ ــ فصل ۲ دوازدهم] اتصال بعضی از RNAهای کوچک مکمل به mRNA (رِنای پیک) مثالی از تنظیم بیان ژن پس از رونویسی است. با اتصال این RNAها، از کار ریبوزوم (رناتن) جلوگیری می‌شود. در نتیجه، عمل ترجمه متوقف و RNAی ساخته‌شده پس از مدتی تجزیه می‌شود.

*می‌دونم خیلی از اصطلاحات این‌جا رو متوجه نشدین. انتظار هم نمی‌ره متوجه بشین، چون در فصل بعد کامل توضیحش می‌دیم. فعلاً همین که یه آشنایی اولیه با این چیزا داشته باشین کافیه.*

*آن‌چه خواهیم خواند* [گفتار ۱ ــ فصل ۲ دوازدهم] انواعی از RNA در یاخته وجود دارند که در پروتئین‌سازی مؤثر هستند. این RNAها از روی مولکول DNA ساخته می‌شود. به ساخته‌شدن مولکول RNA از روی بخشی از یک رشتهٔ DNA، رونویسی گفته می‌شود.

**مقایسه**

### انواع RNA

*شاید بخش‌های زیادی از جدول زیر رو الان نفهمین. هیچ مشکلی نداره؛ فصل بعدی رو که بخونین کامل متوجه می‌شین. این جدول هم بیشتر برای جمع‌بندی آخر سال هست. بله، درسته؛ ما به فکر روزای آخرتون هم هستیم.*

| نوع مولکول RNA | mRNA | tRNA | rRNA |
|---|---|---|---|
| معادل فارسی | رِنای پیک[۱] | رِنای ناقل[۲] | رِنای ریبوزومی[۳] |
| محل تولید در یوکاریوت‌ها (فرایند تولید) | هسته (رونویسی) | هسته (رونویسی) | هسته (رونویسی) |
| محل فعالیت | سیتوپلاسم | سیتوپلاسم | سیتوپلاسم |
| نقش | انتقال اطلاعات لازم برای ترجمه از DNA به ریبوزوم | انتقال آمینواسیدها به ریبوزوم برای ترجمه | شرکت در ساختار ریبوزوم |
| کدون | + | ندارد | ندارد |
| آنتی‌کدون | ندارد | + | ندارد |
| بخش‌های دورشته‌ای | ندارد | + | ــــ |
| تغییر پس از تولید در یوکاریوت‌ها | پیرایش | تا خوردن | ــــ |

**بیشتر نخوانید**

## درسنامهٔ ۸ کارگاه حل مسئلهٔ DNA و RNA

*این‌جا می‌خوایم یکم مسئله‌های زیستی حل کنیم. حقیقتش اینه که در سؤالات زیست کنکور، مسئله زیاد جایی نداره. ولی ما مجبوریم این مسائل رو توضیح بدیم به چند دلیل: ۱- احتمالش (هر چند کم و میشه گفت صفر) وجود داره که در کنکور از این مبحث سؤال طرح بشه، ۲- ممکنه در امتحانات مدرسه مطرح بشه، ۳- در کتاب‌ها و آزمون‌های آزمایشی به وفور این مسائل رو خواهید دید! پس بازم تأکید می‌کنم که این درسنامه، ارزش کنکوری پایینی داره.*

### ترتیب نوکلئوتیدها

براساس قانون جفت بازهای مکمل، با مشخص‌شدن ترتیب نوکلئوتیدها در یک رشته، می‌توان ترتیب نوکلئوتیدها در رشتهٔ مقابل را تعیین کرد. برای این کار، کافی است که مطابق نمونهٔ زیر، بازهای مکمل را مشخص کنیم:

رشتهٔ اصلی ← **A T G C**

رشتهٔ مکمل ← T A C G

**سؤال** **اگر ترتیب نوکلئوتیدها در چهار رشتهٔ DNA، به ترتیب TCAGATGC ، AGCTGACTG ، GCTGCAGTA و CCATGACT باشد، ترتیب نوکلئوتیدها در رشتهٔ مکمل هر یک از رشته‌های مذکور را بنویسید.**

**مولکول ۱:**
رشتهٔ اصلی ← **T C A G A T G C**
رشتهٔ مکمل ← A G T C T A C G

**مولکول ۲:**
رشتهٔ اصلی ← **A G C T G A C T G**
رشتهٔ مکمل ← T C G A C T G A C

**مولکول ۳:**
رشتهٔ اصلی ← **G C T G C A G T A**
رشتهٔ مکمل ← C G A C G T C A T

**مولکول ۴:**
رشتهٔ اصلی ← **C C A T G A C T**
رشتهٔ مکمل ← G G T A C T G A

### تعداد نوکلئوتیدها

*برای حل این سبک سؤالات، باید از نتایج آزمایش‌های چارگاف و رابطه‌های زیر استفاده کنیم:*

رابطهٔ ۱: $\frac{A}{T}=\frac{G}{C}=1$

رابطهٔ ۲: $A=T \ ، \ C=G$

رابطهٔ ۳: $\frac{\text{پورین‌ها}}{\text{پیریمیدین‌ها}}=1 \Rightarrow$ کل نوکلئوتیدها $\times \frac{1}{2}=$ پیریمیدین‌ها $=$ پورین‌ها

رابطهٔ ۴: $A+G=T+C \Rightarrow \frac{A+G}{T+C}=1$

بنابراین، هنگام حل این‌گونه از سؤالات، باید به چند نکته توجه کنیم:

۱- تعداد باز آلی A، با تعداد باز آلی T برابر است.

۲- تعداد باز آلی G، با تعداد باز آلی C برابر است.

۳- تعداد نوکلئوتیدها در هر رشتهٔ DNA، نصف کل نوکلئوتیدهاست.

۴- تعداد پورین‌ها و پیریمیدین‌ها، برابر با نصف تعداد کل نوکلئوتیدهاست.

۵- تعداد کل نوکلئوتیدها $= (A+T)+(C+G)$

---

۱- messenger RNA

۲- transfer RNA

۳- ribosomal RNA

*چند تا سؤال حل کنیم که بهتر متوجه بشین:*

**سؤال ۱ در یک مولکول DNA با ۱۰۰۰ نوکلئوتید، ۲۰۰ نوکلئوتید سیتوزین‌دار وجود دارد. در این مولکول، چند نوکلئوتید A وجود دارد؟**

$C = G = ۲۰۰ \Rightarrow C + G = ۴۰۰ \Rightarrow A + T = ۱۰۰۰ - ۴۰۰ = ۶۰۰ \Rightarrow A = T = ۳۰۰$

**سؤال ۲ در یک مولکول DNA، ۳۰۰ باز آلی تک‌حلقه‌ای وجود دارد. اگر در این مولکول، ۱۰۰ نوکلئوتید T وجود داشته باشد، تعداد نوکلئوتیدهای گوانین‌دار را حساب کنید.**

گفتیم که تعداد پورین‌ها و پیریمیدین‌ها، برابر با نصف تعداد کل نوکلئوتیدهاست. بنابراین، در این مولکول DNA، ۶۰۰ باز آلی وجود دارد که ۳۰۰تای آن‌ها، پیریمیدین (تک‌حلقه‌ای) است.

$T = A = ۱۰۰ \Rightarrow T + A = ۲۰۰ \Rightarrow C + G = ۶۰۰ - ۲۰۰ = ۴۰۰ \Rightarrow C = G = ۲۰۰$

**سؤال ۳ چهل درصد از نوکلئوتیدهای هر رشتهٔ یک مولکول DNA، دارای باز آلی آدنین هستند. چند درصد از بازهای آلی تک‌حلقه‌ای این مولکول، سیتوزین هستند؟**

گفتیم که تعداد نوکلئوتیدها در هر رشتهٔ DNA برابر با نصف تعداد کل نوکلئوتیدهاست. بنابراین، اگر تعداد کل نوکلئوتیدها برابر با n باشد، درصد نوکلئوتیدها A در کل مولکول برابر است با:

$\text{تعداد نوکلئوتید A در هر رشته} = ۴۰٪ \times \frac{n}{۲} = ۲۰ \Rightarrow A = ۴۰٪n \Rightarrow T = ۴۰٪n$

$A + T = ۸۰٪n \Rightarrow C + G = ۱۰۰ - ۸۰ = ۲۰٪n \Rightarrow C = G = ۱۰٪n$

سؤال از ما خواسته است که حساب کنیم چند درصد از بازهای آلی تک‌حلقه‌ای (یعنی پیریمیدین‌ها)، سیتوزین هستند. پس داریم:

$\frac{\text{سیتوزین}}{\text{پیریمیدین}} = \frac{\text{سیتوزین}}{\text{سیتوزین + تیمین}} = \frac{۱۰}{۴۰ + ۱۰} = ۲۰٪$

**سؤال ۴ در یک مولکول DNA با ۳۰۰۰ نوکلئوتید، نسبت $\frac{G}{T} = ۲$ برقرار است. در چند درصد از نوکلئوتیدهای این مولکول DNA، دو حلقهٔ آلی نیتروژن‌دار مشاهده می‌شود؟**

*اگه شروع کردین به محاسبات و درگیر پیدا کردن جواب هستین، باید بهتون بگم فسته نباشین! این سؤال نیاز به حل نداره و جواب میشه ۵۰ درصد. مگه ما نگفتیم که نصف تعداد کل نوکلئوتیدهای هر مولکول DNA، پورین (دوحلقه‌ای) است؟ اما حالا برای این‌که روش محاسبه رو هم یاد بگیریم، سؤال رو حل می‌کنیم.*

در سؤال گفته شده است که $\frac{G}{T} = ۲$. از آن‌جایی که G با C برابر است و A با T، نتیجه می‌گیریم که $\frac{C}{A} = ۲$. اگر این دو کسر را با هم جمع کنیم داریم:

$\frac{G}{T} + \frac{C}{A} = \frac{G + C}{T + A} = ۲ \Rightarrow G + C = ۲(A + T)$

می‌دانیم که تعداد کل نوکلئوتیدها $= (A + T) + (C + G)$. اگر در این رابطه به‌جای $(C + G)$ بنویسیم $۲(A + T)$، داریم:

$(A + T) + ۲(A + T) = ۳(A + T) = ۳۰۰۰ \Rightarrow A + T = \frac{۳۰۰۰}{۳} = ۱۰۰۰ \overset{A=T}{\Rightarrow} A = T = ۵۰۰$

حالا برمی‌گردیم به رابطهٔ اول:

$\frac{G}{T} = ۲ \Rightarrow G = ۲T \overset{T=۵۰۰}{\Rightarrow} G = ۱۰۰۰ \overset{G=C}{\Rightarrow} C = ۱۰۰۰$

*خُب، تونستیم تعداد همهٔ بازهای آلی رو حساب کنیم. حالا دیگه هرچیزی که سؤال ازمون خواسته باشه رو می‌تونیم حساب کنیم.*

$\frac{\text{پورین‌ها}}{\text{کل نوکلئوتیدها}} = \frac{\text{آدنین + گوانین}}{\text{کل نوکلئوتیدها}} = \frac{۱۰۰۰ + ۵۰۰}{۳۰۰۰} = \frac{۱}{۲} = ۵۰٪$

## انواع پیوندها

*از این‌جا به بعدش یکم سخت میشه! به‌خصوص که پای DNAی حلقوی و RNA هم به سؤالات باز میشه.*

### ❑ فسفودی‌استر

**RNA یا یک رشتهٔ DNAی خطی:** گفتیم که هر نوکلئوتید، از طریق پیوند فسفودی‌استر، به نوکلئوتید بعدی خود متصل می‌شود. این عبارت، دربارهٔ همهٔ نوکلئوتیدهای رشته درست است، به‌جز آخرین نوکلئوتید. در آخرین نوکلئوتید، گروه فسفات وجود دارد که پیوند فسفودی‌استر تشکیل نمی‌دهد *(اگه در این موضوع شک دارین، برگردین و به شکل‌های درسنامه‌های قبلی نگاه کنین)*. بنابراین، تعداد پیوندهای فسفودی‌استر در هر رشتهٔ یک DNAی خطی و RNA برابر است با: n = (تعداد نوکلئوتیدها در کل مولکول DNA و RNA، تعداد نوکلئوتیدها در یک رشتهٔ DNA $= \frac{n}{۲}$)

**یک رشتهٔ DNAی خطی: $\frac{n}{۲} - ۱$ RNA: $n - ۱$**

**سؤال ۱ در یک مولکول RNA با ۱۰۰ نوکلئوتید، چند پیوند فسفودی‌استر وجود دارد؟**

$n - ۱ = ۱۰۰ - ۱ = ۹۹$

**سؤال ۲ در یک مولکول DNAی خطی با ۴۰۰ نوکلئوتید، تعداد پیوندهای فسفودی‌استر در هر رشته را حساب کنید.**

$\frac{n}{۲} - ۱ = \frac{۴۰۰}{۲} - ۱ = ۲۰۰ - ۱ = ۱۹۹$

**کل DNAی خطی:** گفتیم که تعداد پیوندهای فسفودی‌استر در هر رشتهٔ DNAی خطی برابر است با $\frac{n}{۲}-۱$. اگر این رابطه را در عدد ۲ ضرب کنیم، تعداد پیوندهای فسفودی‌استر در کل مولکول DNA به دست می‌آید: ( n = تعداد نوکلئوتیدها در کل مولکول DNA )

**تعداد پیوندهای فسفودی‌استر در کل مولکول DNAی خطی:** $۲(\frac{n}{۲}-۱) = n-۲$

**سؤال ۳** **اگر در یک مولکول DNA، ۱۵۰ باز تک‌حلقه‌ای وجود داشته باشد، تعداد پیوندهای فسفودی‌استر در کل مولکول چقدر است؟**

تعداد بازهای تک‌حلقه‌ای (پیریمیدین‌ها)، نصف تعداد کل نوکلئوتیدهای DNA است. بنابراین، در کل مولکول، ۳۰۰ نوکلئوتید وجود دارد. تعداد پیوندهای فسفودی‌استر برابر است با:

$n-۲ = ۳۰۰-۲ = ۲۹۸$

**سؤال ۴** **در یک رشتهٔ مولکول DNA، ۱۹۸ پیوند فسفودی‌استر وجود دارد. تعداد کل نوکلئوتیدها و تعداد کل پیوندهای فسفودی‌استر این مولکول DNA را حساب کنید.**

با توجه به تعداد پیوندهای فسفودی‌استر در هر رشتهٔ DNA، تعداد کل نوکلئوتیدها برابر است با:

$\frac{n}{۲}-۱ = ۱۹۸ \Rightarrow \frac{n}{۲} = ۱۹۹ \Rightarrow n = ۳۹۸$

تعداد کل پیوندهای فسفودی‌استر در مولکول DNA برابر است با:

راه اول: $n-۲ = ۳۹۸-۲ = ۳۹۶$

راه دوم: $۲ \times ۱۹۸ = ۳۹۶$

**هر رشتهٔ DNAی حلقوی و کل DNAی حلقوی:** در DNAی حلقوی، دو انتهای مولکول DNA نیز به یک‌دیگر متصل می‌شوند. در واقع، در هر رشته، هر نوکلئوتید یک پیوند فسفودی‌استر با نوکلئوتید بعدی خود تشکیل می‌دهد. در نتیجه، تعداد پیوندهای فسفودی‌استر و تعداد نوکلئوتیدها برابر است. پس داریم:

(تعداد نوکلئوتیدها در کل مولکول DNA = n، تعداد نوکلئوتیدها در یک رشتهٔ مولکول DNA = $\frac{n}{۲}$)

**هر رشتهٔ DNAی حلقوی:** $\frac{n}{۲}$ **کل DNAی حلقوی:** $n$

**سؤال ۵** **در یک مولکول DNAی باکتری، ۱۰۰۰ نوکلئوتید وجود دارد. نسبت پیوندهای فسفودی‌استر در هر رشتهٔ DNA به کل نوکلئوتیدها را حساب کنید.**

$$\frac{\text{تعداد پیوندهای فسفودی‌استر در هر رشتهٔ DNAی حلقوی}}{\text{کل نوکلئوتیدها}} = \frac{\frac{n}{۲}}{n} = \frac{۱}{۲}$$

**سؤال ۶** **اگر در یک مولکول DNAی حلقوی، ۴۰۰ باز A و ۳۰۰ باز C وجود داشته باشد، تعداد کل پیوندهای فسفودی‌استر در این مولکول DNA را حساب کنید.**

$A = T = ۴۰۰ \Rightarrow A + T = ۸۰۰$

$C = G = ۳۰۰ \Rightarrow C + G = ۶۰۰$

$n = (A+T)+(C+G) = ۸۰۰+۶۰۰ = ۱۴۰۰$

تعداد کل پیوندهای فسفودی‌استر $= n = ۱۴۰۰$

### ❑ قند ـ فسفات

**DNAی حلقوی:** هر پیوند فسفودی‌استر، شامل دو پیوند قند ـ فسفات است در *هر پیوند فسفودی‌استر، یک گروه فسفات داریم که با دو تا قندپیوند تشکیل می‌ده؛ یکی قند نوکلئوتید خودش و یکی هم قند نوکلئوتید بعدی*؛ بنابراین، تعداد پیوندهای قند ـ فسفات در DNAی حلقوی، دو برابر تعداد پیوندهای فسفودی‌استر است.

**تعداد پیوند ـ قند فسفات در هر رشتهٔ DNAی حلقوی:** $n$ **تعداد پیوند ـ قند فسفات در کل DNAی حلقوی:** $۲n$

**DNA یا RNAی خطی:** در نوکلئیک‌اسیدهای خطی، یک فسفات دریک انتهای هر رشته فقط، با یک مولکول قند پیوند تشکیل می‌دهد و در تشکیل پیوند فسفودی‌استر نقشی ندارد. بنابراین، تعداد پیوند قند – فسفات در هر رشته برابر است با ۱+ (فسفودی‌استر × ۲). این تعداد در کل مولکول DNAی خطی، دو برابر می‌شود: (۱+ (فسفودی‌استر × ۲)) × ۲.

**تعداد پیوند قند ـ فسفات در هر رشتهٔ DNAی خطی:** $n-۱$ **تعداد پیوند قند ـ فسفات در کل DNAی خطی:** $۲n-۲$ **تعداد پیوند قند ـ فسفات در RNA:** $۲n-۱$

**سؤال ۶** **اگر در یک DNAی حلقوی، ۳۵۰ پیوند فسفودی‌استر وجود داشته باشد، چند پیوند قند ـ فسفات مشاهده می‌شود؟**

$۲ \times ۳۵۰ = ۷۰۰$

**سؤال ۷** **اگر در هر رشتهٔ یک DNAی خطی، ۱۹۹ پیوند فسفودی‌استر وجود داشته باشد، در کل این مولکول، چند پیوند قند ـ فسفات مشاهده می‌شود؟**

$\frac{n}{۲} - ۱ = ۱۹۹ \Rightarrow ۲\left(۲\left(\frac{n}{۲} - ۱\right) + ۱\right) = ۷۹۸$

**سؤال ۸** **در یک مولکول RNA، ۳۰۰ باز پورین و ۴۰۰ باز پیریمیدین وجود دارد. در این مولکول، چند پیوند قند ـ فسفات یافت می‌شود؟**

$n = ۳۰۰ + ۴۰۰ = ۷۰۰ \Rightarrow ۲n - ۱ = ۲(۷۰۰) - ۱ = ۱۳۹۹$

### ❑ قند ـ باز

در هر نوکلئوتید، یک مولکول قند با یک باز آلی پیوند تشکیل می‌دهد. بنابراین، همواره تعداد نوکلئوتیدها برابر است با تعداد پیوند قند ـ باز.

**تعداد پیوندهای قند باز در نوکلئیک‌اسیدی با n نوکلئوتید: n**

**سؤال ۹** **تعداد بازهای پورینی در نوکلئیک‌اسیدی با ۴۰۰ باز تک‌حلقه‌ای چه‌قدر باشد تا مجموع پیوندهای قند ـ باز در این مولکول، برابر با ۵۶۷ شود؟**

گفتیم که تعداد پیوندهای قند ـ باز برابر است با تعداد نوکلئوتیدها. بنابراین داریم:

$۵۶۷ - ۴۰۰ = ۱۶۷$

**سؤال ۱۰** **در یک مولکول DNAی خطی، ۱۹۸ پیوند قند ـ فسفات وجود دارد. در این مولکول، چند پیوند قند ـ باز وجود دارد؟**

$۲n - ۲ = ۱۹۸ \Rightarrow ۲n = ۲۰۰ \Rightarrow n = ۱۰۰ \Rightarrow$ پیوند قند ـ باز $= n = ۱۰۰$

### ❑ هیدروژنی

*این قسمت دیگه کاملاً خارج از کتاب هست! بنابراین، می‌تونین نخونینش. البته، ممکنه که طراح جوری سؤال بده که خودش بگه بین بازهای آلی چند تا پیوند هیدروژنی تشکیل می‌شه. در اون صورت، توجیهی برای جواب ندادن به این سؤالات وجود نداره.*

در مولکول DNA (با n نوکلئوتید) بین بازهای A و T، دو پیوند هیدروژنی تشکیل می‌شود. بین بازهای G و C نیز سه پیوند هیدروژنی تشکیل می‌شود. رابطه‌های زیر، کل روابطی هست که برای سؤالات مربوط به پیوند هیدروژنی لازم است. *توضیح بیشتری نمی‌دیم تا زیاد نریم توی حاشیه.*

**تعداد کل پیوند هیدروژنی: $۳G + ۲A = n + G$**

دقت داشته باشید که در این رابطه‌ها، می‌توان به‌جای G نوشت C و به‌جای A نیز می‌توان T را قرار داد.

**سؤال ۱۱** **در یک مولکول DNA با ۱۰۰۰ نوکلئوتید و ۱۰۰ نوکلئوتید گوانین‌دار، چند پیوند هیدروژنی وجود دارد؟**

$n + G = ۱۰۰۰ + ۱۰۰ = ۱۱۰۰$

**سؤال ۱۲** **در یک مولکول DNA با ۵۰۰ باز پورین که ۴۰ درصد آن، آدنین است، چند پیوند هیدروژنی وجود دارد؟**

$A = ۴۰٪ \times ۵۰۰ = ۲۰۰$

$G = ۵۰۰ - ۲۰۰ = ۳۰۰$

$۳G + ۲A = ۳(۳۰۰) + ۲(۲۰۰) = ۱۳۰۰$

## تعداد حلقه‌ها

*رسیدیم به آخرین بخش مسئله‌ها. این‌جا دیگه خیلی ساده‌تر هست و راحت تموم میشه.*

### ❑ قند

در هر نوکلئوتید، یک مولکول قندی وجود دارد. هر قند نیز دارای یک حلقه است. بنابراین، تعداد حلقه‌های قندی در هر نوکلئیک‌اسید، برابر است با تعداد نوکلئوتیدها.

**تعداد حلقه‌های قند در نوکلئیک‌اسید: n**

**سؤال ۱** **در یک RNA با ۴۰۰ نوکلئوتید، چند حلقهٔ آلی در مولکول‌های قندی دیده می‌شود؟**

$n = ۴۰۰$

### ❑ باز

هر باز آلی پورین، ۲ حلقه دارد و هر پیریمیدین، ۱ حلقه. از آن‌جایی که در جفت‌بازهای مکمل، همواره یک پورین در مقابل یک پیریمیدین قرار می‌گیرد، تعداد حلقه‌های آلی نیتروژن‌دار در جفت‌بازهای مکمل ۳ عدد است. چون هر ۲ باز مکمل، دارای سه حلقه هستند، می‌توان گفت که در کل مولکول DNA، تعداد حلقه‌های بازهای آلی برابر است با $\frac{۳n}{۲}$. *مثلاً، اگه مولکول دارای ۱۰۰ تا نوکلئوتید باشه، ۵۰ تا جفت‌باز مکمل داره. هر جفت باز هم ۳ تا حلقه داره.*

**تعداد حلقه‌های بازهای آلی در DNA: $\frac{۳n}{۲}$**

**نکته** چون تعداد بازهای آلی در RNA از قاعدهٔ خاصی پیروی نمی‌کند، رابطهٔ مشخصی برای تعداد حلقه‌های بازهای آلی در RNA نمی‌توان مشخص کرد. اما می‌توان گفت که تعداد حلقه‌های بازهای آلی در یک مولکول RNA، عددی است بین n تا ۲n. اگر تمام بازهای آلی تک‌حلقه‌ای باشند، تعداد حلقه‌ها n می‌شود و اگر همهٔ بازهای آلی پورین باشند، تعداد حلقه‌ها ۲n می‌شود. $n \leq$ تعداد حلقه‌های بازهای آلی نیتروژن‌دار در RNA $\leq 2n$

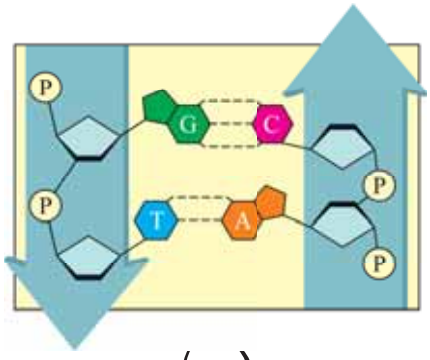
**سؤال ۲ در یک مولکول DNA با رشته‌های ۱۵۰ نوکلئوتیدی، چند حلقهٔ آلی نیتروژن‌دار وجود دارد؟**

**کلید**

در هر جفت نوکلئوتید مکمل، ۵ حلقهٔ آلی وجود دارد: ۳ حلقه در بازهای مکمل و ۱ حلقه نیز در قند هر کدام از نوکلئوتیدها. (مجموعاً دو حلقهٔ قندی) بنابراین، تعداد کل حلقه‌های آلی در یک مولکول DNA، برابر است با $\frac{5n}{2}$.

**تعداد کل حلقه‌های آلی در DNA: $\frac{5n}{2}$**

$$\frac{n}{2} = 150 \Rightarrow \frac{3n}{2} = 3 \times 150 = 450$$




**سؤال ۳ در یک مولکول DNAی حلقوی و دارای ۲۰۰ حلقهٔ قندی، تعداد کل حلقه‌های آلی را حساب کنید.**

تعداد حلقه‌های مولکول‌های قند برابر است با تعداد کل نوکلئوتیدها. بنابراین، داریم:

$$n = 200 \Rightarrow \frac{5n}{2} = \left(5 \ \frac{200}{2}\right) = 500$$

*تموم شد! بریم سراغ جمع‌بندی.*

**جمع‌بندی**

**مسائل DNA و RNA**

| نوکلئیک‌اسید | RNA | یک رشتهٔ DNAی خطی | DNAی خطی | یک رشتهٔ DNAی حلقوی | DNAی حلقوی |
|---|---|---|---|---|---|
| نوکلئوتیدها | n | $\frac{n}{2}$ | n | $\frac{n}{2}$ | n |
| قند | n | $\frac{n}{2}$ | n | $\frac{n}{2}$ | n |
| فسفات | n | $\frac{n}{2}$ | n | $\frac{n}{2}$ | n |
| باز آلی | n | $\frac{n}{2}$ | n | $\frac{n}{2}$ | n |
| باز پورین | ۰ تا n | $\frac{n}{2}$ ۰ تا | $\frac{n}{2}$ | $\frac{n}{2}$ ۰ تا | $\frac{n}{2}$ |
| باز پیریمیدین | ۰ تا n | $\frac{n}{2}$ ۰ تا | $\frac{n}{2}$ | $\frac{n}{2}$ ۰ تا | $\frac{n}{2}$ |
| حلقه‌های بازهای آلی | n تا ۲n | n تا $\frac{n}{2}$ | $\frac{3}{2}$n | n تا $\frac{n}{2}$ | $\frac{3}{2}$n |
| حلقه‌های آلی | ۲n تا ۳n | n تا $\frac{3n}{2}$ | $\frac{5}{2}$n | n تا $\frac{3n}{2}$ | $\frac{5}{2}$n |
| قند ـ باز | n | $\frac{n}{2}$ | n | $\frac{n}{2}$ | n |
| قند ـ فسفات | n − ۱ | n − ۱ | ۲n − ۲ | n | ۲n |
| فسفو دی‌استر | n − ۱ | $\frac{n}{2}$ − ۱ | n − ۲ | $\frac{n}{2}$ | n |
| پیوند هیدروژنی | * | ۰ | n + G = ۲A + ۳G | ۰ | n + G = ۲A + ۳G |

* در بخش‌هایی از یک مولکول RNA، مثل tRNA، ممکن است پیوند هیدروژنی تشکیل شود اما نمی‌توان رابطهٔ مشخصی برای تعداد پیوند هیدروژنی در یک رشتهٔ RNA مشخص کرد. اما در هر صورت، تعداد پیوند هیدروژنی در یک RNA همواره و قطعاً کم‌تر $\frac{3m}{2}$ است.

# صفحات طلایی گفتار ۱

## شکل‌های گفتار ۱

### باکتری‌های کپسول‌دار و بدون کپسول

- ✓ باکتری استرپتوکوکوس نومونیا، یک باکتری کروی است.
- ✓ تنها تفاوت ظاهری باکتری کپسول‌دار و بدون کپسول، مربوط به وجود کپسول در باکتری کپسول‌دار است.
- ✓ باکتری با کمک کپسول، می‌تواند به سطوح مختلف بچسبد.

### آزمایشات گریفیت

- ✓ باکتری‌های کپسول‌دار و بدون کپسول، کروی هستند.
- ✓ گرما باعث کشته‌شدن باکتری می‌شود اما نمی‌تواند کپسول را از بین ببرد.
- ✓ موش‌ها فقط زمانی می‌میرند که باکتری کپسول‌دار زنده و یا کپسول‌دار کشته‌شده + بدون کپسول زنده به آن‌ها تزریق شود.

### اجزای یک نوکلئوتید

- ✓ هر نوکلئوتید از سه بخش تشکیل شده است: ۱- باز آلی، ۲- قند پنج‌کربنی و ۳- گروه فسفات
- ✓ مولکول قندی در RNA و DNA متفاوت است. در RNA قند ریبوز وجود دارد که نسبت به دئوکسی‌ریبوز در DNA، یک اکسیژن بیشتر دارد.
- ✓ قند پنج کربنی با باز آلی و فسفات، یک پیوند کووالانسی (اشتراکی) دارد.

### تشکیل رشتهٔ نوکلئیک اسید

- ✓ در هر پیوند فسفودی‌استر، دو پیوند قند ـ فسفات وجود دارد.
- ✓ پیوند فسفودی‌استر، بین یک گروه فسفات و دو مولکول قندی تشکیل می‌شود.
- ✓ در یک انتهای رشتهٔ نوکلئیک‌اسید، گروه فسفات و در انتهای دیگر، گروه هیدروکسیل (OH) وجود دارد.

### دِنای دو رشته‌ای و رِنای تک‌رشته‌ای

- ✓ در RNA، به‌جای باز آلی تیمین موجود در DNA، باز آلی یوراسیل وجود دارد. هر دو باز، مکمل باز آدنین هستند.
- ✓ هر مولکول DNA از دو رشته تشکیل شده است که در آن، بازهای مکمل با یک‌دیگر پیوند هیدروژنی تشکیل می‌دهند.
- ✓ در مولکول RNA نیز ممکن است بخش‌هایی از RNA بر روی خود پیچ‌وتاب بخورد و با تشکیل پیوند هیدروژنی بین بازهای مکمل، بخش‌های دو رشته‌ای تشکیل شود.

### مدل مارپیچ دورشته‌ای دِنا

- ✓ در مارپیچ DNA، رشته‌های DNA دور یک محور فرضی پیچیده‌اند.
- ✓ در مولکول DNA، باز A در مقابل باز T قرار می‌گیرد. باز G نیز در مقابل باز C قرار دارد.

## عبارت‌نامهٔ گفتار ۱

۱. مادهٔ ذخیره‌کنندهٔ اطلاعات وراثتی ← DNA

۲. کسب اطلاعات اولیه در مورد مادهٔ وراثتی ← کارهای باکتری‌شناسی به نام گریفیت برای تهیهٔ واکسن آنفلوانزا

۳. عامل بیماری سینه‌پهلو ← نوع کپسول‌دار باکتری استرپتوکوکوس نومونیا

۴. مشخص‌کردن عامل مؤثر در انتقال صفت تولید کپسول ← در نتیجهٔ کارهای دانشمندی به نام ایوری

۵. نوکلئیک‌اسیدها ← دئوکسی‌ریبونوکلئیک‌اسید (دِنا ـ DNA) + ریبونوکلئیک‌اسید (رِنا ـ RNA)

۶. واحدهای تکرارشوندهٔ (سازندهٔ) نوکلئیک‌اسیدها ← نوکلئوتیدها

۷. بخش‌های نوکلئوتید ← ۱- باز آلی نیتروژن‌دار ۲ـ قند پنج‌کربنی (ریبوز یا دئوکسی‌ریبوز)، ۳- یک تا سه گروه فسفات

۸. بازهای آلی نیتروژن‌دار ← ۱- پیریمیدین (تک‌حلقه‌ای؛ C، T و U) ۲- پورین (دو حلقه‌ای؛ A و G)

۹. تشکیل رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی ← اتصال نوکلئوتیدها به هم با پیوند فسفودی‌استر

۱۰. DNAی حلقوی، اتصال دو انتهای رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی به یک‌دیگر ← DNAی باکتری‌ها

۱۱. نتیجهٔ مشاهدات چارگاف ← مقدار آدنین = مقدار تیمین، مقدار گوانین = مقدار سیتوزین

۱۲. ارائه مدل مولکولی DNA ← توسط واتسون و کریک

۱۳. نردبان پیچ‌خوردهٔ DNA ← ستون‌ها = قند و فسفات، پله‌ها = بازهای آلی

۱۴. **بازهای مکمل** ← بازهایی که در مقابل یکدیگر قرار می‌گیرند و پیوند هیدروژنی تشکیل می‌دهند؛ A با T و G با C.

۱۵. **عامل ثبات قطر دو رشتهٔ DNA** ← قانون جفت‌بازهای مکمل؛ قرارگیری یک باز دو حلقه‌ای در مقابل یک باز تک‌حلقه‌ای

۱۶. **واحدهایی از DNA که اطلاعات وراثتی در آن‌ها سازماندهی شده‌اند** ← ژن

۱۷. **بخشی از مولکول DNA که دستورالعمل تولید RNA و پروتئین را دارد** ← ژن

۱۸. **مولکولی که دستورالعمل‌های DNA را اجرا می‌کند** ← RNA

۱۹. **نوعی RNA که اطلاعات را از DNA به ریبوزوم‌ها می‌رساند** ← mRNA

۲۰. **نوعی RNA که آمینواسیدها را برای استفاده در پروتئین‌سازی به سمت ریبوزوم‌ها می‌برد** ← tRNA

۲۱. **نوعی RNA که در ساختار ریبوزوم شرکت دارد** ← rRNA

۲۲. **نوعی RNA که در تنظیم بیان ژن نقش دارد** ← RNAهای کوچک

۲۳. **اجزای سازندهٔ ریبوزوم** ← rRNA و پروتئین

۲۴. **نوکلئوتید ناقل انرژی** ← ATP

۲۵. **مولکول نوکلئوتیددار ناقل الکترون** ← $FAD$ , $NADP^+$ , $NAD^+$

## قیدنامهٔ گفتار ۱

**الف) هر / همهٔ / قطعاً / هیچ‌کدام / هرگز / ...**

۱. **هر** یک از یاخته‌های بدن ما ویژگی‌هایی مانند شکل، اندازه، توانایی‌ها و ... دارند.

۲. در دومین آزمایش ایوری، پس از جداسازی مواد عصارهٔ باکتری‌ها توسط سانتریفیوژ به صورت لایه‌به‌لایه، **هر** یک از لایه‌ها به صورت جداگانه به محیط کشت باکتری‌های بدون کپسول اضافه شدند و مشاهده شد که انتقال صفت **فقط** با لایه‌ای که در آن دِنا وجود دارد، انجام می‌شود.

۳. در سومین آزمایش ایوری، عصارهٔ باکتری‌های کپسول‌دار استخراج و به چند قسمت تقسیم شد. به **هر** قسمت، آنزیم تخریب‌کنندهٔ یک گروه از مواد آلی اضافه شد. در این آزمایش، در **همهٔ** ظروف انتقال صفت صورت می‌گیرد **به‌جز** ظرفی که حاوی آنزیم تخریب‌کنندهٔ DNA است.

۴ **همهٔ** نوکلئیک‌اسیدها بسپارهایی (پلیمرهایی) از واحدهای تکرارشونده به‌نام نوکلئوتید هستند.

۵. **هر** نوکلئوتید شامل سه بخش است: یک قند پنج‌کربنی، یک باز آلی نیتروژن‌دار و یک تا سه گروه فسفات.

۶ **هر** رشتهٔ DNA (دِنا) و رِنای خطی همیشه دو سر متفاوت دارد.

۷. در گذشته، دانشمندان انتظار داشتند که مقدار ۴ نوع باز آلی در **تمامی** مولکول‌های DNA از **هر** جانداری که به دست آمده باشد، با یک‌دیگر برابر باشد.

۸. **هر** مولکول DNA در حقیقت از دو رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی ساخته شده است که به دور محوری فرضی پیچیده شده و ساختار مارپیچ دو رشته‌ای را ایجاد می‌کند.

۹ قرارگیری جفت‌بازها به صورت پیریمیدین ـ پورین در مقابل یک‌دیگر، باعث می‌شود که قطر مولکول DNA در **سراسر** آن یکسان باشد. چون در **هر** صورت یک باز تک‌حلقه‌ای در مقابل یک باز دوحلقه‌ای قرار می‌گیرد.

۱۰. شناسایی ترتیب نوکلئوتیدهای **هر** رشتهٔ DNA، می‌تواند ترتیب نوکلئوتیدهای رشتهٔ دیگر را هم مشخص کند.

**ب) بیشتر / بسیاری / اغلب / معمولاً / به‌طور معمول / ...**

۱۱ در آزمایش‌های ویلکینز و فرانکلین مشخص شد که DNA حالت مارپیچی و **بیش** از یک رشته دارد.

۱۲. مارپیچ دورشته‌ای DNA **اغلب** با یک نردبان پیچ‌خورده مقایسه می‌شود. ستون‌های این نردبان را قند و فسفات و پله‌ها را بازهای آلی تشکیل می‌دهند.

۱۳ بین باز آلی C و G نسبت به A و T پیوند هیدروژنی **بیشتری** تشکیل می‌شود.

۱۴ ثابت ماندن قطر DNA باعث پایداری اطلاعات آن شده و در فشرده‌شدن **بهتر** کروموزوم‌ها مؤثر است.

**ج) بعضی / برخی / تعدادی از / گروهی از / گاهی / به‌ندرت ...**

۱۵ پس از تزریق مخلوطی از باکتری‌های کپسول‌دار (پوشینه‌دار) کشته‌شده با گرما و زندهٔ بدون کپسول به موش‌ها توسط گریفیت، **تعدادی از** باکتری‌های بدون کپسول به نحوی تغییر کرده و کپسول‌دار شدند.

**د) ممکن است / می‌تواند / ممکن نیست / نمی‌تواند / ...**

۱۶. باز آلی نیتروژن‌دار **می‌تواند** پورین (دوحلقه‌ای شامل آدنین A یا گوانین G) یا پیریمیدین (تک‌حلقه‌ای شامل تیمین T، سیتوزین C یا یوراسیل U) باشد.

**ه) سایر قیدها**

۱۷. وجود کپسول (پوشینه) **به‌تنهایی** عامل مرگ موش‌ها نیست.

۱۸. گریفیت، پس از تزریق مخلوطی از باکتری‌های کپسول‌دار (پوشینه‌دار) کشته‌شده با گرما و زندهٔ بدون کپسول به موش‌ها، خون و شش‌های موش‌های مرده را بررسی کرد و مقدار **زیادی** از باکتری‌های کپسول‌دار زنده مشاهده کرد.

۱۹ عامل **اصلی** و مؤثر در انتقال صفت، DNA است.

۲۰. در **ابتدا** تصور می‌شود که چهار نوع نوکلئوتید موجود در دِنا **به نسبت مساوی** در **سراسر** مولکول توزیع شده‌اند.

۲۱ پیوندهای هیدروژنی بین جفت‌بازهای مکمل به صورت **اختصاصی** تشکیل می‌شوند.

۲۲ اگرچه **هر** پیوند هیدروژنی **به‌تنهایی** انرژی پیوند کمی دارد، ولی وجود تعداد زیاد نوکلئوتید و برقراری پیوند هیدروژنی بین آن‌ها، به مولکول DNA حالت **پایدارتری** می‌دهد.

۲۳ مولکول RNA از روی **بخشی** از **یکی** از رشته‌های DNA ساخته می‌شود.

۲۴. مولکول‌های RNA نقش‌های **متعددی** دارند.

۲۵ ژن **بخشی** از مولکول DNA است که می‌تواند بیان آن به تولید RNA یا پلی‌پپتید بینجامد.

۲۶ نوکلئوتیدها علاوه‌بر شرکت در ساختار دِنا و رِنا، نقش‌های **اساسی** دیگری نیز در یاخته برعهده دارند.

۲۷ نوکلئوتید آدنین‌دار ATP به عنوان منبع **رایج** انرژی در یاخته است.

## تایم لاین گفتار ۱

**پژوهش‌های مربوط به DNA**

کشف مولکول DNA ← آزمایش گریفیت برای کشف واکسن آنفلوانزا ← اثبات DNA به عنوان مادهٔ وراثتی توسط ایوری ← پژوهش‌های چارگاف ← تصویربرداری از DNA با پرتو X توسط ویلکینز و فرانکلین ← ارائهٔ مدل مولکولی DNA توسط واتسون و کریک ← ارائهٔ مدل‌های پیشنهادی برای همانندسازی DNA ← اثبات همانندسازی DNA به روش نیمه‌حفاظتی توسط مزلسون و استال

**آزمایش‌های گریفیت**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **نوع باکتری‌ها:** | زندهٔ کپسول‌دار | زندهٔ بدون کپسول | کپسول‌دار کشته‌شده | کپسول‌دار کشته‌شده + زندهٔ بدون کپسول |
| **یافته‌های خون:** | زندهٔ کپسول‌دار ← | بدون کپسول ← | کپسول‌دار کشته‌شده ← | بدون کپسول و کپسول‌دار |
| **نتیجه:** | مرگ موش‌ها | زنده‌ماندن موش‌ها | زنده‌ماندن موش‌ها | مرگ موش‌ها |

**آزمایش‌ها ایوری و همکارانش**

۱- **انتقال عصارهٔ فاقد پروتئین به محیط کشت باکتری‌ها:** پس از تخریب همهٔ پروتئین‌های عصارهٔ باکتری‌های کشته‌شدهٔ کپسول‌دار، باقی‌ماندهٔ محلول به محیط کشت باکتری‌های بدون کپسول زنده اضافه شد و انتقال صفات صورت گرفت ← پروتئین مادهٔ وراثتی است.

۲- **سانتریفیوژ عصاره و انتقال هر لایه به محیط کشت باکتری‌ها:** عصارهٔ باکتری‌های کپسول‌دار کشته‌شده در یک سانتریفیوژ با سرعت بالا قرار گرفت و مواد به صورت لایه‌لایه جدا شدند. هر لایه به محیط کشت باکتری بدون کپسول زنده اضافه شد. انتقال صفات فقط در لایهٔ دارای مولکول DNA صورت گرفت ← عامل اصلی و مؤثر در انتقال صفات، DNA است.

۳- **تخریب مواد آلی عصارهٔ باکتری‌ها و انتقال به محیط کشت باکتری‌ها:** عصارهٔ باکتری‌های کپسول‌دار کشته‌شده به چند قسمت تقسیم شد و به هر قسمت، آنزیم تخریب‌کنندهٔ یک نوع مادهٔ آلی اضافه شد. محلول باقی‌مانده به محیط کشت باکتری‌های بدون کپسول زنده اضافه شد. انتقال صفات فقط در حضور DNA صورت گرفت ← قطعاً DNA مادهٔ وراثتی است.

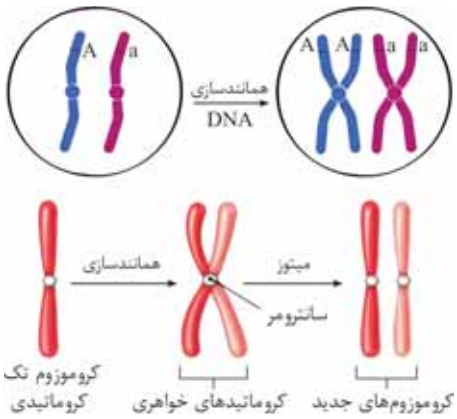
**تعداد نوکلئوتیدها**

**تصور اولیه:** چهار نوع نوکلئوتید موجود در DNA به نسبت مساوی در سراسر مولکول توزیع شده‌اند ← **مشاهدات چارگاف:** مقدار A با T و G با C برابر است ← **مشخص‌شدن دلیل برابری نوکلئوتیدها توسط واتسون و کریک:** جفت‌بازهای مکمل روبه‌روی هم قرار می‌گیرند؛ یعنی، باز A روبه‌روی T و باز G روبه‌روی C قرار می‌گیرد.

## درسنامهٔ ۹ همانندسازی چیست؟

*تا این‌جا کلی دربارهٔ ساختار DNA صحبت کردیم. در این گفتار، می‌خوایم ببینیم که DNA چه‌جوری تکثیر و به یاخته‌های جدید منتقل میشه. بزارین اول سری به کتاب یازدهم بزنیم:*

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۱ ــ فصل ۶ یازدهم] **در مرحلهٔ S چرخهٔ یاخته‌ای**، دو برابر شدن دِنای (DNA)ی هسته انجام می‌شود که نتیجهٔ همانندسازی است. همانندسازی دِنا فرایندی است که طی آن **از یک مولکول دِنا، دو مولکول کاملاً شبیه هم** ایجاد می‌شود.




**آن‌چه گذشت** [گفتار ۱ ــ فصل ۶ یازدهم] پیش از تقسیم یاخته، رشته‌های کروماتینی دوبرابر می‌شوند و با فشرده‌شدن، کروموزوم (فام‌تن) را ایجاد می‌کنند.

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۲ ــ فصل ۶ یازدهم] در میتوز (رشتمان)، مادهٔ ژنتیک که در مرحلهٔ S همانندسازی شده بود، تقسیم می‌شود و به یاخته‌های جدید می‌رسد.

**آن‌چه خواهیم خواند** [گفتار ۱ ــ فصل ۲ دوازدهم] برخلاف همانندسازی که در هر چرخهٔ یاخته‌ای یک بار انجام می‌شود، رونویسی یک ژن می‌تواند در هر چرخه بارها انجام شود و چندین رشتهٔ RNA ساخته شود.

**نکته** چون DNA مادهٔ وراثتی یاخته محسوب می‌شود، لازم است که اطلاعات آن قابل‌انتقال به نسل بعدی باشد.

**نکته** دقت داشته باشید که همانندسازی DNA، باعث تغییر در تعداد کروموزوم‌ها نمی‌شود اما تعداد DNAها و میزان مادهٔ وراثتی را زیاد می‌کند.

| نوع کروموزوم | تعداد سانترومر | تعداد DNA | تعداد کروماتید | تعداد رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی |
|---|---|---|---|---|
| تک‌کروماتیدی | ۱ | ۱ | ۱ | ۲ |
| دو کروماتیدی | ۱ | ۲ | ۲ | ۴ |

*پس تا این‌جا فهمیدیم که همانندسازی، فرایندی است که طی اون، از روی یک مولکول DNAی قدیمی، یک مولکول DNAی جدید ساخته می‌شه. این اتفاق، در مرحلهٔ S چرخهٔ یاخته‌ای رخ می‌ده. بنابراین، داریم:*

**تعریف همانندسازی:** ساخته‌شدن مولکول دِنای جدید از روی دِنای قدیمی **براساس رابطهٔ مکملی بین بازها**

در مدل مولکولی DNA که توسط واتسون و کریک ارائه شد، مشخص شد که **بین بازهای آلی در DNA، رابطهٔ مکملی وجود دارد**. وجود این رابطهٔ مکملی باعث می‌شود که از روی هر یک از رشته‌ها، امکان تولید رشتهٔ مکمل وجود داشته باشد.

*مثلاً اگه ما دو رشتهٔ A و B یه مولکول دِنا رو از هم جدا کنیم، می‌تونیم براساس رابطهٔ مکملی بین بازها، یک رشتهٔ مکمل برای رشتهٔ B بسازیم. چه‌جوری؟ فقط کافیه که در مقابل هر بازی، باز مکملش رو قرار بدیم. آخرش چی خواهیم داشت؟ یه رشتهٔ جدید که کاملاً مشابه همون رشتهٔ A خواهد بود. چون رشتهٔ A هم مکمل رشتهٔ B بوده.*

**نکته** پایه و اساس همانندسازی DNA، **رابطهٔ مکملی بین بازهای آلی** است که برای نخستین بار، در مدل مولکولی واتسون و کریک مطرح شد. *در درسنامه‌های بعدی، بیشتر راجع به این قضیه صحبت می‌کنیم.*

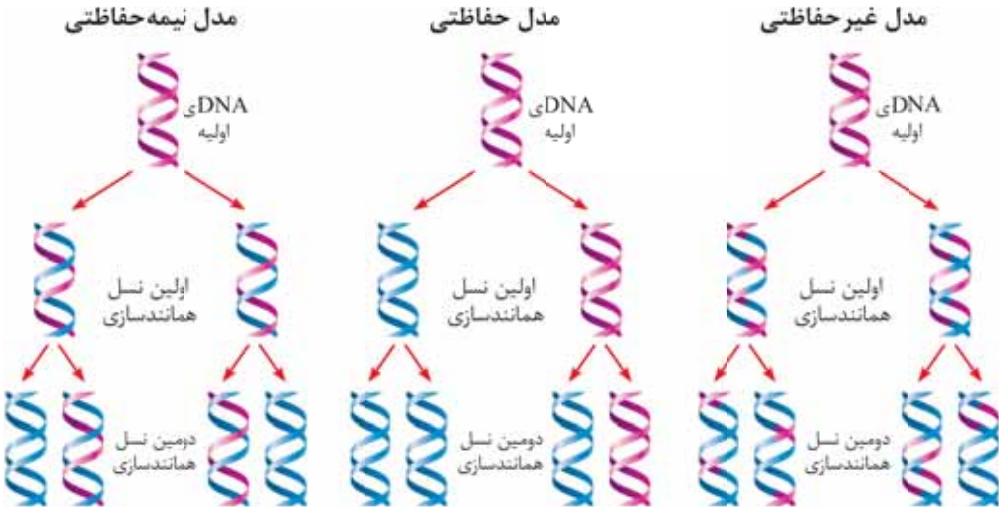
## درسنامهٔ ۱۰ طرح‌های پیشنهادی برای همانندسازی DNA

*تا این‌جا متوجه شدیم که براساس رابطهٔ مکملی بین بازهای آلی، بازهای مکمل در مقابل بازهای آلی رشتهٔ DNA قرار می‌گیرند تا در نهایت، DNAی جدید ساخته بشه. اما سؤالی که برای دانشمندان پیش اومد این بود که نوکلئیک‌اسیدهای جدید چه‌جوری هستن؟ کاملاً جدیدن؟ یه رشتشون جدیده یا فقط بخش‌هایی از هر رشتشون؟ این چیزی هست که می‌خوایم در این درسنامه بررسی کنیم. اول، هر سه طرح پیشنهادی رو توضیح می‌دیم و بعد اثبات طرح درست.*

### انواع همانندسازی

دانشمندان، برای همانندسازی DNA سه طرح پیشنهادی ارائه دادند: ۱- همانندسازی حفاظتی، ۲- همانندسازی نیمه‌حفاظتی و ۳- همانندسازی غیرحفاظتی.

*شکل زیر، این سه تا مدل رو نشون می‌ده. اجازه بدین تک‌تک بررسی کنیم.*




#### ❑ حفاظتی

**تعریف کتاب درسی: در این طرح، هر دو رشتهٔ DNAی اولیه به صورت دست‌نخورده باقی‌مانده و وارد یکی از یاخته‌های حاصل از تقسیم می‌شود.**

چون DNAی اولیه در یکی از یاخته‌ها حفظ شده است، به این روش، همانندسازی حفاظتی گفته می‌شود.

**نسل اول همانندسازی:** از روی هر رشتهٔ DNA، یک رشتهٔ جدید ساخته می‌شود. در نهایت، رشته‌های جدید در مقابل یک‌دیگر قرار می‌گیرند و DNAی جدید را ایجاد می‌کنند. رشته‌های قدیمی نیز دوباره در مقابل یک‌دیگر قرار می‌گیرند و مولکول DNAی اولیه مجدداً تشکیل می‌شود.

**نسل دوم همانندسازی:** در نسل دوم، سه مولکول DNAی جدید وجود دارد و فقط یکی از مولکول‌های DNA، همان DNAی اولیه است.

#### ❑ نیمه‌حفاظتی

**تعریف کتاب درسی: در این طرح در هر یاخته، یکی از دو رشتهٔ DNA مربوط به DNA اولیه است** و رشتهٔ دیگر، با نوکلئوتیدهای جدید ساخته شده است. چون در هر یاختهٔ حاصل، فقط یکی از دو رشتهٔ DNAی قبلی وجود دارد، به این روش، همانندسازی نیمه‌حفاظتی می‌گویند.

**نسل اول همانندسازی:** در هر مولکول DNA، یک رشتهٔ DNAی قدیمی (مربوط به DNAی اولیه) وجود دارد و یک رشتهٔ DNAی جدید.

**نسل دوم همانندسازی:** در این نسل، دو مولکول DNAی کاملاً جدید وجود دارد. در دو مولکول DNAی دیگر، یک رشتهٔ جدید و یک رشتهٔ قدیمی (مربوط به DNAی اولیه) وجود دارد.

#### ❑ غیرحفاظتی (پراکنده)

**تعریف کتاب درسی:** در این طرح، هر کدام از DNAهای حاصل، **قطعاتی از رشته‌های DNAی اولیه و رشته‌های جدید را به صورت پراکنده** در خود دارند. چون در هیچ‌کدام از DNAها، هیچ‌یک از رشته‌های DNA حفظ نشده‌اند، به این روش، همانندسازی غیرحفاظتی گفته می‌شود.

**نسل اول و دوم همانندسازی:** در هر رشتهٔ مولکول‌های DNA، بخش‌هایی از رشتهٔ اولیه وجود دارد و سایر بخش‌های رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی جدید هستند. در واقع، هیچ‌یک از رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی DNAهای نسل اول و دوم، کاملاً جدید یا کاملاً قدیمی نیستند و همهٔ رشته‌ها، دارای بخش‌های جدید و بخش‌های قدیمی هستند.

جمع‌بندی

### انواع همانندسازی

| روش همانندسازی | غیرحفاظتی | حفاظتی | نیمه‌حفاظتی |
|---|---|---|---|
| DNAی کاملاً جدید | ـــــ | + | ـــــ |
| رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی کاملاً جدید | ـــــ | + | + |
| نسل اول | در هر رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی، بخش‌های جدید و قدیمی وجود دارد. | یکی از دو مولکول، کاملاً جدید است و مولکول دیگر، کاملاً قدیمی. | در هر مولکول DNA، یک رشتهٔ جدید و یک رشتهٔ قدیمی وجود دارد. |
| نسل دوم | در هر رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی، بخش‌های جدید و قدیمی وجود دارد. | سه مولکول کاملاً جدید و یک مولکول کاملاً قدیمی وجود دارد. | دو مولکول کاملاً جدید وجود دارد. در دو مولکول دیگر، یک رشته قدیمی است. |

## آزمایش مزلسون و استالشش

*دانشمندان کلی درگیر این بودن که ببینن کدوم طرح درسته که بالأخره دو تا دانشمند پیدا شدن که یه کار علمی انجام بدن و جواب سؤال رو پیدا کنن.* مزلسون و استال، با به کارگیری روش علمی، توانستند طرح مورد تأیید همانندسازی را پیدا کنند. آن‌ها فرضیه‌های متعدد ارائه‌شده را در نظر گرفتند و با توجه به امکانات، آزمایشی را طراحی کردند.

**نکتهٔ کلیدی آزمایش:** *احتمالاً از درس شیمی می‌دونین که عنصرها، ایزوتوپ‌های مختلفی دارن که به دلیل تفاوت در تعداد نوترون‌هاشون، دارای جرم‌های متفاوتی هستن.*

مزلسون و استال، در آزمایش خود از **دو ایزوتوپ مختلف نیتروژن** استفاده کردند:

۱- ایزوتوپ سنگین نیتروژن ($^{15}N$) و ۲- ایزوتوپ سبک نیتروژن ($^{14}N$). *چرا نیتروژن؟* در ساختار بازهای آلی هر نوکلئوتید، نیتروژن وجود دارد. *بنابراین، یافته برای تولید نوکلئوتیدهای خود، باید از نیتروژن استفاده کنه.*

**نکته** با استفاده از ایزوتوپ‌های مختلف نیتروژن، می‌توان رشته‌های DNAی قدیمی و نوساز را با استفاده از سانتریفیوژ از یک‌دیگر تشخیص داد.

**روش جداسازی رشته‌های قدیمی و سنگین:** با توجه به نیتروژن مصرف‌شده برای تولید نوکلئوتیدها، **سه نوع DNA با چگالی مختلف** ایجاد می‌شود که با استفاده از ابزارهایی مانند **سانتریفیوژ سرعت بالا** (Ultracentrifuge) می‌توان آن‌ها را از هم جدا کرد:

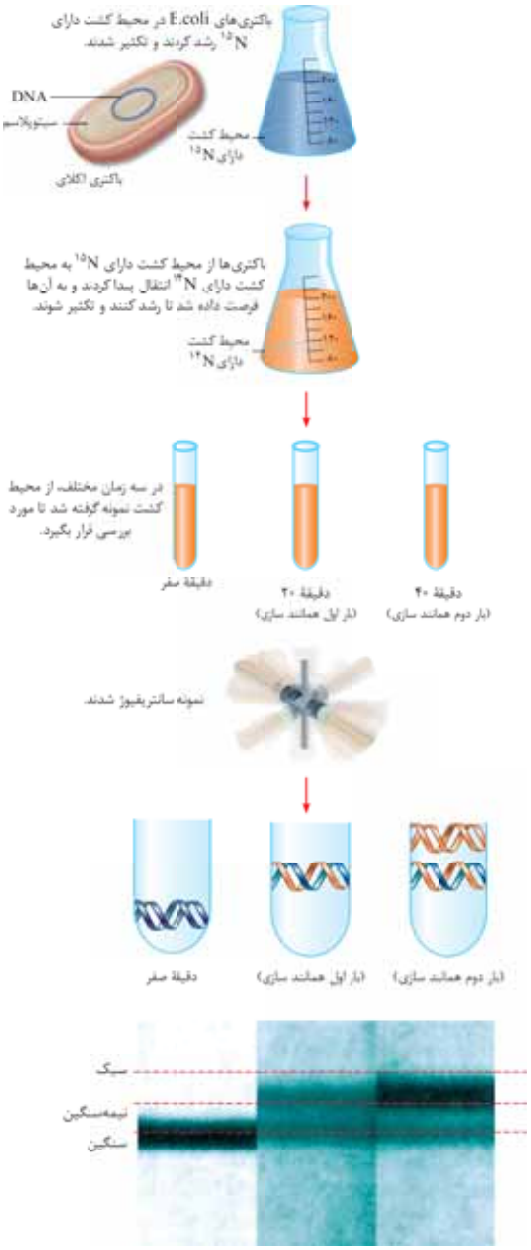
**۱- سبک:** هر دو رشتهٔ DNA، فقط نوکلئوتید دارای $^{14}N$ دارند.

**۲- نیمه‌سنگین:** یک رشتهٔ DNA، نوکلئوتیدهای دارای $^{14}N$ دارد ولی رشتهٔ دیگر، واجد نوکلئوتیدهای دارای $^{15}N$ می‌باشد. هم‌چنین ممکن است در بخش‌هایی از هر رشته $^{15}N$ وجود داشته باشد و در بخش‌های دیگر $^{14}N$.

**۳- سنگین:** هر دو رشتهٔ DNA، فقط نوکلئوتید دارای $^{15}N$ دارند.

**باختهٔ مورد استفاده:** **اِشرشیا کُلای (اِ.کلای یا E.coli)، نوعی باکتری است** که مزلسون و استال از آن برای آزمایش خود استفاده کردند.

*دیگه وقتش هست که بریم مراحل آزمایش مزلسون و استال رو بررسی کنیم تا ببینیم اونا چه‌جوری تونستن به جواب سؤال برسن.*



## ❑ مراحل آزمایش

**۱- رشد و تکثیر در محیط کشت دارای $N^{15}$:** ابتدا باکتری اشرشیا کلای در محیط کشت دارای $N^{15}$ قرار گرفت. باکتری، با استفاده از نیتروژن موجود در محیط کشت، نوکلئوتیدهای خود را ساخت و شروع به همانندسازی کرد. پس از چندین مرحله رشد و تکثیر در این محیط کشت، باکتری‌هایی تولید شدند که در هر دو رشتهٔ DNAی آن‌ها، $N^{15}$ وجود داشت و بنابراین، نسبت به DNAی اولیه، سنگین‌تر بود. **$N^{14}$ نوع رایج نیتروژن است** و بنابراین، در نوکلئوتیدهای طبیعی، ما $N^{14}$ رو می‌بینیم.

**نکته** در مرحلهٔ اول، DNAهای سنگین تولید شدند که در هر دو رشتهٔ خود، فقط نوکلئوتیدهای دارای $N^{15}$ دارند.

**۲- انتقال به محیط کشت دارای $N^{14}$:** باکتری‌های تولیدشده در مرحلهٔ اول را به محیط کشت حاوی $N^{14}$ انتقال دادند.

**۳- تهیهٔ نمونه از محیط کشت:** پس از انتقال باکتری‌ها به محیط کشت دارای $N^{14}$، در سه زمان مختلف از محیط کشت نمونه گرفته شد و DNAهای موجود در باکتری‌ها بررسی شد: الف) دقیقهٔ صفر (به محض انتقال به محیط کشت جدید)، ب) دقیقهٔ ۲۰ (بعد از اولین نسل همانندسازی) و ج) دقیقهٔ ۴۰ (بعد از دومین نسل همانندسازی).

**نکته** سرعت تقسیم باکتری اِکلای، حدود ۲۰ دقیقه است. بنابراین، تهیهٔ نمونه در فواصل ۲۰ دقیقه‌ای انجام شد تا یک نسل همانندسازی DNAی باکتری انجام شده باشد.

**۴- سنجش چگالی DNAها:** باکتری‌های استخراج‌شده در هر یک از زمان‌های ذکرشده، **در محلولی از سزیم‌کلرید**[۱] **(نه سدیم‌کلرید)**، با سرعت بسیار بالا سانتریفیوژ شدند و بدین‌ترتیب، چگالی DNAها مشخص شد.

**نکته** در سانتریفیوژ، میزان حرکت مواد در محلول، **براساس چگالی** است و مواد سنگین‌تر تندتر حرکت می‌کنند. بنابراین، براساس میزان حرکت DNAها، می‌توان چگالی آن‌ها را تشخیص داد. *یعنی به DNAها می‌گن با هم مسابقه بدین. هر کی اول شد، سنگین‌تره و سبک‌ترین DNA، آخر میشه.*

با توجه به توضیحات ذکرشده، سه حالت مختلف برای DNAها ممکن است پیش بیاید:

**الف) DNAی سنگین:** زودتر از سایر DNAها حرکت می‌کند و یک نوار در انتهای لوله تشکیل می‌دهد.

**ب) DNAی نیمه‌سنگین:** یک نوار در قسمت میانی لوله تشکیل می‌شود که نشان‌دهندهٔ چگالی متوسط DNA است.

**ج) DNAی سبک:** یک نوار در قسمت بالایی لوله تشکیل می‌شود.

**نکته** هر چه چگالی DNA بیشتر باشد، به قسمت‌های پایینی لوله نزدیک‌تر است و DNAهای سبک‌تر، در قسمت‌های بالاتر قرار می‌گیرند.

*در سانتریفیوژ، ما یه سری نوار می‌بینیم که نشون می‌ده چگالی مولکول‌ها چقدر بوده. براساس تعداد نوارها و موقعیت قرارگیری نوارها، می‌تونیم تشخیص بدیم که چگالی مولکول‌های موجود در لوله چه‌جوری هست. برای این که بهتر متوجه شین، به قسمت پایین شکل آزمایش مزلسون و استال (تو قسمت‌های قبلی هست) دقت کنین.*

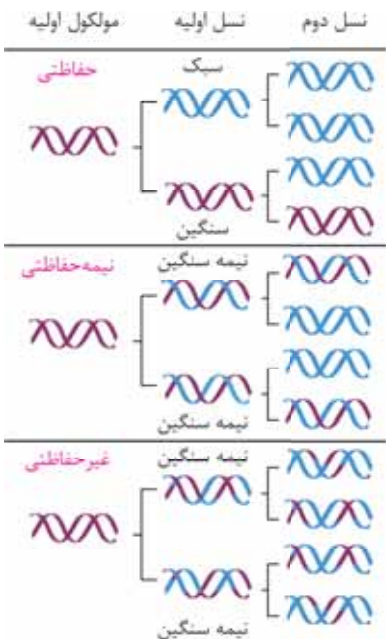
| نوع DNA (براساس چگالی) | DNAی سبک | DNAی نیمه‌سنگین | DNAی سنگین |
|---|---|---|---|
| نوع رشته‌ها | دو رشتهٔ دارای $N^{14}$ | نوکلئوتیدهای دارای $N^{14}$ + نوکلئوتیدهای دارای $N^{15}$ | دو رشتهٔ دارای $N^{15}$ |
| ایزوتوپ‌های نیتروژن | $N^{14}$ | $N^{15}+N^{14}$ | $N^{15}$ |
| محل قرارگیری پس از سانتریفیوژ | بالای لوله | وسط لوله | پایین لوله |

## ❑ تحلیل نتایج آزمایش‌های مزلسون و استال

قبلاً توضیح دادیم که در طرح‌های پیشنهادی همانندسازی DNA، تفاوتی در مولکول‌های DNAی نسل اول و دوم نسبت به مولکول‌های DNAی اولیه وجود دارد. مثلاً، در همانندسازی حفاظتی، یک DNAی نسل اول کاملاً جدید است و DNAی دیگر نسل دوم، کاملاً قدیمی. اگر این موضوع را براساس آزمایش مزلسون و استال بخواهیم بیان کنیم، باید بگوییم که DNAی اولیه، سنگین است؛ چون فقط دارای $N^{15}$ می‌باشد. اما نوکلئوتیدهای جدیدی که ساخته می‌شوند، سبک خواهند بود؛ بنابراین، مولکول DNAیی که همهٔ نوکلئوتیدهای آن جدید باشند، سبک خواهد بود و اگر نیمی از نوکلئوتیدها جدید باشند، مولکول DNA نیمه‌سنگین خواهد بود.

---

۱- CsCl




*اما مزلسون و استال، چه چیزی در آزمایش‌ها دیدن که متوجه شدن همانندسازی به صورت نیمه‌حفاظتی انجام میشه؟ بزارین بررسی کنیم که در هر یک از زمان‌هایی که نمونه گرفتن و سانتریفیوژ کردن، چه چیزی رو مشاهده کردن:*

**۱- دقیقهٔ صفر (DNAهای اولیه):** DNAی باکتری‌های اولیه پس از سانتریفیوژ، فقط یک نوار در انتهای لوله تشکیل دادند که نشان می‌داد هر دو رشتهٔ DNA، دارای $^{15}N$ هستند و لذا سنگین می‌باشند.

**۲- دقیقهٔ ۲۰ (دور اول همانندسازی):** یک نوار در میانهٔ لوله تشکیل شد. تشکیل نوار در میانهٔ لوله، نشان می‌داد که چگالی مولکول DNA متوسط است؛ بنابراین، نیمی از نوکلئوتیدهای آن جدید (دارای $^{14}N$) بودند و نیمی دیگر، قدیمی (دارای $^{15}N$). *این حالت، همانندسازی حفاظتی رو رد می کنه. چون در همانندسازی حفاظتی، در نسل اول DNAی اولیه (سنگین) باقی می‌ماند و یک DNAی کاملاً جدید (سبک) هم تشکیل می‌شود. پس انتظار داریم یک نوار در انتهای لوله و یک نوار در بالای لوله تشکیل شود.*

در این مرحله، فقط در قسمت میانی لوله نوار تشکیل شد که نشان می‌داد همهٔ مولکول‌های DNA، نیمه‌سنگین بودند. *پس تا این‌جا هم الگوی نیمه‌حفاظتی درسته و هم الگوی غیرحفاظتی.*

**۳- دقیقهٔ ۴۰ (دور دوم همانندسازی):** دو نوار در لوله تشکیل شد؛ یک نوار در میانهٔ لوله و نواری دیگر در بالای لوله. بنابراین، مشخص شد که در نسل دوم، نیمی از مولکول‌های DNA سبک هستند و فقط نوکلئوتیدهای سبک دارند و نیمی دیگر از مولکول‌های DNA، نیمه‌سنگین می‌باشند.

*بزارین یه بار دیگه کامل بررسی کنیم که در هر طرح پیشنهادی، انتظار چه چیزی رو داریم و چه چیزی مشاهده شد. لطفاً به شکل و جدول نگاه کنین.*

| روش همانندسازی | | غیرحفاظتی | حفاظتی | نیمه‌حفاظتی |
|---|---|---|---|---|
| نسل صفر (DNAی اولیه): دقیقهٔ صفر | فرضیه | سنگین (دارای $^{15}N$) | سنگین (دارای $^{15}N$) | سنگین (دارای $^{15}N$) |
| | نتیجهٔ موردانتظار | همهٔ DNAها در قسمت پایینی لوله قرار بگیرند و فقط یک نوار تشکیل شود. | | |
| | نتیجهٔ مشاهده‌شده | همهٔ DNAها سنگین بودند و در قسمت پایینی لوله قرار گرفتند و بنابراین، فقط یک نوار در پایین لوله مشاهده شد. | | |
| نسل اول: دقیقهٔ ۲۰ | فرضیه | در هر رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی، بخش‌های دارای $^{15}N$ و $^{14}N$ وجود دارد. | یکی از دو مولکول، سنگین (دارای $^{15}N$) است و مولکول دیگر، سبک (دارای $^{14}N$). | هر مولکول DNA، نیمه‌سنگین است و یک رشتهٔ دارای $^{15}N$ دارد و رشتهٔ دیگر، فقط $^{14}N$ دارد. |
| | نتیجهٔ موردانتظار | یک نوار در وسط لوله تشکیل شود* | یک نوار در بالای لوله و یک نوار در پایین لوله تشکیل شود. | یک نوار در وسط لوله تشکیل شود. |
| | نتیجهٔ مشاهده‌شده | همهٔ DNAها نیمه‌سنگین (دارای نوکلئوتیدهای سنگین و سبک) بودند. لذا، فقط یک نوار در وسط لوله تشکیل شد. | | |
| نسل دوم: دقیقهٔ ۴۰ | فرضیه | در هر رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی، بخش‌های جدید و قدیمی وجود دارد. | سه مولکول کاملاً جدید و یک مولکول کاملاً قدیمی وجود دارد. | دو مولکول کاملاً جدید وجود دارد. در دو مولکول دیگر، یک رشته قدیمی است. |
| | نتیجهٔ موردانتظار | یک نوار در وسط لوله تشکیل شود | یک نوار ضخیم در بالای لوله و یک نوار باریک در پایین لوله تشکیل شود. | یک نوار در وسط لوله و یک نوار در بالای لوله تشکیل شود. |
| | نتیجهٔ مشاهده‌شده | نیمی از DNAها سبک بودند و نیمی دیگر، نیمه‌سنگین. بنابراین، یک نوار در بالای لوله (حاوی DNAهای سبک) تشکیل شد و یک نوار، در وسط لوله (حاوی DNAهای نیمه‌سنگین). هر دو نوار، ضخامت یکسان داشتند. | | |
| نتیجهٔ نهایی | | همانندسازی DNA، به‌روش نیمه‌حفاظتی انجام می‌شود. در این روش، یک رشتهٔ DNA کاملاً جدید ساخته می‌شود و یک رشته از DNAی اولیه در مولکول‌های حاصل از همانندسازی باقی می‌ماند. | | |

* در همانندسازی غیرحفاظتی، ممکن است که فراوانی نوکلئوتیدهای سبک و سنگین در رشته‌های مختلف برابر نباشد و بنابراین انواع مختلفی DNA تشکیل شود. اما با فرض برابر بودن احتمال قرارگیری نوکلئوتید سبک و سنگین، همهٔ DNAها نیمه‌سنگین می‌شوند.

جمع‌بندی

### آزمایش مزلسون و استال

در این آزمایش، باکتری‌هایی که در محیط کشت دارای $^{15}N$ رشد کرده بودند، به محیط کشت دارای $^{14}N$ منتقل شدند و در سه زمان «دقیقهٔ صفر»، «دقیقهٔ ۲۰» و «دقیقهٔ ۴۰»، از محیط کشت نمونه گرفته شد. نمونه‌ها به محلولی از سزیم کلرید انتقال داده شدند و پس از سانتریفیوژ، نتایج آزمایش مورد تحلیل قرار گرفتند. مشاهده شد که در زمان شروع (دقیقهٔ صفر)، فقط یک نوار در قسمت پایین لوله وجود دارد که نشان‌دهندهٔ سنگین بودن DNA (داشتن فقط $^{15}N$) بود. در دقیقهٔ ۲۰، یک نوار در قسمت میانی لوله تشکیل شد که نشان می‌داد نیمی از نوکلئوتیدهای DNAها دارای $^{15}N$ هستند و نیمی دیگر، $^{14}N$ دارند. در دقیقهٔ ۴۰، پس از دو نسل همانندسازی، یک نوار در قسمت میانی و یک نوار بالای لوله تشکیل شد که نشان می‌داد در نیمی از DNAها، نصف نوکلئوتیدها قدیمی و دارای $^{15}N$ هستند. در نیمهٔ دیگر DNAها، همهٔ نوکلئوتیدها جدید و دارای $^{14}N$ بودند. در نهایت، از این آزمایش نتیجه گرفته شد که همانندسازی DNA به صورت نیمه‌حفاظتی هست؛ یعنی در هر مولکول DNAی حاصل از همانندسازی، یک رشته قدیمی است و مربوط به دِنای اولیه می‌باشد و رشتهٔ دیگر، رشته‌ای جدید است و طی همانندسازی تولید شده است.

## بیشتر نخوانید

*مبحث سانتریفیوژ و تشکیل نوارها، می‌تونه جزء مباحث مورد علاقهٔ طراحان، به‌ویژه طراحای آزمون‌های آزمایشی باشه؛ البته، ما کلاً زیاد اعتقادی به سؤالات عددی و محاسباتی در درس زیست نداریم و شاید مطالعهٔ این تمرین‌ها خیلی هم ضروری نباشه. به هر حال، چند تا تمرین ازش حل می‌کنیم. سعی کنین قبل از خوندن پاسخ، خودتون جواب سؤال رو پیدا کنین. همهٔ انواع سؤالات ممکن رو ما در همین‌جا توضیح داریم.*

**تمرین ۱ از یک یاختهٔ هسته‌دار، تعدادی مولکول DNA استخراج شد. مولکول‌های DNA در محلولی از سزیم‌کلرید با سرعت بسیار بالا سانتریفیوژ شدند و ۶ نوار با اندازه‌های مختلف تشکیل شد.**

**سؤال ۱ حداقل چند نوع مولکول DNA (از نظر چگالی) در نمونه وجود داشته است؟**

در هر نوار، مولکول‌هایی قرار می‌گیرند که از نظر چگالی، یکسان هستند. چون شش نوار تشکیل شده است، مشخص است که ۶ نوع مولکول DNA (از نظر چگالی) وجود داشته است.

نکته در هر نوار تشکیل‌شده، چگالی تمامی مولکول‌های DNA یکسان است. اما چگالی DNAهای موجود در هر نوار، با چگالی DNAهای موجود در نوارهای دیگر، متفاوت است.

**سؤال ۲ آیا از هر نوع DNA، تعداد برابری مولکول DNA در نمونه وجود داشته است؟**

از آن‌جایی که اندازهٔ نوارها متفاوت بوده است، می‌توان نتیجه گرفت که تعداد مولکول‌های DNAی موجود در هر نوار نیز با سایر نوارها متفاوت بوده است؛ چون اگر تعداد مولکول‌ها در هر نوار یکسان بود، اندازهٔ نوارها نیز یکسان می‌شد.

نکته هرچه تعداد مولکول‌های موجود در یک نوار بیشتر باشد، اندازهٔ آن نوار بیشتر خواهد بود.

**تمرین ۲ در نمونه‌ای سانتریفیوژ شده شامل تعدادی مولکول DNA، پنج نوار مشاهده شده است.**

**سؤال ۱ با توجه به چگالی مولکول‌های DNA، حداقل و حداکثر چند نوع مولکول DNA در نمونه وجود داشته است؟**

گفتیم که در هر نوار، یک نوع مولکول از نظر چگالی وجود دارد. بنابراین، در این لولهٔ آزمایش حداقل ۵ نوع DNA وجود دارد. علاوه‌بر این، تعداد انواع مولکول‌های DNA از نظر چگالی، نمی‌تواند بیش از پنج عدد باشد. زیرا، اگر مثلاً شش نوع مولکول DNA از نظر چگالی وجود داشته باشد، باید شش نوار تشکیل شود نه پنج نوار. بنابراین، حداقل و حداکثر ۵ نوع DNA (از نظر چگالی)، در این نمونه وجود داشته است.

نکته تعداد انواع DNA (از نظر چگالی)، برابر است با تعداد نوارهای تشکیل‌شده.

**سؤال ۲ حداقل و حداکثر چه تعداد مولکول DNA در نمونه وجود داشته است؟**

*مسلماً تعداد مولکول‌های* **DNA** *از تعداد انواعشون که کم‌تر نیست! پس حداقل ۵ تا مولکول* **DNA** *در این نمونه وجود داشته است. اما در مورد حداکثر چی می‌تونیم بگیم؟* حداکثر تعداد مولکول‌های DNA در این نمونه، می‌تواند بی‌نهایت باشد. دقت داشته باشید که تعداد نوارهای تشکیل‌شده، به تنوع مولکول‌های DNA از نظر چگالی وابسته است و به هیچ عامل دیگری (از جمله تعداد مولکول‌های DNA) ارتباطی ندارد. بنابراین، تنها محدودیتی که دربارهٔ تعداد مولکول‌های DNA وجود دارد این است که تعداد مولکول‌ها نباید از تعداد انواع مولکول‌ها کم‌تر باشد.

**تمرین ۳ نمونه‌ای شامل تعدادی مولکول DNA، با سرعت بالا سانتریفیوژ می‌شود؟**

**سؤال ۱ حداقل و حداکثر چند نوار در لوله تشکیل می‌شود؟**

اگر همهٔ مولکول‌های DNA دارای چگالی برابری باشند، یعنی فقط یک نوع مولکول DNA (از نظر چگالی) در نمونه وجود داشته باشد، فقط یک نوار تشکیل می‌شود. بنابراین، حداقل یک نوار در لوله تشکیل می‌شود. اما حداکثر تعداد نوارها بستگی به انواع مولکول‌های DNA دارد. برای مثال، اگر ۱۰۰ نوع مولکول

DNA با چگالی‌های متفاوت در لوله وجود داشته باشد، ۱۰۰ نوار تشکیل می‌شود. بنابراین، تعداد نوارهای تشکیل‌شده، همواره برابر با انواع مولکول‌های DNA (از نظر چگالی) است و می‌تواند هر عددی از ۱ تا بی‌نهایت باشد.

**سؤال ۲ تعداد انواع مولکول‌های DNA(از نظر چگالی و اندازه)، چه ارتباطی با تعداد نوارهای تشکیل‌شده دارد؟**

**الف) از نظر چگالی:** گفتیم که در سانتریفیوژ، تعداد نوارهای تشکیل‌شده نشان‌دهندهٔ تعداد انواع مولکول‌های DNA از نظر چگالی است. بنابراین، ارتباط بین انواع چگالی مولکول‌های DNA و تعداد نوارهای تشکیل‌شده، یک رابطهٔ مستقیم است.

**ب) از نظر اندازه:** در یک نگاه کلی، می‌توان گفت که تعداد نوارهای تشکیل‌شده با تعداد انواع مولکول‌های DNA از نظر اندازه، رابطهٔ مسقیم دارد اما بین این دو، رابطهٔ تساوی وجود ندارد. چرا؟ چون می‌دانیم که چگالی به جرم و حجم مولکول بستگی دارد. مسلماً هر چه مولکولی اندازهٔ بیشتری داشته باشد، حجم آن نیز بیشتر است *ولی آیا می‌توانیم بگیم که هر چه اندازهٔ DNA بیشتر باشه، جرم آن نیز بیشتر است*؟ جواب منفی است؛ زیرا، در ساختار DNA چهار نوع باز آلی با ساختار متفاوت وجود دارند که جرم برابری ندارند. بنابراین، تفاوت در فراوانی بازهای آلی در DNAهای با اندازهٔ برابر (تعداد نوکلئوتید برابر)، می‌تواند باعث تفاوت در جرم و در نتیجه، تفاوت در چگالی شود. در این حالت، دیگر تعداد نوارها با تعداد انواع DNA از نظر اندازه برابر نیست و تعداد نوارها بیشتر است.

**سؤال ۳ تعداد مولکول‌های DNA، چه ارتباطی با تعداد نوارهای تشکیل‌شده دارد؟**

همان‌طورکه بارها گفتیم، تعداد نوارهای تشکیل‌شده هیچ ارتباطی با تعداد مولکول‌های DNA ندارد و فقط بستگی به چگالی مولکول‌ها دارد.

**سؤال ۴ اگر در نمونه، ۱۰ مولکول DNA وجود داشته باشد و ترتیب نوکلئوتیدی همهٔ DNAها با یک‌دیگر تفاوت داشته باشد، حداقل و حداکثر چند نوار تشکیل می‌شود؟**

باید دقت داشته باشید که در دو DNA با توالی‌های نوکلئوتیدی متفاوت، ممکن است چگالی برابر باشد یا تفاوت بکند. مثلاً، به دو مولکول زیر (با اندازهٔ برابر ولی توالی متفاوت) دقت کنید:

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مولکول ۱: | رشتهٔ اصلی ← | C | G | T | A | مولکول ۲: | رشتهٔ اصلی ← | T | A | C | G |
| | رشتهٔ مکمل ← | G | C | A | T | | رشتهٔ مکمل ← | A | T | G | C |

همان‌طور که مشاهده می‌کنیم، ترتیب نوکلئوتیدهای دو DNA متفاوت است اما تعداد نوکلئوتیدها و فراوانی هر نوکلئوتید در دو مولکول برابر است: هر دو چهار نوکلئوتید و از هر نوع نوکلئوتید، ۲ عدد دارند. *بنابراین، ممکن است که هر ۱۰ مولکول DNA، با وجود تفاوت در ترتیب نوکلئوتیدی، از نظر چگالی یکسان باشند. در این صورت، فقط یک نوار تشکیل می‌شود.*

در عین حال، مشخصاً ممکن است که ۱۰ DNAی کاملاً متفاوت در نمونه وجود داشته باشد. این تفاوت می‌تواند به علت تفاوت در فراوانی هر نوع نوکلئوتید باشد و یا حتی به دلیل تفاوت در تعداد نوکلئوتیدها باشد. بنابراین، در این سؤال، حداقل ۱ و حداکثر ۱۰ نوار تشکیل می‌شود.

**تمرین ۴ ۱ مولکول DNA و ۱ مولکول RNA در محلولی از سزیم‌کلرید قرار می‌گیرند و سپس، با سرعتی بسیار بالا سانتریفیوژ می‌شوند.**

**سؤال ۱ حداقل و حداکثر چند نوار در لوله تشکیل می‌شود؟**

اگر چگالی دو مولکول برابر باشد، یک نوار و اگر متفاوت باشد، دو نوار تشکیل می‌شود.

**سؤال ۲ اگر تعداد نوکلئوتیدهای هر دو نوکلئیک‌اسید برابر باشد، حداقل و حداکثر چند نوار در لوله تشکیل می‌شود؟**

در این سؤال، سه حالت ممکن است پیش بیاید: ۱- چگالی DNA بیشتر باشد، ۲- چگالی RNA بیشتر باشد و یا ۳- چگالی دو مولکول برابر باشد. مثلاً در صورتی که در RNA فقط نوکلئوتیدهای پیریمیدین‌دار به کار رفته باشد، جرم DNA بیشتر خواهد بود. چون با توجه به برابر بودن تعداد نوکلئوتیدها و هم‌چنین در نظر گرفتن این که نیمی از نوکلئوتیدهای DNA، دارای باز آلی پورین هستند، جرم DNA بیشتر خواهد شد. هم‌چنین در حالتی برعکس، ممکن است جرم RNA بیشتر از DNA باشد. در نتیجه، مشخص است که جرم دو مولکول می‌تواند برابر نیز باشد.

اگر چگالی دو مولکول برابر باشد، یک نوار تشکیل می‌شود ولی اگر چگالی یکی از دو مولکول بیشتر از دیگری باشد، دو نوار تشکیل می‌شود.

**سؤال ۳ اگر پس از سانتریفیوژ، نوار دارای RNA، پایین‌تر از نوار دارای DNA قرار داشته باشد، چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟**

می‌دانیم که هر چه چگالی مولکول بیشتر باشد، به قسمت‌های پایینی لوله نزدیک‌تر خواهد بود. بنابراین، چون RNA پایین‌تر از DNA قرار گرفته است، می‌توان نتیجه گرفت که چگالی RNA از DNA بیشتر بوده است.

---

*خُب، تمرینامون دربارهٔ تعداد نوارها تموم شد اما هنوز با آزمایش مزلسون و استال کار داریم!*

**سؤال ۱ آیا از سانتریفیوژ فقط برای تعیین انواع مولکول‌های DNA استفاده می‌شود؟ برای جواب بلی یا خیر خود، با توجه به کتاب درسی، دلیل بیاورید.**

خیر، مثال‌های دیگری نیز در کتاب درسی وجود دارد. ما دو مثال از کتاب درسی را ذکر می‌کنیم:

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۳ ـ فصل ۴ دهم] خون دارای دو بخش خوناب و یاخته‌ای است. اگر مقداری از خون را گریزانه (سانتریفیوژ) کنیم، دو بخش خون از هم جدا می‌شود و می‌توان درصد هرکدام را مشخص کرد. معمولاً در فرد سالم و بالغ، ۵۵ درصد حجم خون را خوناب و ۴۵ درصد را یاخته‌های خونی تشکیل می‌دهند.

**نکته** با توجه به شکل، مشخص است که چگالی یاخته‌های خونی از چگالی خوناب بیشتر است. *چشم‌بسته غیب گفتیم!*

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۱ ـ فصل ۱ دوازدهم] ایوری، در یکی از آزمایش‌های خود، مخلوط به دست آمده (شامل عصارهٔ باکتری‌های کپسول‌دار کشته‌شده را در یک سانتریفیوژ (گریزانه) با سرعت بالا قرار داده و مواد آن را به صورت لایه‌لایه جدا کرد. در این آزمایش، مشاهده شد که انتقال صفت فقط در لایه‌ای که در آن DNA وجود دارد، انجام می‌شود.

**سؤال ۲ آیا در محیط کشت، فقط امکان رشد و تکثیر باکتری‌ها وجود دارد؟ برای جواب بلی یا خیر خود، با توجه به کتاب درسی، دلیل بیاورید. به محیط کشت چه باکتری‌هایی در کتاب درسی اشاره شده است؟**

خیر. از محیط کشت برای تکثیر یاخته‌های دیگر نیز می‌توان استفاده کرد:

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۱ ـ فصل ۸ یازدهم] از فن کشت بافت برای تولید گیاهان با ویژگی‌های مطلوب و تولید انبوه آن‌ها در آزمایشگاه استفاده می‌شود. در این فن، یاخته یا قطعه‌ای از بافت گیاهی در محیط کشت گذاشته می‌شود. این محیط دارای مواد مورد نیاز برای رشد و نمو گیاه است.

هم‌چنین در کتاب درسی، محیط کشت برای دو نوع باکتری ذکر شده است: ۱- باکتری استرپتوکوکوس نومونیا (ایوری) و ۲- باکتری اِشِرِشیا کُلای (E.coli) در آزمایش مزلسون و استال.

**نکته** در همهٔ آزمایش‌های ایوری، محیط کشت باکتری وجود داشته است.

*دیگه چی؟ یه سری بزنیم فصل (۷) دوازدهم.*

**آن‌چه خواهیم خواند** [گفتار ۱ ـ فصل ۷ دوازدهم] در دورهٔ زیست‌فناوری کلاسیک، با استفاده از روش‌های تخمیر و **کشت** ریزاندامگان (میکروارگانیسم‌ها)، تولید موادی مانند آنتی‌بیوتیک‌ها (پادزیست‌ها)، آنزیم‌ها و مواد غذایی ممکن شد.

**آن‌چه خواهیم خواند** [گفتار ۱ ـ فصل ۷ دوازدهم] در مهندسی ژنتیک، پس از انتقال ژن خارجی به یاختهٔ گیاهی و تولید یاختهٔ نوترکیب، یاخته‌ها در محیط کشت تکثیر می‌شوند.

**آن‌چه خواهیم خواند** [گفتار ۱ ـ فصل ۷ دوازدهم] در مهندسی ژنتیک، برای وارد کردن DNAی نوترکیب به یاختهٔ میزبان، یاختهٔ میزبان در محیط کشت مناسب قرار می‌گیرد و سپس با استفاده از شوک الکتریکی یا شوک گرمایی، DNAی نوترکیب وارد یاختهٔ میزبان می‌شود.

**آن‌چه خواهیم خواند** [گفتار ۱ ـ فصل ۷ دوازدهم] باکتری‌های دارای پلازمید نوترکیب، می‌توانند در محیط کشت دارای آنتی‌بیوتیک زنده بمانند؛ زیرا، دارای ژن مقاومت نسبت به آنتی‌بیوتیک هستند. اما باکتری‌های فاقد پلازمید نوترکیب در محیط کشت دارای آنتی‌بیوتیک از بین می‌روند.

**آن‌چه خواهیم خواند** [گفتار ۲ ـ فصل ۷ دوازدهم] در مهندسی بافت، می‌توان بافت پوست را کشت داد و آن را تولید کرد. هم‌چنین می‌توان یاخته‌های غضروفی را در محیط کشت روی داربست مناسب تکثیر و غضروف جدید را برای بازسازی اندام آسیب‌دیده تولید کرد.

**آن‌چه خواهیم خواند** [گفتار ۲ ـ فصل ۷ دوازدهم] در بافت‌های مختلف بدن یاخته‌های بنیادی وجود دارند که در محیط کشت تکثیر می‌شوند. یاخته‌های تمایزیافته‌ای مانند یاخته‌های ماهیچه‌ای در محیط کشت به مقدار کم تکثیر می‌شوند و یا اصلاً تکثیر نمی‌شوند. اما یاخته‌های بنیادی مغز استخوان می‌توانند تقسیم شوند و به انواع بافت‌ها تمایز یابند. این یاخته‌ها از فرد بالغ برداشته و کشت داده می‌شوند. یاخته‌های بنیادی جنینی نیز بعد از جداسازی کشت داده و برای تشکیل بسیاری از انواع یاخته‌ها تحریک می‌شوند.

**آن‌چه خواهیم خواند** [گفتار ۳ ـ فصل ۷ دوازدهم] در نخستین ژن‌درمانی برای درمان دختر بچهٔ چهارساله، ابتدا لنفوسیت‌ها را از خون بیمار جدا کردند و در خارج از بدن کشت دادند.

*خُب دیگه همه‌چی رو گفتیم، خیلی هم کامل گفتیم! برین حالش رو ببرین و به دوستاتونم بگین که چه کتاب خوبی دارین! فقط برای این‌که دیگه هیچ حرفی توش باقی نمونه و ۱۰۰٪ مطالب رو گفته باشیم، توجه شما رو به کادر زیر جلب می‌کنم که «همه‌چیز دربارهٔ» نیتروژن رو در اون گفتیم، به بهونهٔ استفادهٔ منزلسون و استال از ایزوتوپ‌های مختلف نیتروژن.*

**همه چیز دربارهٔ**

## نیتروژن

**۱- آمینواسیدها** [گفتار ۲ ـ فصل ۲ دهم] نیتروژن، به صورت گروه $NH_2$، در ساختار آمینواسیدها (مونومر پروتئین‌ها) وجود دارد.

**۲- مواد دفعی نیتروژن‌دار در ادرار** [گفتار ۲ ـ فصل ۵ دهم]

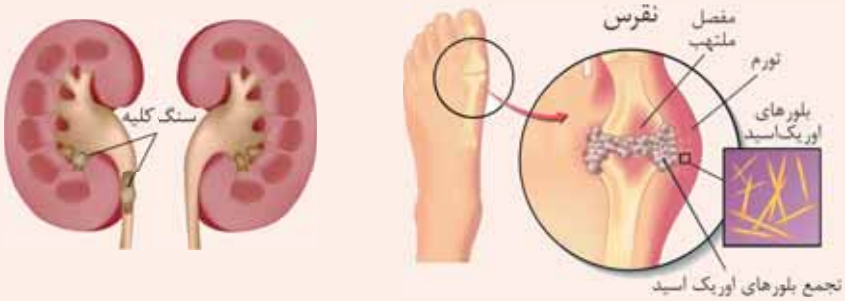
**الف) آمونیاک و اوره:** در نتیجهٔ تجزیهٔ آمینواسیدها و نوکلئیک‌اسیدها، آمونیاک ($NH_3$) به دست می‌آید که بسیار سمی است و تجمع آن در خون، به سرعت به مرگ می‌انجامد. کبد، آمونیاک را از طریق ترکیب آن با کربن دی‌اکسید به اوره (ترکیب نیتروژن‌دار) تبدیل می‌کند که ویژگی سمی‌بودن آن از آمونیاک بسیار کم‌تر است و بنابراین، امکان انباشته‌شدن آن و دفع با فواصل زمانی امکان‌پذیر است. اوره، فراوان‌ترین مادهٔ دفعی آلی در ادرار، است.

اوره ← کربن دی‌اکسید + آمونیاک ← تجزیهٔ آمینواسیدها و نوکلئیک‌اسیدها

**ب) کِرآتینین:** یکی از مواد دفعی نیتروژن‌دار موجود در ادرار، کِرآتینین است که از کِرآتین‌فسفات تولید می‌شود. از کِرآتین‌فسفات برای بازتولید سریع مولکول ATP در یاخته‌ای ماهیچه‌ای استفاده می‌شود که طی آن، گروه فسفات به ADP منتقل و ATP تولید می‌شود:

کِرآتینین ← کرآتین + ADP ← ATP + کرآتین‌فسفات

**ج) اوریک اسید:** اوریک‌اسید، نوعی مادهٔ دفعی نیتروژن‌دار در ادرار است که در نتیجهٔ سوخت‌وساز نوکلئیک‌اسیدها حاصل می‌شود و انحلال‌پذیری زیادی در آب ندارد؛ بنابراین، تمایل آن به رسوب کردن و تشکیل بلور زیاد است. رسوب بلورهای اوریک‌اسید در کلیه‌ها، باعث ایجاد سنگ کلیه و در مفاصل، باعث بیماری نقرس (نوعی بیماری مفصلی همراه با دردناک‌شدن مفاصل و التهاب آن‌ها) می‌شود.




**۳- نکات مواد دفعی نیتروژن‌دار در جانوران** [گفتار ۳ ـ فصل ۵ دهم]

**الف) پلاناریا:** کار اصلی پروتونفریدی در پلاناریا، دفع آب است و بیشتر دفع نیتروژن، از طریق سطح بدن انجام می‌شود.

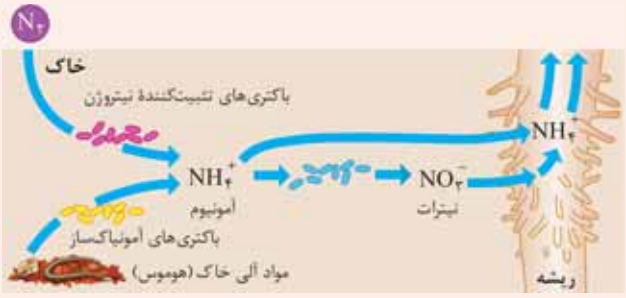
**ب) حشرات:** پس از ترشح یون‌های پتاسیم و کلر از همولنف به لوله‌های مالپیگی حشرات و سپس ورود آب با اسمز به این لوله‌ها، اوریک‌اسید نیز به درون لوله‌های مالپیگی ترشح می‌شود. پس از بازجذب آب و یون‌ها در راست‌روده، اوریک‌اسید از طریق روده به همراه مواد دفعی دستگاه گوارش دفع می‌شود.

**۴- نیتروژن در گیاهان** [گفتار ۱ ـ فصل ۷ دهم] نیتروژن و فسفر دو عنصر مهمی هستند که در ساختار پروتئین‌ها و مولکول‌های وراثتی شرکت می‌کنند. گیاهان، این دو عنصر را بیشتر از خاک جذب می‌کنند.

**۵- راه‌های تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاهان** [گفتار ۱ و ۲ ـ فصل ۷ دهم]

**الف) گیاهان انگل:** این گیاهان، با ارسال اندام‌های مکنده به درون بافت‌های آوندی گیاه، می‌توانند مواد معدنی و آلی مورد نیاز خود را دریافت کنند.

**ب) گیاهان فتوسنتزکننده**




۱- از طریق خاک: گروهی از گیاهان، یون آمونیوم و نیترات موجود در خاک را جذب می‌کنند. آمونیوم، توسط تثبیت‌کننده‌های نیتروژن و باکتری‌های آمونیاک‌ساز تولید می‌شود. نیترات نیز حاصل عملکرد زیستی باکتری‌های نیترات‌ساز است.

۲- همزیستی با ریزوبیوم: ریشهٔ گیاهان تیرهٔ پروانه‌واران، با ریزوبیوم رابطهٔ همزیستی برقرار می‌کند. ریزوبیوم، باکتری تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن است و نیتروژن مورد نیاز گیاه را فراهم می‌کند.

۳- همزیستی با سیانوباکتری‌ها: گروهی از گیاهان، برای تأمین نیتروژن مورد نیاز خود، با سیانوباکتری‌ها رابطهٔ همزیستی دارند. سیانوباکتری‌های همزیست با این گیاهان، از نوع سیانوباکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن هستند و نیتروژن مورد نیاز گیاه را تأمین می‌کنند.

۴- شکار جانوران کوچک مثل حشرات: بعضی از گیاهان فتوسنتزکننده، مثل توبره‌واش، گوشت‌خوار هستند و می‌توانند جانوران کوچک را شکار کنند. گیاه، با ترشح آنزیم‌های گوارشی و هضم پیکر جانور شکار شده، نیتروژن مورد نیاز خود را به دست می‌آورد.

**۶- بازهای آلی نیتروژن‌دار و آمینواسید** [فصل ۱ دوازدهم] نیتروژن در ساختار بازهای آلی نوکلئیک‌اسیدها و آمینواسیدهای پروتئین‌ها نیز وجود دارد. مزلسون و استال، در آزمایش خود از دو ایزوتوپ مختلف نیتروژن استفاده کردند: $^{14}N$ و $^{15}N$.

## درسنامهٔ ۱۱ مراحل همانندسازی و عوامل مؤثر بر آن

*یه‌مدتی بود، دانشمندا گیر داده بودن به DNA و ولشم نمی‌کردن. هر سؤالی جواب داده می‌شد، باز یه سؤال جدید می‌پرسیدن. بریم سراغ سؤال بعدی.*

### باز شدن دو رشتهٔ DNA طی همانندسازی

پس از این که مشخص شد همانندسازی به صورت نیمه‌حفاظتی انجام می‌شود، سؤال دیگری مطرح شد: دو رشتهٔ DNA چگونه از یک‌دیگر باز می‌شوند؟ دانشمندان دو حالت را برای باز شدن دو رشتهٔ DNA مد نظر داشتند:

**۱- باز شدن کامل دو رشتهٔ DNA:** در این حالت، دو رشتهٔ DNA کاملاً از یک‌دیگر جدا می‌شوند و سپس همانندسازی انجام می‌شود.

**۲- جدا شدن تدریجی دو رشتهٔ DNA:** در این روش، دو رشتهٔ DNA به صورت تدریجی باز می‌شوند و همانندسازی انجام می‌شود؛ یعنی، در بخشی از DNA، دو رشته از هم فاصله می‌گیرند و همانندسازی صورت می‌گیرد و سپس، در بخش بعدی نیز دو رشته باز می‌شوند و همانندسازی انجام می‌شود.

**❑ کدام نظر درست است؟**

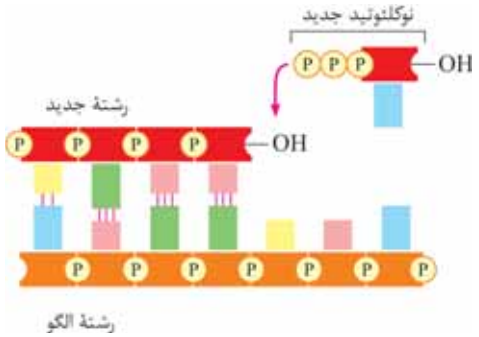
تحقیقات نشان داده است که فقط **در محلی که قرار است همانندسازی انجام شود، دو رشته از هم باز می‌شوند** و در بقیهٔ قسمت‌ها، بسته هستند و به تدریج باز می‌شوند.

### عوامل مؤثر در همانندسازی

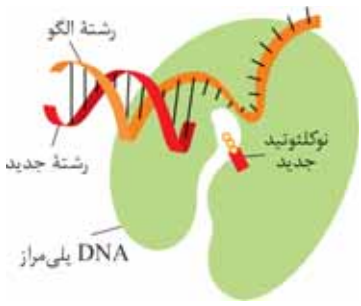
سه عامل، نقش اصلی را در همانندسازی برعهده دارند:

**۱- مولکول DNA،** که به عنوان **الگوی همانندسازی** از آن استفاده می‌شود.

**۲- نوکلئوتیدها،** که **واحدهای سازندهٔ DNA** هستند و در کنار هم، رشتهٔ مکمل رشتهٔ الگو را می‌سازند.




**نکته** در همانندسازی، از نوکلئوتیدهای سه‌فسفاته استفاده می‌شود. هنگام قرارگیری نوکلئوتید در رشته، دو فسفات از آن جدا می‌شوند.

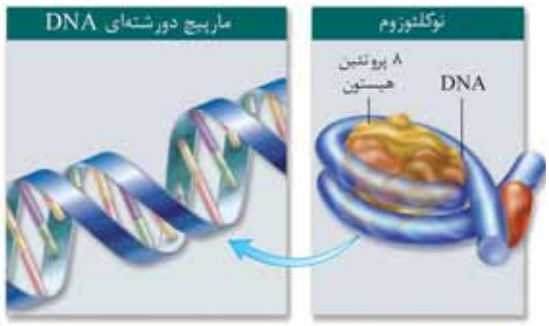



**۳- آنزیم DNAپلی‌مراز (دِنابسپاراز)،** آنزیمی که نوکلئوتیدهای مکمل را در مقابل نوکلئوتیدهای رشتهٔ الگو قرار می‌دهد و **بین آن‌ها پیوند فسفودی‌استر را برقرار می‌کند.**

*جلوتر می‌گیم که این آنزیم، توانایی شکستن پیوندهای فسفودی‌استر رو هم داره!*

**آن‌چه خواهیم خواند** [کفتار ۱ ــ فصل ۲ دوازدهم] دو نوع کلی آنزیم پلی‌مراز در یاخته‌ها وجود دارد: ۱- DNAپلی‌مراز و ۲- RNAپلی‌مراز. در یاخته‌های پروکاریوتی، ۳ نوع آنزیم RNAپلی‌مراز مختلف وجود دارند که هر یک، نوع خاصی از RNAها را می‌سازند.

## نگاهی خلاصه به فرایند همانندسازی




از سال یازدهم به یاد داریم که در ساختار کروموزوم‌های یاخته‌های یوکاریوتی (مثل انسان)، **پروتئین‌های هیستون** و **DNA** وجود دارند. *چی؟ یادتون نیست چی بودن و چی کار می‌کردن؟ اوکی، به «آن چه گذشت» رجعت کنین؛*

**آن‌چه گذشت** [کفتار ۱ ــ فصل ۶ یازدهم] کروموزوم از **دِنا (DNA) و پروتئین** تشکیل شده است. زمانی که یاخته در حال تقسیم نیست، مادهٔ وراثتی هسته به صورت کروماتین است. هر رشتهٔ کروماتین از واحدهای تکراری نوکلئوزوم (هسته‌تن) تشکیل می‌شود که در آن، مولکول DNA حدود ۲ دور در اطراف ۸ مولکولی پروتئینی به‌نام **هیستون** پیچیده است.

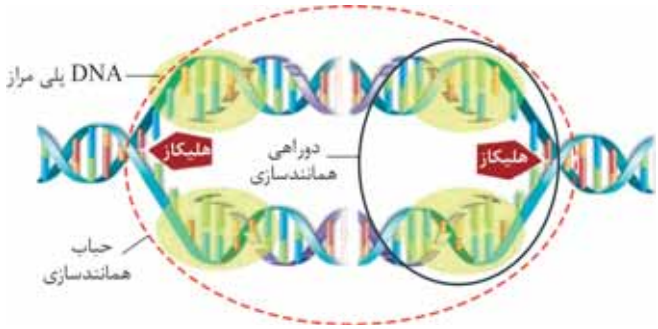
*خُب وقتی **DNA** دور این هیستون‌ها پیچیده، چه‌طوری باید دو رشتش باز شه و همانندسازی شروع بشه؟ به‌نظر این هیستون‌ها برای همانندسازی مزاحمت ایجاد می‌کنن. پس چه اتفاقی میفته؟ نگاهی داشته باشیم به مراحل همانندسازی:*

**۱- قبل از شروع همانندسازی DNA:** ابتدا پروتئین‌های همراه DNA، یعنی هیستون‌ها، از DNA جدا می‌شوند تا همانندسازی بتواند انجام شود.

**۲- باز شدن دو رشتهٔ DNA:** گفتیم که دو رشتهٔ DNA، از طریق پیوند هیدروژنی بین بازهای مکمل در کنار یک‌دیگر باقی می‌مانند. بنابراین، برای جدا شدن دو رشتهٔ DNA از یک‌دیگر، **پیوندهای هیدروژنی** باید شکسته شوند. این کار، توسط آنزیم هلیکاز انجام می‌شود. در همانندسازی، **هلیکاز دو نقش مهم برعهده دارد:** الف) باز کردن مارپیچ DNA و ب) ایجاد فاصله در بین دو رشتهٔ DNA با شکستن پیوندهای هیدروژنی.

**۳- تشکیل پیوندهای فسفودی‌استر:** پس از باز شدن دو رشتهٔ DNA، آنزیم DNAپلی‌مراز، در مقابل هر یک از نوکلئوتیدهای رشتهٔ الگو، نوکلئوتید مکمل را قرار می‌دهد و بین نوکلئوتیدهای رشتهٔ جدید، پیوند فسفودی‌استر برقرار می‌کند. *اما یه نکتهٔ مهم:*

**نکته** علاوه‌بر DNAپلی‌مراز، **آنزیم‌های دیگری نیز وجود دارند که با هم‌دیگر فعالیت می‌کنند** تا یک رشتهٔ DNA در مقابل رشتهٔ الگو ساخته شود. یکی از مهم‌ترین این آنزیم‌ها (نه تنها آنزیم)، آنزیم DNAپلی‌مراز است.




**نکته** از آن‌جایی که همانندسازی فقط در یاخته‌هایی انجام می‌شود که می‌خواهند تقسیم شوند، موارد مرتبط به همانندسازی در یاخته‌های فاقد توانایی تقسیم وجود ندارند؛ مثلاً، در یاخته‌های عصبیِ فاقد قدرت تقسیم، آنزیم‌های DNAپلی‌مراز، هلیکاز، دوراهی همانندسازی، حباب همانندسازی و ... مشاهده نمی‌شود. البته، در فصل آینده می‌خوانیم که تمامی ژن‌ها در تمامی یاخته‌های هسته‌دار بدن انسان وجود دارند؛ یعنی، مثلاً ژن آنزیم DNAپلی‌مراز و هلیکاز در یاخته‌های عصبی نیز وجود دارد ولی چون این یاخته‌ها تقسیم نمی‌شوند و نیازی به آنزیم‌های همانندسازی ندارند، این آنزیم‌ها را تولید نمی‌کنند.

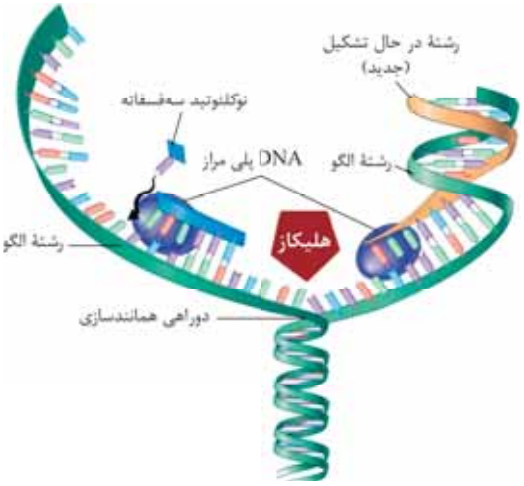
*در نهایت، برای حُسن ختام این درسنامه، نگاهی دقیق به شکل زیر داشته باشین. به‌جز هلیکاز، دربارهٔ همهٔ اجزای دیگهٔ این شکل در درسنامه‌های بعدی توضیحات بیشتری می‌دیم.*

## درسنامهٔ ۱۲ دوراهی همانندسازی

هنگام همانندسازی، در محلی که دو رشتهٔ DNA از یک‌دیگر باز می‌شوند، ساختاری Yشکل ایجاد می‌شود که به آن، دوراهی همانندسازی گفته می‌شود. در این ساختار Yشکل، دو رشتهٔ DNAی بازشده، بخش Vشکل را تشکیل می‌دهند و بخشی از DNA که هنوز باز نشده است، قسمت اشکل را تشکیل می‌دهد.

### چرا دوراهی همانندسازی؟

همان‌طور که در شکل مشخص است، در یک دوراهی همانندسازی، **حداقل دو آنزیم DNAپلی‌مراز و یک آنزیم هلیکاز** وجود دارد. هلیکاز، دو رشتهٔ DNA را از یک‌دیگر باز می‌کند و آنزیم‌های DNAپلی‌مراز، نوکلئوتیدها را در نوکلئوتیدهای مکمل خود قرار می‌دهند. *اما چرا پهش می‌گن دوراهی؟* در هر دوراهی همانندسازی، **از روی هر دو رشتهٔ بازشده، همانندسازی صورت می‌گیرد**. یعنی دو راه برای حرکت آنزیم DNA پلی‌مراز وجود دارد و به همین دلیل، به آن دوراهی همانندسازی گفته می‌شود.



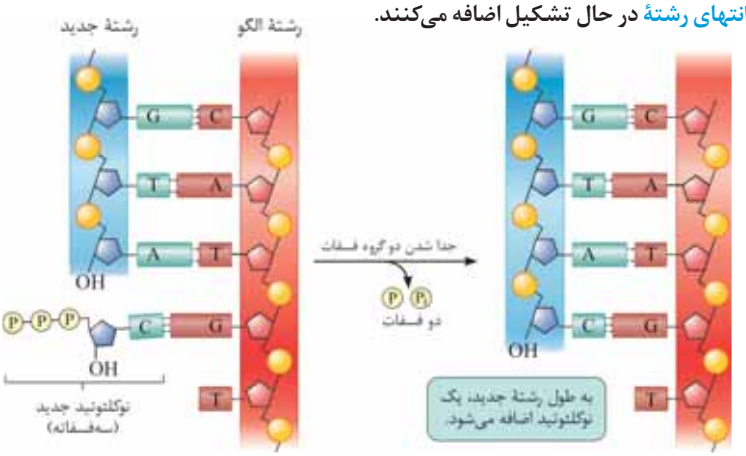

پس در هر دو راهی همانندسازی، دو اتفاق مهم رخ می‌دهد:

**۱- باز شدن دو رشته از یک‌دیگر:** آنزیم هلیکاز، در طول مولکول DNA حرکت می‌کند و **علاوه‌بر باز کردن پیچ‌خوردگی مولکول DNA**، پیوندهای هیدروژنی بین بازهای آلی را نیز می‌شکند. در نتیجه، دو رشتهٔ DNA از یک‌دیگر باز می‌شوند.

**نکته** دقت داشته باشید که شکستن پیوندهای هیدروژنی، نیاز به آنزیم دارد. در فرایند همانندسازی، این کار توسط آنزیم هلیکاز انجام می‌شود ولی در رونویسی[1]، آنزیم RNAپلی‌مراز پیوندهای هیدروژنی بین بازهای آلی را می‌شکند.

**نکته** **تشکیل پیوند هیدروژنی برخلاف شکستن آن، نیازی به آنزیم ندارد و به صورت خودبه‌خودی انجام می‌شود.**

**۲- تشکیل پیوندهای فسفودی‌استر:** همزمان با باز شدن دو رشتهٔ DNA از یک‌دیگر، پیوندهای فسفودی‌استر جدید نیز در حال تشکیل هستند. آنزیم‌های DNA پلی‌مراز موجود در دوراهی همانندسازی، **نوکلئوتیدهای جدید را به انتهای رشتهٔ در حال تشکیل اضافه می‌کنند.**




**نکته** همان‌طور که قبلاً نیز گفتیم، نوع نوکلئوتید در رشتهٔ در حال تشکیل، با توجه به نوکلئوتید موجود در رشتهٔ الگو تعیین می‌شود. نوکلئوتیدهایی در مقابل یک‌دیگر قرار می‌گیرند که بازهای آلی آن‌ها، مکمل باشند.

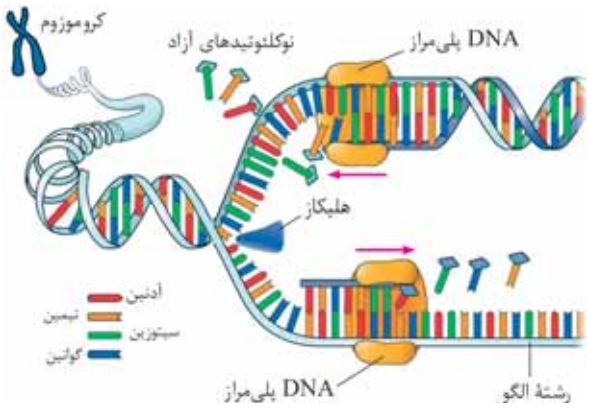
**نکته** همان‌طور که در شکل مشخص است، همزمان با تشکیل رشتهٔ DNAی جدید رشتهٔ الگو و بخش‌هایی از رشتهٔ جدید که ساخته شده‌اند، دور یک‌دیگر پیچ می‌خورند و مجدداً، ساختار مارپیچ دورشته‌ای را ایجاد می‌کنند.

### تشکیل پیوند فسفودی‌استر

گفتیم که در همانندسازی، از **نوکلئوتیدهای سه‌فسفاته** استفاده می‌شود اما قبلاً دیدیم که **در ساختار نوکلئیک‌اسیدها، نوکلئوتیدهای یک‌فسفاته وجود دارند.**

*چه بلایی سر دو فسفات دیگه میاد؟*

وقتی که یک نوکلئوتید در مقابل نوکلئوتید مکمل خود در رشتهٔ الگو قرار می‌گیرد، به صورت سه‌فسفاته است. در این زمان، دو فسفات از نوکلئوتید جدا می‌شود و **نوکلئوتید به صورت تک‌فسفاته در می‌آید.** می‌دانیم که پیوند بین فسفات‌های نوکلئوتیدها، پرانرژی است (مثل ATP). به همین دلیل، **با شکسته‌شدن پیوند بین فسفات‌های نوکلئوتید سه‌فسفاته، مقداری انرژی نیز آزاد می‌شود.** آنزیم DNAپلی‌مراز، از این انرژی استفاده می‌کند و پیوند فسفودی‌استر بین نوکلئوتید جدید و نوکلئوتید قبلی موجود در رشتهٔ در حال ساخت را برقرار می‌کند.




---

۱- به فرایند تشکیل RNA از روی مولکول DNA، رونویسی می‌گویند. اساس کلی این فرایند نیز مشابه همانندسازی است و در فصل بعد، با آن آشنا می‌شوید.

بدین‌ترتیب، بر طول رشتهٔ در حال تشکیل، به اندازهٔ یک نوکلئوتید اضافه می‌شود. این فرایند این‌قدر تکرار می‌شود که همانندسازی کل مولکول DNA به پایان برسد.

*وقتشه که بریم سراغ آنزیم DNAپلی‌مراز. آنزیمی که اگه فقط یه ذره کار خودش رو درست انجام نده، حتی به اندازهٔ یه نوکلئوتید، می‌تونه مشکلات شدیدی رو برای ما به وجود بیاره.*

## درسنامهٔ ۱۳ نگاهی دقیق‌تر به عملکرد آنزیم DNA پلی‌مراز (دِنا بسپاراز)

*دیگه تا الان مطمئناً متوجه شدین که چقدر آنزیم DNAپلی‌مراز، آنزیم مهمی است. اما این آنزیم چه کارهایی انجام می‌ده که این‌قدر مهم هست؟*

### تشکیل پیوند فسفودی‌استر

آنزیم DNAپلی‌مراز، در طول رشته‌های DNAی بازشده حرکت می‌کند و **با قرار دادن نوکلئوتیدهای جدید در مقابل نوکلئوتید مکمل خود در رشتهٔ الگو**، رشتهٔ جدید DNA را می‌سازند. برای این کار، آنزیم DNAپلی‌مراز از نوکلئوتیدهای سه‌فسفاته استفاده می‌کند.

**توانایی پلی‌مرازی (بسپارازی):** آنزیم DNAپلی‌مراز، دارای **توانایی پلی‌مرازی (بسپارازی)** است. یعنی، می‌تواند با تشکیل پیوندهای فسفودی‌استر و اضافه‌کردن نوکلئوتیدهای جدید به رشتهٔ در حال ساخت، یک رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی (یک پلی‌مر) را بسازد.

### شکستن پیوندهای فسفودی‌استر

*شاید با خودتون بگین «مگه این آنزیم دیوونست بیاد همون پیوندی رو که خودش تشکیل داده، بشکنه؟» اما اگه این کار DNAپلی‌مراز نبود، پس از هر بار همانندسازی، یه مولکول DNAی جدیدی درون سلول‌ها وجود داشت و احتمالاً، با کلی مشکل و خطا! اما با این کار، DNAپلی‌مراز خطاهای خودش رو ویرایش می‌کنه. برای این‌که به اهمیت ویرایش پی ببرین، کافیه به تفاوت کتاب‌های میکرو زیست گاج با سایر کتاب‌های بازار توجه کنین تا متوجه بشین یه تیم ویراستاری قوی، چه‌جوری می‌تونه باعث بشه که غلط‌های کتاب خیلی کم‌تر باشه.*

همانندسازی DNA، با دقت زیادی انجام می‌شود. **بخش عمده‌ای از این دقت، ناشی از رابطهٔ مکملی بین نوکلئوتیدهاست.** زیرا، آنزیم DNAپلی‌مراز می‌تواند براساس رابطهٔ مکملی، نوکلئوتید صحیح را انتخاب کند و در مقابل نوکلئوتید مکمل خود قرار دهد. *اما آیا ممکن نیست آنزیم اشتباه کنه؟ فرض کنین جلوی شما، ۱۰هزار تا توپ با رنگ‌های مختلف رو توی یه ردیف بچینن و بهتون بگن که در مقابل هر توپ، توپ هم‌رنگش رو قرار بدین. خُب شما در طول این ردیف حرکت می‌کنین و توپ‌ها رو قرار می‌دین و در نهایت، صد درصد ممکنه بعضی جاها اشتباه کنین. مثلاً کافیه که به خاطر عجله، یه توپ اشتباه رو بردارین. خُب، حالا در این حالت چی‌کار می‌کنین؟ اشتباهتون رو ول می‌کنین و ازش می‌گذرین؟ نه؛ برمی‌گردین، توپ اشتباه رو برمی‌دارین و توپ درست رو می‌ذارین جاش. این دقیقاً همون کاری هست که آنزیم DNAپلی‌مراز هم انجام می‌ده.*

### ❑ خطا در همانندسازی و ویرایش آن

گاهی ممکن است که آنزیم DNAپلی‌مراز خطا کند و در مقابل یک نوکلئوتید رشتهٔ الگو، نوکلئوتید اشتباه را قرار دهد.

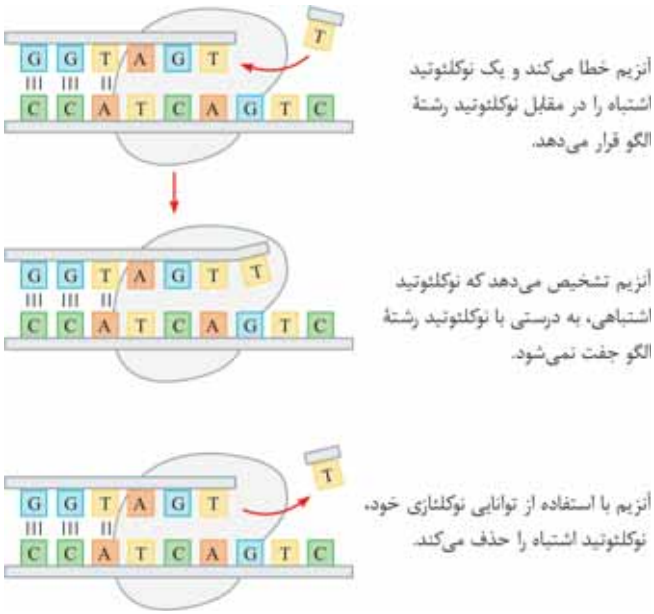
**مثال** ممکن است که آنزیم DNAپلی‌مراز، نوکلئوتید C را در مقابل نوکلئوتید A قرار دهد (به‌جای T) و پیوند فسفودی‌استر بین نوکلئوتید جدید و قبلی را برقرار کند.

**آن‌چه خواهیم خواند** [گفتار ۱- فصل ۴ دوازدهم] تغییر دائمی در نوکلئوتیدهای مادهٔ وراثتی را جهش می‌نامند؛ مثلاً، اگر DNAپلی‌مراز یک نوکلئوتید اشتباه را در رشتهٔ در حال ساخت قرار دهد و آن را اصلاح نکند، جهش رخ می‌دهد. اما اگر برگردد و خطای خود را اصلاح کند، چون تغییر در DNA پایدار نبوده است، دیگر جهش محسوب نمی‌شود.

**نکته** دقت داشته باشید که این اشتباه، دربارهٔ هر کدام از نوکلئوتیدهای دیگر DNA نیز می‌تواند رخ دهد.

**نکته** به‌طور طبیعی، فقط نوکلئوتیدهای مکمل در مقابل یک‌دیگر قرار می‌گیرند اما در صورت بروز خطا در همانندسازی، ممکن است نوکلئوتیدهای غیرمکمل نیز در مقابل یک‌دیگر قرار بگیرند؛ همانند مثال ذکرشده.

**ویرایش خطاهای همانندسازی:** برای جلوگیری از اشتباه در همانندسازی، پس از تشکیل پیوند فسفودی‌استر بین نوکلئوتید جدید و رشتهٔ در حال ساخت، آنزیم DNAپلی‌مراز برمی‌گردد و بررسی می‌کند که آیا رابطهٔ بین نوکلئوتید جدید و نوکلئوتید رشتهٔ مکمل صحیح است؟ یعنی، آیا این دو نوکلئوتید مکمل یک‌دیگر هستند؟ اگر آنزیم DNAپلی‌مراز، نوکلئوتید اشتباهی را در رشتهٔ جدید قرار داده باشد، لازم است که آن نوکلئوتید را حذف کند و نوکلئوتید صحیح را در مقابل رشتهٔ الگو قرار دهد. این کار، با کمک **توانایی نوکلئازی DNAپلی‌مراز** انجام می‌شود.




**توانایی نوکلئازی:** قبلاً گفتیم که آنزیم DNAپلی‌مراز، توانایی تشکیل پیوند فسفودی‌استر را دارد که مربوط به فعالیت پلی‌مرازی این آنزیم است. اما آنزیم DNAپلی‌مراز، **توانایی شکستن پیوندهای فسفودی‌استر** را نیز دارد که مربوط به فعالیت نوکلئازی این آنزیم است؛ یعنی، آنزیم DNAپلی‌مراز می‌تواند پیوند فسفودی‌استر را بشکند و نوکلئوتید را از DNA جدا کند.

*با توجه به این توضیحات، وقتشه که بگیم ویرایش چه‌جوری انجام می‌شه.*

**نحوهٔ ویرایش خطاهای همانندسازی:** اگر آنزیم DNAپلی‌مراز نوکلئوتید اشتباهی را در رشتهٔ در حال تشکیل قرار داده باشد، چون رابطهٔ مکملی به‌درستی بین نوکلئوتید جدید و نوکلئوتید رشتهٔ الگو برقرار نمی‌شود، آنزیم DNAپلی‌مراز متوجه می‌شود که خطایی رخ داده است. در این حالت، آنزیم پیوند فسفودی‌استر بین نوکلئوتید جدید و رشتهٔ در حال تشکیل را با فعالیت نوکلئازی خود می‌شکند و نوکلئوتید اشتباه را از رشتهٔ جدید حذف می‌کند. به تصحیح اشتباهات همانندسازی که توسط آنزیم DNAپلی‌مراز صورت می‌گیرد، **ویرایش** گفته می‌شود.

پس از ویرایش، مجدداً آنزیم DNAپلی‌مراز نوکلئوتید جدید را در مقابل نوکلئوتید رشتهٔ الگو قرار می‌دهد و مراحل قبلی مجدداً تکرار می‌شود.

**نکته** فعالیت پلی‌مرازی آنزیم، باعث تشکیل پیوندهای فسفودی‌استر جدید و طویل‌شدن رشتهٔ در حال ساخت می‌شود.

**نکته** فعالیت نوکلئازی آنزیم، باعث شکسته‌شدن پیوند فسفودی‌استر و کوتاه‌تر شدن رشتهٔ در حال ساخته می‌شود. این فعالیت نوکلئازی آنزیم، در تصحیح اشتباهات همانندسازی (ویرایش) نقش دارد.

**آن‌چه خواهیم خواند** [گفتار ۱- فصل ۴ دوازدهم] گرچه سازوکارهای دقیقی برای اطمینان از صحت همانندسازی DNA وجود دارد، اما با وجود این‌ها، گاهی در همانندسازی خطاهایی رخ می‌دهد که باعث جهش می‌شود.

**مقایسه**

**فعالیت پلی‌مرازی و نوکلئازی در آنزیم‌های DNAپلی‌مراز و RNA پلی‌مراز[1]**

| نام آنزیم | هلیکاز | DNAپلی‌مراز | RNAپلی‌مراز |
|---|---|---|---|
| فرایند مربوطه | همانندسازی | همانندسازی | رونویسی |
| فعالیت پلی‌مرازی | ندارد | + | + |
| فعالیت نوکلئازی | ندارد | + | ندارد |
| توانایی ویرایش خطاها | ـــــ | + | ندارد |
| تشکیل پیوند هیدروژنی | ندارد | ندارد | ندارد |
| شکستن پیوند هیدروژنی | + | ـــــ | + |

۱- با آنزیم RNAپلی‌مراز در فصل بعد آشنا می‌شویم

## درسنامهٔ ۱۴ مقایسهٔ همانندسازی در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها

*رسیدیم به آخرین درسنامهٔ این گفتار که بدون شک، یکی از سؤال‌خیزترین قسمت‌هاش هم هست؛ اگه سؤال مستقیمی هم ازش نیاد، احتمال زیادی وجود داره که سؤالات ترکیبی ازش مطرح بشه. پس لطفاً، با دقت این درسنامه رو بخونین.*

### یاخته‌های یوکاریوتی و پروکاریوتی

*یاختهٔ یوکاریوتی و پروکاریوتی چی هستن؟ قبلاً در فصل (۱) و (۲) میکرو دهم راجع به این قضیه صحبت کردیم. پس یه یادآوری از اونجا داشته باشیم.*

اگرچه انواع مختلفی از یاخته‌ها وجود دارند، اما همهٔ یاخته‌ها، ویژگی‌های مشترکی دارند.

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۱ ـ فصل ۱ دهم] یاخته، مکان خاصی در سلسله مراتب سازمان‌یابی زیستی دارد؛ زیرا، هفت ویژگی مشترک حیات (شامل هم‌ایستایی، رشد و نمو، تولیدمثل، سازش با محیط و ...) در این سطح پدیدار می‌شود. یاخته، **پایین‌ترین سطح ساختاری است که همهٔ فعالیت‌های زیستی در آن انجام می‌شود**. همهٔ جانداران از یاخته تشکیل شده‌اند.

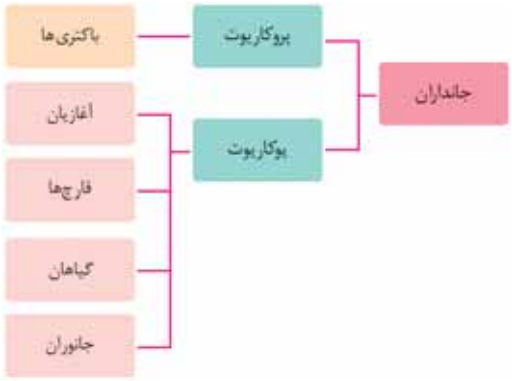
**آن‌چه گذشت** [گفتار ۱ ـ فصل ۱ دهم] تنوع، یکی از ویژگی‌های حیات است. یکی از هدف‌های اصلی زیست‌شناسان، مشاهدهٔ تنوع زیستی و در پی آن، یافتن ویژگی‌های مشترک گونه‌های مختلف است.

*ویژگی‌های مشترک یاخته‌ها چی هست؟*

**۱- غشا:** غشا، پوششی است که یاخته را احاطه می‌کند و علاوه‌بر **حفاظت از یاخته**، ورود و خروج مواد را نیز کنترل می‌کند. غشای یاخته، خاصیت **نفوذپذیری انتخابی** دارد؛ یعنی فقط به مواد مورد نیاز یاخته اجازهٔ ورود می‌دهد و مواد زائد را از یاخته خارج می‌کند.

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۱ ـ فصل ۱ دهم] داشتن غشا، جزء ویژگی‌های مشترک همهٔ یاخته‌هاست.

**۲- سیتوپلاسم:** مایع دربرگیرندهٔ **اندامک‌ها و ترکیبات درون یاخته** است. درون یاخته توسط ماده‌ای روان و سیال پر شده است و درون این ماده، ترکیبات یاخته (مثل نمک‌ها، یون‌ها، آب، املاح و ...) قرار دارند.




**نکته** یاخته‌های پروکاریوتی (باکتری‌ها)، اندامک ندارند.

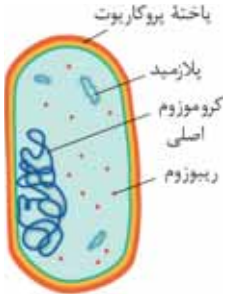
**آن‌چه گذشت** [گفتار ۱ ـ فصل ۱ دهم] اندامک‌ها، اجزای عملکردی یاخته هستند.

**۳- DNA:** یاخته‌ها، برای انجام اعمال مختلف خود، نیاز به مولکول DNA دارند. محل قرارگیری DNA، اساس تقسیم‌بندی یاخته‌ها به دو گروه **پروکاریوت و یوکاریوت** است. در یاخته‌های پروکاریوت (باکتری‌ها)، هسته و اندامک وجود ندارد و DNA درون سیتوپلاسم است. در یاخته‌های یوکاریوت، بیشتر DNA درون هسته قرار می‌گیرد و درون سیتوپلاسم نیز اندامک‌های یاخته قرار دارند. آغازیان، قارچ‌ها، گیاهان و جانوران، سلول‌های یوکاریوت دارند.

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۱ ـ فصل ۱ دهم] DNA (دنا)، یکی از شباهت‌های جانداران مختلف را تشکیل می‌دهد. DNA در همهٔ جانداران وجود دارد و کار یکسانی انجام می‌دهد؛ اطلاعات لازم برای زندگی یاخته، در مولکول‌های DNA ذخیره شده است.

*پس تا این‌جا متوجه شدیم که یاخته‌های یوکاریوت و پروکاریوت چیا هستن و دلیل نام‌گذاریشون چی هست. اما این یاخته‌ها، چه تفاوت‌های دیگه‌ای دارن؟*

#### ❑ یاختهٔ پروکاریوتی




**مثال** همهٔ باکتری‌ها

**محل نگه‌داری کروموزوم اصلی:** درون **سیتوپلاسم** و به صورت **متصل به غشا**

**غشای محصورکنندهٔ کروموزوم اصلی:** ندارند (فاقد هسته)

**کروموزوم اصلی:** یک DNAی **حلقوی** (دو انتهای DNA به یک‌دیگر متصل شده‌اند و فاقد انتهای آزاد است)

**نکته** در کروموزوم اصلی یوکاریوت‌ها، پروتئین‌های هیستون وجود دارند. در باکتری‌ها، هیستون وجود ندارد اما کروموزوم پروکاریوت‌ها نیز دارای پروتئین است. *شاید بپرسین چرا؟ جواب در «آن‌چه گذشت»*

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۱ ـ فصل ۶ یازدهم] کروموزوم از DNA و پروتئین تشکیل شده است.

**تعداد کروموزوم اصلی:** ۱ عدد

**نکته** عدد کروموزومی در همهٔ باکتری‌ها، $n = 1$ است.

**نکته** برای تعیین عدد کروموزومی، فقط کروموزوم(های) اصلی را ملاک قرار می‌دهیم.

**DNAی غیراصلی:** پلازمید (DNAی حلقوی) که **اطلاعات (و ویژگی‌های) اضافه‌تری** را به باکتری می‌دهد.

**نکته** تعداد پلازمید در باکتری می‌تواند بیش از یک عدد باشد.

**آن‌چه خواهیم خواند** [گفتار ۱- فصل ۷ دوازدهم] پلازمید (دیسَک) یک مولکول DNAی دورشته‌ای و حلقوی خارج کروموزومی است که معمولاً درون باکتری‌ها و بعضی قارچ‌ها مثل مخمرها وجود دارد و می‌تواند مستقل از ژنوم میزبان همانندسازی کند. پلازمیدها را کروموزوم‌های کمکی نیز می‌نامند؛ چون حاوی ژن‌هایی هستند که در کروموزوم اصلی باکتری وجود ندارند. مثلاً ژن مقاومت به آنتی‌بیوتیک (پادزیست).

### ❑ یاختهٔ یوکاریوتی

**مثال** آغازیان، قارچ‌ها، گیاهان و جانوران

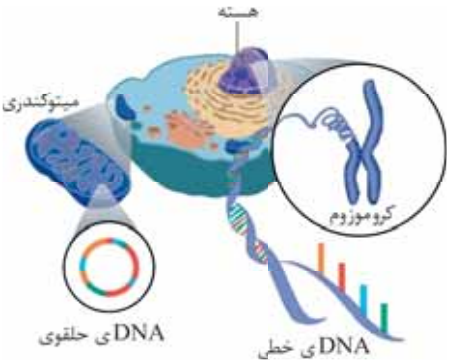
**محل نگه‌داری کروموزوم اصلی:** درون **هسته**

**غشای محصورکنندهٔ کروموزوم اصلی:** غشای هسته

**کروموزوم اصلی:** دارای DNAی **خطی** و مجموعه‌ای از پروتئین‌ها که مهم‌ترین آن‌ها **هیستون** است.

**تعداد کروموزوم اصلی:** از ۲ تا بیش از ۱۰۰۰

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۱ ــ فصل ۶ یازدهم] تعداد کروموزوم‌های جانداران مختلف (به‌جز باکتری‌ها)، از ۲ تا بیش از ۱۰۰۰ عدد متغیر است.




**DNAی غیراصلی:** به صورت DNAی **حلقوی** در **میتوکندری** و **کلروپلاست**؛

**نکته** به DNAی موجود در میتوکندری و کلروپلاست، DNAی سیتوپلاسمی و به DNAی درون هسته، DNAی هسته‌ای گفته می‌شود.

**آن‌چه خواهیم خواند** [گفتار ۱- فصل ۵ دوازدهم] میتوکندری (راکیزه) دارای DNAی مستقل از هسته و ریبوزوم مخصوص به خود هست و پروتئین‌سازی در آن انجام می‌شود. در DNAی میتوکندری، ژن‌های مورد نیاز برای ساخته‌شدن انواعی از پروتئین‌های مورد نیاز در تنفس یاخته‌ای وجود دارند. البته، میتوکندری برای انجام نقش خود در تنفس یاخته‌ای به پروتئین‌هایی وابسته است که ژن‌های آن‌ها در هسته قرار دارند و به وسیلهٔ ریبوزوم‌های سیتوپلاسمی ساخته می‌شوند.

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۱ ــ فصل ۶ یازدهم] زمانی که یاخته در حال تقسیم نیست، فشردگی **مادهٔ وراثتی هسته**، کم‌تر و به صورت توده‌ای از رشته‌های درهم است که به آن، کروماتین (فامینه) می‌گویند.

**نکته** دقت داشته باشید که ممکن است یاخته‌های یوکاریوتی نیز هسته نداشته باشند (هستهٔ خود را از دست داده باشند)؛ نظیر یاخته‌های خونی قرمز بالغ و یاخته‌های آوندی آبکش. البته، ممکن است که یاخته بیش از یک هسته نیز داشته باشد؛ مثل یاخته‌های ماهیچهٔ اسکلتی و یاختهٔ دوهسته‌ای در کیسهٔ رویانی نهاندانگان. در یاخته‌های خونی قرمز بالغ، میتوکندری و کلروپلاست نیز وجود ندارد و این یاخته‌ها، فاقد DNA هستند.

**نکته** در یاخته‌های یوکاریوتی، در مرحلهٔ پرومتافاز میتوز و پروفاز میوز، پوشش هسته تجزیه می‌شود و کروموزوم‌ها در سیتوپلاسم قرار می‌گیرند.

**مقایسه**

**پروکاریوت VS یوکاریوت**

| | نوع یاخته | پروکاریوت | یوکاریوت |
|---|---|---|---|
| ویژگی‌های کلی | اندامک‌های غشادار و پروتئین‌های هیستون | ندارد | + |
| | تقسیم هسته (میتوز و میوز)* و چرخهٔ یاخته‌ای | ندارد | + |
| | غشا و DNA | + | + |
| ویژگی‌های مادهٔ وراثتی | محل نگه‌داری کروموزوم اصلی | سیتوپلاسم، متصل به غشا | درون هسته |
| | غشای محصورکنندهٔ کروموزوم اصلی | ندارد | غشای هسته |
| | کروموزوم اصلی | DNAی حلقوی | DNAی خطی + پروتئین‌های هیستون |
| | تعداد کروموزوم اصلی | ۱ | ۲ تا بیش از ۱۰۰۰ |
| | DNAی غیراصلی | پلازمید (DNAی حلقوی) | DNAی حلقوی میتوکندری و کلروپلاست |
| | **مثال** | **باکتری‌ها** | **آغازیان، قارچ‌ها، گیاهان و جانوران** |

* دقت داشته باشید که در بعضی از یاخته‌های یوکاریوتی نیز تقسیم هسته (نه میتوز و نه میوز) رخ نمی‌دهد. مثل، یاخته‌های بدون هسته و یا مثلاً در گیاهان، فقط یاخته‌های سرلادی (مریستمی) و نرم‌آکنه‌ای (پارانشیمی)، تقسیم میتوز را انجام می‌دهند.

## همانندسازی در پروکاریوت‌ها

*اول یه تعریف.*

**جایگاه آغاز همانندسازی:** به محلی که از آن‌جا همانندسازی شروع می‌شود، جایگاه آغاز همانندسازی گفته می‌شود.

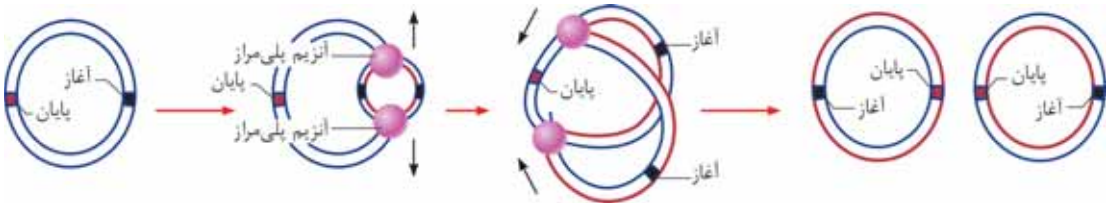
### ❑ نحوهٔ همانندسازی در پروکاریوت‌ها

**شروع همانندسازی در پروکاریوت‌ها:** اغلب پروکاریوت‌ها، **فقط** یک جایگاه آغاز همانندسازی دارند و این جایگاه، در محل خاصی از DNA قرار دارد؛ *یعنی، این‌جوری نیست که همانندسازی از هر جایی شروع بشه و فقط از یک نقطهٔ مشخص شروع می‌شه.*

**همانندسازی دوجهتی:** در پروکاریوت‌ها، همانند یوکاریوت‌ها، همانندسازی به صورت **دوجهتی** انجام می‌شود. یعنی از جایگاه آغاز، همانندسازی در دو جهت به‌طور هم‌زمان شروع می‌شود و پیش می‌رود.

*حواستون باشه که دوراهی همانندسازی با همانندسازی دوجهتی فرق می‌کنه! وقتی می‌گیم همانندسازی دوجهتی، یعنی در دو جهت مخالف، دوراهی همانندسازی تشکیل می‌شه. یعنی مثلاً DNA هم به سمت راست باز می‌شه و هم به سمت چپ.*

**پایان همانندسازی در پروکاریوت‌ها:** نقطهٔ پایان همانندسازی، **در مقابل نقطهٔ آغاز همانندسازی** قرار دارد. آنزیم‌های DNAپلی‌مرازی که از جایگاه آغاز، همانندسازی را شروع کرده بودند، نهایتاً در نقطهٔ پایان به یک‌دیگر می‌رسند و همانندسازی پایان می‌یابد.




## همانندسازی در یوکاریوت‌ها

همانندسازی در یوکاریوت، به سه دلیل بسیار پیچیده‌تر از همانندسازی در پروکاریوت‌هاست:

۱- وجود مقدار زیاد DNA در یاخته‌های یوکاریوتی

۲- قرار داشتن DNAها در چندین کروموزوم (به‌جای یک کروموزوم)

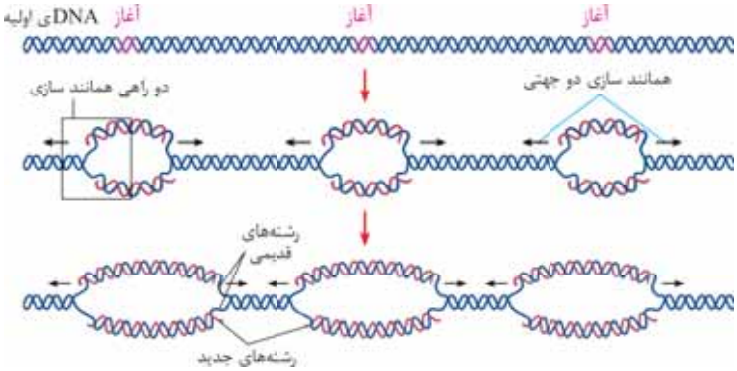
۳- طول زیاد هر DNAی یوکاریوتی که چندین برابر DNAی باکتری است.

*خُب مشکل چیه؟ مشکل اینه که کلی DNAی بیشتر و طولانی‌تر که یه‌جا هم نیستن، باید خیلی زود همانندسازی بشن! اگه قرار باشه که همانندسازی مثل پروکاریوت‌ها انجام بشه، مدت زمان همانندسازی هر یافتهٔ یوکاریوتی، باید خیلی خیلی خیلی بیشتر از یک باکتری باشه. شاید بگین چه عیبی داره اینقدر طول بکشه؟ عیبش اینه که مثلاً دورهٔ بارداری به جای ۹ ماه میشد چندین سال[1] (یا حتی قرن!)، اگه یه جایی از بدنتون زخم می‌شد، ماه‌ها طول می‌کشید که یافته‌ها بتونن تقسیم بشن و زخم رو ترمیم کنن و ...*

**حل مشکل سرعت همانندسازی در یوکاریوت‌ها:** بنابراین، با توجه به این مسئله، اگر فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در هر DNA وجود داشته باشد، مدت زمان همانندسازی کل کروموزوم‌های هسته بسیار طولانی خواهد شد. برای حل این مسئله **در یوکاریوت‌ها، به‌جای یک جایگاه آغاز همانندسازی، جایگاه‌های آغاز متعدد وجود دارد** و همانندسازی در چندین جایگاه شروع می‌شود.

### ❑ نحوهٔ همانندسازی در یوکاریوت‌ها

با توجه به توضیحات ذکرشده، در DNAی یوکاریوت‌ها، همانندسازی در چندین جایگاه آغاز می‌شود. **در هر جایگاه آغاز، ۲ دوراهی همانندسازی تشکیل می‌شود و همانندسازی در دو جهت انجام می‌شود.** *بازم یادآوری می‌کنم که دوراهی همانندسازی با همانندسازی دوجهتی متفاوت هست و این دو تا رو با هم قاطی نکنین.*




۱- صرفاً برای مثال، تشکیل بلاستوسیست، به‌جای ۴ تا ۵ روز، حداقل ۵ ماه طول می‌کشید!

جمع‌بندی

### همانندسازی در یوکاریوت‌ها و پروکاریوت‌ها

**الف) پروکاریوت‌ها (باکتری‌ها):** در DNAی حلقوی باکتری‌ها، معمولاً فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی وجود دارد. در جایگاه آغاز همانندسازی، ۲ دوراهی همانندسازی تشکیل و همانندسازی در دو جهت مختلف انجام می‌شود تا نهایتاً، در نقطهٔ مقابل جایگاه آغاز، همانندسازی به پایان برسد.

**ب) یوکاریوت‌ها:** به دلیل وجود تعداد بیشتر DNAهای طویل و موجود در چند کروموزوم در یاخته‌های یوکاریوتی، همانندسازی در این یاخته‌ها بسیار پیچیده‌تر است. در DNAی خطی یاخته‌های یوکاریوتی، جایگاه‌های آغاز همانندسازی متعددی وجود دارند تا همانندسازی با سرعت بیشتری انجام شود. در هر جایگاه آغاز همانندسازی، ۲ دوراهی همانندسازی تشکیل می‌شود و همانندسازی در دو جهت مختلف انجام می‌شود.

### ❑ تغییر در تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی در یوکاریوت‌ها

در یک DNAی یوکاریوتی، برخلاف DNAی پروکاریوتی، **تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی ثابت نیست** و می‌تواند با توجه به سرعت تکثیر یاخته، تنظیم شود؛ یعنی، زمانی که سرعت تقسیم یاخته زیاد می‌شود، تعداد جایگاه‌های آغاز هم افزایش می‌یابد و اگر سرعت تقسیم کاهش یابد، تعداد جایگاه‌های آغاز هم کاهش می‌یابد. *دلیلش این است که می‌دونیم وقتی یاخته می‌خواد تقسیم بشه، باید اول اینترفاز رو طی کنه تا بتونه وارد مرحلهٔ تقسیم بشه. دومین مرحلهٔ اینترفاز هم مرحلهٔ S هست که در اون همانندسازی انجام می‌شه. بنابراین، سرعت همانندسازی بر مدت زمان مرحلهٔ S و در نتیجه، مدت زمان کل چرخهٔ یاخته‌ای و سرعت تقسیم مؤثر هست. برای این‌که یاخته‌ای بتونه زود تقسیم بشه، باید زود از مرحلهٔ S عبور کنه و این یعنی این که لازم هست همانندسازی سریع‌تر انجام بشه. چه‌جوری همانندسازی زودتر انجام می‌شه؟ با افزایش تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی. همین موضوع، در مورد کاهش سرعت تقسیم هم صدق می‌کنه. با توجه به این توضیحات، به یه نکتهٔ جالب می‌رسیم (البته اگه شما میکرو یازدهم (یا پایه) رو خونده باشین، این نکته رو قبلاً خوندین!)؛*

**نکته** تغییر در سرعت تقسیم یاخته‌ای، باعث تغییر در مدت زمان اینترفاز می‌شود. مثلاً، با افزایش سرعت تقسیم یاخته‌ای، مدت زمان اینترفاز (و در نتیجه، کل چرخهٔ یاخته‌ای) کاهش می‌یابد تا یاخته سریع‌تر وارد مرحلهٔ تقسیم شود.

**نکته** *تغییر در سرعت تقسیم و تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی، اثرات دیگه‌ای هم داره؛* مثل افزایش تعداد دوراهی‌های همانندسازی، افزایش آنزیم‌های DNAپلی‌مراز و هلیکاز فعال، افزایش مصرف نوکلئوتیدها، افزایش مصرف انرژی و ...

**نکته** *در DNAی پروکاریوتی معمولاً فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی وجود دارد ولی ممکن است بیش از یک جایگاه آغاز نیز وجود داشته باشد.* ولی در هر صورت، **تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی در یک DNAی پروکاریوتی ثابت است؛** *یعنی مثلاً اگه رو تا داشته باشه، دیگه همیشه رو تاست و تغییری نمی‌کنه.* در DNAی یوکاریوتی، همیشه بیش از یک نقطهٔ آغاز همانندسازی وجود دارد و تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی می‌تواند کم یا زیاد شود.

**مثال** در دوران جنینی، در مراحل مورولا و بلاستولا[1]، سرعت تقسیم زیاد است و در نتیجه، تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی هم زیاد می‌باشد. ولی پس از تشکیل اندام‌ها، سرعت تقسیم کاهش می‌یابد و تعداد جایگاه‌های آغاز هم کم می‌شود.

**آن‌چه گذشت** [گفتار ۲ ـ فصل ۶ یازدهم] یاخته‌ها در پاسخ به بعضی عوامل محیطی و مواد شیمیایی، سرعت تقسیم خود را تنظیم می‌کنند. انواعی از پروتئین‌ها وجود دارند که با فرایندهایی منجر به تقسیم یاخته‌ای می‌شوند. پروتئین‌های دیگری نیز وجود دارند که در شرایط خاصی، مانع از تقسیم یاخته‌ها می‌شوند.

*یادتون هست دیگه کجاها تقسیم و رشد داشتیم؟*

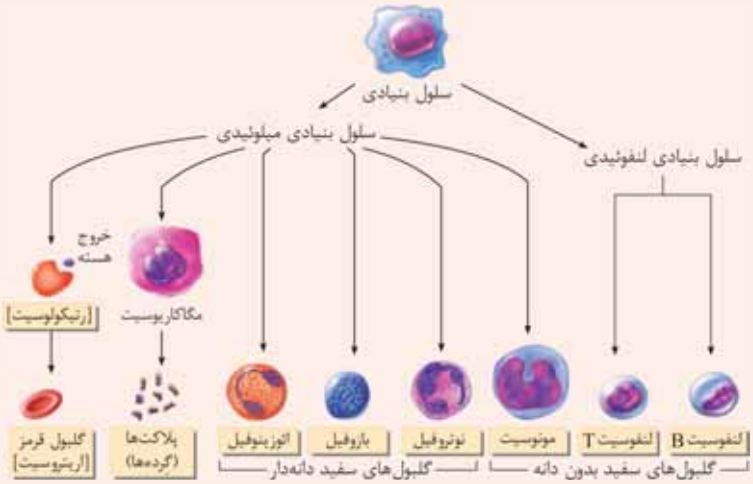
همه چیز دربارهٔ

### تقسیم و رشد یاخته

**۱- تولیدمثل و تقسیم یاخته** [گفتار ۱ ـ فصل ۱ دهم] یکی از ویژگی‌های حیات، تولیدمثل است. توانایی یاخته‌ها در تقسیم‌شدن و تولید یاخته‌های جدید، اساس تولیدمثل، رشد و نمو و ترمیم موجود پریاخته‌ای است و برای تولیدمثل جانداران تک‌یاخته‌ای نیز استفاده می‌شود.

**۲- تولید لنفوسیت‌ها** [گفتار ۲ ـ فصل ۴ دهم] لوزه‌ها، تیموس، طحال، آپاندیس [و مغز استخوان] که مجموعاً به آن‌ها اندام‌های لنفی می‌گویند، مانند گره‌های لنفی، محل تولید لنفوسیت‌ها هستند.

**۳- تولید یاخته‌های خونی** [گفتار ۳ ـ فصل ۴ دهم] در یک فرد بالغ، تولید یاخته‌های خونی و گرده‌ها در مغز قرمز استخوان انجام می‌شود. در مغز استخوان، یاخته‌های بنیادی وجود دارند که با تقسیمات خود، بخش یاخته‌ای خون را می‌سازند. یاختهٔ بنیادی لنفوئیدی، لنفوسیت‌ها را تولید می‌کند و یاختهٔ بنیادی میلوئیدی، سایر اجزای بخش یاخته‌ای خون را می‌سازد. در دوران جنینی، یاخته‌های خونی در اندام‌های دیگری مثل کبد و طحال نیز ساخته می‌شوند.




۱- بلاستولا همان بلاستوسیست است.

**۴- اریتروپویتین** [گفتار ۳ ـ فصل ۴ دهم] هورمون اریتروپویتین، توسط گروه ویژه‌ای از یاخته‌های کلیه و کبد به درون خون ترشح می‌شود و روی مغز استخوان اثر می‌کند تا سرعت تولید گویچه‌های قرمز را زیاد کند.

**۵- ترمیم بافت گیاهی** [گفتار ۲ ـ فصل ۶ دهم] وقتی گیاه زخمی می‌شود، یاخته‌های پارانشیمی تقسیم می‌شوند و آن را ترمیم می‌کنند.

**۶- مریستم‌ها** [گفتار ۳ ـ فصل ۶ دهم] در بخش‌هایی از گیاه (مثل نوک ساقه و ریشه)، یاخته‌های مریستمی (سرلادی) وجود دارند که دائماً تقسیم می‌شوند و مجموعه یاخته‌های مورد نیاز برای ساختن سامانه‌های بافتی را تولید می‌کنند.

**۷- ترمیم شکستگی استخوان** [گفتار ۱ ـ فصل ۳ یازدهم] در صورت شکستگی استخوان، یاخته‌های نزدیک محل شکستگی، یاخته‌های جدید استخوانی می‌سازند و پس از چند هفته، آسیب بهبود پیدا می‌کند.

**۸- رشد طولی استخوان‌ها** [گفتار ۲ ـ فصل ۴ یازدهم] در نزدیکی دو سر استخوان‌های دراز، دو صفحهٔ غضروفی وجود دارد که صفحات رشد نام دارند. یاخته‌های غضروفی در این صفحات تقسیم می‌شوند. هم‌چنان که یاخته‌های جدیدتر پدید می‌آیند، یاخته‌های استخوانی جانشین یاخته‌های غضروفی قدیمی‌تر می‌شوند و بدین‌ترتیب، استخوان رشد می‌کند.

**۹- لنفوسیت B و T** [گفتار ۳ ـ فصل ۵ یازدهم] از میان لنفوسیت‌های با گیرنده‌های مختلف، آن لنفوسیتی که توانسته است آنتی‌ژن را شناسایی کند به سرعت تکثیر می‌شود و یاخته‌های خاطره و پادتن‌ساز (یا T کشنده) را پدید می‌آورد.

**۱۰- یاخته‌های بنیادی مغز استخوان و مریستمی** [گفتار ۲ ـ فصل ۶ یازدهم] بعضی از یاخته‌های بدن جانداران، مانند یاخته‌های بنیادی مغز استخوان و یاخته‌های مریستمی (سرلادی) گیاهان، می‌توانند دائماً تقسیم شوند. همین یاخته‌ها در شرایط خاصی، مثلاً شرایط نامساعد محیطی یا افزایش بیش از حد یاخته‌ها، تقسیم خود را کاهش می‌دهند و یا متوقف می‌سازند.

**۱۱- ترمیم محل آسیب‌دیده در انسان و گیاه** [گفتار ۲ ـ فصل ۶ یازدهم] در گیاهان در محل آسیب‌دیده، نوعی عامل رشد تولید می‌شود تا با تحریک تقسیم سریع، تودهٔ یاخته‌ای ایجاد شود؛ این تودهٔ یاخته‌ای، مانع نفوذ میکروب‌ها می‌شود. نوعی عامل رشد در پوست انسان، زیر محل زخم تولید می‌شود که با افزایش سرعت تقسیم یاخته‌ها، سرعت بهبود زخم را افزایش می‌دهد.

**۱۲- تومور** [گفتار ۲ ـ فصل ۶ یازدهم] اختلال در تنظیم چرخهٔ یاخته‌ای می‌تواند باعث تقسیم بی‌رویهٔ یاخته‌ها و ایجاد تومور شود.

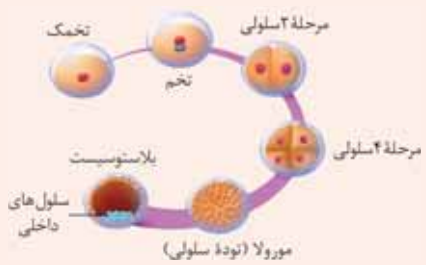
**۱۳- اسپرم‌زایی** [گفتار ۱ ـ فصل ۷ یازدهم] در دیوارهٔ لوله‌های اسپرم‌ساز، یاخته‌های اسپرماتوگونی با تقسیم میتوز، اسپرماتوسیت‌های اولیه را می‌سازند که تقسیم میوز را انجام می‌دهند و نهایتاً، اسپرماتیدها به وجود می‌آیند که به اسپرم تمایز می‌یابند.

**۱۴- LH و رشد اندام‌ها** [گفتار ۱ ـ فصل ۷ یازدهم] هورمون LH یاخته‌های بینابینی را تحریک می‌کند تا هورمون تستوسترون را ترشح کنند. تستوسترون ضمن تحریک رشد اندام‌های مختلف به ویژه ماهیچه‌ها و استخوان‌ها، باعث بروز صفات ثانویهٔ در مردان می‌شود.

**۱۵- تخمک‌زایی** [گفتار ۲ ـ فصل ۷ یازدهم] در دوران جنینی، اووگونی‌های موجود در تخمدان دختران تقسیم میتوز را انجام می‌دهند و اووسیت‌های اولیه را می‌سازند. پس از بلوغ، در هر ماه یکی از اووسیت‌های اولیه میوز را انجام می‌دهد و اووسیت ثانویه و نخستین گویچهٔ قطبی را تولید می‌کند. در صورتی که لقاح صورت بگیرد، اووسیت ثانویه میوز II را نیز انجام می‌دهد و تخمک تولید می‌شود.

**۱۶- فولیکول و FSH** [گفتار ۲ ـ فصل ۷ یازدهم] در سطح یاخته‌های فولیکولی گیرنده‌هایی وجود دارند که FSH به آن‌ها متصل می‌شود. فولیکول را تحریک کرده تا بزرگ و بالغ شود؛ این کار، با تکثیر و حجیم‌شدن یاخته‌های فولیکولی رخ می‌دهد.

**۱۷- هورمون‌های تخمدانی و رحم** [گفتار ۲ ـ فصل ۷ یازدهم] استروژن و پروژسترون باعث رشد دیوارهٔ داخلی رحم و ضخیم‌شدن آن شده و با این کار، رحم را برای بارداری احتمالی آماده می‌کنند.




**۱۸- وقایع پس از لقاح** [گفتار ۳ ـ فصل ۷ یازدهم] حدود ۳۶ ساعت پس از لقاح، یاختهٔ تخم تقسیمات میتوزی خود را شروع می‌کند. نتیجهٔ آن، ایجاد تودهٔ یاخته‌ای است که تقریباً به اندازهٔ تخم است؛ زیرا یاخته‌های حاصل از تقسیم رشد نکرده‌اند. با ادامهٔ تقسیمات میتوزی، ابتدا مورولا و سپس بلاستوسیست تشکیل می‌شوند.

**۱۹- چندقلوزایی** [گفتار ۳ ـ فصل ۷ یازدهم] در حین تقسیمات اولیهٔ تخم ممکن است یاخته‌های بنیادی از هم جدا شوند یا تودهٔ درونی بلاستوسیست به دو یا چند قسمت تقسیم شود.

۲۰- **بکرزایی** [گفتار ۴ ـ فصل ۷ یازدهم] در بکرزایی، تخمک بدون لقاح شروع به تقسیم می‌کند و موجود هاپلوئید (زنبور نر) را به وجود می‌آورد. یا از روی کروموزوم‌های تخمک یک نسخه ساخته می‌شود تا کروموزوم‌های تخمک دو برابر شوند و سپس شروع به تقسیم می‌کند و موجود دیپلوئید (در مار) را به وجود می‌آورد.

۲۱- **تکثیر غیرجنسی در گیاهان** [گفتار ۱ ـ فصل ۸ یازدهم] در گیاهان، روش‌های مختلفی برای تکثیر غیرجنسی وجود دارد که در آن‌ها، تولید گیاه جدید با تقسیم یاخته‌های مریستمی انجام می‌شود. تولید پایه‌های جدید توسط جوانه‌های ریشهٔ درخت آلبالو، قلمه‌زدن، پیوند زدن، خوابانیدن، تکثیر با کمک ساقه‌های تخصص‌یافته (مثل زمین‌ساقه، غده، پیاز و ساقهٔ رونده) و فن کشت بافت، مثال‌هایی از تکثیر غیرجنسی در گیاهان هستند.

۲۲- **گامت‌زایی در گیاهان** [گفتار ۲ ـ فصل ۸ یازدهم] با انجام تقسیم میوز در کیسهٔ گرده و یا تخمک، یاخته‌های هاپلوئیدی به وجود می‌آیند که با تقسیم میتوز خود، به ترتیب، دانهٔ گرده و کیسهٔ رویانی را ایجاد می‌کنند. در دانهٔ گرده، یاختهٔ زایشی تقسیم می‌شود و اسپرم‌ها را می‌سازد. یاختهٔ تخم‌زا در کیسهٔ رویانی نیز گامت ماده محسوب می‌شود.

۲۳- **رشد و نمو تخم اصلی و ضمیمه** [**گفتار ۲ و ۳ ـ فصل ۸ یازدهم**] تخم اصلی، با تقسیمات میتوزی متوالی خود، رویان را ایجاد می‌کند. اولین تقسیم میتوز تخم اصلی، به صورت نامساوی انجام می‌شود. تخم ضمیمه نیز با تقسیم‌های متوالی خود، بافتی به‌نام آندوسپرم را تشکیل می‌دهد که ذخیرهٔ غذایی برای رشد رویان است. در صورتی که تقسیم میتوز تخم ضمیمه بدون سیتوکینز رخ دهد، آندوسپرم به صورت مایع دیده می‌شود.

۲۴- **هورمون‌های گیاهی محرک رشد و بازدارندهٔ رشد** [**گفتار ۱ ـ فصل ۹ یازدهم**] هورمون اکسین و اتیلن، می‌توانند باعث کاهش رشد جوانهٔ جانبی شوند. آبسیزیک‌اسید، رشد کل گیاه را کاهش می‌دهد. جیبرلین و سیتوکینین می‌توانند باعث تحریک تقسیم یاخته‌ای شوند.

۲۵- **انتقال صفات** [گفتار ۱ ـ فصل ۱ دوازدهم] دستورالعمل‌های هسته در حین تقسیم از یاخته‌ای به یاختهٔ دیگر و در حین تولیدمثل از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شود.

۲۶- **تقسیم باکتری‌ها** [گفتار ۲ ـ فصل ۱ دوازدهم] تقسیم باکتری اشریشیا کلای حدود ۲۰ دقیقه طول می‌کشد.

۲۷- **تنظیم سرعت همانندسازی** [گفتار ۲ ـ فصل ۱ دوازدهم] در ابتدای تقسیمات یاخته‌ای، تعداد جایگاه آغاز همانندسازی کم‌تر و هنگامی که سرعت تقسیم یاخته زیاد می‌شود، تعداد جایگاه آغاز همانندسازی نیز افزایش می‌یابد. هنگام کاهش سرعت تقسیم نیز تعداد جایگاه آغاز کاهش می‌یابد. مثلاً در دوران جنینی در مراحل مورولا و بلاستولا سرعت تقسیم زیاد و تعداد جایگاه‌های آغاز مورد استفاده هم زیاد است ولی پس از تشکیل اندام‌ها، سرعت تقسیم و تعداد نقاط آغاز کم می‌شوند.

۲۸- **تنظیم سرعت رونویسی** [گفتار ۱ ـ فصل ۲ دوازدهم] بعضی ژن‌ها، مانند ژن‌های سازندهٔ rRNA در یاخته‌های تازه تقسیم‌شده بسیار فعال هستند؛ زیرا باید تعداد زیادی از این نوع RNA را بسازند.

۲۹- **تقسیم میتوکندری** [گفتار ۱ ـ فصل ۵ دوازدهم] میتوکندری (راکیزه) همراه با یاخته و نیز مستقل از آن تقسیم می‌شود.

۳۰- **تقسیم کلروپلاست** [گفتار ۱ ـ فصل ۶ دوازدهم] کلروپلاست (سبزدیسه) همراه با یاخته و نیز مستقل از آن تقسیم می‌شود.

۳۱- **اهمیت تولید جانوران تراژنی** [گفتار ۳ ـ فصل ۷ دوازدهم] دلایل متعددی برای طراحی و تولید جانوران تراژنی وجود دارد. یکی از این دلایل، مطالعهٔ عملکرد ژن‌های خاص در بدن مثل ژن‌های عوامل رشد و نقش آن‌ها در رشد بهتر دام‌هاست.

۳۲- **تغذیهٔ جوجهٔ کاکایی** [گفتار ۱ ـ فصل ۸ دوازدهم] دریافت غذای کافی برای بقا و رشد جوجهٔ کاکایی اهمیت دارد. هیچ جانداری نمی‌تواند بدون انرژی زنده بماند، رشد و فعالیت کند. حفظ هر یک از ویژگی‌های جانداران مانند رشد و نمو به در اختیار داشتن ATP وابسته است.

۳۳- **انتخاب جفت در جیرجیرک نر** [گفتار ۲ ـ فصل ۸ دوازدهم] جیرجیرک نر اسپرم‌های خود را درون کیسه‌ای به همراه مقداری مواد مغذی به جانور ماده منتقل می‌کند. جانور ماده هنگام تشکیل تخم و برای رشد و نمو جنین به مواد مغذی درون کیسه نیاز دارد.

*این بود خلاصه‌ای از کل تقسیم‌های کتاب درسی! اگه هر کدوم از این موارد رو احساس می‌کنین کامل بلد نیستین، می‌تونین با توجه به آدرس اون مورد به کتاب میکرو پایه (یا کتاب‌های دهم و یازدهم) مراجعه کنین.*

**نکته** به‌طور کلی، به یاد داشته باشید که تعداد جایگاه‌های همانندسازی متناسب با سرعت تقسیم یاخته است. مثلاً، در یاخته‌های تومورها، سرعت تقسیم زیاد است و به همین دلیل، تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی زیاد است. برعکس، تحت تأثیر هورمون اتیلن بر جوانهٔ جانبی گیاه، سرعت تقسیم یاخته‌ها کاهش می‌یابد و لذا، تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی هم کم‌تر از حالت عادی می‌شود.

مقایسه

## همانندسازی در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها

*این قسمت، در واقع خلاصه‌ای از چیزایی هست که راجع به همانندسازی در باکتری‌ها و یوکاریوت‌ها گفتیم؛ اما با یه سبک و بیان دیگه.*

### تفاوت

۱- **زمان همانندسازی DNAی اصلی:** در یاخته‌های یوکاریوتی، همانندسازی DNA در **مرحلهٔ S اینترفاز** انجام می‌شود. در یاخته‌های پروکاریوتی، **هسته، تقسیم میتوز، میوز و چرخهٔ یاخته‌ای وجود ندارد**. همانندسازی DNAی باکتری زمانی انجام می‌شود که یاخته می‌خواهد تقسیم شود.

نکته همانندسازی DNA در باکتری اِکلای، حدود ۲۰ دقیقه طول می‌کشد.

نکته چون همانندسازی DNA در مرحلهٔ S اینترفاز رخ می‌دهد و در اینترفاز، کروماتین در یاخته وجود دارد و نه کروموزوم، درست‌تر است که بگوییم در مرحلهٔ S، در واقع کروماتین همانندسازی می‌شود نه کروموزوم.

۲- **تعداد نقاط آغاز همانندسازی:** در DNAی باکتری، به‌طور معمول فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی وجود دارد اما در DNAی یوکاریوتی، تعداد زیادی جایگاه آغاز همانندسازی در بخش‌های مختلف DNA وجود دارد.

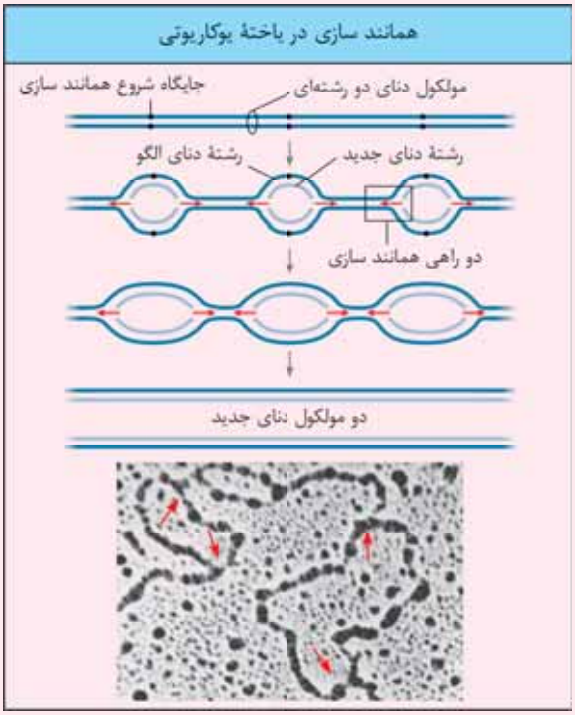
### شباهت

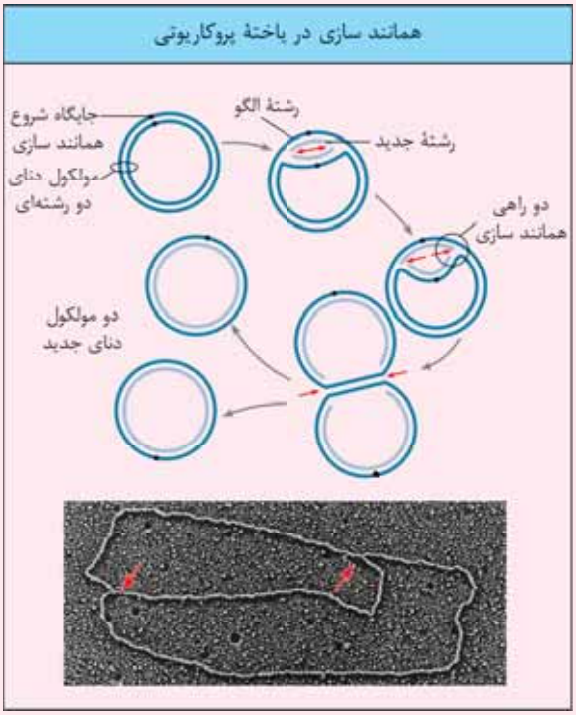
۳- **دوراهی‌های همانندسازی:** در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها، در هر جایگاه آغاز، **۲ دوراهی همانندسازی** تشکیل می‌شود.

نکته به مجموعهٔ ۲ دوراهی همانندسازی تشکیل‌شده در یک جایگاه آغاز، حباب همانندسازی گفته می‌شود. در هر حباب همانندسازی، حداقل چهار آنزیم DNAپلی‌مراز و ۲ آنزیم هلیکاز وجود دارد.

۴- **همانندسازی دوجهتی:** در هر جایگاه آغاز، همانندسازی به صورت **دوجهتی** شروع می‌شود.

۵- **آنزیم‌های مؤثر:** مهم‌ترین آنزیم‌های دخیل در همانندسازی، هلیکاز و DNAپلی‌مراز هستند. هلیکاز، در شکستن پیوندهای هیدروژنی بین بازهای آلی و باز کردن مارپیچ DNA نقش دارد و آنزیم DNAپلی‌مراز، نوکلئوتیدهای جدید را در مقابل رشتهٔ الگو قرار می‌دهد و پیوندهای فسفودی‌استر را تشکیل می‌دهد. علاوه‌بر این، در ویرایش اشتباهات احتمالی نیز نقش دارد.



# صفحات طلایی گفتار ۲

## شکل‌های گفتار ۲

### طرح‌های مختلف برای همانندسازی

- ✓ فقط در همانندسازی حفاظتی است که خود مولکول DNAی اولیه نیز پس از همانندسازی دیده می‌شود.
- ✓ در همانندسازی حفاظتی، دو مولکول DNA از نظر ترتیب نوکلئوتیدها و اندازه مشابه هستند ولی از نظر سن رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی با هم تفاوت دارند. در همانندسازی نیمه حفاظتی، دو مولکول DNA از هر نظر کاملاً مشابه هستند.
- ✓ در همانندسازی غیرحفاظتی ممکن است در بخش‌هایی از یک مولکول DNA، نوکلئوتیدهای جدید در مقابل یک‌دیگر قرار بگیرند.

### آزمایشات مزلسون و استال و نتایج آن

- ✓ باکتری اشرشیاکلای، یک باکتری میله‌ای‌شکل هست. مدت زمان هر بار همانندسازی DNA در باکتری اِکلای، حدود ۲۰ دقیقه است.
- ✓ DNAهای دارای $N^{15}$، سنگین هستند و در ته لوله قرار می‌گیرند. DNAهای دارای $N^{15}$ و $N^{14}$، چگالی متوسطی دارند و در وسط لوله قرار می‌گیرند و DNAهای دارای $N^{14}$، سبک هستند و در بالای لوله قرار می‌گیرند.
- ✓ در زمان صفر و ۲۰ دقیقه، فقط یک نوار در لوله مشاهده می‌شود. اما پس از ۴۰ دقیقه، دو نوار در لوله مشاهده می‌شود.
- ✓ پس از ۲۰ دقیقه و ۴۰ دقیقه، یک نوار در وسط لوله تشکیل می‌شود. نوار در پایین لوله، فقط در زمان صفر مشاهده می‌شود. نوار در بالای لوله، فقط در زمان ۴۰ دقیقه مشاهده می‌شود.

### همانندسازی دِنا

- ✓ در هر نقطهٔ آغاز همانندسازی، ۲ دوراهی همانندسازی تشکیل می‌شود و همانندسازی در دو جهت انجام می‌شود.
- ✓ در هر حباب همانندسازی، دو آنزیم هلیکاز وجود دارد.
- ✓ در هر حباب همانندسازی، بر روی هر رشتهٔ DNA، حداقل دو آنزیم DNAپلی‌مراز وجود دارد.

### همانندسازی دِنا

- ✓ هم‌زمان با تشکیل رشتهٔ DNAی جدید، رشتهٔ الگو و بخش‌هایی از رشتهٔ جدید که ساخته شده‌اند، دور یک‌دیگر پیچ می‌خورند و مجدداً، ساختار مارپیچ دورشته‌ای را ایجاد می‌کنند.

### همانندسازی دوجهتی دِنا در پروکاریوت‌ها

- ✓ در DNAی حلقوی که فقط یک جایگاه آغاز دارد، جایگاه پایان در مقابل جایگاه آغاز همانندسازی قرار دارد.
- ✓ پس از پایان همانندسازی، در یکی از مولکول‌های حاصل از همانندسازی، رشتهٔ داخلی جدید است و در مولکول دیگر، رشتهٔ خارجی.
- ✓ در همانندسازی DNAی باکتری‌ها، آنزیم‌های DNAپلی‌مراز ابتدا از یک‌دیگر دور می‌شوند و سپس به سمت یک‌دیگر حرکت می‌کنند.

### همانندسازی در یوکاریوت‌ها

- ✓ در DNAی خطی، چندین جایگاه آغاز همانندسازی وجود دارد.
- ✓ در هر جایگاه آغاز همانندسازی، ۲ دوراهی همانندسازی تشکیل و همانندسازی در دو جهت انجام می‌شود.

## عبارت‌نامهٔ گفتار ۲

۲۷. مادهٔ حاوی اطلاعات یاخته ← DNA

۲۸. عوامل ایجادکنندهٔ تولید رشته‌های مکمل از روی هر یک از رشته‌های DNA ← ۱- مدل واتسون و کریک، ۲- رابطهٔ مکملی

۲۹. ساخته شدن مولکول DNAی جدید از روی DNAی قدیمی ← همانندسازی

۳۰. ورود دو رشتهٔ DNAی قدیمی به یاختهٔ حاصل از تقسیم به صورت دست‌نخورده ← همانندسازی حفاظتی

۳۱. حفظ DNAی قدیمی در یکی از یاخته‌های حاصل از تقسیم ← همانندسازی حفاظتی

۳۲. یکی از دو رشتهٔ DNA در یاخته‌های حاصل از تقسیم، مربوط به DNAی اولیه است ← همانندسازی نیمه‌حفاظتی

۳۳. وجود قطعاتی از رشته‌های قدیمی و جدید در DNA به صورت پراکنده در هر DNAی جدید ← همانندسازی غیرحفاظتی

۳۴. روش مزلسون و استال برای تشخیص رشته‌های DNAی جدید و قدیمی ← نشانه‌گذاری DNA با ایزوتوپ سنگین نیتروژن $N^{15}$

۳۵. نیتروژن موجود در DNAهای معمولی ← $N^{14}$

۳۶. مدت زمان همانندسازی در باکتری اِکلای ← ۲۰ دقیقه

۳۷. محلول استفاده‌شده برای سانتریفیوژ نمونه‌های DNA در آزمایش مزلسون و استال ← سزیم کلرید

۳۸. اساس حرکت مواد در سانتریفیوژ ← چگالی

۳۹. موادی که در سانتریفیوژ تندتر حرکت می‌کنند ← چگالی بیشتری دارند و در قسمت‌های پایین‌تر لوله قرار می‌گیرند.

۴۰. الگوی همانندسازی ← مولکول DNAی اولیه

۴۱. آنزیمی که نوکلئوتیدها را به صورت مکمل کنار یک‌دیگر قرار می‌دهد ← DNAپلی‌مراز

۴۲. واحدهای سازندهٔ DNA که در کنار هم، نسخهٔ مکمل DNAی الگو را می‌سازند ← نوکلئوتیدهای سه‌فسفاته

۴۳. آنزیم بازکنندهٔ مارپیچ DNA، آنزیم بازکنندهٔ دو رشتهٔ DNA، آنزیم شکنندهٔ پیوند هیدروژنی ← هلیکاز

۴۴. انواعی از آنزیم که با همدیگر فعالیت می‌کنند تا یک رشتهٔ DNA در مقابل رشتهٔ الگو ساخته شود ← چند آنزیم که یکی از مهم‌ترین آن‌ها، آنزیم DNAپلی‌مراز است.
۴۵. آنزیمی که نوکلئوتیدهای مکمل را با نوکلئوتیدهای رشتهٔ الگو جفت می‌کند ← DNAپلی‌مراز
۴۶. محلی که دو رشتهٔ DNA از یک‌دیگر جدا شده‌اند، ساختار Yمانند در همانندسازی ← دوراهی همانندسازی
۴۷. عاملی که اضافه‌شدن یک نوکلئوتید به رشتهٔ الگو، به آن بستگی دارد ← نوع بازی که در رشتهٔ الگو قرار دارد
۴۸. عاملی که تا حدود زیادی باعث انجام همانندسازی با دقت زیاد می‌شود ← رابطهٔ مکملی بین نوکلئوتیدها
۴۹. توانایی بریدن DNA، توانایی حذف نوکلئوتید غلط، توانایی شکستن پیوند فسفودی‌استر و جدا کردن نوکلئوتید از DNA، توانایی ویرایش اشتباهات همانندسازی ← توانایی نوکلئازی در آنزیم DNAپلی‌مراز
۵۰. توانایی تشکیل پیوند فسفودی‌استر، توانایی تولید رشتهٔ جدید DNA ← فعالیت پلی‌مرازی (بسپارازی) در DNAپلی‌مراز
۵۱. فعالیت نوکلئازی DNAپلی‌مراز که باعث تصحیح اشتباهات در همانندسازی می‌شود ← ویرایش
۵۲. پروکاریوت‌ها ← همهٔ باکتری‌ها
۵۳. یوکاریوت‌ها ← آغازیان، قارچ‌ها، گیاهان، جانوران
۵۴. یاخته‌ای که اطلاعات وراثتی آن در غشا محصور نشده است / کروموزوم اصلی به صورت DNAی حلقوی است / کروموزوم اصلی در سیتوپلاسم قرار دارد / کروموزوم اصلی به غشای یاخته متصل است ← پروکاریوت
۵۵. مولکولی از DNA که باکتری‌ها با کمک آن‌ها، ویژگی‌های اضافه‌تری را کسب می‌کنند ← پلازمید (نوعی DNAی حلقوی)
۵۶. یاختهٔ دارای کروموزوم اصلی به صورت خطی / کروموزوم اصلی دارای پروتئین هیستون / کروموزوم اصلی درون هسته / دارای مقداری DNAی سیتوپلاسمی در میتوکندری و کلروپلاست ← یوکاریوت
۵۷. محل قرارگیری DNAی خطی در یوکاریوت‌ها ← هسته
۵۸. محل قرارگیری DNAی حلقوی در یوکاریوت‌ها ← میتوکندری و کلروپلاست
۵۹. یاخته‌های دارای DNAی حلقوی ← باکتری‌ها، یاخته‌های یوکاریوت دارای میتوکندری، کلروپلاست یا هر دو
۶۰. یاخته‌های دارای یک جایگاه آغاز همانندسازی در DNAی اصلی ← اغلب باکتری‌ها
۶۱. نقطهٔ جایگاه همانندسازی ← جایگاه خاصی در DNA که دو رشتهٔ DNA از هم باز می‌شوند و همانندسازی شروع می‌شود
۶۲. محل تشکیل حباب همانندسازی ← نقطهٔ جایگاه همانندسازی
۶۳. یاخته‌های دارای همانندسازی دوجهتی ← پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها
۶۴. یاخته‌هایی که در یک جایگاه آغاز همانندسازی، ۲ دوراهی همانندسازی تشکیل می‌دهند ← پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها
۶۵. پایان همانندسازی در جایگاه مقابل جایگاه آغاز همانندسازی ← همانندسازی در DNAی حلقوی باکتری‌ها
۶۶. دلایل بسیار پیچیده‌بودن همانندسازی در یوکاریوت‌ها ← وجود مقدار زیاد DNA در چندین کروموزوم که هر کدام از آن‌ها، چندین برابر یک DNAی باکتری هستند.
۶۷. حل مسئله مدت زمان زیاد لازم برای همانندسازی مادهٔ وراثتی یوکاریوت‌ها ← شروع همانندسازی در چند نقطه از هر کروموزوم
۶۸. داشتن جایگاه‌های آغاز همانندسازی متعدد ← DNA در یوکاریوت‌ها
۶۹. توانایی تغییر در تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی یک مولکول DNA ←یوکاریوت‌ها

## قیدنامهٔ گفتار ۲

**الف) هر / همهٔ / قطعاً / هیچ‌کدام / هرگز / ...**

۲۸. در همانندسازی حفاظتی، هر دو رشتهٔ دِنای قبلی به صورت دست‌نخورده باقی مانده و وارد یکی از یاخته‌های حاصل از تقسیم می‌شوند.
۲۹. در همانندسازی نیمه‌حفاظتی، در هر یاخته یکی از دو رشتهٔ دِنا مربوط به دِنای اولیه است و رشتهٔ دیگر با نوکلئوتیدهای جدید ساخته شده است. چون در هر یاختهٔ حاصل، فقط یکی از دو رشتهٔ دِنای قبلی وجود دارد، به آن نیمه‌حفاظتی می‌گویند.
۳۰. در همانندسازی غیرحفافظتی، هر کدام از دِناهای حاصل، قطعاتی از رشته‌های قبلی و رشته‌های جدید را به صورت پراکنده در خود دارند.
۳۱. در آزمایش مزلسون و استال، دِنای باکتری‌های اولیه پس از گریز دادن، یک نوار در انتهای لوله تشکیل دادند. چون هر دو رشتهٔ دِنای آن‌ها دارای ۱۵N بود و چگالی زیادی داشت (سنگین بود).
۳۲. در محلی که دو رشتهٔ دِنا از هم جدا می‌شوند، دو ساختار Yمانند به وجود می‌آید که به هر یک از آن‌ها، دوراهی همانندسازی گفته می‌شود.
۳۳. در همانندسازی، هر نوکلئوتیدی که به انتهای رشتهٔ در حال تشکیل اضافه می‌شود، باید با نوکلئوتید روی رشتهٔ الگو مکمل باشد.
۳۴. برای جلوگی از اشتباه در همانندسازی، آنزیم DNAپلی‌مراز پس از برقراری هر پیوند فسفودی‌استر، برمی‌گردد و رابطهٔ مکملی نوکلئوتید را بررسی می‌کند.
۳۵. هنگام اضافه‌شدن هر نوکلئوتید سه‌فسفاته به انتهای رشتهٔ پلی‌نوکلئوتید، دو تا از فسفات‌های آن از مولکول جدا می‌شوند.
۳۶. در پروکاریوت‌ها (پیش‌هسته‌ای‌ها) که شامل همهٔ باکتری‌ها می‌شوند، مولکول‌های وراثتی در غشا محصور نشده و کروموزوم (فام‌تن) اصلی به صورت یک مولکول DNAی حلقوی است که در سیتوپلاسم قرار دارد و به غشای پلاسمایی یاخته متصل است.

۳۷. در یوکاریوت‌ها (هوسته‌ای‌ها)، DNA در **هر** کروموزوم به صورت خطی است و مجموعه‌ای از پروتئین‌ها که **مهم‌ترین** آن‌ها هیستون‌ها هستند، همراه آن قرار دارند.
۳۸. علت پیچیدگی بیشتر همانندسازی در یوکاریوت‌ها، وجود مقدار زیاد DNA و قرار داشتن در **چندین** کروموزوم است که **هر** کدام از آن‌ها، چندین برابر DNAی باکتری هستند. بنابراین، اگر فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در **هر** کروموزوم وجود داشته باشد، مدت زمان زیادی برای همانندسازی لازم است. به همین علت، در یوکاریوت‌ها، آغاز همانندسازی در **چندین** نقطه در **هر** کروموزوم انجام می‌شود.

**ب) بیشتر / بسیاری / اغلب / معمولاً / به‌طور معمول / ...**

۳۹. دِناهایی که با $^{15}N$ ساخته می‌شوند، نسبت به دِنای معمولی که در نوکلئوتیدهای خود $^{14}N$ دارد، چگالی **بیشتری** دارند.
۴۰. مزلسون و استال، برای سنجش چگالی دِناها در **هر** فاصلهٔ زمانی، دِنای باکتری‌ها را استخراج و در محلولی از سزیم کلرید در سرعتی **بسیار** بالا گریز می‌دادند.
۴۱. در یوکاریوت‌ها، کروموزوم‌ها و **بیشتر** DNA درون هسته قرار دارند و **مقداری** DNA نیز در سیتوپلاسم وجود دارد.
۴۲. **اغلب** پروکاریوت‌ها **فقط** یک جایگاه آغاز همانندسازی در DNAی خود دارند. این نقطه، در بخش **خاصی** از DNA قرار دارد.
۴۳. همانندسازی یوکاریوت‌ها **بسیار پیچیده‌تر** از پروکاریوت‌هاست.

**ج) بعضی / برخی / تعدادی از / گروهی از / گاهی / به‌ندرت ...**

۴۴. اگرچه آنزیم دِنابسپاراز نوکلئوتیدها را براساس رابطهٔ مکملی مقابل هم قرار می‌دهد، ولی **گاهی** در این مورد اشتباهی هم صورت می‌گیرد.

**د) ممکن است / می‌تواند / ممکن نیست / نمی‌تواند / ...**

۴۵. **قبل از** همانندسازی، باید پیچ‌وتاب دِنا باز شود و پروتئین‌های همراه آن (هیستون‌ها) از آن جدا شوند تا همانندسازی **بتواند** انجام شود.
۴۶. برای حذف نوکلئوتید نادرست، آنزیم DNAپلی‌مراز **باید بتواند** پیوند فسفودی‌استر را بشکند و نوکلئوتید نادرست را از DNA جدا کند.
۴۷. پروکاریوت‌ها (پیش‌هسته‌ای‌ها)، علاوه‌بر DNAی اصلی **ممکن است** مولکول‌هایی از DNAی دیگر به‌نام پلازمید (دیسک) داشته باشند.
۴۸. تعداد نقطه‌های آغاز همانندسازی در یوکاریوت‌ها **می‌تواند** بسته به مراحل رشد و نمو تنظیم شود.

**ه) سایر قیدها**

۴۹. با توجه به مدل واتسون و کریک و وجود رابطهٔ مکملی بین بازها **تا حد زیادی** همانندسازی دِنا قابل‌توضیح است.
۵۰. پس از **چندین** مرحله رشد و تکثیر باکتری‌ها در محیط کشت حاوی $^{15}N$، باکتری‌هایی تولید شدند که دِنای **سنگین‌تری** نسبت به باکتری‌های اولیه داشتند.
۵۱. در گریزانه (سانتریفیوژ)، میزان حرکت مواد در محلول براساس چگالی است و مواد **سنگین‌تر**، **تندتر** حرکت می‌کنند.
۵۲. در محلی که قرار است همانندسازی انجام شود، دو رشته از هم باز می‌شوند. بقیهٔ قسمت‌ها بسته هستند و **به تدریج** باز می‌شوند.
۵۳. در همانندسازی عوامل **متعددی** مؤثر هستند که **مهم‌ترین** آن‌ها به‌شرح زیر است: ۱- مولکول DNA، ۲- نوکلئوتیدها، ۳- آنزیم‌ها.
۵۴. یکی از **مهم‌ترین** آنزیم‌هایی که فعالیت می‌کند تا رشتهٔ DNA در مقابل رشتهٔ الگو ساخته شود، آنزیم DNAپلی‌مراز (دِنابسپاراز) است که نوکلئوتیدهای مکمل را با نوکلئوتیدهای رشتهٔ الگو جفت می‌کند.
۵۵. همانندسازی DNA با دقت **زیادی** انجام می‌شود؛ این دقت **تا حدود زیادی** مربوط به رابطهٔ مکملی بین نوکلئوتیدهاست.

## تایم لاین گفتار ۲

**آزمایش‌های مزلسون و استال**

کشت باکتری‌های E.coli در محیط حاوی $^{15}N$ ← ورود $^{15}N$ در ساختار بازهای آلی نیتروژن‌دار باکتری‌ها ← چند مرحله رشد و تکثیر باکتری‌ها ← تولید باکتری‌های واجد دِنای سنگین‌تر نسبت به باکتری‌های اولیه ← انتقال باکتری به محیط کشت حاوی $^{14}N$ ← تقسیم باکتری‌ها ← جداسازی و بررسی باکتری‌ها در فواصل ۲۰ دقیقه‌ای ← استخراج DNAی باکتری‌ها ← سانتریفیوژ کردن در محلولی از سزیم کلرید با سرعت بالا ← تشخیص نوع DNA در هر مرحله ← مشخص‌شدن این‌که همانندسازی به صورت نیمه‌حفاظتی انجام می‌شود

**مراحل همانندسازی**

**قبل از همانندسازی (فعالیت هلیکاز):** باز شدن پیچ‌وتاب DNA ← جدا شدن پروتئین‌های همراه DNA (هیستون‌ها) از آن ← باز شدن دو رشتهٔ الگو از یک‌دیگر
**آغاز همانندسازی:** حرکت هلیکاز در جلوی دوراهی همانندسازی و باز کردن دو رشتهٔ DNAی الگو ← فعالیت گروهی از آنزیم‌ها، از جمله DNAپلی‌مراز برای ساخت رشتهٔ DNA در مقابل رشتهٔ الگو ← اضافه‌کردن نوکلئوتیدهای سه‌فسفاته به انتهای رشتهٔ در حال تشکیل توسط آنزیم DNAپلی‌مراز ← جدا شدن دو گروه فسفات ← اتصال نوکلئوتید تک‌فسفاته به رشته ← بررسی مجدد رابطهٔ مکملی نوکلئوتید توسط آنزیم DNAپلی‌مراز و انجام عمل ویرایش (فعالیت نوکلئازی) در صورت بروز اشتباه ← تکرار مراحل قبل تا اتمام همانندسازی

**مراحل ویرایش توسط آنزیم DNAپلی‌مراز**

تشکیل پیوند فسفودی‌استر بین نوکلئوتید جدید و رشتهٔ در حال تشکیل ← بازگشت آنزیم DNAپلی‌مراز و بررسی رابطهٔ مکملی نوکلئوتید ← شکستن پیوند فسفودی‌استر و جدا کردن نوکلئوتید نادرست

**سرعت تقسیم و تعداد نقاط آغاز همانندسازی در دوران جنینی**

**مراحل مورولا و بلاستولا (بلاستوسیست):** سرعت تقسیم و تعداد نقاط آغاز زیاد است.
**پس از تشکیل اندام‌ها:** سرعت تقسیم و تعداد نقاط آغاز کم است.