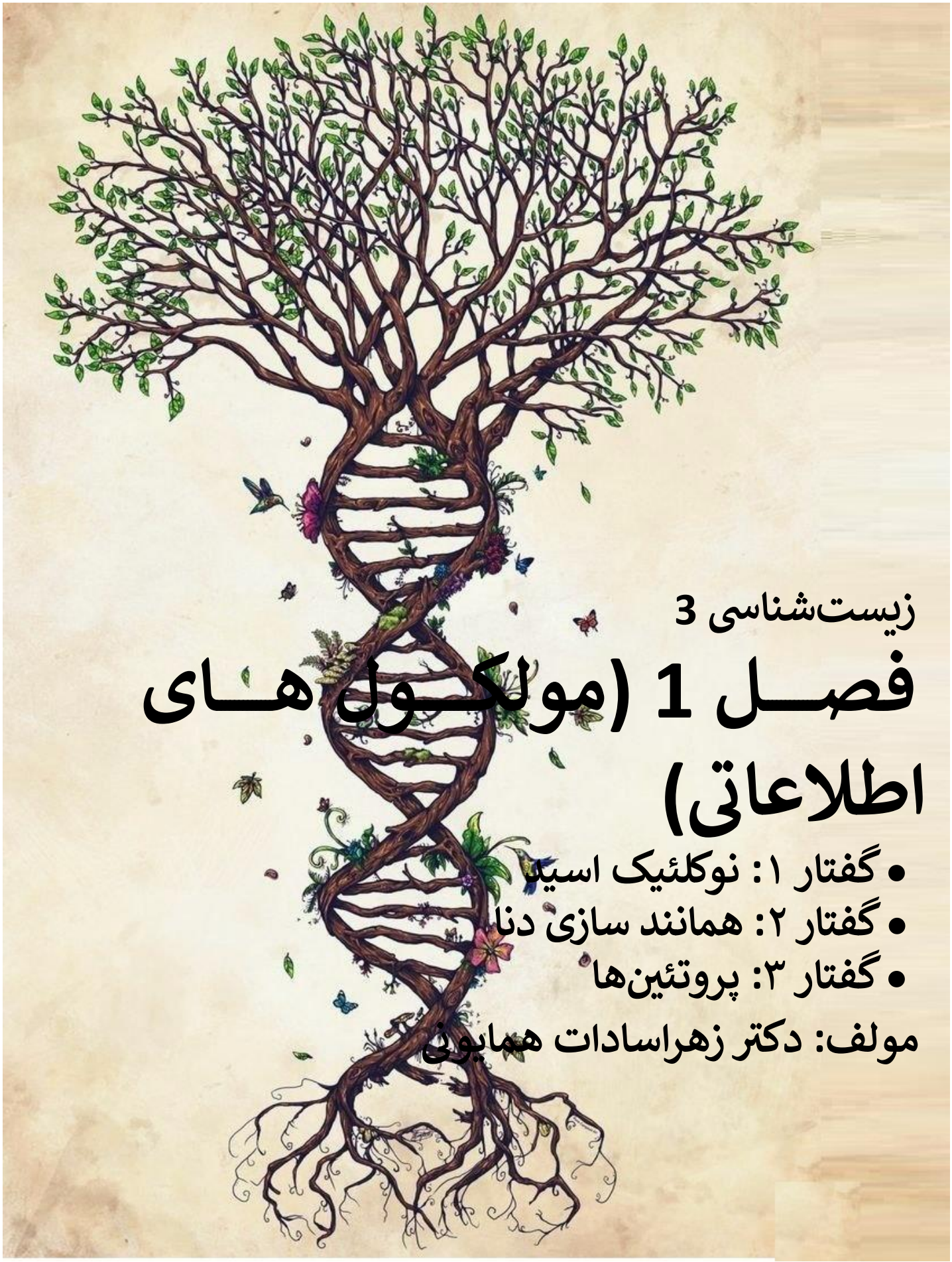


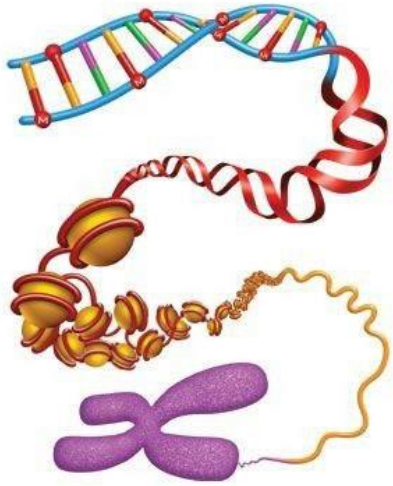
زیست‌شناسی 3

# فصل 1 (مولکول های اطلاعاتی)

- گفتار ۱: نوکلئیک اسید
- گفتار ۲: همانند سازی دنا
- گفتار ۳: پروتئین‌ها

مولف: دکتر زهراسادات همایونی

# فصل 1
# گفتار 1: نوکلئیک اسید



**یک واقعیت:**

همه ویژگی‌های یک سلول که در نهایت ویژگی جاندار را می‌سازد تحت فرمانِ اطلاعاتی است که درون اندامک 2 غشایی هسته حفاظت می‌شود. و هنگام تقسیمِ میتوز بطور کامل از سلولی به سلولِ دیگر منتقل شده و طی میوز در تولید مثل جنسی، بخشی از این اطلاعات به نسل بعد منتقل می‌شود. این اطلاعات، همان ماده ژنتیک بوده و تشکیل شده از کروموزوم‌هاست که در هر جاندار تعداد این کروموزوم‌ها متفاوت است. کروموزوم‌ها (فامتن) در ساختارشان DNA و پروتئین (هیستون) قرار دارد (ساختار نوکلئو پروتئینی دارند) این ماده ژنتیک دارای 3 ویژگی می‌باشد:

1- در سرتاسر زندگی سلول این مواد ثابت بوده

2- تمام اطلاعات را در خودش حفظ می‌کند.

3- از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شود.

**** کشف‌های گیج‌کننده این فصل رو طبقه‌بندی کن تو ذهنت تا من واست داستانشو بگم:**

- کشف وجود نوکلئیک اسیدها ← فردریک میشیر (سوئیس)
- کشف وظیفه نوکلیک اسید DNA ← بار اول: گریفیت (انگلیسی)

← بعد: ایوری و همکاران

## کشف‌های مربوط به ساختار نوکلئیک اسید DNA

✓ بازهای آلی ← دانشمندان
چارگف

✓ ویکلینز و فرانکلین

✓ واتسون و کریک (مدل مولکولی)

A) فردریک مشیر (دانشمند سوئیسی)

- آزمایش: استخراج ماده سفیدرنگی از هسته گلبول سفید انسان و اسپرم ماهی که ترکیبات آلی آن کمی متفاوت بود و آن را به عنوان ترکیب زیستی جدید معرفی کرد. و آن را چون درون هسته بود و خاصیت اسیدی داشت، نوکلئیک اسید نامید.
- نتیجه: کشف نوکلئیک اسید.

**فعالیت دانشمندان برای شناخت ساختار دنا**

۱- **گریفیت:** با بررسی اثرات تزریق دو نوع استرپتوکوکوس نومونیا روی موش‌ها، مشخص نمود ماده وراثتی می‌تواند از یاخته‌ای به یاخته دیگر منتقل شود ولی ماهیت ماده وراثتی و چگونگی انتقال آن را متوجه نشد.

۲- **ایوری:** با بررسی اثرات بخش‌های مختلف حاصل از سانتریفیوژ عصاره سلولی باکتری کپسول‌دار به کمک آنزیم‌های تخریب‌کننده مواد آلی، مشخص نمود که عامل انتقال صفات، دنا است.

۳- **چارگاف:** با تحقیق روی دناهای جانداران مختلف نشان داد که مقدار A با T و C با G برابر است.

۴- **ویلکینز و فرانکلین:** با استفاده از تصاویر حاصل از پرتو X، ابعاد دنا، مارپیچی بودن آن و اینکه بیش از یک رشته دارد را مشخص کردند.

۵- **واتسون و کریک:** با استفاده از یافته‌های چارگاف و داده‌های حاصل از تصاویر تهیه شده با پرتو X مدل فعلی دنا را ارائه دادند.

هر یک از یاخته‌های بدن ما، ویژگی‌هایی مثل شکل و اندازه، تحت فرمان هسته دارند.

DNA مولکولی در کروموزوم‌هاست که ماده ذخیره اطلاعات وراثتی یاخته و جاندار می‌باشد.

## گریفیت

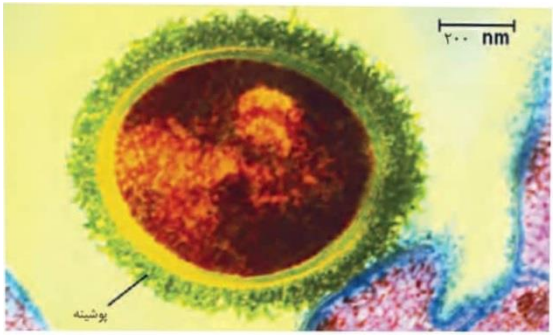
- اطلاعات اولیه در مورد ماده وراثتی از فالیت‌ها و آزمایشات این باکتری‌شناس انگلیسی به دست آمد.
- در پی ساخت واکنسی برای آنفلوانزا بود که در آن زمان فکر می‌کرد عامل آن نوعی باکتری به نام استرپتوکوکوس نومونیا است.
- روی باکتری استرپتوکوکوس نومونیا (عامل سینه پهلو) در موش‌ها کار می‌کرد که خود دو نوع داشت: پوشینه‌دار و فاقد پوشینه
- نوع پوشینه‌دار، در موش بیماری‌زا بود ولی نوع فاقد پوشینه بیماری ایجاد نمی‌کرد←قطر این باکتری بیشتر از ۲۰۰ نانومتر می‌باشد.

### آزمایشات گریفیت

- آزمایش اول ← تزریق باکتری‌های زنده پوشینه‌دار به موش
- نتیجه ← موش مُرد و در خون و شش‌های آن باکتری‌های پوشینه‌دار زنده مشاهده شد.
- آزمایش دوم ← تزریق باکتری‌های زنده فاقد پوشینه به موش
- نتیجه ← موش زنده ماند و در خون و شش‌های موش، باکتری زنده یافت نشد.
- نتیجه‌گیری بعد از دو آزمایش اول و دوم ← پوشینه عامل سینه‌پهلو در موش‌ها می‌باشد.
- آزمایش سوم ← تزریق باکتری‌های پوشینه‌دار کشته شده با گرما به موش‌ها
- نتیجه ← موش زنده ماند ← در خون و شش موش، هیچ باکتری نبود ← پوشینه به تنهایی عامل مرگ موش‌ها نیست
- آزمایش چهارم ← مخلوطی از باکتری‌های پوشینه‌دار کشته شده و فاقد پوشینه زنده را به موش تزریق کرد.
- نتیجه ← موش مُرد و در خون و شش‌های آن، باکتری پوشینه‌دار و فاقد پوشینه زنده مشاهده شد.

### نتیجه‌گیری کلی از آزمایشات گریفیت

۱- تعدادی از باکتری‌های بدون پوشینه زنده به نحوی تغییر کرده و پوشینه‌دار زنده شدند.
۲- ماده وراثتی می‌تواند به یاخته دیگری منتقل شود.
۳- ماهیت این ماده و چگونگی انتقال آن مشخص نشد.



ترکیب کنیم

نکته

از آنجا که تزریق باکتری پوشینه‌دار حرارت دیده به موش سبب مرگ موش نشد می‌توان نتیجه گرفت که حرارت، تا حدی که سبب کشته‌شدن باکتری شود، روی پوشینه باکتری اثرگذار نیست و به عبارت دیگر پوشینه باکتری نسبت به حرارتی که باعث مرگ باکتری می‌شود مقاوم است.

در واقع لازم است درباره کپسول باکتری استرپتوکوکوس نومونیا موارد زیر را به خاطر بسپارید:

1- پوشینه نیز نامیده می‌شود.

2- بودن یا نبودن آن ویژگی ژنتیکی محسوب می‌شود.

3- تا حدی به حرارت مقاوم است.

4- به تنهایی عامل بروز بیماری محسوب نمی‌شود.

## ایوری

- عوامل مؤثر در انتقال صفت را حدود ۱۶ سال بعد از گریفیت کشف کرد.
- **آزمایش اول**
  - ابتدا از عصاره استخراج شده از باکتری کشته شده پوشینه‌دار استفاده کردند و در آن تمامی پروتئین‌های موجود را توسط پروتئازها تخریب کردند، سپس باقی‌مانده محلول را به محیط کشت باکتری فاقد پوشینه اضافه کردند.
  - نتیجه آزمایش ← انتقال صفت صورت گرفت، یعنی باکتری‌های زنده فاقد پوشینه به نوع زنده پوشینه‌دار تبدیل شدند.
  - نتیجه‌گیری نهایی از آزمایش اول ← پروتئین‌ها ماده وراثتی نیستند و سبب انتقال صفت بین دو جاندار نشده‌اند.
- **آزمایش دوم**
  - عصاره استخراج شده از باکتری کشته شده پوشینه‌دار را سانتریفیوژ کرد (با سرعت بالا) و مواد آن را به صورت لایه‌لایه جدا کرد.
  - هر یک از لایه‌ها را به صورت جداگانه به محیط کشت دارای باکتری فاقد پوشینه اضافه کرد ← در این آزمایش از آنزیم‌های هیدرولاز استفاده نشد.
  - نتیجه ← انتقال صفت، فقط با لایه‌ای که در آن دنا وجود دارد، انجام شد.
  - نتیجه‌گیری نهایی ← عامل اصلی و مؤثر در انتقال صفات، دنا است و پروتئین نمی‌باشد.
- با اینکه ثابت کردند ماده وراثتی، DNA می‌باشد ← ولی بسیاری از دانشمندان همچنان بر این باور بودند که عامل تغییر صفت، پروتئین‌ها می‌باشند.
- **آزمایش سوم**
  - عصاره استخراج شده از باکتری پوشینه‌دار را چهار قسمت کرد.
  - به هر قسمت آنزیم تخریب‌کننده یک گروه از مواد آلی را اضافه کرد ← از هر چهار نوع آنزیم هیدرولاز (پروتئاز، لیپاز، نوکلئاز و کربوهیدراز) استفاده کرد.
  - هر کدام را به محیط کشت حاوی باکتری بدون پوشینه اضافه کرد (فرصت انتقال صفت تکثیر و رشد داده شد).
  - نتیجه ← در همه ظروف انتقال صورت می‌گیرد به جز ظرفی که حاوی آنزیم تخریب‌کننده دنا است.
- از نتایج هر سه آزمایش، متوجه شدند که پروتئین، عامل انتقال صفت نیست.
- از نتایج آزمایش دوم و سوم، متوجه شدند که DNA، عامل وراثتی و انتقال صفت است.
- در هر سه آزمایش از عصاره باکتری‌های کشته شده پوشینه‌دار به همراه باکتری‌های زنده فاقد پوشینه استفاده کردند.

*** تعداد آزمایش‌های ایوری:**

1- تخریب پروتئین‌ها

- هدف: آیا پروتئین انتقال صفات را عهده‌دارند؟ - نتیجه: خیر

2- سانتریفیوژ عصاره سلولی و تقسیم آن و اضافه کردن هر بخش به محیط کشت باکتری بی‌کپسول

- هدف: ماده وراثتی چیست؟
- نتیجه: DNA

3- اضافه کردن آنزیم‌های تجزیه‌کننده ترکیب‌های آلی به قسمت‌های یکسان از عصاره سلولی باکتری کپسول‌دار و اضافه کردن حاصل آن به محیط کشت بی‌کپسول

- هدف: تحکیم ادعای وراثتی بودن DNA
- نتیجه: تحکیم ادعا

✓ پس تا اینجا وجود نوکلئیک اسید DNA (مشیر) و وظیفه آن (گریفیت و ایوری و دوستانش) کشف کردند.

ترکیب کنیم

نکته

از آنجا که تزریق باکتری پوشینه‌دار حرارت دیده به موش سبب مرگ موش نشد می‌توان نتیجه گرفت که حرارت، تا حدی که سبب کشته شدن باکتری شود، روی پوشینه باکتری اثرگذار نیست و به عبارت دیگر پوشینه باکتری نسبت به حرارتی که باعث مرگ باکتری می‌شود مقاوم است.

در واقع لازم است درباره کپسول باکتری استریتوکوکوس نومونیا موارد زیر را به خاطر بسپارید:

1- پوشینه نیز نامیده می‌شود. 2- بودن یا نبودن آن ویژگی ژنتیکی محسوب می‌شود. 3- تا حدی به حرات مقاوم است. 4- به تنهایی عامل بروز بیماری محسوب نمی‌شود.

چارگاف
- نقض تصورات گذشته مبنی بر اینکه ۴ نوع نوکلئوتید موجود در دنا به نسبت مساوی در سراسر مولکول توزیع شده‌اند را اعلام کرد.
- روی دنای جانداران مختلف نشان داد که $A = T$ و $C = G$ است.
- دلیل برابری نسبت $\frac{A}{T}$ و $\frac{G}{C}$ را نمی‌دانست.

**چارگف:**

- تصوراتِ غلط قبل از چارگف: در سرتاسر مولکول چهار نوع نوکلئوتید به نسبت مساوی توزیع شده و مقدار 4 نوع باز آلی در تمامی مولکول یکسان می‌باشد.
- با مشاهدات و تحقیقات چارگف: در همه DNAها مقدار A با T و C با G برابر است.

**درباره‌ی بازهای DNA**

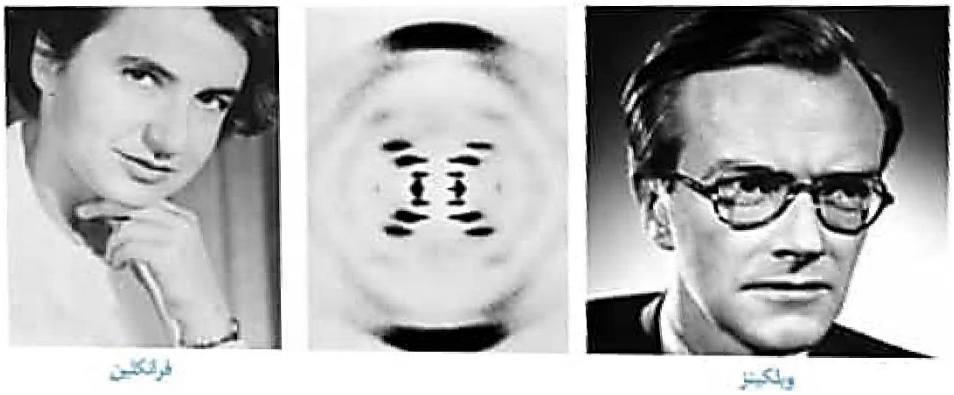
- با تحقیقات دانشمندان بعدی: برای نوکلئوتیدها را مشخص کردند.

$$\left.\begin{matrix} A=T \\ C=G \end{matrix}\right\} \rightarrow \left.\begin{matrix} ۱)A+C=T+G=\text{نوکلئوتیدها}\ \frac{۱}{۲} \\ ۲)A+G=C+T=\text{نوکلئوتیدها}\ \frac{۱}{۲} \end{matrix}\right\} \rightarrow \begin{matrix} ۳)\frac{A+C}{T+G}=۱ \\ ۴)\frac{A+G}{C+T}=۱ \end{matrix}$$

- جور شدن بازهای مکمل، اصل چارگف را تأیید کرد.

**ویلکینز و فرانکلین**

- با استفاده از پرتو X از مولکول دنا تصاویری تهیه کردند.
- نتایج به دست آمده با تجزیه و تحلیل این تصاویر: دنا حالت مارپیچی دارد. بیش از یک رشته دارد و ابعاد مولکول‌ها را نیز تشخیص دادند.



فرانکلین — ویلکینز

**واتسون و کریک**

- با استفاده از نتایج چارگاف، مطالعات حاصل از تصاویر تهیه شده با اشعه X و اطلاعاتی که از یافته‌های خود داشتند، مدل نردبان مارپیچ دوگانه را پیشنهاد دادند.
- بیان کردند که هر مولکول دنا از دو رشته پلی نوکلئوتیدی ساخته شده که به دور محور فرضی پیچیده شده و ساختار مارپیچ دورشته‌ای را ایجاد می‌کند.
- ستون‌های نردبان DNA را از فسفات و قند و پله‌های آن را از بازهای آلی نیتروژن‌دار می‌دانستند.

*** نکات کلیدی مدل مولکولی واتسون و کریک: (تأیید شده)**

- هر DNA از 2 رشته پلی نوکلئوتیدی (تعداد زیادی دئوکسی ریبونوکلوئید با پیوند فسفودی استر بهم متصل شده)
- هر DNA دور یک محور فرضی پیچیده و ساختار مارپیچ 2 رشته‌ای ایجاد می‌کند.
- این DNA مارپیچی اغلب به یک نردبان پیچ‌خورده تشبیه می‌شود.

که ستون‌های این نردبان را قند و فسفات و پیوندهای کووالانسی (برخی فسفودی استر) و پله‌های آن را بازهای آلی و هیدروژنی بینشان تشکیل می‌دهد.

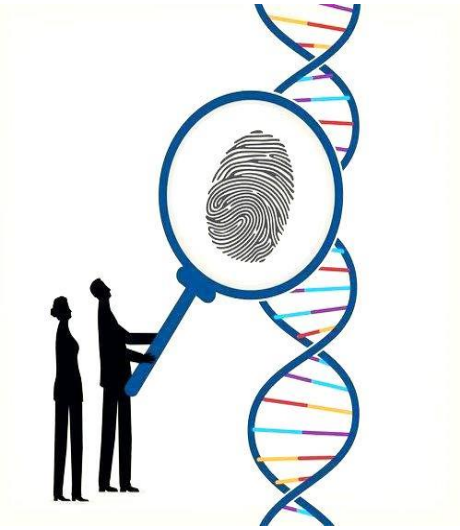
* اگر قند و فسفات برای نوکلئوتید باشند که پیوند اشتراکی است اما اگر هر کدام برای نوکلئوتید دیگری باشند پیوند فسفودی استر می‌باشد.

** پیوندهای هیدروژنی دو رشته را به هم متصل می‌کند و بین جفت بازها (بازهای مکمل) وجود دارد. (بین A,T، 2 تا بین G,C 3 تا)

- در مقابل هر باز 2 حلقه‌ای همیشه یک تک‌حلقه‌ای قرار گرفته پس همیشه در هر جفت باز با 3 حلقه باز آلی داریم و با در نظرگیری قند 5 کربنه حلقه‌ای دئوکسی ریبوز می‌توان در هر جفت نوکلئوتید 5 حلقه در نظر گرفت (3 حلقه باز + 2 حلقه قند) ← این نوع قرارگیری جفت بازها باعث می‌شود قطر مولکول DNA در سراسر آن یکسان می‌باشد ⇐ ثابت ماندن قطر DNA باعث پایداری اطلاعات آن شد و در فشرده شدن بهتر کروموزوم‌ها مؤثر است. (هر کروموزوم ممکن است از یک DNA (تک کروماتیدی) یا از دو DNA (دوکروماتیدی یا مضاعف) تشکیل شده باشد)
- دو رشته DNA شبیه بهم نیستند اما شناسایی ترتیب نوکلئوتیدهای هر کدام می‌تواند توالیِ رشته مکمل را هم مشخص کند.

$ATCG \leftrightarrow TACG$

-پیوند هیدروژنی انرژی پیوند کمی دارد اما چون در ساختار پلیمر، هزاران نوکلئوتید با این پیوند بهم متصل هستند و با این پیوند هیدروژنی متصل هستند به DNA حالت پایدارتری می‌دهد. اما DNA می‌تواند در مواقع لزوم (همانندسازی، ...)، از بعضی نقاط (جایگاه آغاز همانندسازی، ...) از هم جدا شوند (شکستن پیوند هیدروژنی) و بدون بهم خوردن پایداری وظایف خود را انجام دهند.

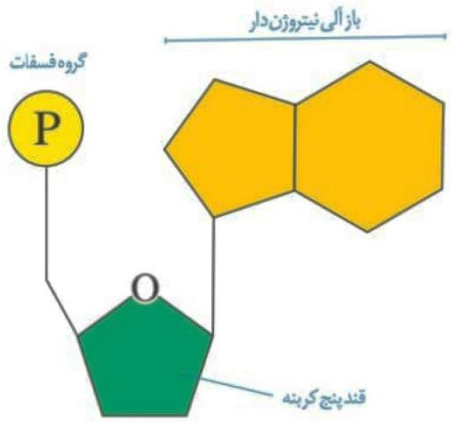


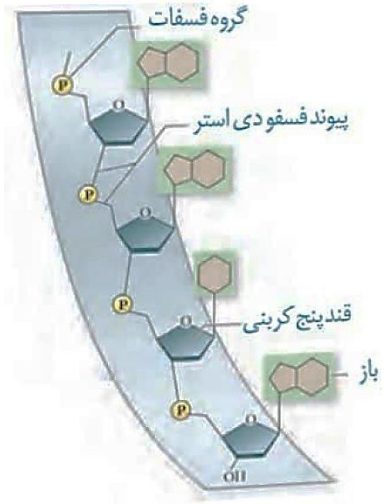
## واحد سازنده نوکلئیک اسیدها — انواع نوکلئوتیدها

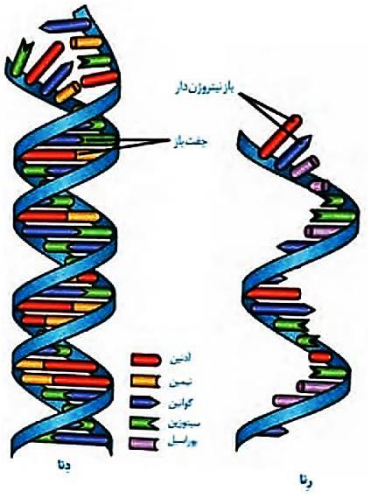
- بدون در نظر گرفتن فسفات‌ها، ۸ نوع نوکلئوتید می‌توان با قندها و بازهای آلی متنوع تولید کرد.
- با در نظر گرفتن فسفات‌ها، ۲۴ نوع نوکلئوتید در طبیعت وجود دارد.
- در ساختار دنا و رنا وجود دارد.
- در ساختار ATP منبع رایج انرژی نیز با قند ریبوز وجود دارد.
- در ساختار مولکول‌های حامل الکترون در واکنش‌های سوخت‌وسازی فرآیندهای فتوسنتزی و تنفس یاخته‌ای ($NADH$ , $FADH_2$ , $NADPH$) وجود دارند.

### اجزای هر نوکلئوتید

- **قند پنج کربنی**
  - در DNA ← دئوکسی ریبوز است.
  - در RNA ← ریبوز است — یک اتم اکسیژن از دئوکسی ریبوز، بیشتر دارد.
- **باز آلی نیتروژن‌دار**
  - با پیوند اشتراکی به قند متصل است ← هر نوکلئوتید، یک پیوند قند باز دارد.
  - انواع:
    - دو حلقه‌ای (پورین): آدنین و گوانین است. یک حلقه پنج ضلعی و یک حلقه شش ضلعی دارد. از حلقه کوچکتر خود به قند متصل می‌شود.
    - تک‌حلقه‌ای (پیریمیدین‌ها): سیتوزین، تیمین و یوراسیل هستند. یک حلقه شش‌ضلعی دارند.
  - باز آلی تیمین، فقط در DNA و یوراسیل، فقط در RNA وجود دارد.
- **یک، دو یا سه گروه فسفات به صورت رشته فسفاتی به قند متصل می‌باشد.**
  - پیوند بین قند و فسفات از نوع اشتراکی (فسفواستر) است.
  - پیوند بین فسفات‌ها از نوع اشتراکی و پرانرژی است.



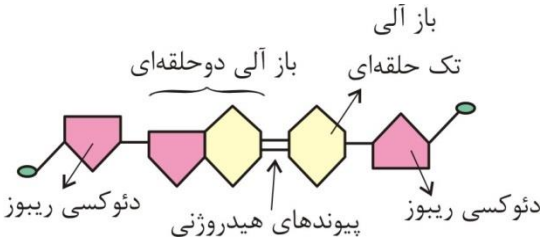



نکات شکل:

نکته

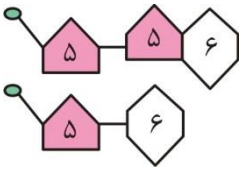
در ساختار دنا، اولاً پیوند بین دو نوکلئوتید مجاور در یک رشته فقط اشتراکی (فسفودی‌استر) است و هیچ‌گونه پیوند غیراشتراکی بین آنها برقرار نمی‌شود، ثانیاً پیوند بین دو نوکلئوتید مقابل از دو رشته دنا، تنها از نوع غیراشتراکیِ هیدروژنی است.




هر جفت نوکلئوتید مکمل دنا، دارای 5 حلقه آلی در ساختار خود است [2 حلقه قندی و 3 حلقه بازی یا دو حلقه 6 ضلعی و 3 حلقه 5 ضلعی] که پیوند هیدروژنی بین نوکلئوتیدهای مکمل، لزوماً بین حلقه‌های 6ضلعی برقرار می‌شود.

نکته

هر چند بازهای آلی، یک یا دو حلقه‌ای‌اند، اما چون در ساختار هر نوکلئوتید، قند که ساختار حلقوی دارد نیز به کار می‌رود، هر نوکلئوتید، 2 یا 3 حلقه دارد، توجه داشته باشید که پیوند اشتراکی بین قند و باز در نوکلئوتیدهای 2 حلقه‌ای، بین حلقه‌های 5 و 6 کربنه برقرار می‌شود و در نوکلئوتیدهای 3 حلقه‌ای بین حلقه‌های 5 کربنه برقرار می‌شود پس هرگز در یک نوکلئوتید پیوند بین حلقه‌های 6 ضلعی وجود ندارد.




نکته

نوکلئوتید آدنین‌دار ATP منبع انرژی رایج در یاخته است و همچنین در ساختار ناقل‌های الکترونی مربوط به تنفس یاخته‌ای و فتوسنتز $(NADPH, FADH_2, NADH)$، نوکلئوتیدها شرکت دارند.

## انواع نوکلئیک اسیدها

### دنا

- مارپیچ دو رشته‌ای است ← تفاوت نوکلئوتیدهای آن، در نوع باز آلی آن‌هاست.
- ستون‌های این نردبان را قند و فسفات و پله‌ها را بازهای آلی تشکیل می‌دهد.
- بین قند یک نوکلئوتید و قند نوکلئوتید مجاور پیوند فسفودی‌استر و بین بازهای روبه‌روی هم پیوند هیدروژنی برقرار است.
- در هر رشته پلی‌نوکلئوتید، نوکلئوتیدها با پیوند اشتراکی به نام فسفودی‌استر به هم متصل می‌شوند.
- در تشکیل پیوند فسفودی‌استر، فسفات نوکلئوتید جدید به گروه هیدروکسیل قند نوکلئوتید قبلی متصل می‌شود.
- پیوندهای هیدروژنی بین بازها، دو رشته دنا را مقابل هم نگه می‌دارد. $C \equiv G$ , $A = T$
- قرارگیری جفت بازها به این شکل باعث می‌شود که قطر مولکول دنا در سراسر آن یکسان باشد← سبب پایداری DNA می‌شود.
- اگر چه هر پیوند هیدروژنی به تنهایی انرژی پیوند کمی دارد ولی وجود هزاران یا میلیون‌ها پیوند هیدروژنی بین نوکلئوتیدها به دنا حالت پایدارتری می‌دهد.
- با باز شدن دو رشته دنا در بعضی نقاط، پایداری دنا به هم نمی‌خورد.

**با شناسایی نوکلئوتیدهای یک رشته**

- می‌توانیم از ردیف نوکلئوتیدهای رشته دیگر مطلع شویم.
- می‌توانیم نوکلئوتیدهای RNAهای ساخته شده از بخش‌های آن را شناسایی کنیم.

### رنا

- تک رشته‌ای پلی‌نوکلئوتیدی است و از روی بخشی از یکی از رشته‌های دنا ساخته می‌شود.
- تفاوت نوکلئوتید آن، در نوع باز آلی آن‌هاست.

**انواع و نقش‌های متعدد دارند**

- رنای پیک (mRNA): انتقال اطلاعات از DNA به ریبوزوم برای پروتئین‌سازی می‌آورد.
- رنای ناقل (tRNA) : انتقال آمینواسیدها به سمت ریبوزوم برای استفاده در پروتئین‌سازی را انجام می‌دهد ← پیوند هیدروژنی دارد.
- رنای ریبوزومی (rRNA): شرکت در ساختار رناتن دارند.
- نقش آنزیمی (کاتالیزوری) با پایین آوردن انرژی فعال‌سازی دارند ← جایگاه فعال برای اتصال به پیش‌ماده دارند.
- برخی از آن‌ها در بیان ژن‌ها دخالت دارند.

ترکیب کنیم

**پیوندهای موجود در نوکلئیک اسیدها**

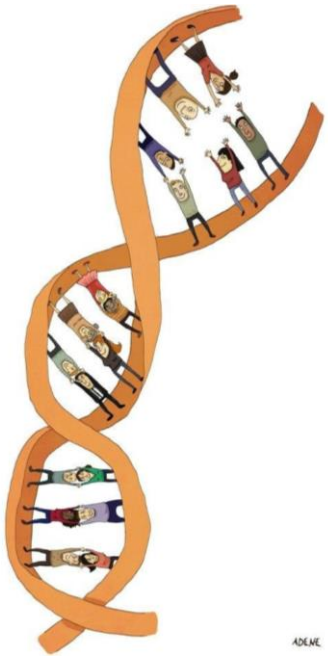
- هیدروژنی
  - بین دو باز آلی A و T ← دو عدد
  - بین دو باز آلی C و G ← سه عدد
- اشتراکی
  - قند فسفات
    - در یک نوکلئوتید ← فسفواستر
    - بین دو نوکلئوتید ← فسفودی استر
  - بین فسفات‌ها ← پرانرژی است.

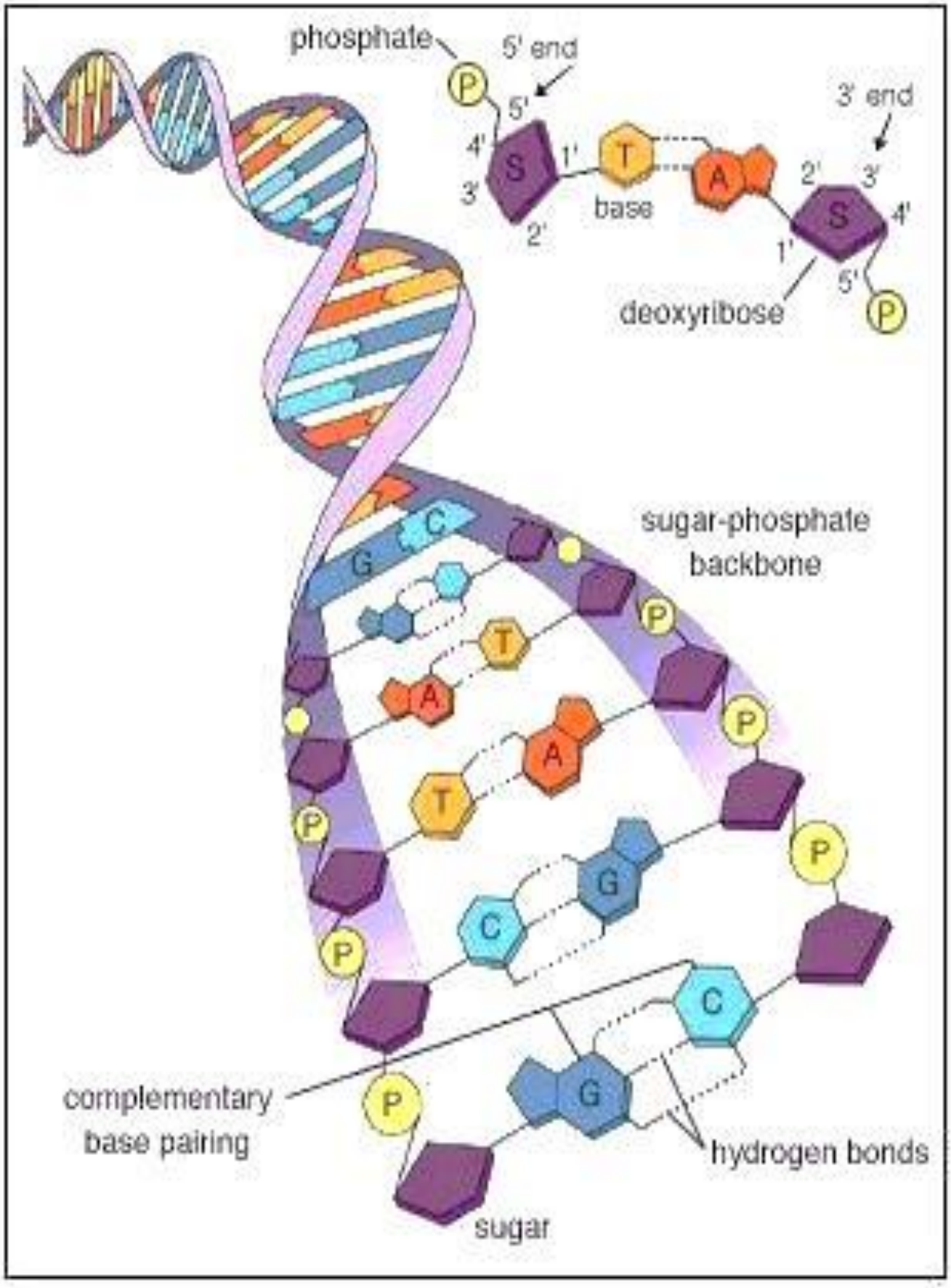
**تفاوت نوکلئوتیدهای DNA و RNA**

- قطعاً در نوع قند آن‌ها می‌باشد.
- ممکن است در نوع باز آلی آن‌ها نیز باشد.

**رشته پلی نوکلئوتید**

- **خطی**
  - همیشه دو سر متفاوت از یک فسفات آزاد در یک انتها و یک گروه هیدروکسیل در انتهای دیگر دارند.
  - در هر رشته DNA هسته یوکاریوت‌ها و هر RNA در همه جانداران دیده می‌شود.
  - بین هر دو نوکلئوتید آن، یک پیوند فسفودی‌استر وجود دارد ← تعداد نوکلئوتیدهای آن > تعداد پیوند فسفودی‌استر
- **حلقوی**
  - در اثر اتصال دو نوکلئوتید دو انتهای رشته به هم با پیوند فسفودی‌استر ایجاد می‌شوند.
  - در DNA های اصلی و کمکی (دیسک) باکتری‌ها و در میتوکندری و کلروپلاست یوکاریوت‌ها مشاهده می‌شوند.
  - سر آزاد فسفات یا هیدروکسیل ندارند.
  - همواره در آن‌ها ← تعداد نوکلئوتیدها = تعداد پیوند فسفودی‌استر
- هر نوکلئوتیدی که در هر نوع رشته پلی نوکلئوتید قرار می‌گیرد ← ابتدا پیوند اشتراکی بین فسفات‌های آن می‌شکند ← به صورت یک فسفاته در رشته قرار می‌گیرد.




phosphate
5' end
3' end
base
deoxyribose
sugar-phosphate backbone
complementary base pairing
hydrogen bonds
sugar

# فصل 1
# گفتار 2: همانند سازی دنا

**همانندسازی**

به ساخته شده مولکول دنای جدید از روی دنای قدیمی، همانندسازی می‌گویند.

با توجه به مدل واتسون و کریک و وجود رابطه مکملی بین بازها، تا حد زیادی همانندسازی دنا قابل توضیح است.

**طرح‌های مختلف ارائه شده برای همانندسازی دنا**

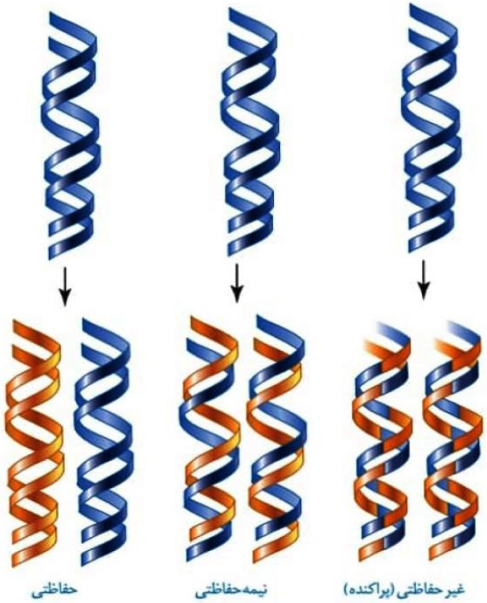
۱- همانندسازی حفاظتی ← در این طرح هر دو رشته دنای قبلی به صورت دست‌نخورده باقی می‌ماند و وارد یکی از یاخته‌های حاصل از تقسیم می‌شوند و دنای حاوی دو رشته جدید هم وارد یاخته دیگر می‌شوند.

دلیل نام‌گذاری ← چون دنای اولیه به صورت دست‌نخورده در یکی از یاخته‌ها حفظ شده است ← طبق این روش در هر همانندسازی، یک مولکول جدید و یک مولکول قدیمی ایجاد می‌شود.

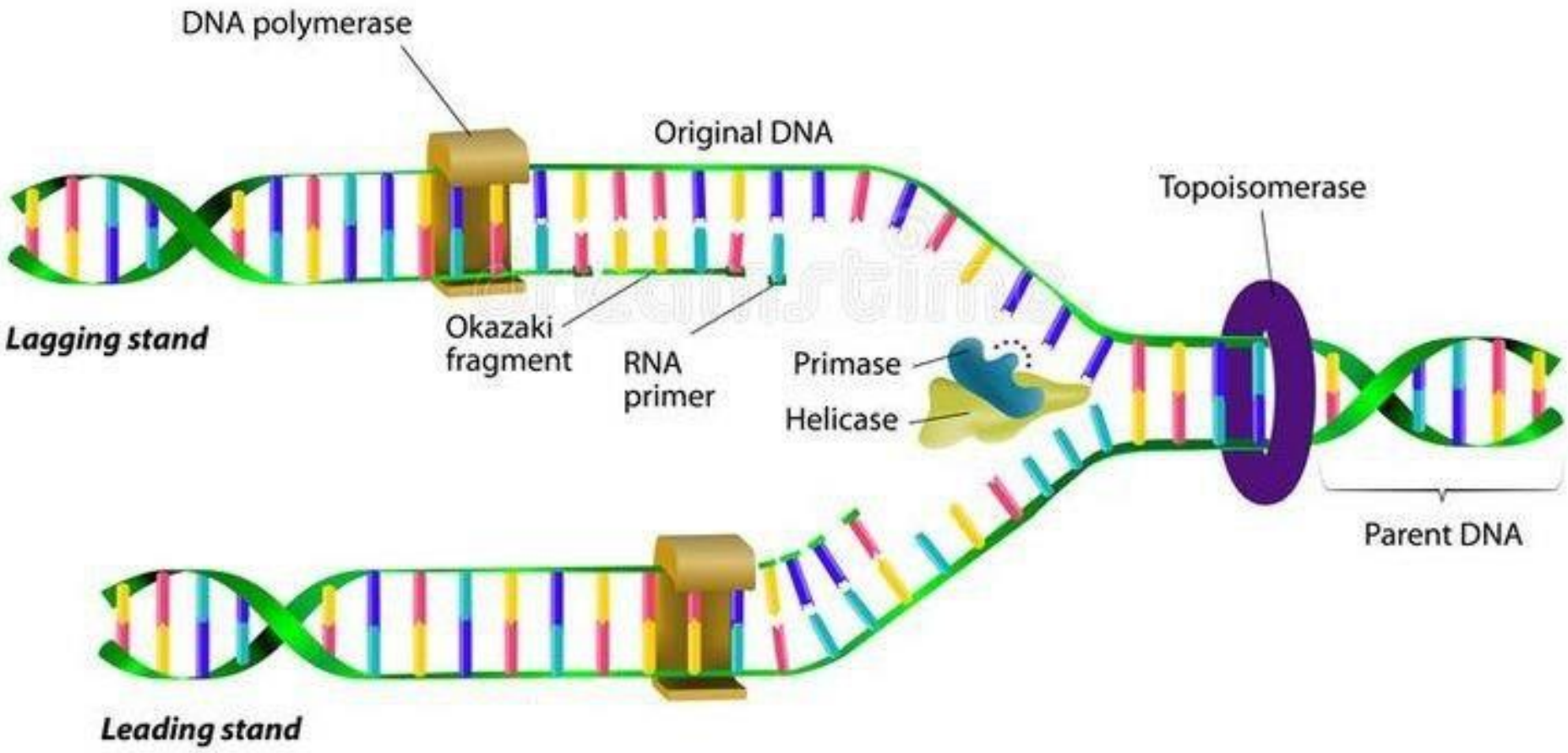
۲- همانندسازی نیمه حفاظتی ← یکی از دو رشته دنای هر یاخته، مربوط به دنای اولیه است و رشته دیگر با نوکلئوتیدهای جدید ساخته شده است.

دلیل نامگذاری ← چون در هر یاخته حاصل، فقط یکی از دو رشته دنای قبلی وجود دارد ← از هر مولکول DNA یک رشته آن مربوط به مادر و یکی دیگر جدید ساخته شده است.

۳- همانندسازی غیرحفاظتی (پراکنده) ← هر کدام از دنای حاصل، قطعاتی از رشته‌های قبلی و رشته‌های جدید را به صورت پراکنده در خود دارند.



# DNA replication



## تحقیقات مزلسون و استال

### نکات

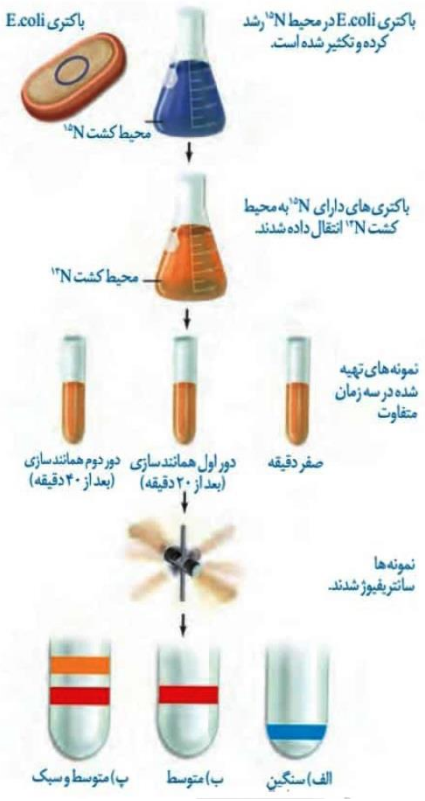
- به پرسش «کدام طرح همانندسازی مورد تأیید قرار گرفت؟» ← از طریق روش علمی پاسخ دادند.
- با توجه به فرضیه‌های متعدد ارائه شده و امکانات، آزمایشی را طراحی کردند ← در انتها متوجه شدند که روش نیمه حفاظتی صحیح است.
- در ابتدای کار، آن‌ها باید می‌توانستند رشته‌های دنای نوساز را از رشته قدیمی تشخیص دهند ←
  به همین دلیل دنای اولیه یا مادر را با استفاده از ایزوتوپ سنگین نیتروژن ($^{15}N$) نشانه‌گذاری کردند.
- دنای معمولی در نوکلئوتیدهای خود $^{14}N$ دارد که نسبت به نوکلئوتید با $^{15}N$ چگالی کمتری دارد ← دناهای معمولی ($^{14}N$) در لوله سانتریفیوژ در محل بالاتری قرار می‌گیرند.

### آزمایش

۱- ابتدا باکتری‌ها را در محیط دارای $^{15}N$ کشت دادند ( $^{15}N$ در ساختار بازهای آلی نیتروژن‌دار دنا وارد شدند).
۲- چندین مرحله رشد و تکثیر در این محیط ← باکتری‌هایی با دنای سنگین‌تر و حاوی دو رشته $^{15}N$ تولید کردند.
۳- این باکتری‌ها را به محیط کشت با نوکلئوتیدهای حاوی $^{14}N$ منتقل کردند.
همواره در آن‌ها ← تعداد نوکلئوتیدها = تعداد پیوند فسفودی‌استر
۴- به فواصل ۲۰ دقیقه‌ای باکتری‌ها را از محیط کشت جدا و بررسی کردند (تقسیم باکتری‌ها حدود ۲۰ دقیقه طول می‌کشد).
۵- دنای باکتری‌ها برای سنجش چگالی استخراج شد.
۶- دناهای استخراج شده در شیبی از محلول سزیم کلرید با غلظت‌های مختلف در سرعت بالا سانتریفیوژ شدند.
۷- نتیجه ← مواد براساس چگالی در بخش‌های متفاوتی از محلول در لوله قرار گرفتند.

### نتایج آزمایش

۱- دنای باکتری‌های اولیه دو رشته حاوی $^{15}N$ و سنگین داشتند و پس از گریز دادن، یک نوار در انتهای لوله تشکیل دادند (صفر دقیقه).
دلیل ← چون هر دو رشته دنای آن‌ها $^{15}N$ و چگالی سنگینی داشت.
۲- دنای باکتری‌های حاصل از دور اول همانندسازی در محیط کشت حاوی $^{14}N$ (بعد از ۲۰ دقیقه) ← پس از گریز دادن، یک نوار در میانه لوله تشکیل دادند.
دلیل ← چون دنای آن‌ها چگالی متوسط داشت ← فهمیدند طرح همانندسازی، قطعاً از نوع حفاظتی نمی‌باشد.
۳- دنای باکتری‌های حاصل از دور دوم همانندسازی (پس از ۴۰ دقیقه) بعد از گریز دادن دو نوار یکی در میانه و دیگری در بالای لوله تشکیل دادند.
دلیل ← چون نیمی از آن‌ها چگالی متوسط و نیمی چگالی سبک داشتند ← فهمیدند که طرح همانندسازی
- غیرحفاظتی نمی‌باشد.
- فقط نوع نیمه‌حفاظتی صحیح است.



نکات شکل:

نکته

هنگام همانندسازی دنا، جدا شدن دو رشته تدریجی است و همراه با آن همانندسازی انجام می‌شود، در واقع در محلی که قرار است همانندسازی انجام شود دو رشته از هم باز می‌شوند و بقیه قسمت‌ها بسته هستند و به تدریج باز می‌شوند

نکته

براساس طرح حفاظتی همانندسازی دنا بعد از n نسل همانندسازی، $2^n$ مولکول خواهیم داشت که یکی از آنها دارای ویژگی‌های دنای مادری است و بقیه مولکول‌ها دنای جدیدند مثلاً اگر یک باکتری حاوی یک مولکول دنا را که با ایزوتوپ نیتروژن ($^{15}N$) نشانه‌گذاری شده است در محیط کشت حاوی $^{14}N$ قرار دهیم بعد از 4 نسل همانندسازی $2^4$ یعنی 16 مولکول خواهیم داشت که مطابق طرح حفاظتی یکی از مولکول‌ها دارای ایزوتوپ سنگین نیتروژن ($^{15}N$) و 15 مولکول دیگر دارای $^{14}N$ می‌باشند.

نکته

در طرح واقعی همانندسازی، یعنی همانندسازی نیمه حفاظتی، به دنبال n نسل همانندسازی $2^n$ مولکول خواهیم داشت که 2 تای آنها یک رشته قدیم و یک رشته جدید خواهند داشت و سایر مولکول‌ها دارای رشته‌های جدیدند مثلاً اگر یک باکتری حاوی مولکول دنا با ایزوتوپ سنگین نیتروژن ($^{15}N$) را در محیط کشت حاوی $^{14}N$ قرار دهیم بعد از 4 نسل همانندسازی $2^4$ یعنی 16 مولکول دنا خواهیم داشت که دوتای آنها در یک رشته دارای $^{15}N$ و در رشته دیگر دارای $^{14}N$ می‌باشند یعنی چگالی متوسط دارند و 14 مولکول دیگر تنها دارای $^{14}N$ می‌باشند یعنی دارای چگالی سبک‌اند.

نکته

از آنجا که تقسیم باکتری‌ها حدود 20 دقیقه طول می‌کشد برای به دست آوردن تعداد باکتری‌های حاصل از تقسیم باکتری در یک زمان مشخص ابتدا آن زمان را بر عدد 20 دقیقه تقسیم می‌کنیم سپس 2 را به توان عدد به دست آمده می‌رسانیم مثلاً برای به دست آوردن تعداد باکتری‌های حاصل از تقسیم یک باکتری بعد از مدت زمان 2 ساعت یعنی 120 دقیقه، ابتدا عدد 120 را بر 20 تقسیم می‌کنیم تا عدد 6 بدست آید. سپس تعداد باکتری‌های حاصل بعد از 2 ساعت تقسیم را از رابطه $۲^{۶}$ یعنی 64 بدست می‌آوریم.

نکته

دقت داشته باشید که در آزمایشات مزلسون و استال ابتدا باکتری‌هایی در محیطی حاوی ایزوتوپ سنگین نیتروژن ($^{15}N$) قرار گرفته‌اند تا پس از چندین مرحله رشد و تکثیر در این محیط، باکتری‌هایی با دنای سنگین‌تری نسبت به باکتری‌های اولیه ایجاد شوند. سپس برای ادامه تحقیقات این باکتری‌ها را به محیط کشت حاوی $^{14}N$ منتقل کردند.

نکته

در آزمایشات مزلسون و استال، حاصل سانتریفیوژ با سرعت بالای عصاره یاخته‌ای باکتری‌های مورد آزمایش در دقیقه صفر، 1 نوار در بخش پایینی لوله آزمایش و در دقیقه 20، 1 نوار، در بخش میانی لوله آزمایش و در دقایق 40، 60، 80، 100، 120 و...، 2 نوار خواهد بود که یکی در بخش میانی و دیگری در بخش بالایی لوله آزمایش قرار می‌گیرد با ذکر این نکته که ضخامت این نوارها در دقیقه 40 برابر است اما از دقیقه 40 به بعد، به ضخامت نوار بالایی، مرتباً افزوده می‌شود.

نکته

در آزمایشات مزلسون و استال، پس از سانتریفیوژ با سرعت بالایِ دنای باکتری‌های حاصل از همانندسازی در دقایق صفر، 20 و 40 تنها در لوله سانتریفیوژِ حاصل از همانندسازی بعد از 40 دقیقه، دو نوار تشکیل شد و در لوله‌های سانتریفیوژ دیگر تنها یک نوار به وجود آمد.

نکته

در صورت همانندسازی یک مولکول دنا با $^{15}N$ در محیط کشت حاوی $^{14}N$، بعد از یک نسل همانندسازی مولکول‌های دنا با چگالی متوسط و از نسل دوم همانندسازی به بعد مولکول‌های دنا با چگالی سبک، مشاهده خواهند شد.

اگر بفواد مسئله بده

✓ **مزلسون و استال، تعدادی باکتری معمولی را ابتدا ..... کشت دادند و سپس ..... .**

1) در محیطی حاوی $^{15}N$ - دنای باکتری‌ها در فواصل 20 دقیقه‌ای بررسی نمودند.
2) در محیطی حاوی $^{14}N$ - دنای باکتری‌ها را استخراج و در سرعت بالا سانتریفیوژ کردند.
3) در محیطی حاوی $^{15}N$ - آنها را به محیط کشت حاوی $^{14}N$ منتقل کردند.
4) در محیطی حاوی $^{14}N$ - آنها را به محیط کشت حاوی $^{15}N$ منتقل کردند.

**پاسخ:**

در این سؤال مراحل آزمایشات مزلسون و استال مورد پرسش قرار گرفته است و در این آزمایشات ابتدا تعدادی باکتری معمولی را در محیطی حاوی $^{15}N$ کشت دادند تا تعدادی باکتری با مولکول‌های دنا حاوی $^{15}N$ و چگالی سنگین حاصل آید. سپس این باکتری‌ها را به محیط کشت حاوی $^{14}N$ منتقل کردند تا همانندسازی کنند سپس در فواصل زمانی 20 دقیقه‌ای نتیجه را مورد بررسی قرار دادند بنابراین گزینه سه صحیح می‌باشد.

✓ **از همانندسازی یک مولکول دنا با چگالی سنگین در محیط حاوی نوکلئوتیدهای دارای $^{14}N$ امکان تشکیل ..... وجود دارد.**

1) مولکول‌های دنا با چگالی سنگین، بعد از یک نسل
2) بیش از دو مولکول دنا با چگالی متوسط بعد از چند نسل
3) مولکول‌های دنا با چگالی سبک بعد از یک نسل
4) بیش از دو مولکول دنا با چگالی سبک بعد از بیش از دو نسل

**پاسخ:**

بعد از دو نسل همانندسازی یک مولکول دنا با چگالی سنگین، در محیط حاوی $^{14}N$، تعداد مولکول‌های دنا با چگالی سبک به بیش از دو مولکول خواهد رسید. بنابراین گزینه چهار صحیح است.

✓ **اگر 100 باکتری حاوی دناهایی با ایزوتوپ سنگین نیتروژن را به مدت یک ساعت، در محیط کشت حاوی $^{14}N$ قرار دهیم تا رشد و تکثیر کنند، تعداد مولکول‌های دنای حاوی $^{14}N$ در این محیط کشت به چند عدد خواهد رسید؟**

1) 200 2) 300 3) 700 4) 800

**پاسخ:**

در صورت سؤال عنوان شده است که تعداد باکتری حاوی دناهای با ایزوتوپ سنگین نیتروژن ($^{15}N$) در محیط کشت حاوی $^{15}N$ قرار می‌دهیم بنابراین همه باکتری‌های حاصل حاوی مولکول‌های دنایی با نیتروژن سنگین خواهند بود ضمناً از آنجا که تقسیم باکتری‌ها حدود 20 دقیقه طول می‌کشد در مدت زمان یک ساعت باکتری‌ها 3 نسل تقسیم می‌کنند و از هر باکتری $2^3$ یعنی 8 باکتری به دست می‌آید و چون تعداد باکتری‌های اولیه 100 عدد بوده است بعد از یک ساعت در این محیط 800 عدد باکتری خواهیم داشت و گزینه چهار صحیح می‌باشد.

✓ **اگر یک باکتری حاوی دنای سنگین، دو نسل در محیط حاوی $^{14}N$ تکثیر کند، حاصل تکثیر، ..... مولکول دنا است که ..... .**

1) 2- یکی چگالی متوسط و یکی چگالی سنگین

2) 4- دوتا چگالی متوسط و دو تا چگالی سبک است.

3) 2- یکی چگالی متوسط و یکی چگالی سبک دارد.

4) 4- دو تا چگالی سنگین و دو تا چگالی متوسط دارند.

**پاسخ:**

بعد از 2 نسل همانندسازی باکتری حاوی دنای سنگین در محیط حاوی $^{14}N$، 4 مولکول به دست می‌آید که دو تای آنها در هر 2 رشته، $^{14}N$ داشته و چگالی سبک دارند و دوتای دیگر در یک رشته $^{15}N$ و در رشته دیگر $^{14}N$ داشته و چگالی متوسط خواهند داشت یعنی گزینه دو صحیح است.

✓ **اگر یک باکتری حاوی دنای دارای ایزوتوپ سنگین نیتروژن، 60 دقیقه در محیط حاوی $^{14}N$ تکثیر کند، چه نسبتی از مولکول‌های حاصل، چگالی متوسط خواهند داشت؟**

1) $\frac{1}{2}$ 2) $\frac{1}{4}$ 3) $\frac{1}{8}$ 4) $\frac{1}{16}$

**پاسخ:**

وقتی یک باکتری حاوی دنای دارای ایزوتوپ سنگین نیتروژن ($^{15}N$) را 60 دقیقه در محیط حاوی $^{14}N$ قرار می‌دهیم این باکتری 3 بار تقسیم می‌کند و در نتیجه $2^3$ یعنی 8 باکتری جدید حاوی 8 مولکول دنا به وجود می‌آید که دو تای آنها چگالی متوسط و بقیه چگالی سبک خواهند داشت یعنی نسبتی از مولکول‌هایی که چگالی متوسط دارند 2 مولکول از 8 مولکول خواهد بود و گزینه دو صحیح می‌باشد.

**مهم‌ترین عوامل مؤثر در همانندسازی**

۱- مولکول دنای دو رشته‌ای به عنوان الگو

۲- واحدهای سازنده دنا
- نوکلئوتیدهای آزاد سه فسفاته داخل یاخته که در لحظه اتصال به رشته پلی نوکلئوتید، با شکستن پیوند اشتراکی بین فسفات‌ها ← دو فسفات خود را از دست می‌دهند.
- هنگامی که در رشته قرار می‌گیرند، همواره یک فسفات هستند.

۳- آنزیم‌های لازم
- دو نوع اصلی آن
  - هلیکاز
  - دناپلیمراز
- آنزیم‌های فرعی ← قبل از شروع و در حین همانندسازی لازم هستند.

**مراحل همانندسازی**

۱- قبل از همانندسازی ← با کمک آنزیم‌هایی باید پیچ و تاب دنا باز و پروتئین‌های همراه آن یعنی هیستون‌ها از آن جدا شوند (هیستون مخصوص یوکاریوت‌هاست).

۲- مارپیچ دنا و دو رشته آن توسط آنزیم هلیکاز از هم باز می‌شود ← این عمل به تدریج صورت می‌گیرد و دو رشته از ابتدا کاملاً از هم جدا نمی‌شوند.

۳- انواع دیگری از آنزیم‌ها با همدیگر فعالیت می‌کنند تا رشته الگو مقابل یک رشته دنا ساخته شود. یکی از مهم‌ترین این آنزیم‌ها دنابسپاراز است.

**جهت همانندسازی** — همواره از نقطه یا نقاط آغاز اختصاصی شروع می‌شود ← معمولاً به صورت دو جهته و همواره از هر دو رشته دنای الگو صورت می‌گیرد.

نکات شکل

## دوراهی همانندسازی

در محلی که دو رشته دنا به وسیله هلیکاز از هم جدا می‌شوند ← دو ساختار Y مانند به وجود می‌آید ← به هر کدام، یک دو راهی همانندسازی می‌گویند.

در این محل همانندسازی در دو جهت انجام می‌شود که به آن همانندسازی دوجهتی نیز می‌گویند.

### ترتیب اتفاقات در فاصله بین ساختار Y

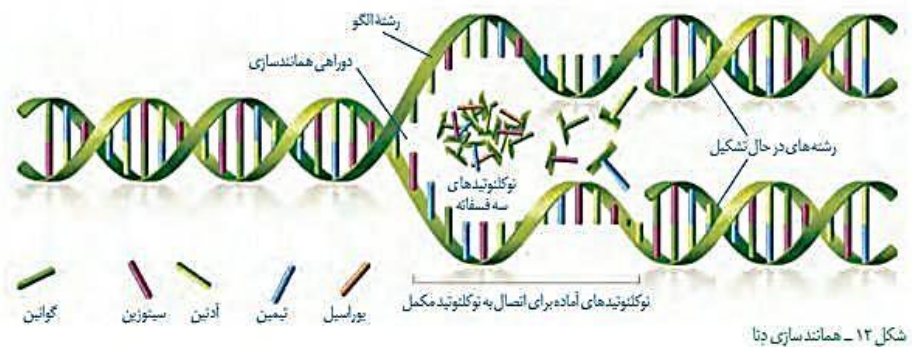
۱- شکست پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته از دو طرف توسط دو هلیکاز مختلف.

۲- قرارگیری نوکلئوتیدهای مکمل (بسته به نوع باز) روبه‌روی رشته الگو و ایجاد پیوند هیدروژنی بین بازهای مکمل.

۳- شکسته شدن پیوند اشتراکی پرانرژی بین فسفات‌ها و ایجاد نوکلئوتید یک فسفاته جدید.

۴- تشکیل پیوند فسفودی‌استر جدید بین فسفات نوکلئوتید جدید با هیدروکسیل نوکلئوتید قبلی در همان رشته (توسط دنابسپاراز).

۵- اضافه شدن هر نوکلئوتید جدید، به نوع باز آلی مکمل آن در رشته الگو بستگی دارد.



شکل ۱۲ ـ همانندسازی دنا

## اعمال آنزیم‌ها

### هلیکاز

۱- شناسایی نقطه شروع همانندسازی به صورت اختصاصی

۲- باز کردن مارپیچ دنا

۳- باز کردن تدریجی دو رشته دنا با شکستن پیوند هیدروژنی

### دنابسپاراز

۱- نوکلئوتیدها را براساس رابطه مکملی با دقت زیادی مقابل هم قرار می‌دهد.

۲- برقرار کردن پیوند فسفودی‌استر در همانندسازی ← فعالیت بسپارازی (پلیمرازی)

۳- پس از برقراری هم پیوند فسفودی استر، برمی‌گردد و رابطهٔ مکملی نوکلئوتیدها را بررسی می‌کند.

۴- ویرایش ← در صورت وجود نوکلئوتید جدید نادرست، پیوند فسفودی‌استر را با فعالیت نوکلئازی می‌شکند و آن را از دنا جدا می‌کند.

- سپس نوکلئوتید مناسب را قرار می‌دهد.
- ضمن این عمل، پیوند هیدروژنی آن‌ها نیز شکسته می‌شود.

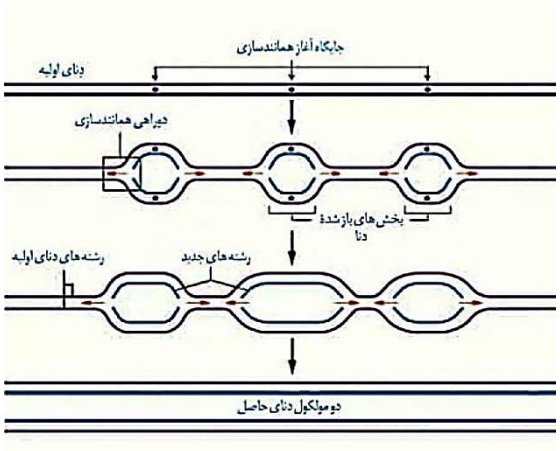
به این عمل ویرایش می‌گویند.

اگر انجام نشود ← سپس ایجاد جهش‌یابی پایدار می‌شود.

توجه داشته باشید که برگشت آنزیم دنابسپاراز در خلاف جهت همانندسازی، ارتباطی به صحیح یا غلط بودن نوکلئوتید قرار گرفته در ساختار رشته در حال ساخت ندارد و همواره در جهت بازبینی، صورت می‌پذیرد یعنی آنزیم دنابسپاراز پس از برقراری هر پیوند فسفودی‌استر یکبار برگشت کرده و نوکلئوتید را بازبینی می‌کند که رابطه آن صحیح است یا غلط! و اگر اشتباه باشد آن را حذف کرده و نوکلئوتید صحیح را قرار می‌دهد.

فقط فعالیت نوکلئازی دنابسپاراز که سبب حذف نوکلئوتید غلط می‌شود ویرایش نامیده می‌شود و قرارگیری نوکلئوتید صحیح در برابر رشته الگو جزء فرایند ویرایش محسوب نمی‌شود.

از آنجا که همانندسازی پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها را دو جهتی در نظر می‌گیریم می‌توان گفت اولاً به ازای هر نقطه آغاز همانندسازی، 2 راهی همانندسازی ایجاد می‌شود و اندازه حباب همانندسازی، از دو جهت، افزایش می‌یابد. ضمناً در هر دو راهی همانندسازی یک هلیکاز و دو دنابسپاراز در حال فعالیت‌اند و در حباب همانندسازی 4 نوع نوکلئوتید، 4 نوع باز آلی و 1 نوع مونوساکارید [یعنی دئوکسی ریبوز] در ساختار دنا، دیده می‌شود. ضمناً در حباب همانندسازی، 4 رشته دئوکسی ریبونوکلئوتیدی دیده می‌شود که تقریباً هم‌اندازه‌اند.



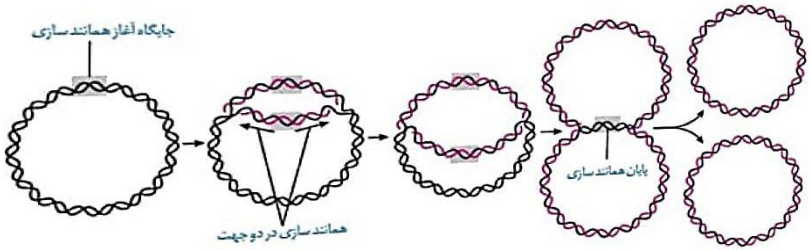

## همانندسازی در پروکاریوت‌ها

- فام‌تن اصلی آن‌ها به صورت یک مولکول دنای حلقوی در سیتوپلاسم و متصل به غشای یاخته است.
- علاوه بر دنای اصلی ممکن است دنای حلقوی دیگری به نام دیسک (پلازمید) داشته باشد ← دنای کمکی به غشا متصل نیست.
- دیسک می‌تواند ویژگی‌های درگیری به باکتری بدهد، مانند افزایش مقاومت باکتری به آنتی‌بیوتیک.
- از یک نقطه همانندسازی شروع می‌شود ← دو رشته توسط دو هلیکاز به تدریج از هم باز می‌شوند ← دو راهی همانندسازی ایجاد می‌شود.
- در هر دوراهی آن‌ها
  - یک هلیکاز وجود دارد.
  - دو دنابسپاراز وجود دارد.
- همانندسازی آن‌ها همانند یوکاریوت‌ها دوجهته می‌باشد ← در انتها دو دوراهی در مقابل نقطه آغاز به هم می‌رسند ← همانندسازی در روبه‌روی نقطه‌ی آغاز، تمام می‌شود دو مولکول DNA حلقوی از هم جدا می‌شوند.

## همانندسازی در یوکاریوت‌ها

آغازیان، قارچ‌ها، گیاهان و جانوران را شامل می‌شوند.

- انواع دنا
  - در فام‌تن هسته‌ای
    - دنای خطی دارد.
    - همراه دنا، مجموعه‌ای از پروتئین‌ها (مهم‌ترین آن‌ها هیستون‌ها) قرار دارد ← سبب فشردگی دنا می‌شوند.
    - بیشتر دنای یاخته را تشکیل می‌دهد ← دنای هسته‌ای را تشکیل می‌دهند.
  - سیتوپلاسمی
    - مقداری از دنای یاخته را تشکیل می‌دهد.
    - حلقوی می‌باشد و دو سر آزاد ندارند.
    - در راکیزه (میتوکندری) و دیسه (پلاست) وجود دارد ← برخی فعالیت این اندامک‌ها مثل تنفس و فتوسنتز را انجام می‌دهند.
- بسیار پیچیده‌تر از پروکاریوت‌ها است ← علت آن
  - وجود مقدار زیادی دنا
  - قرار داشتن دنا در چندین فام‌تن ← دنای هر فام‌تن آن‌ها، چندین برابر دنای باکتری است.
- چندین نقطه آغاز در هر فام‌تن دارند ← تا مدت زمان همانندسازی را کاهش دهند.
- تعداد جایگاه همانندسازی آن‌ها ← بستگی به مراحل رشد و نمو دارد و متغیر است.
  - در مراحل مورولا و بلاستولای جنینی ← سرعت تقسیم زیاد ← تعداد جایگاه آغاز همانندسازی هم زیاد است.
  - پس از تشکیل اندام‌های جنین (انتهای سه ماه اول جنینی در انسان) ← سرعت تقسیم و تعداد جایگاه‌های آغاز کمتر می‌شود.
- به ازای هر نقطه شروع همانندسازی ← دو دوراهی همانندسازی دارند.
- به ازای هر دو راهی همانندسازی ← یک هلیکاز و دو دنابسپاراز نیاز دارند.



*** تفاوت سلول‌های یوکاریوتی و پروکاریوتی**

1- سلول‌های یوکاریوتی دارای اندامک غشادار هستند اما پروکاریوتی خیر.

2- سلول‌های یوکاریوتی دارای DNA خطی اصلی محور در غشا هسته هستند اما DNA اصلیِ پروکاریوتی‌ها حلقوی بوده و توسط غشا اصلیِ سلول محصور می‌شود.

3- همراه DNA اصلی یوکاریوت و پروکاریوت، Pro وجود داد اما هیستون، Pro ویژه یوکاریوتهاست.

4- ریبوزوم‌های باکتری همگی ساده هستند ولی ریبوزوم‌های سلول یوکاریوتی علاوه بر ریبوزوم‌های ساده موجود در میتوکندری و کلروپلاست دارای ریبوزوم‌های پیچیده و بزرگ‌تری در سیتوپلاسم خود هستند.

5- باکتری‌های برخلاف سلول‌های یوکاریوتی امکان دارد که خارجِ دیواره سلولیِ خود کپسول برای حفاظت از خود و اتصال به سطوح مختلف داشته باشند.

6- یوکاریوتی‌ها ممکن است تک سلولی یا پرسلولی باشند اما باکتری‌ها تک‌سلولی بوده و فقط می‌توانند با اتصال بهم یک ساختار پرسلولی بسازند.

7- پروکاریوت‌ها علاوه بر DNA اصلی، دارای DNA کمکی نیز هستند اما یوکاریوت‌ها تمامی صفات درون DNA اصلیِ خطی می‌باشد و پلازمید ندارند.

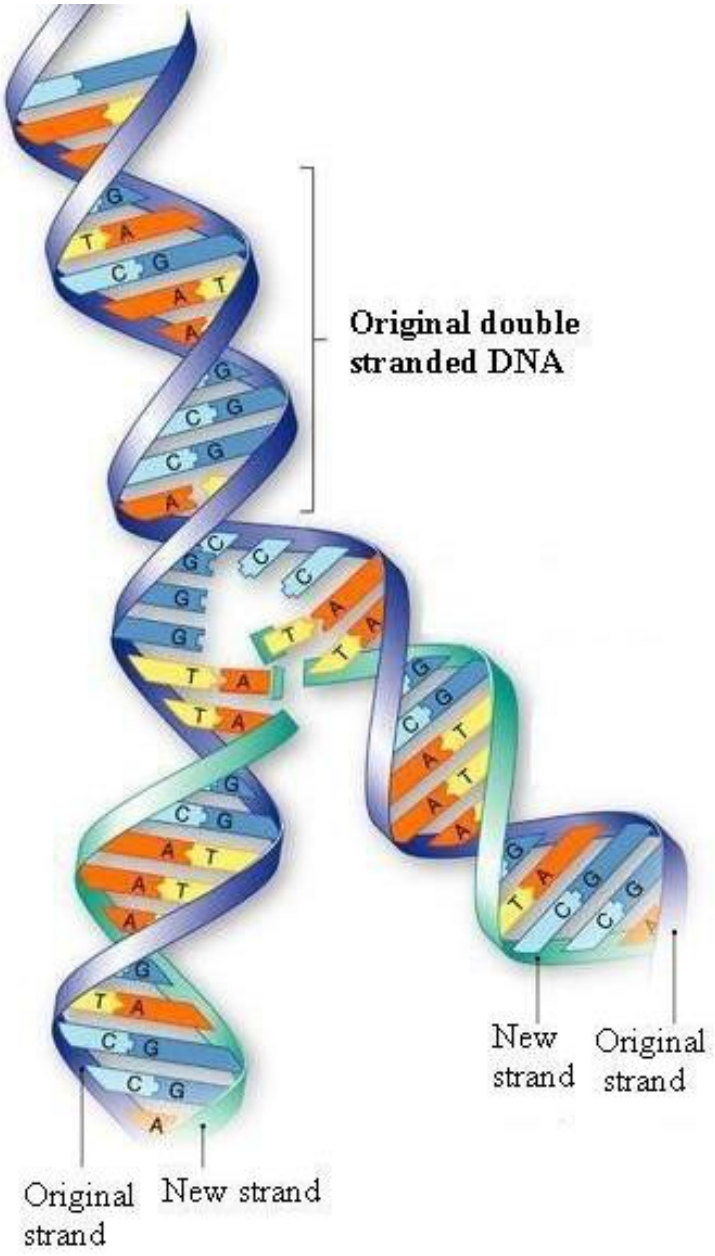
8- تمامی DNAهای پروکاریوت‌ها به صورت حلقوی بوده اما در یوکاریوت‌ها DNAهای هسته‌ای که حاوی تمام اطلاعات سلول است خطی بوده و DNAهای سیتوپلاسمیِ درون اندامک میتوکندری و کلروپلاست حلقوی بوده.

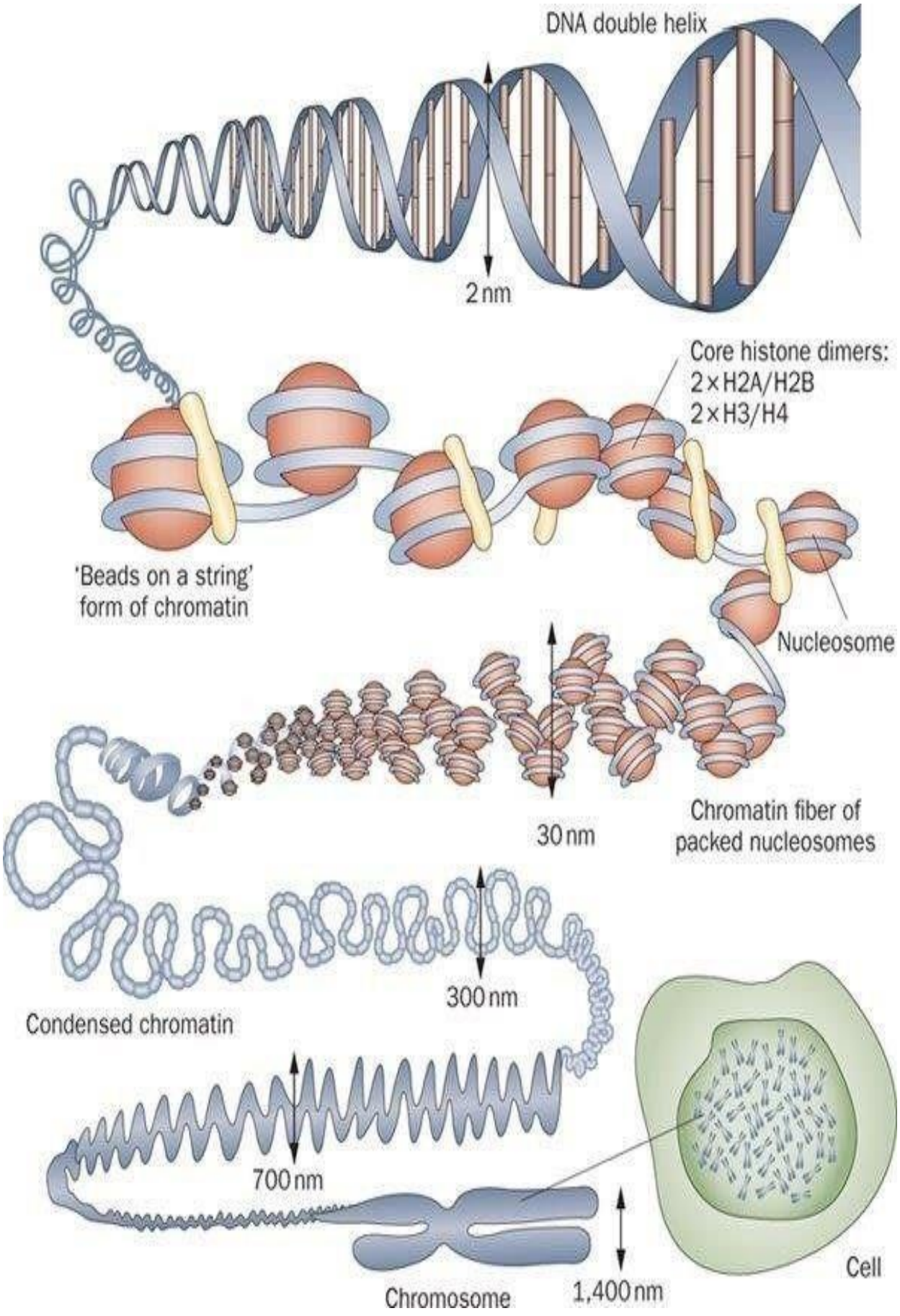
9- DNA اصلی باکتری به بخشی از غشا سیتوپلاسمی متصل شد اما در سلول‌های یوکاریوت این‌گونه نیست.

10- همانندسازیِ یوکاریوت‌ها بسیار پیچیده‌تر از پروکاریوت‌ها می‌باشد ←(علت) در یوکاریوت‌ها تعداد DNAها بسیار زیادتر است و در چندین کروموزوم قرار دارند که هر کدام از DNAهای خطی یوکاریوت‌ها چندین برابر DNA باکتری است ← اگر مثل DNA باکتری دارای یک جایگاه شروع همانندسازی در هر کروموزوم باشد مدت زیادی برای همانندسازی نیاز است ←(راه کار؟) جایگاه آغاز همانندسازی در هر فامتن چندتا می‌باشد.

11- در باکتری‌ها همیشه 1 جایگاه آغاز همانندسازی وجود دارد و تغییر نمی‌کند اما در یوکاریوت‌ها جایگاه آغاز همانندسازی تعداد بیشتری می‌باشد در هر فامتن و تعداد این جایگاه‌ها بسته به مراحل رشد و نمو تنظیم می‌شود و تغییر می‌کند به عنوان مثال ابتدای تقسیم‌های سلولی (میتوز و میوز) کمتر و وقتی سرعت تقسیم سلولی زیاد می‌شود تعداد جایگاه همانندسازی هم زیاد می‌شود و هنگامی که تقسیم سلولی بخواهد کاهش یابد تعداد جایگاه‌های همانندسازی هم کاهش می‌یابد.

EX: در دوران جنینی در مراحل مورولا و بلاستولا سرعت تقسیم زیاد و تعداد نقاط آغاز مورد استفاده هم زیاد اما بعد از تشکیل اندامها سرعت تقسیم‌ها یعنی تعداد نقاط آغاز کم می‌شوند.




DNA double helix
2 nm
Core histone dimers:
2 × H2A/H2B
2 × H3/H4
'Beads on a string'
form of chromatin
Nucleosome
30 nm
Chromatin fiber of
packed nucleosomes
300 nm
Condensed chromatin
700 nm
Chromosome
1,400 nm
Cell

# فصل 1
## گفتار 3: پروتئین‌ها

## پروتئین‌ها

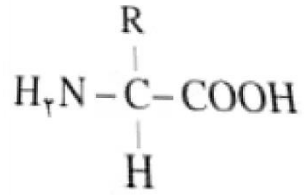
### نکات

- از جمله مولکول‌هایی هستند که نقش بسیار مهمی در فرایندهای یاخته‌ای دارند (برخلاف دنا و رنا، به ذخیره و انتقال اطلاعات کمک نمی‌کنند).
- متنوع‌ترین گروه مولکول‌های زیستی از نظر ساختار شیمیایی و عملکردی هستند.
- نوع، ترتیب و تعداد آمینواسیدهای آن ← ساختار آن را ایجاد می‌کند ← شکل فضایی آن ← نوع عمل آن را مشخص می‌کند.
- یکی از راه‌های پی بردن به شکل پروتئین ← استفاده از پرتو X است.
- با استفاده از تصاویر حاصل از پرتو X و روش‌های دیگر ← محققین به ساختار سه بعدی پروتئین‌ها پی می‌برند ← به کمک پرتو X ، حتی جایگاه هر اتم را می‌توانند مشخص کنند.
- اولین پروتئینی که ساختار آن مشخص شد، میوگلوبین بود.
- میوگلوبین از یک رشته پلی پپتیدی تشکیل شده است ← ساختار نهایی آن، ساختار سوم می‌باشد ← در یاخته ماهیچه‌ای به ذخیره آهن و اکسیژن می‌پردازد.
- هر نوع پروتئین، ترتیب خاصی از آمینواسیدها را دارد که با استفاده از روش‌های شیمیایی، آمینواسیدها را جدا و آن‌ها را شناسایی می‌کنند.

### ساختار آمینواسیدها

- پروتئین‌ها، بسپارهایی از آمینواسیدها هستند ← واحدهایی متشکل از اتم‌های کربن، هیدروژن، اکسیژن و نیتروژن (برخی از آن‌ها، عناصر دیگری هم دارند).
- نوع، تعداد و ترتیب آمینواسیدها در پروتئین، ساختار و عمل آن‌ها را مشخص می‌کند.
- متشکل از:
  - یک گروه آمین ($NH_2$) ← در سمت چپ
  - یک گروه اسیدی کربوکسیل ($COOH$) ← در سمت راست
  - یک اتم هیدروژن
  - یک گروه R (از اتم‌های مختلف)

  ← همگی به یک اتم کربن مرکزی متصلند.
- گروه R در آمینواسیدهای مختلف، متفاوت است و ویژگی‌های منحصر به فرد هر آمینواسید به آن بستگی دارد.
- هر آمینواسید به دلیل ماهیت شیمیایی گروه R ، در شکل‌دهی پروتئین مؤثر باشد.
- در طبیعت، آمینواسیدهای گوناگونی وجود دارد ولی فقط ۲۰ نوع آن‌ها در ساختار پروتئین‌ها به کار می‌روند.



## ساختارهای پروتئین‌ها

- **اول:** ترتیب توالی آمینواسیدها بوده، از برقراری پیوند پپتیدی بین گروه‌های آمین و کربوکسیل ایجاد می‌شود و در سایر ساختارهای پروتئین اثرگذار است.
- **دوم:** از برقراری پیوندهای هیدروژنی بین گروه‌های آمین و کربوکسیل حاصل می‌آید و به شکل‌هایی مثل مارپیچ و صفحه دیده می‌شود.
- **سوم:** با برقراری پیوند آب گریز بین گروه‌های R تشکیل شده و با انواع پیوندهای یونی، هیدروژنی و اشتراکی تثبیت می‌شود و ساختار نهایی پروتئین‌های تک‌زنجیره‌ای محسوب می‌شود.
- **چهارم:** ساختار نهایی پروتئین‌هایی است که بیش از یک زنجیره پلی پپتیدی دارند.

## پیوند پپتیدی

- پیوند از نوع اشتراکی بین دو آمینواسید مجاور می‌باشد که با حضور آنزیم و خروج یک مولکول آب طی فرایند سنتز آبدهی شکل می‌گیرد.
- پیوند اشتراکی بین آمینواسیدهای مجاور هم را پیوند پپتیدی می‌گویند.

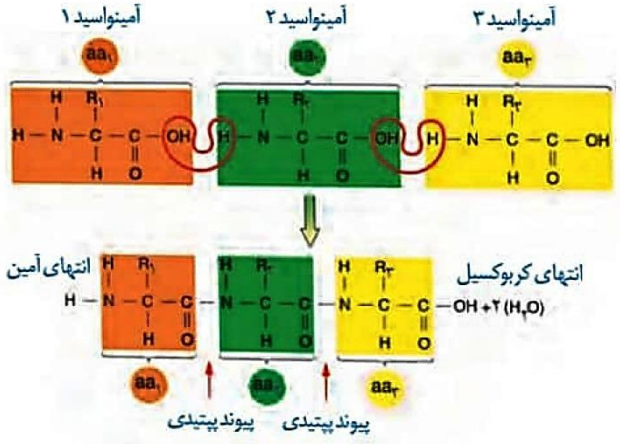
**برای تشکیل پیوند پپتیدی**

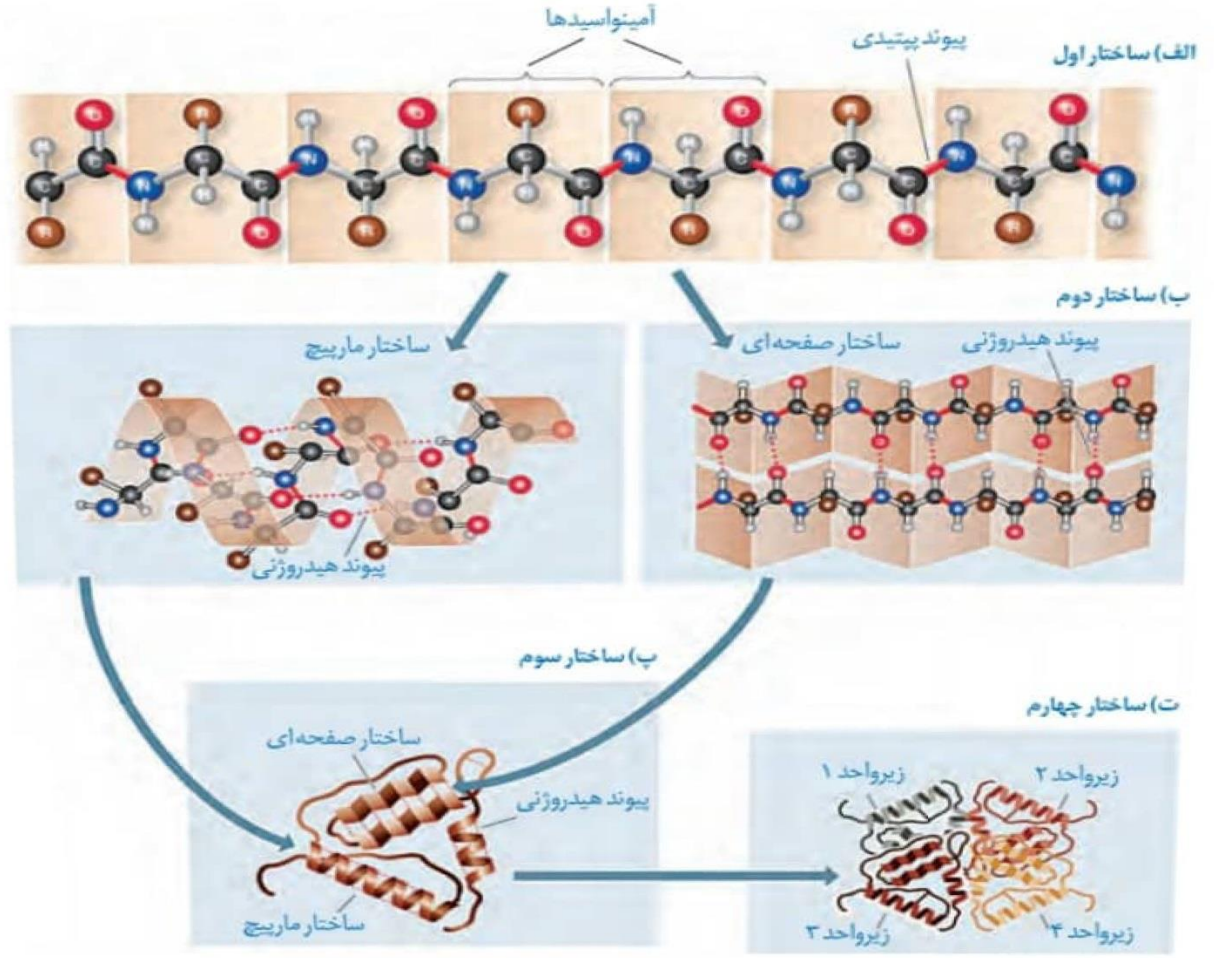
- عامل کربوکسیل آمینواسید و عامل آمین از آمینواسید بعدی نقش دارند.
- گروه هیدروکسیل $(OH)$ از عامل کربوکسیل آمینواسید اول جدا می‌شود. ← یک مولکول $H_2O$ آزاد می‌شود.
- یک اتم $H$ از عامل آمینی $(NH_2)$ آمینواسید بعدی نیز جدا می‌شود. ← یک پیوند اشتراکی $(-C(=O)-NH-)$ به نام پپتیدی تشکیل می‌شود.

- وقتی تعدادی آمینواسید با پیوند پپتیدی به هم متصل می‌شوند ← به زنجیره آمینواسید حاصل، پلی پپتید گویند.
- یک یا چند زنجیره بلند و بدون شاخه از پلی‌پپتید ← تشکیل یک پروتئین می‌دهد.

**هر پروتئین**

- ترتیب خاصی از آمینواسیدها را دارد.
- شکل‌دهی آن به نوع هر آمینواسید و گروه R آن بستگی دارد.




آمینواسیدها
پیوند پپتیدی
الف) ساختار اول
ب) ساختار دوم
ساختار مارپیچ
ساختار صفحه‌ای
پیوند هیدروژنی
پیوند هیدروژنی
پ) ساختار سوم
ساختار صفحه‌ای
پیوند هیدروژنی
ساختار مارپیچ
ت) ساختار چهارم
زیرواحد ۱
زیرواحد ۲
زیرواحد ۳
زیرواحد ۴

نکات شکل

## سطوح ساختاری پروتئین‌ها

- از چهار ساختار تشکیل شده است ← هر ساختار ← مبنای تشکیل ساختار بالاتر از خود است.

### ساختار اول (والی آمینواسیدها)

- نوع، تعداد، ترتیب و تکرار آمینواسیدها، ساختار اول پروتئین‌ها را تعیین می‌کنند.
- این ساختار خطی است و با تشکیل پیوند اشتراکی از نوع پپتیدی شکل می‌گیرد.
- تغییر آمینواسید در هر جایگاه، موجب تغییر در ساختار اول می‌شود.
- تغییر آمینواسید ممکن است فعالیت آن را تغییر دهد.
- عدم محدودیت در توالی آمینواسیدها ← موجب تنوع بسیار زیاد پروتئین‌ها می‌شود.
- همه سطوح دیگر ساختاری پروتئین‌ها به این ساختار بستگی دارد.
- پیوند پپتیدی آن ← بین عوامل کربوکسیل و آمینی دو آمینواسید مجاور صورت می‌گیرد.

### ساختار دوم (الگوهایی از پیوندهای هیدروژنی)

- بین بخش‌هایی از زنجیره پلی‌پپتیدی ← می‌تواند پیوند هیدروژنی برقرار شود.
- به چند صورت دیده می‌شود. دو نوع معروف آن‌ها:
  - ساختار مارپیچ (در هر رشته هموگلوبین دیده می‌شود.)
  - ساختار صفحه‌ای
- همه آمینواسیدها در تشکیل پیوند هیدروژنی شرکت نمی‌کنند.
- پیوند هیدروژنی بین H عامل آمینی ($NH$) با اکسیژن عامل کربوکسیلی ($\overset{O}{\overset{\|}{C}}$) برخی آمینواسیدها صورت می‌گیرد.
- اولین تاخوردگی مولکول در این ساختار دیده می‌شود.

### ساختار سوم (تاخورده و متصل به هم)

- در اثر تاخوردگی بیشتر صفحات و مارپیچ‌ها رخ می‌دهد و پروتئین‌ها به شکل کروی درمی‌آیند.
- نحوه تشکیل در اثر برهم کنش‌های آب گریز می‌باشد ← نزدیک شدن گروه R آمینواسیدهایی که آب‌گریز هستند:
  - به هم نزدیک می‌شوند.
  - تا در معرض آب نباشند.
- این ساختار با تشکیل پیوندهای هیدروژنی، اشتراکی و یونی تثبیت می‌شود.
- مجموع این نیروها ← سبب پیچیده شدن و کنار هم قرار گرفتن قسمت‌های مختلف پروتئین می‌شود.
- پیوند اشتراکی در این ساختار برخلاف ساختار اول از نوع پپتیدی نمی‌باشد.
- ایجاد تغییر در پروتئین، حتی تغییر یک آمینواسید (جهش جانشینی در ژن سازنده آن‌ها) هم می‌تواند ساختار و هم عملکرد را به شدت تغییر دهد.
- مثال پروتئین با ساختار سوم: میوگلوبین ← یک گروه غیرآلی هم ← یک آهن ← یک $O_2$ دارد.

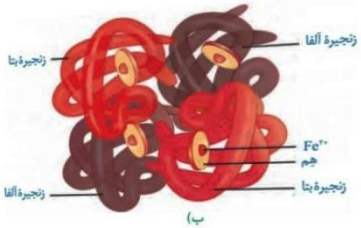
### ساختار چهارم (آرایش زیرواحدها)

- بعضی پروتئین‌ها ساختار چهارم را دارند ← باید بیش از یک زنجیره پلی پپتید داشته باشند.
- دو یا چند زنجیره پلی‌پپتیدی در کنار هم این ساختار را تشکیل می‌دهند ← نحوه آرایش زیرواحدها سبب ساختار چهارم می‌شود.
- هر یک از زنجیره‌ها نقش کلیدی در شکل‌گیری پروتئینی دارد.

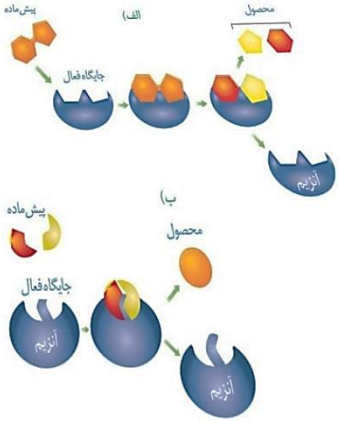
**مثال این ساختار: هموگلوبین که ۴ زنجیره دارد**

- ۲ زنجیره از نوع آلفا
- ۲ زنجیره از نوع بتا
  - ۴ گروه هم و آهن
- هر زنجیر ترتیب خاصی از آمینواسیدها ← در ساختار اول دارد.
- شکل مارپیچی اولیه ← در ساختار دوم دارد.
- هر زیرواحد تاخورده با شکل خاص کروی سه بعدی ← ساختار سوم دارد.
- قرارگیری چهار زیر واحد کنار هم ← ساختار چهارم را ایجاد می‌کند.

(الف)



(ب)



**انواع نقش پروتئین‌ها**

۱- آنزیمی ← به صورت کاتالیزورهای زیستی عمل می‌کنند ← سرعت واکنش شیمیایی خاصی را افزایش می‌دهند.

۲- گیرنده سطح یاخته ← به طور مثال گیرنده‌های آنتی ژنی در سطح لنفوسیت‌ها نمونه‌ای از این‌هاست (پلاسموسیت‌ها، گیرنده آنتی‌ژنی ندارند).

۳- انتقال دهنده ← مانند هموگلوبین که گاز تنفسی را منتقل می‌کند.

۴- پمپ سدیم - پتاسیم ← ۲ نوع فعالیت دارد
- ۱- نقش آنزیمی ← خاصیت هیدرولیزATP دارد.
- ۲- نقش جابه‌جایی یون‌های سدیم و پتاسیم در عرض غشا

۵- ساختاری ← مثل کلاژن که باعث استحکام بافت پیوندی می‌شوند ← زردپی، رباط، لایه درم پوست و استخوان‌ها مقدار فراوانی از آن را دارند.

۶- انقباض ← انقباض ماهیچه‌ها نیز ناشی از حرکت لغزشی دو نوع پروتئین روی یکدیگر یعنی اکتین و میوزین است.

۷- نشانه‌ای (پیام‌آور) ← بیشترهورمون‌ها پروتئینی هستند ← مانند اکسی‌توسین و انسولین

۸- تنظیمی ← مثل مهارکننده‌ها و فعال‌کننده‌ها که نقش تنظیمی در فعال و غیرفعال کردن ژن‌ها برعهده دارند.

آنزیم‌های پروتئینی
نکات
سوخت و ساز یا همان انجام واکنش‌ها در بدن موجود زنده را انجام می‌دهند.
در صورتی یک واکنش شیمیایی سرعت مناسب می‌گیرد که ← انرژی فعال‌سازی (انرژی اولیه) کافی داشته باشد.
فعالیت آنزیم
افزایش امکان برخورد مناسب مولکول‌های پیش‌ماده را فراهم می‌کنند.
کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش را سبب می‌شوند.
سرعت واکنش‌های انجام‌شدنی را زیاد می‌کند.
بعضی مواد سمی مانند سیانید و آرسنیک با قرار گرفتن در جایگاه فعال آنزیم مانع فعالیت آن می‌شوند. ← بعضی از این مواد به همین طریق باعث مرگ می‌شوند.
بدون آنزیم ← سوخت و ساز یاخته‌ها در دمای بدن بسیار کند می‌شود ← انرژی لازم برای حیات تأمین نمی‌شود.
محل تولید در یوکاریوت‌ها
ریبوزوم آزاد در ماده زمینه‌ای سیتوپلاسم ← آنزیم‌های هسته، ماده زمینه‌ای سیتوپلاسم، میتوکندری و کلروپلاست را می‌سازد.
ریبوزوم شبکه آندوپلاسمی ← به دستگاه گلژی می‌رود ← پس از بسته‌بندی
آنزیم غشایی می‌شود (پمپ سدیم - پتاسیم).
اگزوسیتوز می‌شوند ← آنزیم گوارشی
آنزیم لیزوزوم و واکوئول را می‌سازند.
محل فعالیت
درون یاخته ← مانند آنزیم‌های مؤثر در تنفس یاخته‌ای، فتوسنتز، همانندسازی، رونویسی، ترجمه، گلیکولیز
بیرون یاخته ← مانند آنزیم‌های ترشحی دستگاه گوارش مانند آمیلاز بزاق و لیپاز
سطح غشای یاخته ← مانند پمپ سدیم- پتاسیم
صفرا و موسین لوله گوارش نقش آنزیمی ندارد.
ساختار
بیشتر آنزیم‌ها پروتئینی هستند و بعضی غیرپروتئینی هستند، مانند rRNA در ریبوزوم
هر نوع آنزیم پروتئینی و RNAای، در ساختار خود بخشی به نام جایگاه فعال دارند که بخش اختصاصی اتصال به پیش‌ماده است.
پیش ماده ← ترکیباتی که آنزیم‌ها روی آن عمل می‌کنند.
محصول (فراورده) ← ترکیباتی که حاصل فعالیت آنزیم هستند.
بعضی آنزیم‌ها برای فعالیت به ماده‌ای نیاز دارند.
کوآنزیم ← مواد آلی مثل ویتامین‌ها یا کوآنزیم A در تنفس هوازی
یون‌های فلزی مانند مس و آهن
عملکرد اختصاصی
آنزیم روی یک یا چند پیش ماده خاص مؤثر است (عمل اختصاصی آنزیم).
شکل آنزیم در جایگاه فعال با شکل پیش‌ماده یا بخشی از آن مطابقت دارد (مکمل یکدیگرند).
برخی از آن‌ها بیش از یک نوع واکنش را سرعت می‌بخشند ← مثلاً دنابسپاراز هم فعالیت نوکلئازی و هم فعالیت پلیمرازی (بسپارازی) دارد.
در همه واکنش‌های شیمیایی بدن جانداران شرکت می‌کنند و سرعت واکنش را زیاد می‌کنند ← انرژی فعال‌سازی را کاهش می‌دهند.
در پایان واکنش دست‌نخورده باقی می‌مانند (بارها از آن‌ها استفاده می‌شود)، به همین دلیل یاخته‌ها به مقدار کم به آنزیم‌ها نیاز دارند.
به مرور مقداری از آن‌ها از بین می‌روند و یاخته آن را می‌سازد.
تغییر در ساختار آنزیم‌ها
اگر سبب تغییر در جایگاه فعال شود ← احتمال تغییر عملکرد آنزیم بسیار زیاد است.
اگر در جایی دور از جایگاه فعال باشد ← به طوری که روی عمل آن اثر نگذارد ← احتمال تغییر در عملکرد آنزیم را کم و یا حتی صفر می‌کند.

## عوامل مؤثر بر فعالیت آنزیم

### pH
- pH بیشتر مایعات بدن بین ۶ و ۸ است (pH = ۷/۴ خون، pH = ۲ ترشحات معده).
- هر آنزیم در یک pH ویژه بهترین فعالیت را دارد که به آن pH بهینه می‌گویند.
- pH بهینه پپسین ۲ و pH بهینه آنزیم‌های لوزالمعده ۸ می‌باشد.
- تغییر pH محیط با تأثیر بر پیوندهای شیمیایی باعث تغییر شکل و تغییر فعالیت آنزیم می‌شود ← امکان اتصال آنزیم به پیش‌ماده کم می‌شود.

### دما
- بهترین فعالیت آنزیم‌های بدن در ۳۷ درجه است (به جز آنزیم‌های درون کیسه بیضه که در دمای ۳۴ °C فعالیت بهینه دارند).
- آنزیم‌ها در دمای بالاتر، شکل غیرطبیعی یا برگشت‌ناپذیر پیدا می‌کنند و غیرفعال می‌شوند.
- آنزیم‌هایی که در دمای پایین غیرفعال می‌شوند، با برگشت دما به حالت طبیعی، می‌توانند به حالت فعال برگردند.

### غلظت آنزیم و پیش ماده
- مقدار بسیار کم آنزیم برای تبدیل مقدار زیادی پیش‌ماده به فراورده در واحد زمان، کافی است.
- افزایش مقدار آنزیم در بدن ← تولید فرآورده در واحد زمان افزایش می‌یابد.

#### افزایش غلظت پیش‌ماده آنزیم
- در صورت وجود مقدار مناسب آنزیم ← سرعت واکنش زیاد و تولید محصول بیشتر می‌شود.
- اگر با محدودیت آنزیم‌ها، سبب اشباع جایگاه فعال شود ← سرعت واکنش پس از اشباع آنزیم‌ها ثابت می‌شود.

نمودارها

عوامل متعددی از جمله pH، دما، غلظت آنزیم و پیش‌ماده بر سرعت فعالیت آنزیم‌ها تأثیر می‌گذارند.

pH بیشتر مایعات بدن بین 6 و 8 است مثلاً pH خون حدود 7/4 است. البته pH بعضی بخش‌ها خارج از این محدوده هستند. یکی از این موارد، pH ترشحات معده است که حدود 2 می‌باشد. هر آنزیم در یک pH ویژه بهترین فعالیت را دارد که به آن pH بهینه می‌گویند؛ مثلاً pH بهینه پپسین حدود 2 است در حالی که آنزیم‌هایی که از لوزالمعده به روده کوچک وارد می‌شوند pH بهینه حدود 8 دارند. تغییر pH محیط با تأثیر بر پیوندهای شیمیایی مولکول پروتئین می‌تواند باعث تغییر شکل آنزیم شود و در نتیجه امکان اتصال آن به پیش‌ماده از بین برود، در نتیجه میزان فعالیت آن تغییر می‌کند.

آنزیم‌های بدن انسان در دمای 37 درجه سانتی‌گراد بهترین فعالیت را دارند. این آنزیم‌ها در دمای بالاتر ممکن است شکل غیرطبیعی یا برگشت‌ناپذیر پیدا کنند و غیر فعال شوند. آنزیم‌هایی که در دمای پایین غیرفعال می‌شوند با برگشت دما به حالت طبیعی، می‌توانند به حالت فعال برگردند.

نکته

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

نکته

همه آنزیم‌ها می‌توانند با کاهش فعال‌سازی، سرعت انجام یک واکنش را افزایش دهند اما توجه داشته باشید که هیچ آنزیمی نمی‌تواند واکنش‌های انجام نشدنی را به انجام برساند!

نکته

نمی‌توان گفت همه آنزیم‌ها پروتئینی بوده و در ساختار خود آمینواسید دارند چون بعضی از مولکول‌های رنا دارای نقش آنزیمی‌اند اما می‌توان گفت بیشتر آنزیم‌ها از جنس پروتئین بوده، دارای 20 نوع آمینواسید به عنوان مونومرند و در بین مونومرهای خود پیوند پپتیدی دارند.

بعضی از آنزیم‌ها از جنس رِنا بوده و در ساختار خود 4 نوع نوکلئوتید به عنوان مونومر و پیوند فسفودی‌استر دارند.

هرچند آنزیم‌ها حین انجام واکنش‌ها دست‌نخورده باقی می‌مانند و بارها قابل استفاده‌اند اما دارای طول عمر مشخص‌اند و به مرور مقداری از آنها از بین می‌روند.

هرچند قرارگیری آنزیم در دمای بالا ممکن است سبب برگشت‌ناپذیری غیرطبیعی عملکرد آن شود. اما قرارگیری آنزیم در دمای پایین سبب غیرفعال شدن آن به شکل برگشت‌ناپذیر نمی‌شود یعنی با برگشت دما به حالت طبیعی آنزیم می‌تواند به حالت فعال برگردد.

تغییرات شدید pH و افزایش شدید دما می‌تواند سبب تغییر شکل آنزیم و تغییر شکل جایگاه فعال آن شده و آنزیم را به شکل برگشت‌ناپذیر، غیرفعال کند.

نکته

از آنجا که آنزیم نوکلئوتیدی و هورمون لیپیدی نیز وجود دارد، می‌توان گفت بیشتر آنزیم‌ها و هورمون‌ها پروتئینی هستند نه همه آن‌ها. همچنین چون آنزیم از جنس RNA داریم، می‌توان گفت درون سلول آنزیم دارای مونوساکارید یا پیوند فسفودی‌استر یا یوراسیل و سیتوزین وجود دارد اما آنزیم تیمین‌دار یا دئوکسی ریبوزدار نداریم.

نکته

هرچند پروتئین فقط در سیتوپلاسم ساخته می‌شود اما نمی‌توان گفت محل ساخت هر آنزیم فقط سیتوپلاسم است چون آنزیم‌های از جنس رنا در هسته تولید می‌شوند.

*فعالیت‌ها*

توجه داشته باشید بروز تب بالا به دلیل اثری کـه بـر فعالیـت آنزیم‌هـا داشـته و می‌توانـد سـبب اختلال در عملکرد آنها شود، برای بیماران خطرناک است.

✓ **همه آنزیم‌ها** ..... .

1) روی یک پیش‌ماده خاص اثر می‌گذارند.
2) در دمای بالای 37 درجه، شکل غیرطبیعی می‌یابند.
3) در پایان واکنش‌ها، دست‌نخورده باقی می‌مانند.
4) در محیط‌های اسیدی، غیرفعال می‌شوند.

**پاسخ:**

چون همه آنزیم‌ها در پایان واکنش‌ها دست‌نخورده باقی می‌مانند گزینه سه صـحیح اسـت. گزینـه یک نادرست است چون کتاب درسی عنوان کرده است که هر آنزیم روی یک یـا چنـد پیش‌مـاده (سوبسترا) خاص اثر می‌گذارد گزینه دو نادرست است چون در کتاب درسی ذکر شـده اسـت کـه آنزیم‌های بدن ممکن است در دمای بالا شکل غیرطبیعی یا برگشت‌ناپذیر پیـدا کـرده و غیرفعـال شوند و گزینه چهار نیز نادرست است چون بعضی از آنزیم‌ها مثل پپسین معده در محیطی بـا pH حدود 2 حداکثر فعالیت خود را دارند.

## تست کده

**1- در یک مولکول DNA، تعداد ..... کمتر از سایرین است. (سراسری- 89)**

1) بازهای پورینی
2) پیوندهای هیدروژنی
3) قندهای دئوکسیریبوز
4) پیوندهای فسفودی استر

**2- در هیچ کدام از باکتری‌ها، امکان ..... وجود ندارد. (سراسری- 91)**

1) دریافت ماده ژنتیکی از محیط خارج
2) اتصال مولکول DNA به غشای پلاسمایی
3) اضافه شدن ویژگی در اثر DNA غیراصلی
4) تقسیم شدن پس از تکثیر ریزلوله‌ها

**3- مولکول DNA را در نظر بگیرید که در ساختار هر دو زنجیره آن، ماده رادیواکتیو به کار رفته است. اگر در همانندسازی نیمه حفاظتی این مولکول برای سه نسل متوالی در محیطی کشت داده شود که فاقد ماده رادیواکتیو می‌باشد، در این صورت ..... از مولکول‌های حاصل ..... . (سراسری خارج- 91)**

1) نیمی- غیر رادیواکتیو می‌باشند.
2) نیمی- یک زنجیره رادیواکتیو دارند.
3) یک چهارم، غیررادیواکتیو می‌باشند.
4) یک چهارم، یک زنجیره رادیواکتیو دارند.

**4- چند مورد، عبارت مقابل را به صورت مناسب کامل می‌کند؟ «در سیرابی گوسفند برای هضم نوعی ماده آلی، نوعی آنزیم استفاده می‌شود. این آنزیم فقط .....» (سراسری- 96)**

* می‌تواند توسط جانداری با هسته مشخص و سازمان یافته تولید شود.
* بر مولکولی رشته‌ای و بدون انشعاب تأثیر می‌گذارد.
* نسبت به تغییرات شدید pH محیط حساس است.
* نوعی واکنش سنتز آب‌دهی را به انجام می‌رساند.

1) 1 مورد
2) 2 مورد
3) 3 مورد
4) 4 مورد


آموزش را با دبیران برند ایران تجربه کنید

**5- کدام عبارت، درباره اولین پروتئینی که ساختار آن شناسایی شد، صحیح است؟(سراسری- 98)**

1) در تشکیل ساختار نهایی آن فقط یک نوع پیوند دخالت دارد.

2) با تغییر یک آمینواسید، ساختار و عملکرد آن می‌تواند به شدت تغییر یابد.

3) هر یک از زنجیره‌های پلی پپتیدی آن، به صورت یک ریز واحد ناخورده است.

4) با دارا بودن رنگدانه‌های فراوان، توانایی ذخیره انواعی از گازهای تنفسی را دارد.

**6- کدام گزینه، عبارت زیر را به طور مناسب کامل می‌کند؟(سراسری- 98)**

**«در جاندارانی که عامل اصلی انتقال صفات وراثتی به غشای یاخته، متصل ..... وجود دارد.»**

1) است. فقط پروتئین‌های هیستونی همراه با دنا (DNA)ی آن‌ها

2) نیست. فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در دنا (DNA)ی آن‌ها

3) نیست. در دو انتهای هر یک از رشته‌های این عامل، ترکیباتی متفاوت

4) است. در ساختار هر واحد تکرارشونده دنا (DNA)ی آن‌ها. پیوند فسفودی‌استری

**7- کدام گزینه، عبارت مقابل را به طور مناسب کامل می‌کند؟ (سراسری خارج- 98)**

**«در جاندارانی که عامل اصلی انتقال صفات وراثتی، به غشای یاخته متصل .....»**

1) نیست. در هر فام‌تن، جایگاه‌های آغاز همانندسازی متعددی به وجود آید.

2) است، در ساختار هر واحد تکرارشونده دنای (DNA)ی آن‌ها، پیوند فسفودی‌استری وجود دارد.

3) است. با جدا شدن دو گروه فسفات از انتهای رشته پلی‌نوکلئوتیدی دنا (DNA)، نوکلئوتید جدید به آن اضافه می‌شود.

4) نیست. آنزیم دورکننده دو رشته دنا (DNA) از یکدیگر، می‌تواند نوکلئوتیدها را براساس رابطه مکملی نوکلئوتیدهای رشته الگو قرار دهد.

**8- کدام عبارت، درباره اولین پروتئینی که ساختار آن شناسایی شد، نادرست است؟(سراسری خارج- 98)**

1) در بخش‌هایی از این مولکول، ساختارهای متنوعی وجود دارد.

2) ساختار نهایی آن با تشکیل بیش از یک نوع پیوند، تثبیت می‌شود.

3) هر یک از زنجیره‌های پلی‌پپتیدی آن، به صورت یک زیرواحد تاخورده است.

4) با تغییر یک آمینواسید، ممکن است ساختار و عملکرد آن به شدت تغییر یابد.

**9- کدام مورد برای تکمیل عبارت مقابل نامناسب است؟ «نوعی آنزیم می‌تواند .....»**
**(سراسری- 99)**

1) با کمک فرایندی انرژی‌زا، نوعی واکنش انرژی‌خواه را به انجام رساند.
2) پیوندی را که در یک مرحله ایجاد کرده است، در مرحله دیگری بشکند.
3) از طریق کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش‌های انجام نشدنی را ممکن سازد.
4) از طریق اتصال با مولکول‌های دیگر، تمایل خود را به پیش‌ماده تنظیم کند.

**10- در ارتباط با هر مولکول حامل اطلاعات وراثتی در هوهسته‌ای (یوکاریوت)ها، کدام مورد صحیح است؟(سراسری- 99)**

1) هر رشته آن دو سر متفاوت دارد.
2) همانندسازی آن در دو جهت انجام می‌گیرد.
3) واحدهای سه بخشی آن توسط نوعی پیوند به هم متصل می‌شوند.
4) تعداد جایگاه‌های همانندسازی آن بسته به مراحل رشد و نمو تنظیم می‌شود.

**11- کدام عبارت درباره ساختار پروتئین قرمزرنگ موجود در تار ماهیچه‌ای کند انسان صحیح است؟(سراسری- 99)**

1) بخشی که دارای آهن مرکزی است، جزئی از زنجیره پپتیدی آن محسوب می‌شود.
2) زنجیره‌های ناخورده آن، از طریق پیوندهای غیراشتراکی در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند.
3) همه آمینواسیدهای موجود در ساختار دوم، از طریق پیوند هیدروژنی با یکدیگر ارتباط دارند.
4) در یک زنجیره، گروه CO آمینواسید به گروه NH آمینواسید غیرمجاورش نزدیک و پیوند برقرار می‌نماید.

**12- چند مورد، ارتباط با هر مولکول حامل اطلاعات وراثتی در هوهسته‌ای (یوکاریوت)ها صحیح است؟ (سراسری خارج- 99)**

**الف) بیش از یک جایگاه آغاز همانندسازی دارد.**
**ب) مطابق با یکی از سه طرح پیشنهادی، همانندسازی می‌نماید.**
**ج) در ساختار بدون انشعاب خود، واحدهای سه بخشی دارد.**
**د) در پی جدا شدن پروتئین‌های همراه خود، آماده همانندسازی می‌شود.**

1) 1 مورد　2) 2 مورد　3) 3 مورد　4) 4 مورد

**13- کدام گزینه، عبارت مقابل را به طور مناسب کامل می‌کند؟(سراسری خارج- 99)**

**«در یک یاخته گیاهی برگ، در زمانی که نخستین مقدمات تقسیم میان‌یاخته (سیتوپلاسم) فراهم می‌گردد ..... .»**

1) پوشش هسته‌ای در اطراف هر مجموعه کروموزومی بازسازی می‌شود.

2) فام‌تن (کروموزوم)های کوتاه و فشرده شد و شروع به بار شدن می‌نمایند.

3) رشته‌های دوک به فام‌تن (کروموزوم)های تک کروماتیدی اتصال دارند.

4) فام‌تن (کروموزوم)های غیرهم‌ساخت در وسط یاخته به صورت ردیف درمی‌آیند.

**14- کدام عبارت، درباره ساختار پروتئین قرمزرنگ موجود در تارماهیچه‌ای کند انسان صحیح است؟(سراسری خارج- 99)**

1) زنجیره‌های ناخورده آن، از طریق پیوندهای غیراشتراکی در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند.

2) به منظور اتصال به گاز تنفسی، تعدادی اتم آهن مرکزی در بخش پپتیدی زنجیره خود دارد.

3) همه واحدهای ساختاری موجود در ساختار دوم، از طریق پیوند هیدروژنی با یکدیگر ارتباط دارند.

4) به دنبال ایجاد نوعی از الگوهای پیوند هیدروژنی، بخشی از زنجیره پلی‌پپتیدی آن تغییر جهت پیدا می‌کند.

**15- چند مورد، برای تکمیل عبارت مقابل مناسب است؟ «در انسان، نوعی آنزیم می‌تواند .....» (سراسری خارج- 99)**

**الف) پیوندی را که در یک مرحله ایجاد کرده است. در مرحله دیگری بشکند.**

**ب) با کمک فرایندی انرژی‌زا، نوعی واکنش انرژی‌خواه را به انجام رساند.**

**ج) از طریق اتصال با مولکول‌های دیگر، تمایل خود را به پیش‌ماده تنظیم کند.**

**د) از طریق کاهش انرژی فعال‌سازی، واکنش‌های انجام نشدنی را ممکن سازد.**

1) 1 مورد

2) 2 مورد

3) 3 مورد

4) 4 مورد

**16- چند مورد، درباره هر نوکلئوتید موجود در بدن یک فرد سالم صحیح است؟(سراسری - 1400)**

**الف) باز آلیِ تک حلقه‌ای یا دو حلقه‌ایِ متصل به ریبوز دارد.**

**ب) گروه یا گروه‌های فسفات آن، با پیوند کووالانسی به قند اتصال دارد.**

**ج) از طریق نوعی پیوند اشتراکی به نوکلئوتید دیگری متصل شده است.**

**د) طی فرایند اکسایش در غشای درونی راکیزه (میتوکندری) تولید گردیده است.**

1) 1

2) 2

3) 3

4) 4

**17- در ارتباط با فرایند همانندسازی در یوکاریوت‌ها، چند مورد صحیح است؟ (سراسری - 1400)**

**الف) آنزیمی که از وقوع جهش در ماده ژنتیکی ممانعت به عمل می‌آورد، می‌تواند نوکلئوتیدها را به صورت تک‌فسفاته به رشته پلی‌نوکلئوتیدی متصل نماید.**

**ب) آنزیمی که باعث جدا شدن هیستون‌ها از مولکول دنا (DNA) می‌شود، مارپیچ دنا (DNA) و دو رشته آن را از هم جدا می‌کند.**

**ج) آنزیمی که نوکلئوتیدها را به صورت مکمل به روبه‌روی هم قرار می‌دهد، انرژی فعال‌سازی واکنش را کاهش می‌دهد.**

**د) آنزیمی که پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته مکمل را برقرار می‌کند، تنها آنزیم دوراهی همانندسازی محسوب می‌شود.**

1) 1

2) 2

3) 3

4) 4

# پاسخنامه

1) 1
2) 4
3) 4
4) 1
5) 2
6) 3
7) 1
8) 3
9) 3
10) 3
11) 4
12) 1
13) 3
14) 4
15) 3
16) 1
17) 2

فصل ۱

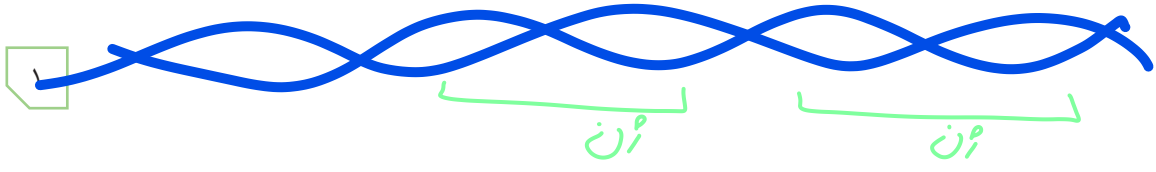
# مولکول های اطلاعاتی

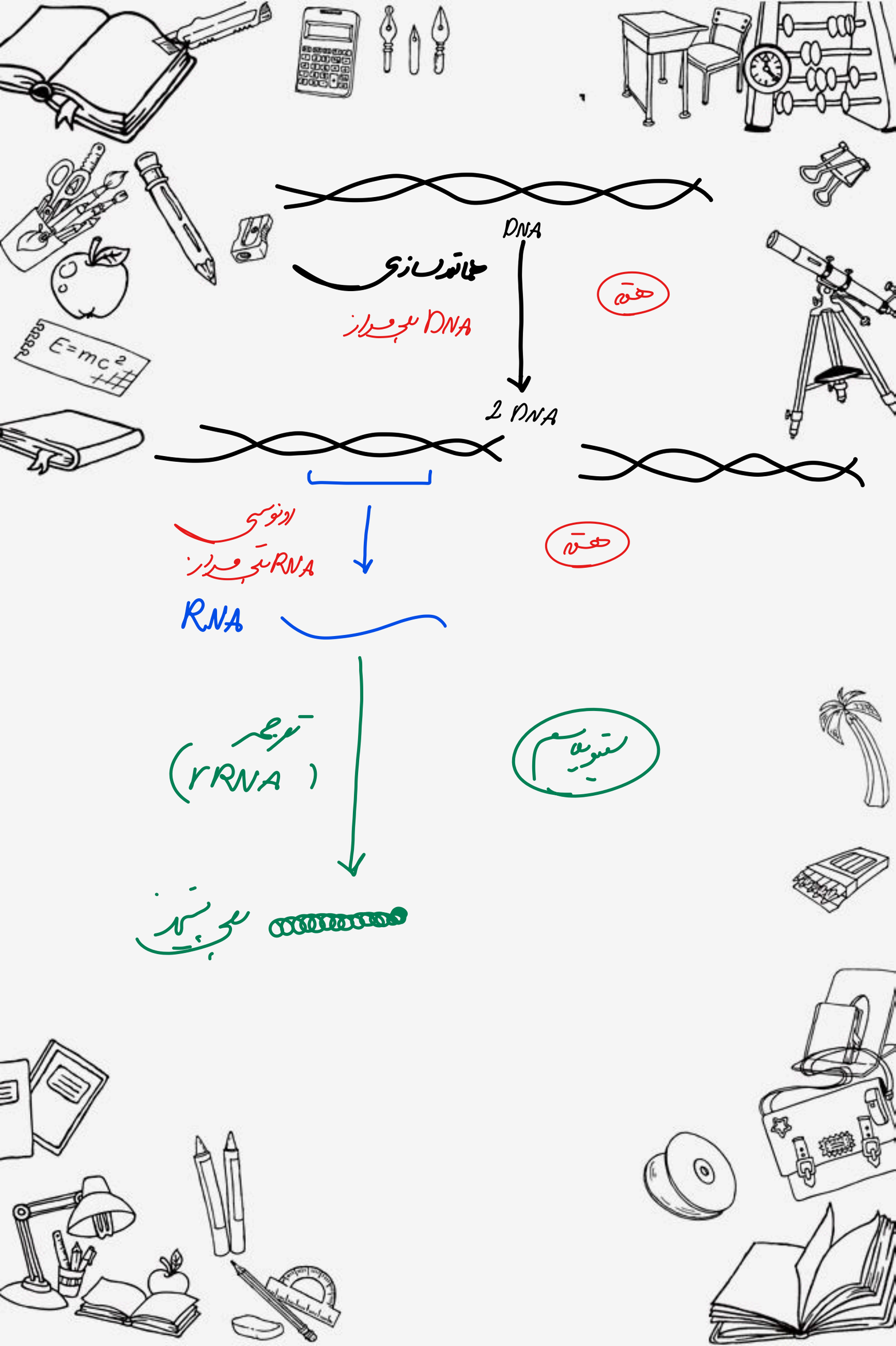
**طرح سؤالات عددی و محاسباتی از مباحث این فصل در همهٔ آزمون ها از جمله کنکور سراسری ممنوع است.**

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

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

در این فصل مطالب در قالب زنجیره‌ای از آزمایش ها توضیح داده می شود که نتایج آنها آگاهی ما را از ژن و مولکول های مرتبط به آن یعنی دِنا (DNA)، رِنا (RNA) و پروتئین بیشتر می کند. آشنا شدن با ساختار این مولکول ها مقدمه‌ای است برای فهم بهتر فصل های دیگر این کتاب. همچنین، در کنار این مباحث با سازوکار مولکولی و چگونگی ذخیره و انتقال اطلاعات وراثتی آشنا می شویم.




DNA
همانندسازی
DNA تجزیه از
هسته
2 DNA
رونویسی
RNA تجزیه از
RNA
هسته
ترجمه
(rRNA)
سیتوپلاسم
پلی پپتید

# گفتار ۱ نوکلئیک اسیدها

## بیشتر بدانید

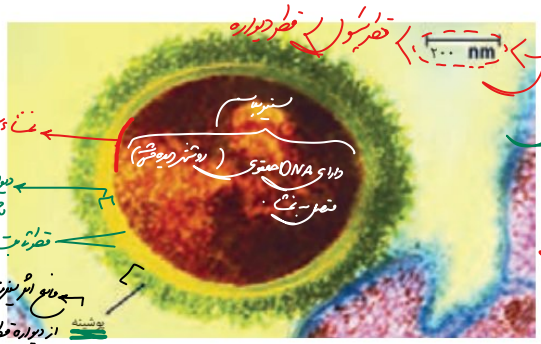
دانشمندی سوئیسی به نام میشر[۱] در سال ۱۸۶۹ نوکلئیک اسیدها را کشف کرد. او ترکیبات سفیدرنگی را از هسته گویچه‌های سفید انسان و اسپرم ماهی استخراج کرد که نسبت نیتروژن و فسفات در این ترکیبات با نسبت آن در ترکیبات حاصل از بخش‌های دیگر یاخته متفاوت بود. همین باعث شد که میشر این ترکیب زیستی را به عنوان ترکیب جدیدی معرفی کند. او این ماده را نوکلئیک اسید (اسید هسته‌ای) نامید؛ چون از هسته (Nucleus) استخراج شده بود و خاصیت اسیدی ضعیفی هم داشت.

۱ـ Friedrich Miescher

هریک از یاخته‌های بدن ما ویژگی‌هایی مانند شکل و اندازه دارند. این ویژگی‌ها تحت فرمان هسته هستند. دستورالعمل‌های هسته در حین تقسیم از یاخته‌ای به یاخته دیگر و در حین تولید مثل از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شود. اطلاعات و دستورالعمل فعالیت‌های یاخته در چه قسمتی از هسته ذخیره می‌شود؟ قبلاً آموختیم که فام‌تن‌ها در هسته قرار دارند و در ساختار آنها دِنا و پروتئین مشارکت می‌کنند. کدام‌یک از این دو ماده، ذخیره‌کنندهٔ اطلاعات وراثتی است؟

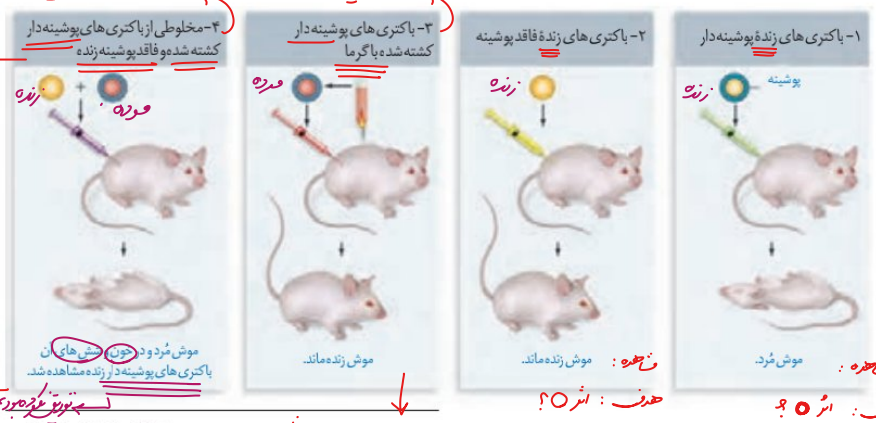
پاسخ این سؤال مشخص شده است. این ماده دِنا است که به‌عنوان مادهٔ ذخیره‌کنندهٔ اطلاعات وراثتی عمل می‌کند. امّا دانشمندان چگونه به این پاسخ رسیده‌اند؟

اطلاعات اولیه در مورد مادهٔ وراثتی از فعالیت‌ها و آزمایش‌های باکتری‌شناسی انگلیسی به نام گریفیت[۱] به‌دست آمد. (او سعی داشت واکسنی برای آنفلوانزا تولید کند.) در آن زمان تصور می‌شد عامل این بیماری، نوعی باکتری به نام استرپتوکوکوس نومونیا[۲] است. گریفیت با دو نوع از این باکتری، آزمایش‌هایی را روی موش‌ها انجام داد. نوع بیماری‌زای آن که پوشینه‌دار (کپسول‌دار) است در موش‌ها سبب سینه‌پهلو می‌شود ولی نوع بدون پوشینه آن موش‌ها را بیمار نمی‌کند (شکل ۱).

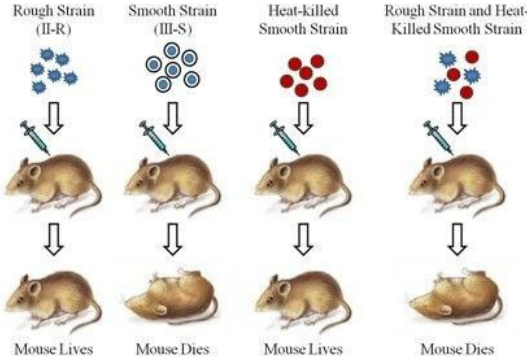



شکل ۱ـ باکتری پوشینه‌دار

آزمایش‌ها و نتایج کار گریفیت را در شکل ۲ ملاحظه می‌کنید.




شکل ۲ـ آزمایشات گریفیت و نتایج آن



درجوان موش حاصل از آزمایش ۵

① مرد ← بانتری بسول دار زنده !!

② زنده ← بانتری بی بسول مرده .

③ زنده ← " بسول دار مرده

④ مرد ← بانتری بسول دار مرده

" بی بسول زنده

" بسول دار زنده !!!

گریفیت مشاهده کرد تزریق باکتری‌های پوشینه‌دار به موش باعث بروز علائم بیماری و مرگ در آنها می‌شود؛ درحالی که تزریق باکتری‌های بدون پوشینه به موش‌های مشابه، باعث بروز علائم بیماری نمی‌شود. او در آزمایش دیگری باکتری‌های پوشینه‌دار کشته شده با گرما را به موش‌ها تزریق و مشاهده کرد که موش‌ها سالم ماندند. گریفیت نتیجه گرفت وجود پوشینه به تنهایی عامل مرگ موش‌ها نیست. سپس مخلوطی از باکتری‌های پوشینه‌دار کشته شده با گرما و زندهٔ بدون پوشینه را به موش‌ها تزریق کرد؛ برخلاف انتظار، موش‌ها مُردند! او در بررسی خون و شش‌های موش‌های مرده، تعداد زیادی باکتری‌های پوشینه‌دار زنده مشاهده کرد. مسلماً باکتری‌های مرده، زنده نشده‌اند بلکه تعدادی از باکتری‌های بدون پوشینه به نحوی تغییر کرده و پوشینه‌دار شده‌اند.

از نتایج این آزمایش‌ها مشخص شد که مادهٔ وراثتی می‌تواند به یاختهٔ دیگری منتقل شود ولی ماهیت این ماده و چگونگی انتقال آن مشخص نشد.

**بیشتر بدانید**

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

## عامل اصلی انتقال صفات وراثتی، مولکول دِنا است

عامل مؤثر در انتقال این صفت تا حدود ۱۶ سال بعد از گریفیت همچنان ناشناخته ماند. تا اینکه نتایج کارهای دانشمندی به نام ایوری[1] و همکارانش عامل مؤثر در آن را مشخص کرد. آنها ابتدا از عصارهٔ استخراج شده از باکتری‌های کشته شدهٔ پوشینه‌دار استفاده کردند و در آن تمامی پروتئین‌های موجود را تخریب کردند. به نظر شما چگونه این کار انجام شد؟

آنها سپس باقی‌ماندهٔ محلول را به محیط کشت باکتری فاقد پوشینه اضافه کردند و دیدند که انتقال صفت صورت می‌گیرد؛ پس می‌توان نتیجه گرفت که پروتئین‌ها مادهٔ وراثتی نیستند.

در آزمایش دیگری عصارهٔ استخراج شده از باکتری‌های کشته شدهٔ پوشینه‌دار را در یک گریزانه (سانتریفیوژ[2]) با سرعت بالا قرار دادند و مواد آن را به‌صورت لایه‌لایه جدا کردند. با اضافه کردن هریک از لایه‌ها به‌صورت جداگانه به محیط کشت باکتری فاقد پوشینه مشاهده کردند که انتقال صفت فقط با لایه‌ای که در آن دِنا وجود دارد انجام می‌شود.

نتایج این آزمایش‌ها، ایوری و همکارانش را به این نتیجه رساند که عامل اصلی و مؤثر در انتقال صفات، دِنا است. به عبارت ساده‌تر، دِنا همان ماده وراثتی است. با این حال نتایج به‌دست آمده مورد قبول عده‌ای قرار نگرفت؛ چون در آن زمان بسیاری از دانشمندان بر این باور بودند که پروتئین‌ها ماده وراثتی هستند.

در آزمایش‌های دیگری عصارهٔ باکتری‌های پوشینه‌دار را استخراج و آن را به چهار قسمت تقسیم کردند. به هر قسمت، آنزیم تخریب‌کننده یک گروه از مواد آلی (کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، لیپیدها، نوکلئیک اسیدها) را اضافه کردند. سپس هر کدام را به محیط کشت حاوی باکتری بدون پوشینه منتقل و اجازه دادند تا فرصتی برای انتقال صفت و رشد و تکثیر داشته باشند. مشاهده شد که در همهٔ ظروف انتقال صورت می‌گیرد به‌جز ظرفی که حاوی آنزیم تخریب‌کننده دِنا است.

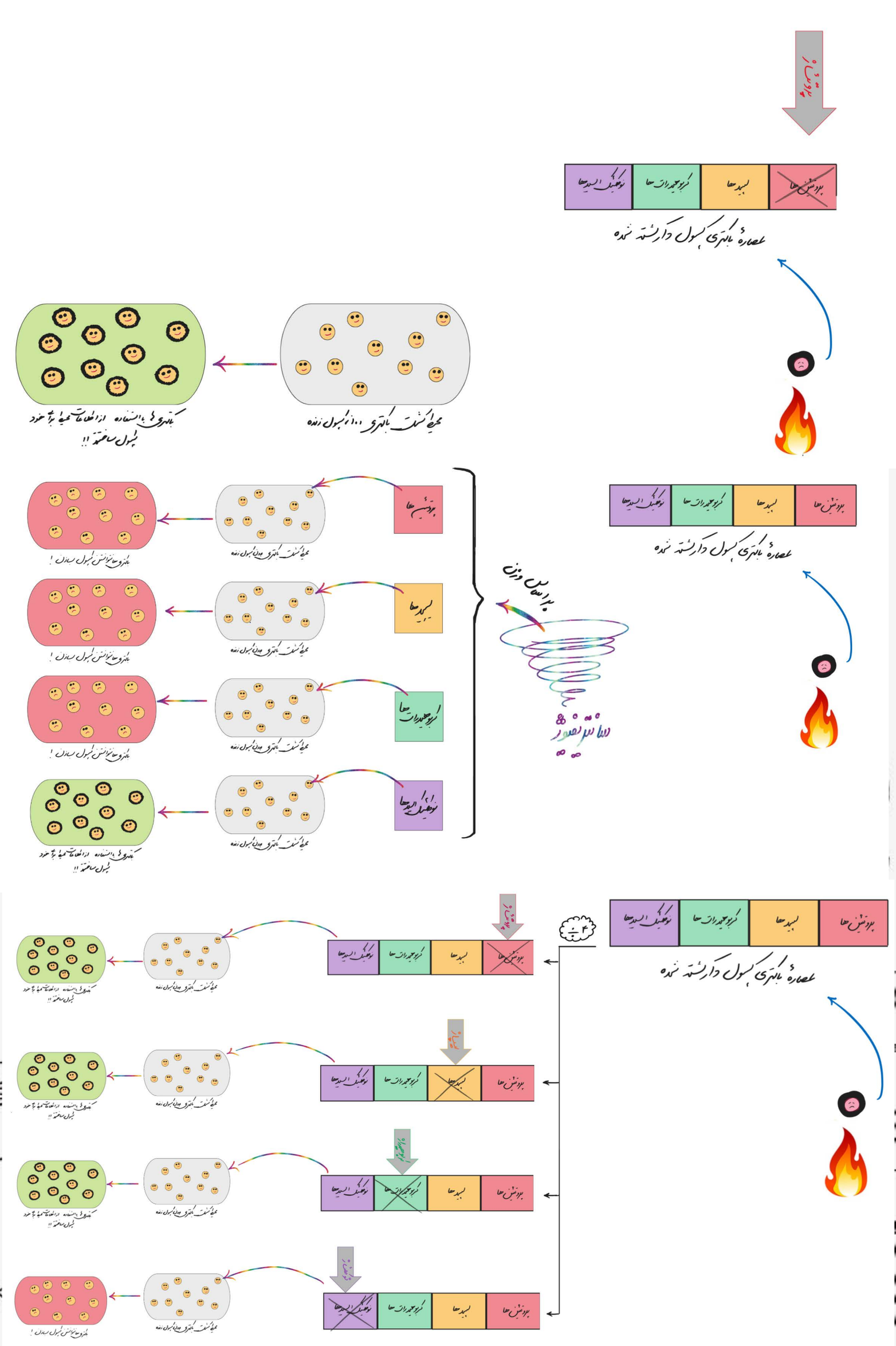
**بیشتر بدانید**

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

۱_ Oswald Avery
۲_ Centrifuge



CamScanner


پروتئین ها
لیپیدها
کربوهیدرات ها
نوکلئیک اسیدها
عصاره باکتری کبول داده شده
محیط کشت باکتری بدون کبول زنده
باکتری با استفاده از اطلاعات محیط برای خود کبول ساخت!!
پروتئین ها
لیپیدها
کربوهیدرات ها
نوکلئیک اسیدها
عصاره باکتری کبول داده شده
پروتئین ها
لیپیدها
کربوهیدرات ها
نوکلئیک اسیدها
محیط کشت باکتری بدون کبول زنده
باکتری ها توانش کبول سازی !
باکتری با استفاده از اطلاعات محیط برای خود کبول ساخت!!
بدون تغییر
پروتئین ها
لیپیدها
کربوهیدرات ها
نوکلئیک اسیدها
عصاره باکتری کبول داده شده
پروتئین ها
لیپیدها
کربوهیدرات ها
نوکلئیک اسیدها
محیط کشت باکتری بدون کبول زنده
باکتری با استفاده از اطلاعات محیط برای خود کبول ساخت!!
باکتری ها توانش کبول سازی !

# آزمایش ایوری و دوستان

عامل وراثت چیست؟

چرا تحول بیماری در نسل‌های دگرگونه نمونه اطلاعات مربوط به صفت تحول بیماری در نسل‌های بعدی نمونه دارد؟ (تکثیر یا تکثیر)

## آزمایش ۱

۱ نوع آزیم (پوشاننده)

عصاره باکتری کپسول دار کشته شده

عامل وراثت DNA است!

۱ بار - ۳ نوع از نوکلئوتیدهای آزیمی عصاره باکتری کپسول دار شناسایی شد

## آزمایش ۲

عامل وراثت DNA است.

عامل وراثت چیست؟

عصاره باکتری کپسول دار کشته شده

۴ بار - هر بار ۱ نوع از نوکلئوتیدهای آزیمی عصاره باکتری کپسول دار شناسایی شد

عامل وراثت نوکلئیک اسید!

## آزمایش ۳

جهت فلش‌ها چیست؟

کدام وراثت نوکلئیک اسید است؟

عصاره باکتری کپسول دار کشته شده

۴ بار - هر بار ۳ نوع از نوکلئوتیدهای آزیمی عصاره باکتری کپسول دار شناسایی شد

عامل وراثت نوکلئیک اسید!

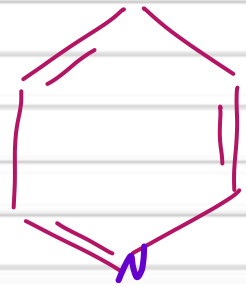
* قند دئوکسی ریبوز نسبت به ریبوز سبک تره!

* انواع بازهای آلی ← پورین ← 2 حلقه
G/A
حلقه N دار
پیریمیدین ← 1 حلقه ای
C/U/T

بازهای آلی مشترک DNA و RNA
C, A, G ←

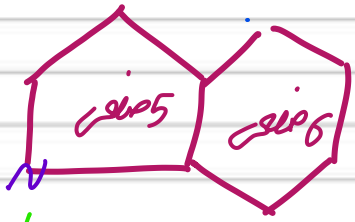
بازهای آلی اختصاری
T : DNA
U : RNA

بازهای آلی پیریمیدین ← 1 حلقه 6 ضلعی N دار



C حلقه 6 ضلعی
قند 5C متصل

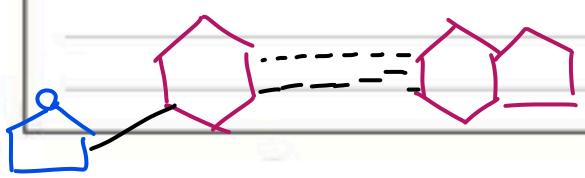
بازهای پورین

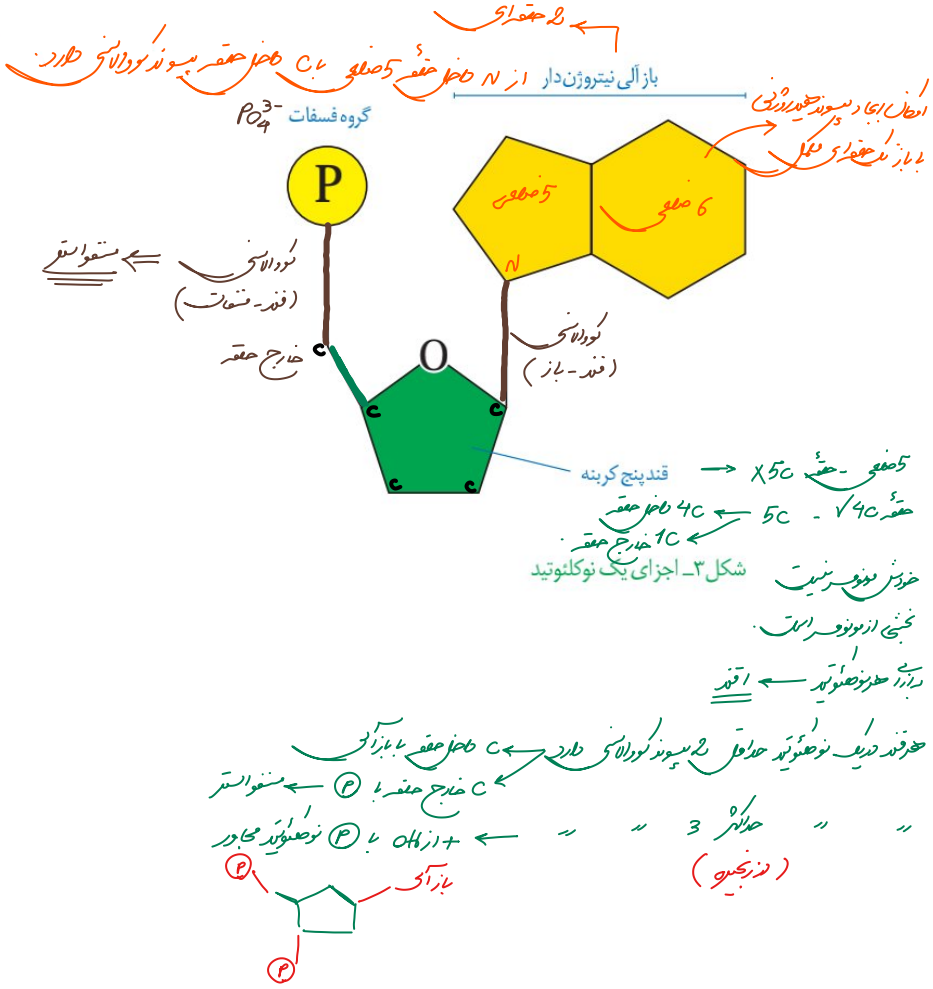



C حلقه 6 ضلعی قند

✓ نوکلئوتیدهای تک حلقه‌ای از حلقه 6 ضلعی به قند متصل و دو حلقه‌ای با حلقه 5 ضلعی

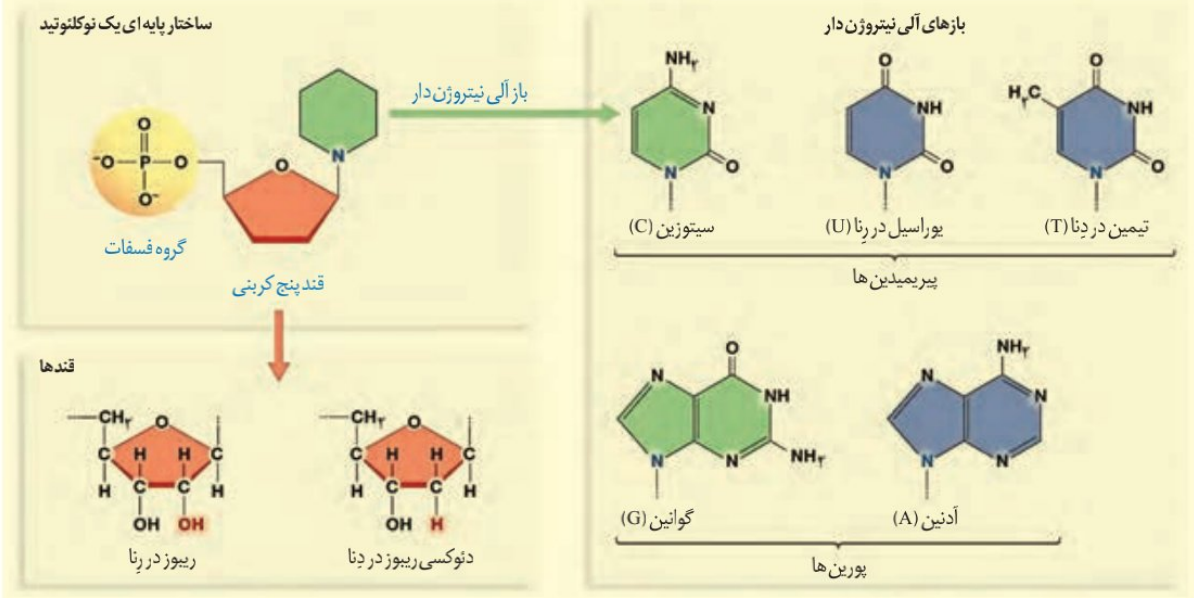
✓ همه نوکلئوتیدهای تک حلقه‌ای و همه دو حلقه‌ای با حلقه 6 ضلعی انتهایی پیوند هیدروژنی با بازهای خود ندارند.






## بیشتر بدانید

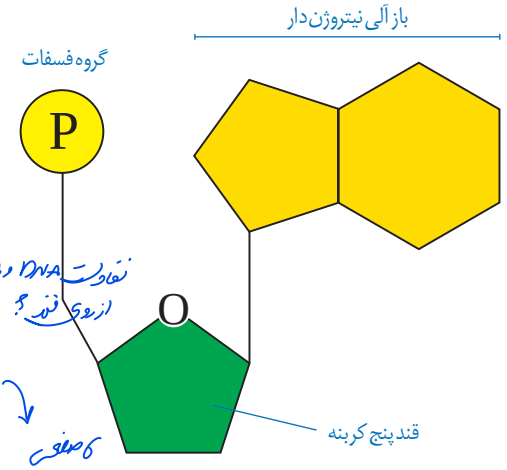
انواع بازهای آلی نیتروژن‌دار و پنتوزها



## ساختار نوکلئیک اسیدها

نوکلئیک اسیدها که شامل **دئوکسی‌ریبونوکلئیک‌اسید** (دِنا) و **ریبونوکلئیک‌اسید** (رِنا) هستند، همگی بسپارهایی (پلیمرهایی) از واحدهای تکرارشونده به‌نام **نوکلئوتید** هستند. با توجه به شکل ۳ هر نوکلئوتید شامل سه بخش است: یک قند پنج کربنه، یک باز آلی نیتروژن‌دار و یک تا سه گروه فسفات.

قند پنج کربنه در دِنا، **دئوکسی‌ریبوز** و در رِنا، **ریبوز** است. (دئوکسی‌ریبوز یک اکسیژن کمتر از ریبوز دارد.) **باز آلی نیتروژن‌دار** می‌تواند **پورین** باشد که ساختار دو حلقه‌ای دارد؛ شامل آدنین (A) و گوانین (G) یا می‌تواند **پیریمیدین** باشد که ساختار تک‌حلقه‌ای دارد؛ شامل تیمین (T) سیتوزین (C) و یوراسیل (U). در دِنا باز یوراسیل شرکت ندارد و به‌جای آن تیمین وجود دارد و در رِنا به‌جای تیمین، باز یوراسیل وجود دارد.




شکل ۳ـ اجزای یک نوکلئوتید

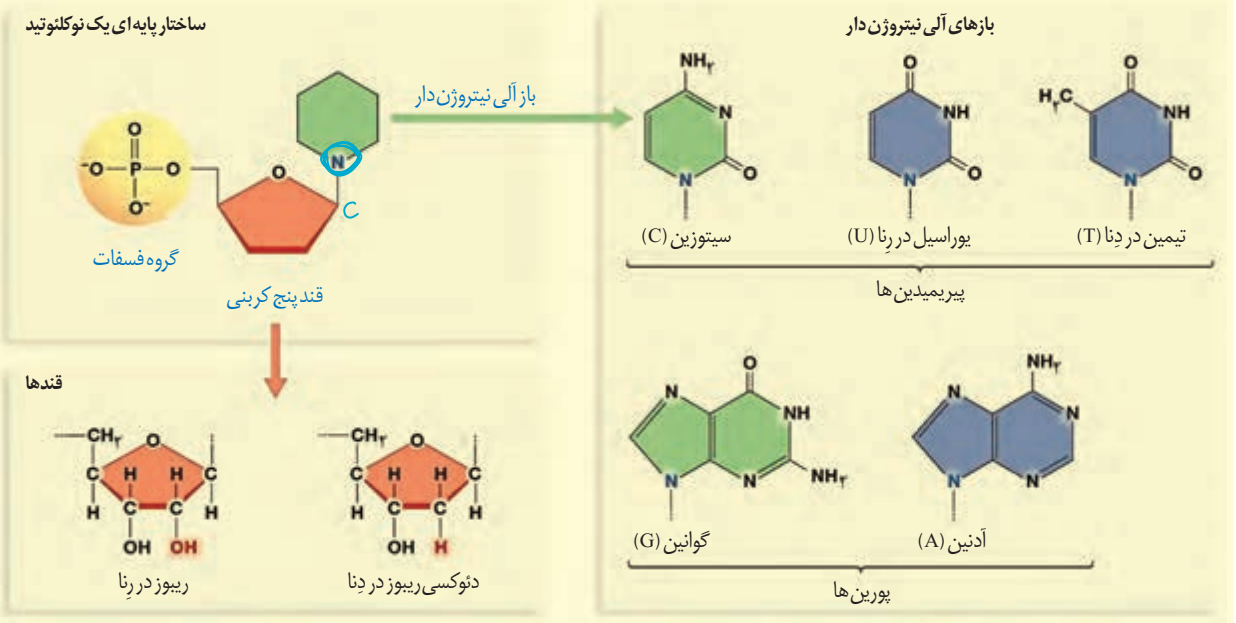
برای تشکیل یک نوکلئوتید، باز آلی نیتروژن‌دار و گروه یا گروه‌های فسفات با پیوند اشتراکی (کووالانسی) به دو سمت قند متصل می‌شوند (شکل ۳).

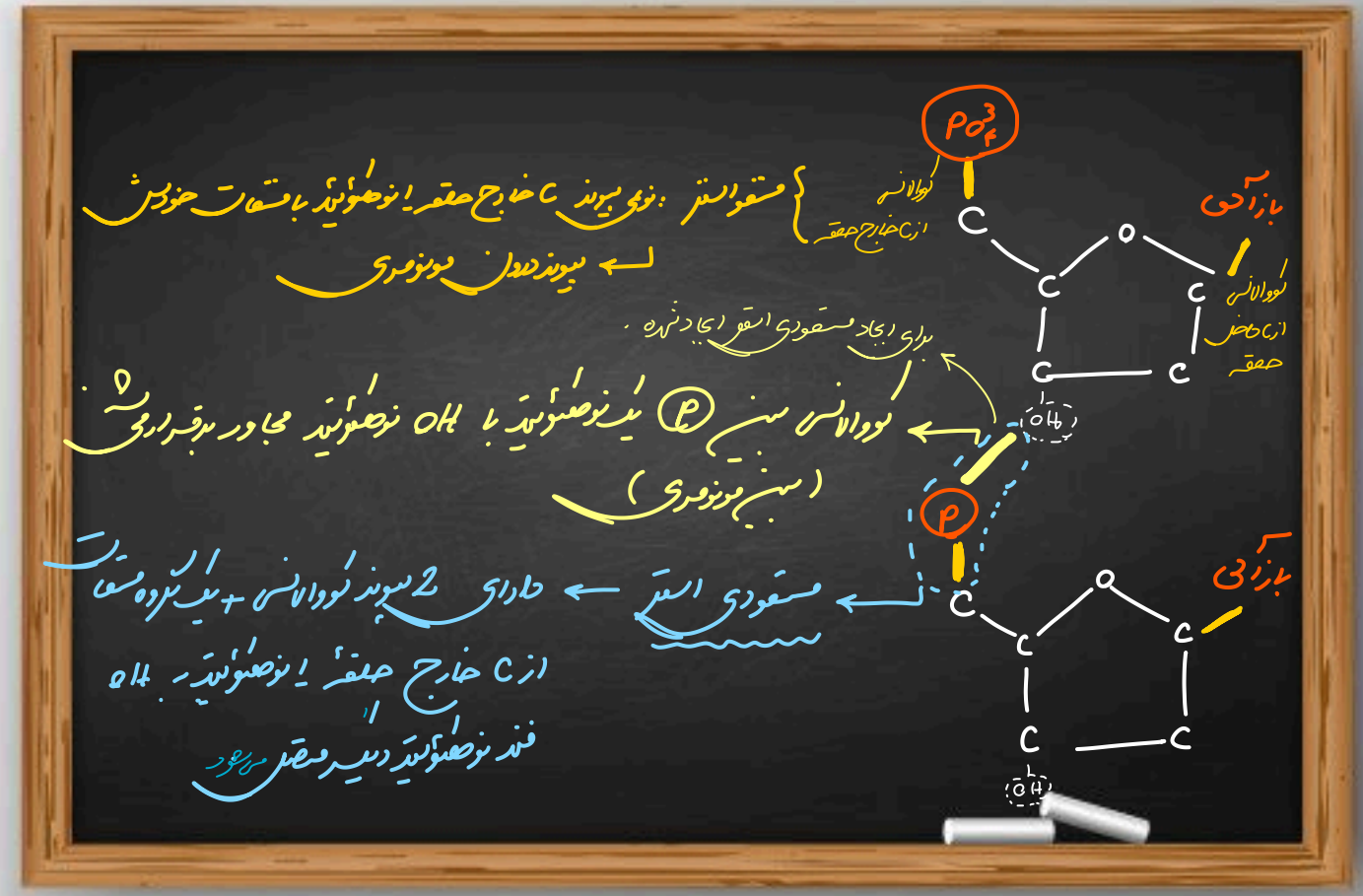
نوکلئوتیدها از نظر نوع قند، نوع باز آلی و تعداد گروه‌های فسفات با یکدیگر تفاوت دارند.

نوکلئوتیدها با نوعی پیوند اشتراکی به نام **فسفودی‌استر** به هم متصل می‌شوند و **رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی** را می‌سازند. در تشکیل پیوند فسفودی‌استر، فسفات یک نوکلئوتید به گروه هیدروکسیل (OH) از قند مربوط به نوکلئوتید دیگر متصل می‌شود (شکل ۵). رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی یا به تنهایی نوکلئیک اسید را می‌سازند، مثل رِنا، یا به‌صورت دوتایی مقابل هم قرار می‌گیرند و نوکلئیک اسیدهایی مثل دِنا را می‌سازند.

### بیشتر بدانید

انواع بازهای آلی نیتروژن‌دار و پنتوزها




مستعودالستر: نوعی پیوند C خارج حلقه با نوهیدرید با مشتقات خودش
پیوند دهدن مونومری
برای ایجاد مستعودی استر ایجاد نکرده.
نوواالانس سبز (P) با نوهیدرید با OH نوهیدرید مجاور برقرار می‌شود.
(سبز مونومری)
مستعودی استر ← دارای 2 پیوند نوواالانس + یک آلکوده مشتقات
از C خارج حلقه با نوهیدرید OH
فقط نوهیدرید دیسه مشتق می‌شود
نوواالانس از C خارج حلقه
بازآلی
نوواالانس از C خاص حلقه
بازآلی
OH
OH
P
$PO_4^{3-}$

مشخص‌تر ← قند - مشتقات (در 1 نوکلئوتید)

C خارج حلقه

برای تشکیل مشتقی استر بین دو نوکلئوتید، ایجاد می‌شود.

قند - مشتقات (در 2 نوکلئوتید مشابه)

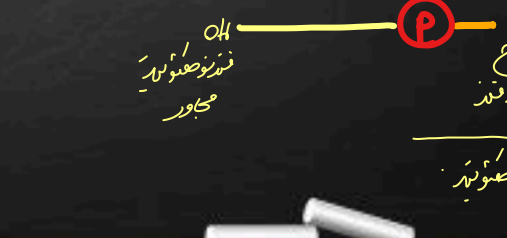
OH

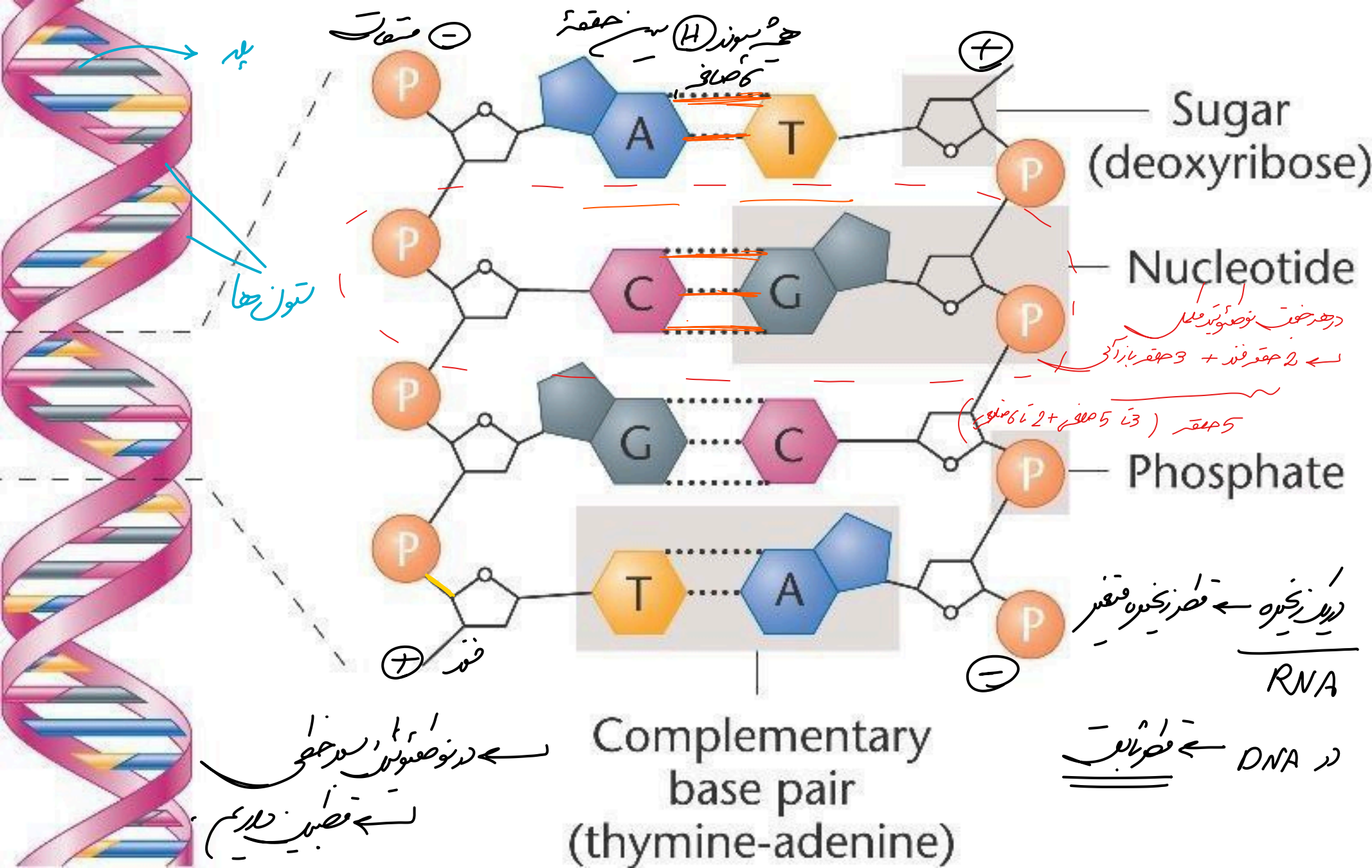
مشتقی استر ← شامل 2 پیوند:

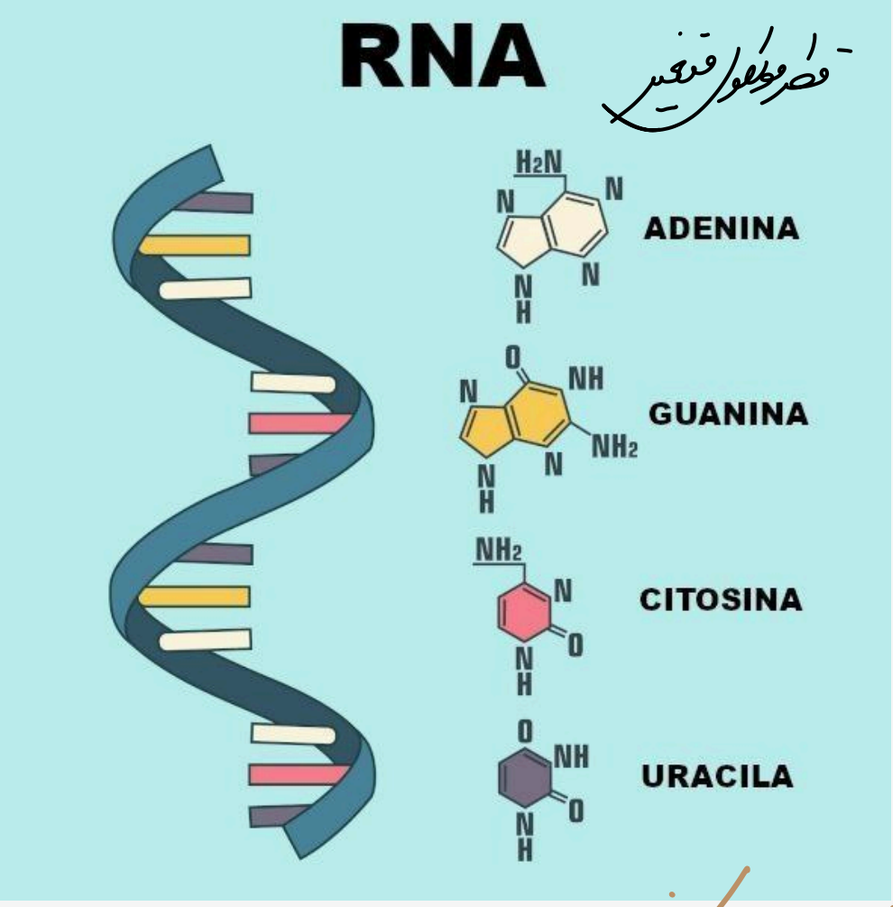
قند - قند (2 نوکلئوتید مجاور)

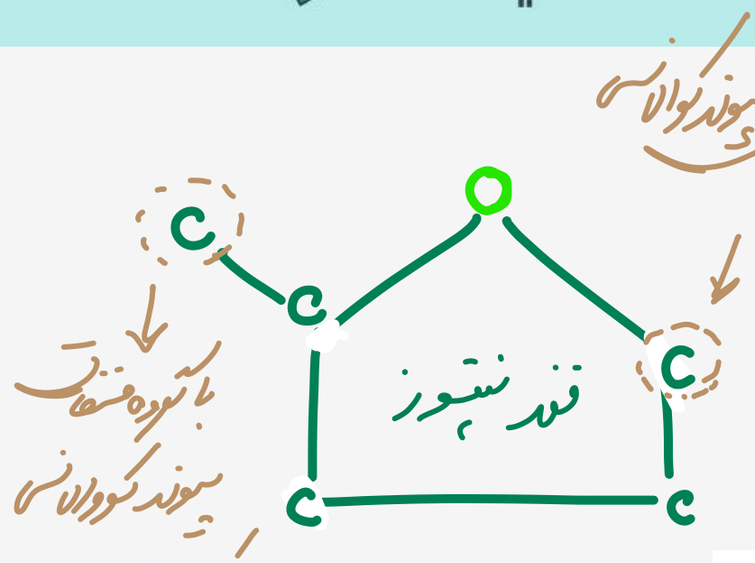
OH

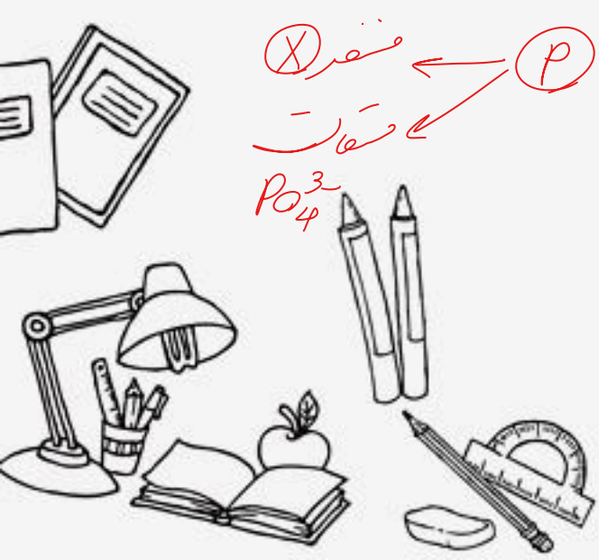
C خارج حلقه




Sugar
(deoxyribose)
Nucleotide
Phosphate
Complementary
base pair
(thymine-adenine)
A
T
C
G
G
C
T
A
P

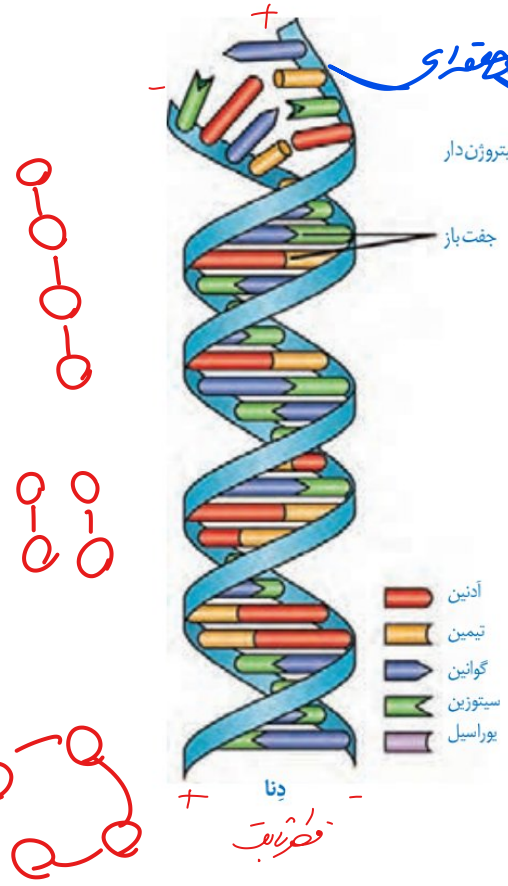

RNA
ADENINA
GUANINA
CITOSINA
URACILA






ADN
Bases nitrogenadas
Citosina
Guanina
Adenina
Timina
Par de bases
Hélice de azúcar - fosfato

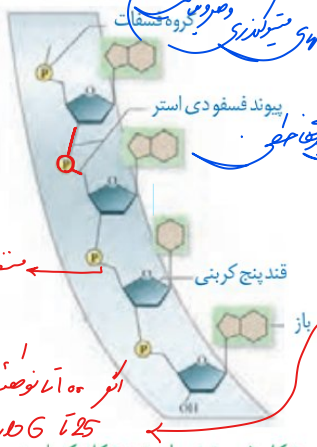
بنابراین مولکول‌های دِنا از دو رشته پلی نوکلئوتید و مولکول‌های رِنا از یک رشته پلی نوکلئوتید تشکیل می‌شوند (شکل ۴).




شکل ۴ـ دنای دورشته ای و رنای تک رشته ای

دو انتهای رشته‌های پلی نوکلئوتید نیز می‌توانند با پیوند فسفودی‌استر به هم متصل شوند و نوکلئیک اسید **حلقوی** را ایجاد کنند؛ برای مثال دِنا در باکتری‌ها به صورت حلقوی است.

در نوکلئیک اسیدهای **خطی** گروه فسفات در یک انتها و گروه هیدروکسیل در انتهای دیگر آزاد است؛ بنابراین هر رشتهٔ دِنا و رِنای خطی همیشه دو سر متفاوت دارد (شکل ۵).




شکل ۵ـ بخشی از رشته نوکلئیک اسید

## تلاش برای کشف ساختار مولکولی دِنا

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

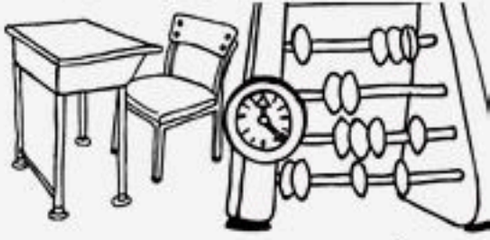
امّا مشاهدات و تحقیقات چارگاف[۱] روی دِناهای جانداران نشان داد که مقدار آدنین در دِنا با مقدار تیمین برابر است و مقدار گوانین در آن با مقدار سیتوزین برابری می‌کند. تحقیقات بعدی دانشمندان دلیل این برابری نوکلئوتیدها را مشخص کرد.

۱ـ Erwin Chargaff

### بیشتر بدانید

**فسفودی‌استر**

در درس شیمی با اِسترها آشنا شدید که دارای گروه عاملی $-C(=O)-O-$ هستند این گروه عاملی در ساختار برخی مواد سازندهٔ بدن موجودات زنده از جمله نوکلئیک اسیدها وجود دارد. با این توصیف گروه عاملی فسفواِستر و گروه عاملی $-O-P(=O)(-O)-O-$ فسفودی‌اِستر نامیده می‌شوند که در زیست‌شناسی آن را پیوند فسفودی‌اِستر می‌خوانند.



## انواع نوکلئوتید:

در .... DNA ؟ ← تعداد نوع = (تعداد باز آلی) × (تعداد قند) × (تعداد مشتقات)

(DR) (1) (T, C, G, A)

4

در ..... RNA ؟ ← تعداد نوع = 1 × 1 × 4

R — 1 — U, C, G, A

در نوکلئیک اسیدها ؟ ← تعداد نوع = 4 + 4 = 8 نوع

(DNA, RNA)

DNA ← انواع نوکلئوتید

RNA ← "

## انواع دئوکسی ریبونوکلئوتید مصورت آزاد در ... (درسول)

تعداد نوع = 1 × 3 × 4 = 12 نوع

1 ← دئوکسی ریبوز

3 ← مشتقات

2 "

3 "

G, C ←

T, A ←

← باید مشتقاتش یا دو مشتقاتش یا سه مشتقاتش

در ریبونوکلئوتید ..... ؟ ← تعداد نوع = 1 × 3 × 4 = 12 نوع

در نوکلئوتید درسول ؟ ← 24 نوع ⇐ 12 نوع + 12 نوع

RNA — DNA

در ریبوز دئوکسی ریبوز ← بین باز آلی و قند ← (بین دو نوکلئوتید 2 یا 3)

در مستوی الستر ← " قند دو نوکلئوتید مجاور ( " " 1 )

حضورش ایجادی شه ♥

ایجادش نیاز به انرژی داره.

تعداد هیدروژنی ← (تعداد G یا C) 3 + (تعداد A یا T) 2

در مستوی الستر ← RNA ← (n-1)

" DNA ← (n-2)

* مستوی الستر ← بین 2 نوکلئوتید مجاور در یک رشته

* هیدروژنی ← بین 2 نوکلئوتید مقابل

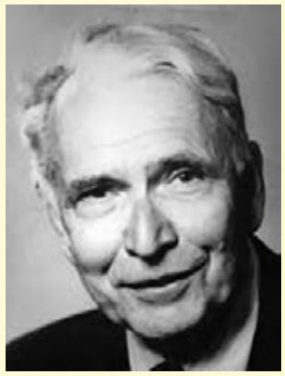
در دو رشته یا دو نوکلئوتید

DNA

RNA غیر مجاور در یک رشته

## بیشتر بدانید

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



## بیشتر بدانید

برخی از نتایج آزمایش‌های چارگاف (درصد)

| گونه | A | T | G | C | $\frac{A+G}{T+C}$ | $\frac{A+T}{G+C}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| انسان | ۳۱/۰ | ۳۱/۵ | ۱۹/۱ | ۱۸/۴ | ۱/۰۰ | ۱/۶۶ |
| مگس سرکه | ۲۷/۳ | ۲۷/۶ | ۲۲/۵ | ۲۲/۶ | ۰/۹۹ | ۱/۲۲ |
| ذرت | ۲۵/۶ | ۲۵/۳ | ۲۴/۵ | ۲۴/۶ | ۱/۰۰ | ۱/۰۴ |

اختلاف کم درصدها به دلیل خطاهای آزمایش است.

## استفاده از پرتو ایکس برای تهیهٔ تصویر از دِنا

ویلکینز[1] و فرانکلین[2] با استفاده از پرتو ایکس از مولکول‌های دِنا تصاویری تهیه کردند (شکل ۶). با بررسی این تصاویر در مورد ساختار دِنا نتایجی را به‌دست آوردند از جمله اینکه دِنا حالت مارپیچی و بیش از یک رشته دارد. البته با استفاده از این روش ابعاد مولکول‌ها را نیز تشخیص دادند.

شکل ۶ـ تصویر تهیه شده با پرتو ایکس ازمولکول دِنا توسط ویلکینز و فرانکلین

فرانکلین — ویلکینز

## مدل مولکولی دِنا

واتسون[3] و کریک[4] با استفاده از نتایج آزمایش‌های چارگاف و داده‌های حاصل از تصاویر تهیه شده با پرتو ایکس و با استفاده از یافته‌های خود، مدل مولکولی نردبان مارپیچ را ساختند که باعث شد در سال ۱۹۶۲ جایزه نوبل را دریافت کنند. نتایج حاصل از این تحقیقات با پژوهش‌های امروزی مورد تأیید قرار گرفته‌اند.

شکل ۷ـ واتسون و کریک و مدل پیشنهادی آنها برای دِنا

۱ـ Maurice Wilkins
۲ـ Rosalind Franklin
۳ـ James Watson
۴ـ Francis Crick



CamScanner

E=mc²

## نکات کلیدی مدل واتسون و کریک

هر مولکول دِنا در حقیقت از دو رشته پلی‌نوکلئوتیدی ساخته شده است که به دور محوری فرضی پیچیده شده و ساختار مارپیچ دو رشته‌ای را ایجاد می‌کند. این مارپیچ اغلب با یک نردبان پیچ‌خورده مقایسه می‌شود. ستون‌های این نردبان را قند و فسفات و پله‌ها را بازهای آلی تشکیل می‌دهند. بین قند یک نوکلئوتید و قند نوکلئوتید مجاور پیوند فسفودی‌استر، و بین بازهای روبه‌روی هم پیوند هیدروژنی برقرار است (شکل ۸).

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

قرارگیری جفت بازها به این شکل باعث می‌شود که قطر مولکول دنا در سراسر آن یکسان باشد؛ زیرا یک باز تک‌حلقه‌ای در مقابل یک باز دوحلقه‌ای قرار می‌گیرد و باعث پایداری مولکول دنا می‌شود.

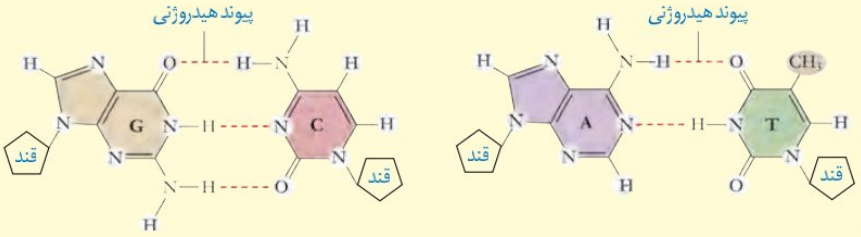
نتیجهٔ دیگرِ جفت شدن بازهای مکمل این است که اگرچه دو رشتهٔ یک مولکول دِنا یکسان نیستند، ولی شناسایی ترتیب نوکلئوتیدهای هر کدام می‌تواند ترتیب نوکلئوتیدهای رشتهٔ دیگر را هم مشخص کند؛ مثلاً اگر ترتیب نوکلئوتیدها در یک رشته ATGC باشد ترتیب نوکلئوتیدها در رشتهٔ مکمل آن باید TACG باشد.

اگرچه هر پیوند هیدروژنی به تنهایی انرژی پیوند کمی دارد، ولی وجود هزاران یا میلیون‌ها نوکلئوتید و برقراری پیوند هیدروژنی بین آنها به مولکول دِنا حالت پایدارتری می‌دهد. در عین حال، دو رشته دِنا در موقع نیاز هم می‌توانند در بعضی نقاط از هم جدا شوند، بدون اینکه پایداری آنها به هم بخورد.

شکل ۸ـ مدل مارپیچ دو رشته‌ای دِنا

### بیشتر بدانید

بازهای مکمل و پیوندهای هیدروژنی بین آنها




C | G | A | A | T | T | G | G | A

G | C | T | T | A | A | C | C | T

C | G | A | A | U | U | G | G | A

CamScanner

نحوه قرارگیری جفت بازها ( دو حلقه‌ای مقابل تک حلقه‌ای )

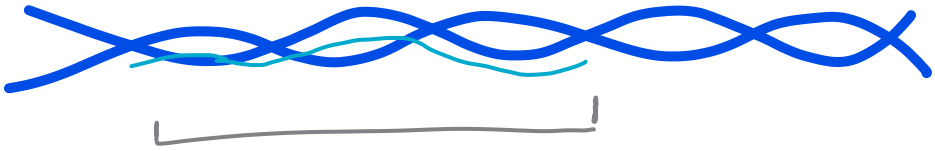
↓

قطر DNA ثابت

↓

پایداری DNA

تعداد زیاد پیوندهای هیدروژنی ← پایدارتر شدن DNA



## رِنا و انواع آن

گفتیم که نوع دیگری از نوکلئیک‌اسیدها، رِنا است. مولکول رِنا تک‌رشته‌ای است و از روی بخشی از یکی از رشته‌های دِنا ساخته می‌شود. رِناها نقش‌های متعددی دارند که به بعضی از آنها اشاره می‌کنیم:

1. **رِنای پیک (mRNA[1])**: اطلاعات را از دِنا به رناتن‌ها می‌رساند. رِناتَن با استفاده از اطلاعات رِنای پیک، پروتئین‌سازی می‌کند که در فصل بعد با آن آشنا خواهید شد.
2. **رِنای ناقل (tRNA[2])**: آمینواسیدها را برای استفاده در پروتئین‌سازی به سمت رِناتَن‌ها می‌برد.
3. **رِنای رِناتَنی (rRNA[3])**: در ساختار رناتن‌ها علاوه بر پروتئین، رِنای رِناتَنی نیز شرکت دارد.

علاوه بر این نقش‌ها، رِناها نقش آنزیمی و دخالت در تنظیم بیان ژن نیز دارند.

## ژن چیست؟

در طی این گفتار با ساختار دِنا آشنا شدید. طبق آزمایش‌های ایوری و همکارانش، اطلاعات وراثتی در دِنا قرار دارد و از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شوند. این اطلاعات در واحدهایی به نام ژن سازماندهی شده‌اند. ژن بخشی از مولکول دِنا است که بیان آن می‌تواند به تولید رِنا یا پلی‌پپتید بینجامد. اینکه رِنا چگونه دستورالعمل‌های دِنا را اجرا می‌کند، در فصل‌های آینده با آن آشنا خواهید شد.

## دخالت نوکلئوتیدها در واکنش‌های سوخت‌وساز[4]

1. نوکلئوتیدها علاوه برشرکت در ساختار دِنا و رِنا نقش‌های اساسی دیگری نیز در یاخته برعهده دارند.
2. برای مثال نوکلئوتید آدنین‌دار ATP (آدنوزین تری فسفات) به عنوان منبع رایج انرژی در یاخته است و یاخته در فعالیت‌های مختلف از آن استفاده می‌کند.
3. همچنین نوکلئوتیدها در ساختار مولکول‌هایی وارد می‌شوند که در فرایندهای فتوسنتز و تنفس یاخته‌ای نقش حامل الکترون را بر عهده دارند. با این مولکول‌ها در فصل‌های آینده آشنا خواهید شد.

NADH
NADPH
$FADH_2$

### بیشتر بدانید

**تاریخ علم**

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

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

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

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

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

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

---

۱_ messenger RNA
۲_ transfer RNA
۳_ ribosomal RNA
۴_ Metabolism



CamScanner

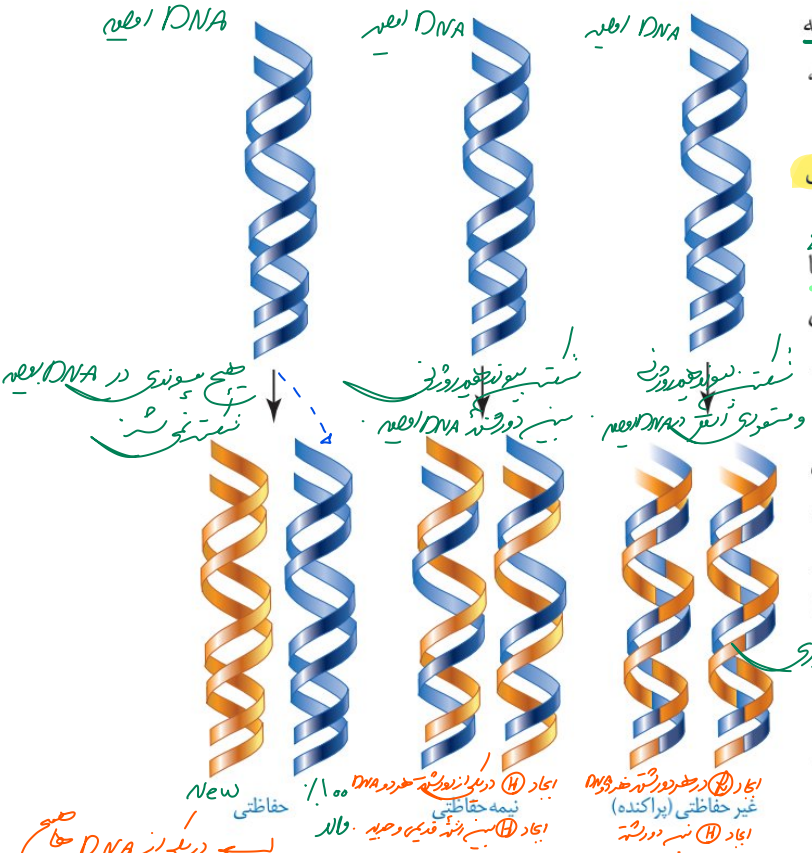
E=mc²

## گفتار ۲ همانندسازی دِنا

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

این کار با همانندسازی دِنا انجام می‌شود. به ساخته شدن مولکول دِنای جدید از روی دِنای قدیمی **همانندسازی**[1] می‌گویند.

با توجه به مدل واتسون و کریک[2] و وجود رابطهٔ مکملی بین بازها تا حد زیادی همانندسازی دِنا قابل توضیح است؛ گرچه طرح‌های مختلفی برای همانندسازی دِنا پیشنهاد شده بود (شکل ۹).




شکل ۹ـ طرح‌های مختلف برای همانندسازی

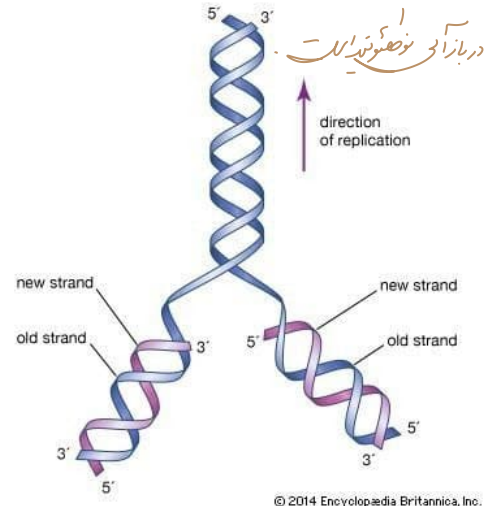
**۱ـ همانندسازی حفاظتی:** در این طرح هر دو رشتهٔ دِنای قبلی (اولیه) به‌صورت دست نخورده باقی مانده، وارد یکی از یاخته‌های حاصل از تقسیم می‌شوند، دو رشته دِنای جدید هم وارد یاختهٔ دیگر می‌شوند. چون دِنای اولیه به‌صورت دست نخورده در یکی از یاخته‌ها حفظ شده است به آن همانندسازی حفاظتی می‌گویند.

**۲ـ همانندسازی نیمه حفاظتی:** در این طرح در هر یاخته یکی از دو رشته دِنا مربوط به دِنای اولیه است و رشتهٔ دیگر با نوکلئوتیدهای جدید ساخته شده است. چون در هر یاختهٔ حاصل، فقط یکی از دو رشته دِنای قبلی وجود دارد، به آن نیمه‌حفاظتی می‌گویند.

**۳ـ همانندسازی غیر حفاظتی (پراکنده):** در این طرح هر کدام از دِناهای حاصل، قطعاتی از رشته‌های قبلی و رشته‌های جدید را به‌صورت پراکنده در خود دارند.

### کدام طرح مورد تأیید قرار گرفته است؟

مزلسون[2] و استال[3] با به‌کارگیری روش علمی پاسخ این پرسش را به‌دست آوردند. آنها فرضیه‌های متعدد ارائه شده را در نظر گرفتند و با توجه به امکانات، آزمایشی را طراحی کردند تا بتوانند به پاسخ قانع‌کننده‌ای برسند. برای شروع کار، آنها باید بتوانند رشته‌های دِنای نوساز را از رشته‌های قدیمی تشخیص دهند. آنها با این هدف دِنا را با استفاده از نوکلئوتیدهایی که ایزوتوپ سنگین نیتروژن ($^{15}N$) دارند، نشانه‌گذاری کردند.




۱ـ Replication
۲ـ Meselson
۳ـ Stahl

✓ در گیرنده‌ها سنسور دارن و جهتای مولکول و سرعت حرکت آن و حتی فراوانیش

آن در بزاق آزمایش شناسایی مسمومیت وجود دارد.

✓ روش صحیح همانندسازی با بررسی همانندسازی در DNA حلقوی باکتری مورد بحث قرار گرفت

* تعداد دفعات همانندسازی باکتری:

$$\frac{\text{مدت زمان به دقیقه}}{2}$$

تعداد DNA حاصل از $n$ نسل همانندسازی $= 2^n$

تعداد دفعات همانندسازی $= 2^n - 1$

مولکول DNA اولیه

نسل اول همانندسازی

نسل دوم همانندسازی

نسل سوم همانندسازی

همانندسازی نیمه حفاظتی

۰٪ ۲۵٪ ۶۰٪ ۵۰٪

اثر همانندسازی حفاظتی بود

۰٪ ۲۵٪ ۶۰٪ ۵۰٪

اثر همانندسازی غیرحفاظتی بود

۰٪ ۲۵٪ ۶۰٪ ۵۰٪

همه ۲ عدد DNA دو رشته، حاوی رشته‌های اولیه هستند

در DNA اولیه سر دو رشته به هم متصل هستند

هیدرولیز می‌شود

همه ۱ عدد DNA دو رشته، دارای رشته‌های اولیه هستند

در تمام DNA اولیه هیچ پیوندی شکسته نمی‌شود

تمام DNA‌ها حاصل به صورت قطعاتی پراکنده حاوی رشته‌های اولیه هستند

در DNA اولیه هم پیوند هیدرولیز هم می‌شود

اثر شکسته می‌شود و هرچه شیوه همانندسازی شود تراکم رشته‌های اولیه در DNA‌ها کمتر می‌شود

## روش تعیین نحوه همانندسازی

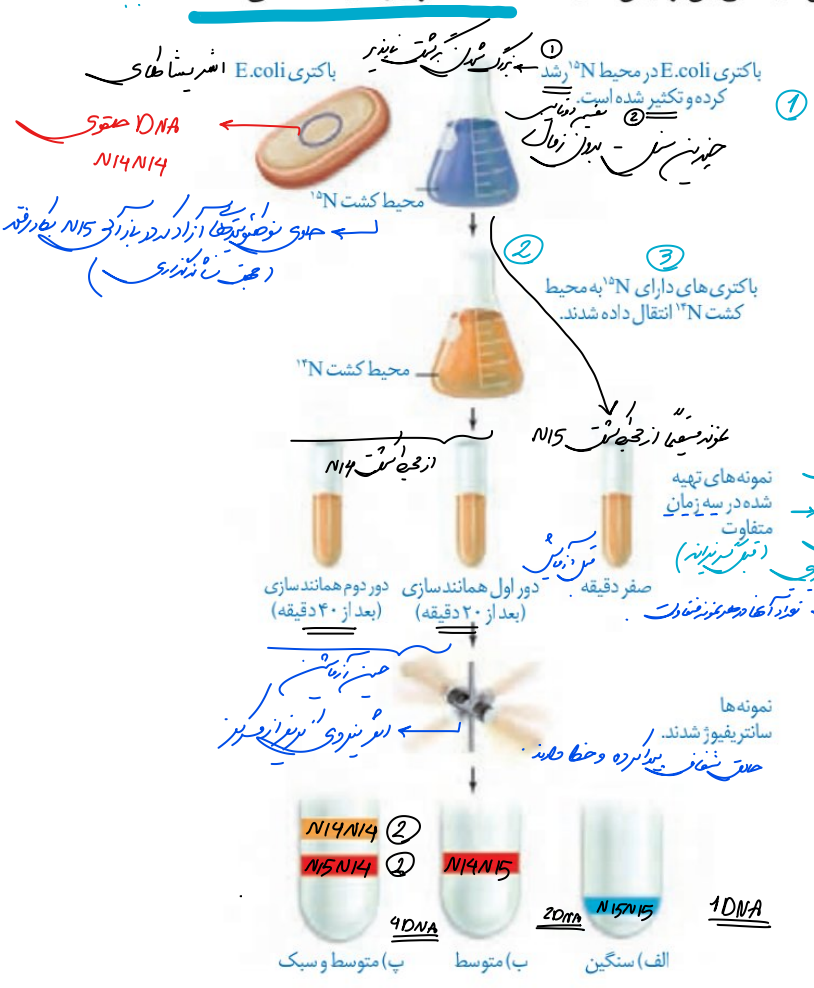
دِناهایی که با $N^{15}$ ساخته می‌شوند نسبت به دِنای معمولی که در نوکلئوتیدهای خود $N^{14}$ دارد چگالی بیشتری دارند. بنابراین، به‌وسیلهٔ گریزانهٔ با سرعت بسیار بالا[1] می‌توان آنها را از هم جدا کرد.

آنها ابتدا باکتری‌ها را در محیط دارای $N^{15}$ کشت دادند. $N^{15}$ در ساختار بازهای آلی نیتروژن‌دار که در ساخت دِنای باکتری شرکت می‌کنند، وارد شدند. پس از چندین مرحله رشد و تکثیر در این محیط، باکتری‌هایی تولید شدند که دِنای سنگین‌تری نسبت به باکتری‌های اولیه داشتند.

سپس این باکتری‌ها را به محیط کشت دارای $N^{14}$ منتقل کردند. با توجه به اینکه تقسیم باکتری‌ها حدود ۲۰ دقیقه طول می‌کشد در فواصل ۲۰ دقیقه‌ای باکتری‌ها را از محیط کشت جدا و بررسی کردند.

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

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




شکل ۱۰ـ آزمایش‌های مزلسون و استال و نتایج به‌دست آمده:

الف) دِنای باکتری‌های اولیه پس از گریز دادن، یک نوار در انتهای لوله تشکیل دادند چون هر دو رشته دِنای آنها $N^{15}$ و چگالی سنگینی داشت.

ب) دِنای باکتری‌های حاصل از دور اول همانندسازی در محیط کشت حاوی $N^{14}$ (بعد از ۲۰ دقیقه) پس از گریز دادن، نواری در میانه لوله تشکیل دادند. پس دِنای آنها چگالی متوسط داشت.

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

چرا؟

۱ـ Ultracentrifuge

# آزمایش مزلسون و استال

n = تعداد کل حلقه‌های DNA

تعداد DNA حاصل از n سلول همانندسازی = $2^n$

تعداد دفعات همانندسازی = $2^n - 1$

همه از نظر تعداد رشته DNA درشت، حداقل یک رشته اولیه هستند

در DNA اولیه سبک دورشته سبک باقی می‌ماند

همه دورشته سنگین می‌شوند

همه از نظر تعداد رشته DNA درشت، دارای یک رشته اولیه هستند

در نسل اول همه DNA ها نیمه سنگین می‌شوند

در نسل دوم نیمی سبک و نیمی نیمه سنگین می‌شوند

تعداد DNA حاصل بصورت خطی برابر دو برابر تعداد رشته‌های اولیه هستند

در DNA اولیه هم پیوند هیدروژنی هم کوالانسی شکسته می‌شود و هر چهار شبه‌رشته همانندسازی می‌شوند

تراکم رشته‌های اولیه در DNA حفظ می‌شود

## همانندسازی نیمه حفاظتی

نوارسبک از نسل دوم همانندسازی نیمه‌حفاظتی

نیمه‌حفاظتی — غیرحفاظتی

6 2 | 2 2 | 2 | 1

6.' 4.' 2.' 0'

از نسل دوم به بعد 2 نوار

نوار سنگین فاقد تهی نوار ← 1DNA

قبل از همانندسازی همگی N14

نوار متوسط به بعض همانندسازی شبیه و دو چهارم قطر ثابت ← 2DNA

همه همین (از نسل اول)

## اگر همانندسازی حفاظتی بود:

نوار سبک نوع دوم ایجاد می‌شود و سریع قطر می‌شود

7 3 | 1 1 | 1 | 1

6.' 4.' 2.' 0'

نوار سنگین همیشه با قطر ثابت باقی می‌ماند

نوار سبک همه از نسل همانندسازی پدید می‌شود

نوار اول قطر نوار سبک = سنگین

از نسل دوم قطر نوار سبک بیشتر می‌شود

X نوار متوسط نداریم X

## اگر همانندسازی غیرحفاظتی بود:

6.' 4.' 2.' 0'

X نوار سبک نداریم X

مشاهده خروج نیمه‌حفاظتی یا روش همانندسازی نوار سنگین پدید می‌شود

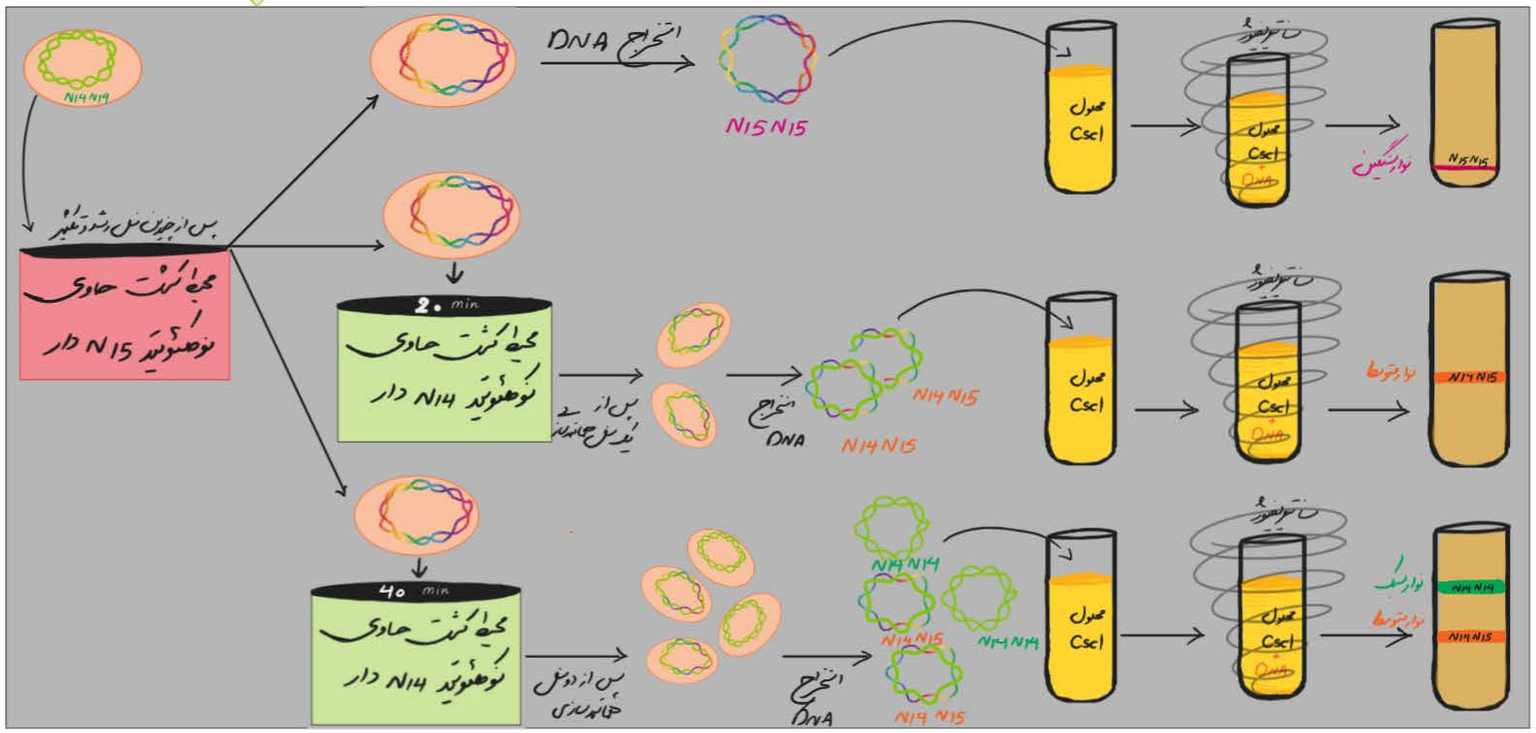
## راه‌های تشخیص روش همانندسازی

- استفاده از آزمایش E.Coli
- استفاده از ایزوتوپ سنگین نیتروژن (N14) و تشخیص DNA
- تعداد DNA با ایزوتوپ سبک نیتروژن (N15)
- استفاده از محلول CsCl (سزیم کلرید)
- روش سنگریزه‌ها
- N15 ← سنگین
- N14 ← سبک
- نتایج با تعداد همانندسازی

| | |
|---|---|
| وزن سنگین | N15 N15 |
| وزن متوسط | N15 N14 |
| وزن سبک | N14 N14 |

- استفاده از رادیو ایزوتوپ

همه چیز با تعداد وزن ↑
- همگی ↑
- سرعت چرخش ↑
- عمق قرارگیری ↑



با مشخص شدن اینکه همانندسازی به‌صورت نیمه‌حفاظتی انجام می‌شود، سؤال دیگری مطرح شد: دو رشته دِنا چگونه از یکدیگر باز می‌شوند؟ آیا هر دو رشته کاملاً از یکدیگر جدا می‌شوند و سپس همانندسازی انجام می‌شود یا جدا شدن دو رشته تدریجی و همراه با آن همانندسازی انجام می‌شود؟

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

## عوامل و مراحل همانندسازی

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

1- مولکول دِنا به عنوان الگو

2- واحدهای سازندهٔ دِنا که می‌توانند در کنار هم نسخه مکمل الگو را بسازند. این واحدها نوکلئوتیدهای آزاد داخل یاخته و سه فسفاته هستند که در لحظهٔ اتصال به رشتهٔ پلی‌نوکلئوتید در حال ساخت، دو فسفات خود را از دست می‌دهند.

3- آنزیم‌های لازم برای همانندسازی که ضمن بازکردن دو رشته نوکلئوتیدها را به‌صورت مکمل روبه‌روی هم قرار می‌دهد و با پیوند فسفودی‌استر به هم وصل می‌کند.

**مراحل همانندسازی:** قبل از همانندسازی دِنا باید پیچ‌وتاب فامینه، باز و پروتئین‌های همراه آن یعنی هیستون‌ها از آن جدا شوند تا همانندسازی بتواند انجام شود. این کارها با کمک آنزیم‌هایی انجام می‌شود. سپس آنزیم **هلیکاز**[1] مارپیچ دنا و دو رشته آن را از هم باز می‌کند (شکل ۱۱).

شکل ۱۱ـ همانندسازی دِنا

به نظر شما برای باز شدن دو رشته دِنا آنزیم هلیکاز چه پیوندهایی را از هم باز می‌کند؟

انواع دیگری از آنزیم‌ها با همدیگر فعالیت می‌کنند تا یک رشته دِنا در مقابل رشته الگو ساخته شود. یکی از مهم‌ترین آن‌ها که نوکلئوتیدهای مکمل را با نوکلئوتیدهای رشته الگو جفت می‌کند **دِنابسپاراز**[2] (DNA پلی‌مِراز) است. با توجه به اینکه در محل همانندسازی، همانندسازی در دو جهت انجام می‌شود؛ به آن **همانندسازی دو جهتی** نیز می‌گویند.

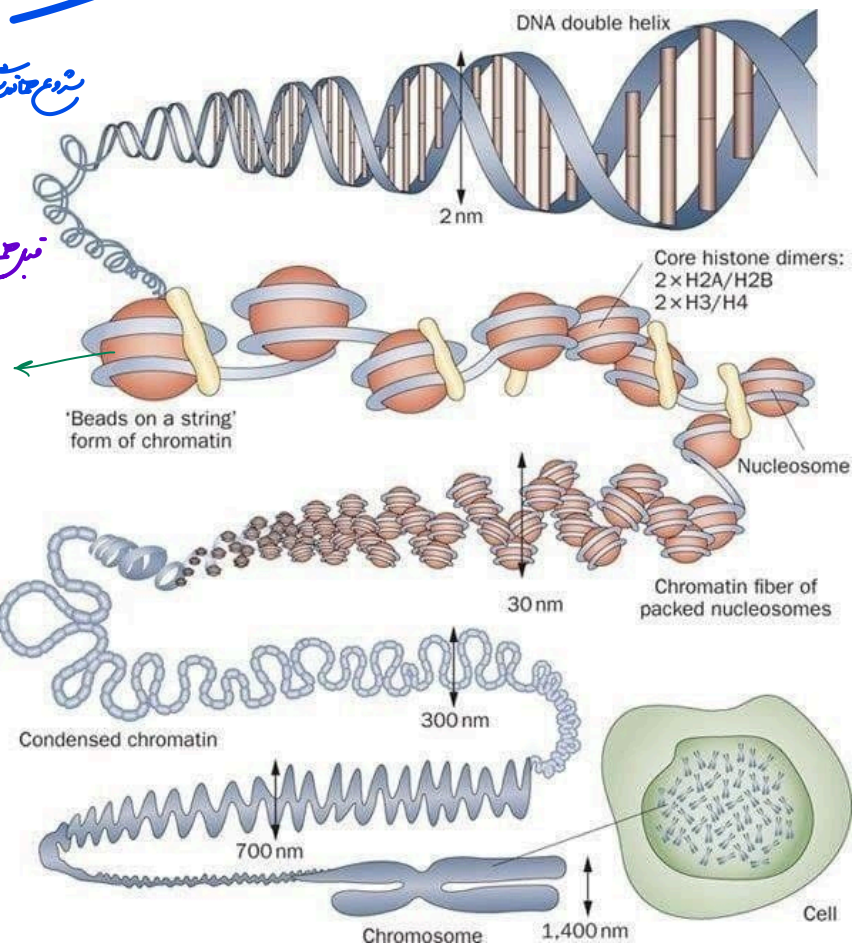
۱ـ Helicase
۲ـ DNA Polymerase

### بیشتر بدانید

#### گریزانهٔ هم‌چگال

برای جداکردن ذره‌هایی با چگالی متفاوت و تعیین چگالی آن‌ها از روشی به نام گریزانهٔ هم‌چگال استفاده می‌شود. در این روش محلولی از نمک یک فلز سنگین مثل سزیم کلرید را در لوله آزمایش قرار می‌دهند. غلظت این ماده و چگالی آن به طور یکنواخت از پایین به بالای لوله کم می‌شود و به اصطلاح شیب پیوسته‌ای از غلظت‌های مختلف نمک در آن وجود دارد.

با ورود مولکول‌های مد نظر در این محلول و حرکت آن‌ها حین سانتریفیوژ، براساس چگالی خود در نقطه‌ای متوقف می‌شوند. چون ذره‌ها با چگالی یکسان در یک منطقه تجمع می‌یابند، نوارهایی را تشکیل می‌دهند که به آسانی قابل تشخیص‌اند. با مشخص شدن چگالی محلول در هر نقطه از لوله، می‌توان چگالی ذره‌های مورد آزمایش را معلوم کرد.




بازشدن مارپیچ DNA (توسط هیستون)

شروع همانندسازی

بازشدن مارپیچ و تاب نوکلئوزوم (توسط آنزیم‌های ویژه)

قبل همانندسازی

مولکول هیستون

مارپیچ و تاب نوکلئوزوم ≠ مارپیچ DNA

شروع همانندسازی "توسط هیستون"

قبل همانندسازی "توسط آنزیم‌های ویژه"

شکستن پیوند هیدروژنی

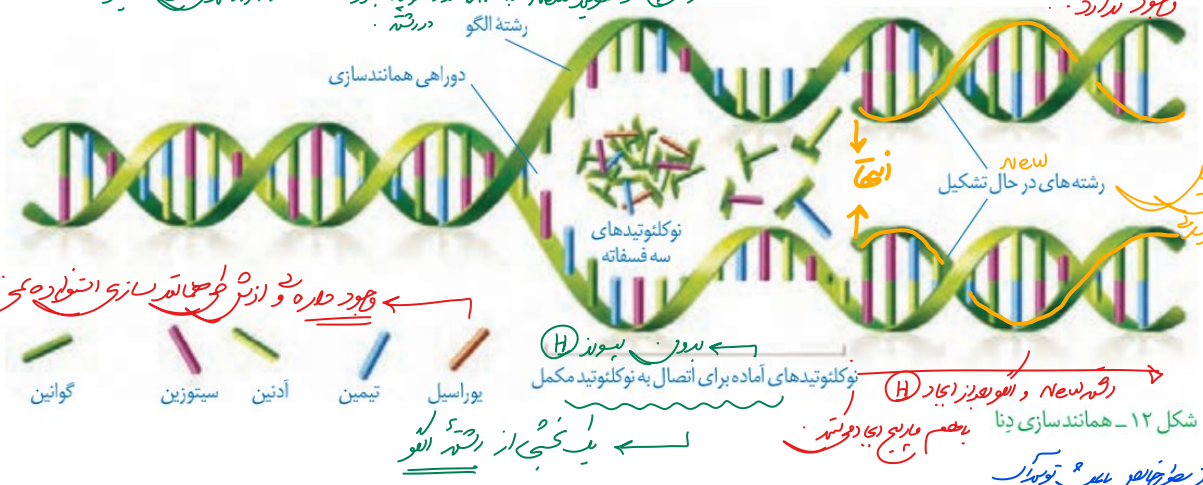
قبل همانندسازی

جدا شدن 2 رشته DNA

بازشدن مارپیچ DNA

هیستون

## دوراهی همانندسازی: در شکل ۱۱ می‌بینید در محلی که دو رشتهٔ DNA از هم جدا می‌شوند، دو ساختار Y مانند به‌وجود می‌آید که به هریک از آن‌ها دوراهی همانندسازی می‌گویند. در فاصلهٔ بین این دو ساختار، پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته از هم گسیخته و دو رشته از یکدیگر باز شده‌اند. همچنین پیوندهای فسفودی‌استر جدیدی در حال تشکیل هستند. دنابسپاراز نوکلئوتیدها را به انتهای رشته در حال تشکیل اضافه می‌کند. اضافه شدن یک نوکلئوتید به نوع بازی بستگی دارد که در نوکلئوتید رشته الگو قرار دارد. هر نوکلئوتید باید با نوکلئوتید روی رشته الگو مکمل باشد. هنگام اضافه شدن هر نوکلئوتید سه فسفاته به انتهای رشته پلی‌نوکلئوتید دو تا از فسفات‌های آن از مولکول جدا می‌شوند و نوکلئوتید به‌صورت تک‌فسفاته به رشته متصل می‌شود (شکل ۱۲).



شکل ۱۲ ـ همانندسازی دِنا

## فعالیت‌های آنزیم دِنابسپاراز

همانندسازی دِنا با دقت زیادی انجام می‌شود؛ این دقت تاحدود زیادی مربوط به رابطهٔ مکملی بین نوکلئوتیدها است. اگرچه آنزیم دِنابسپاراز، نوکلئوتیدها را براساس رابطهٔ مکملی مقابل هم قرار می‌دهد ولی گاهی در این مورد اشتباهی هم صورت می‌گیرد؛ بنابراین آنزیم دِنابسپاراز پس از برقراری هر پیوند فسفودی‌استر، برمی‌گردد و رابطهٔ مکملی نوکلئوتید را بررسی می‌کند که رابطهٔ آن درست است یا اشتباه؟ اگر اشتباه باشد آن را برداشته و نوکلئوتید درست را به جای آن قرار می‌دهد. برای حذف نوکلئوتید نادرست باید بتواند پیوند فسفودی‌استر را بشکند و نوکلئوتید نادرست را از دِنا جدا کند. توانایی بریدن دِنا را فعالیت **نوکلئازی** گویند که در آن پیوند فسفودی‌استر می‌شکند. بنابراین آنزیم دِنابسپاراز، هم فعالیت **بسپارازی** (پلیمرازی) دارد که در آن پیوند فسفودی‌استر را تشکیل می‌دهد و هم فعالیت نوکلئازی که در آن پیوند فسفودی‌استر را برای رفع اشتباه می‌شکند. فعالیت نوکلئازی دنابسپاراز را که باعث رفع اشتباه‌ها در همانندسازی می‌شود **ویرایش** می‌گویند.

## همانند سازی در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها

در پروکاریوت‌ها که شامل همهٔ باکتری‌ها می‌شوند، مولکول‌های وراثتی در غشا محصور نشده

برای هر جایگاه آغاز همانندسازی ← 1 حباب همانندسازی

2 دوراهی

2 هلیکاز

4 DNA پلیمراز

هر دوراهی ← 1 هلیکاز

2 DNA پلیمراز

* قبل همانندسازی ← بازشدن پیچ و تاب کروماتین

شروع همانندسازی ← ① بازشدن پیچ و تاب DNA

② شکستن پیوند هیدروژنی بین 2 رشته DNA آغاز و ایجاد دوراهی

③ وقوع اتفاق‌هایی در هر دوراهی برای همراه رشته DNA رخ می‌دهد.

Ⓐ خواندن توالی نوکلئوتیدی مقابل و همراه‌سازی نوکلئوتید مکمل روبه‌روی نوکلئوتید رشته الگو

3 مقابله - آزاد  1 مقابله

Ⓑ ایجاد پیوند هیدروژنی بین دو نوکلئوتید مکمل

یکی آزاد و 3 مقابله

دیگری در رشته الگو و 1 مقابله

Ⓒ شکستن پیوند فسفودی‌استر بین نوکلئوتیدها در نوکلئوتید آزاد.

حالی یا جای پیوند هیدروژنی دارد

Ⓓ ایجاد پیوند فسفودی‌استر بین دو نوکلئوتید مجاور در یک رشته.

Ⓔ بررسی DNA پلیمراز جهت خطایابی و صحت همانندسازی

Ⓕ در صورت اشتباه بودن ← ویرایش

← X پیوند $R_2$

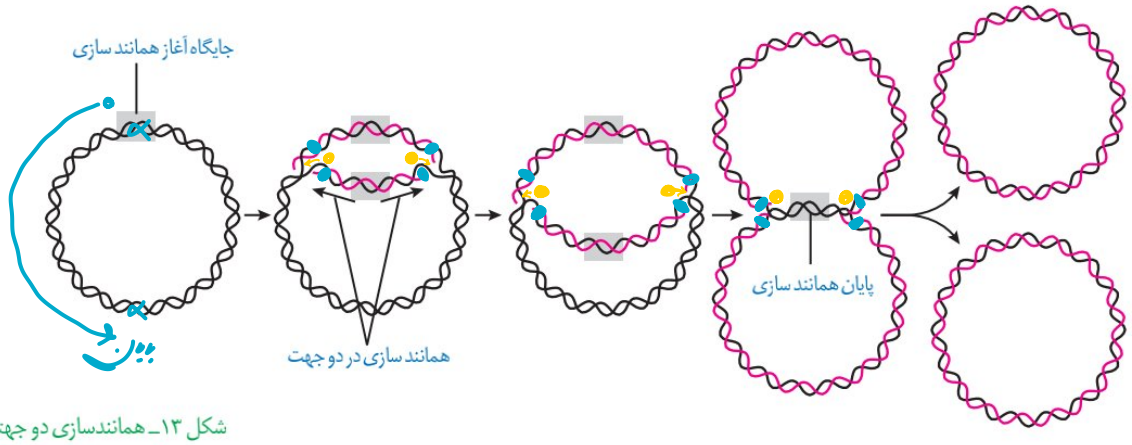
بدون اشتباه نوکلئوتیدی

نوکلئوتید مکمل شد پیوند (H)

ایجاد کند، پیوند $R_2$ توسط DNA پلیمراز ایجاد شده.

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

اغلب پروکاریوت‌ها فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در دِنای خود دارند. در این جایگاه دو رشته دِنا از هم باز می‌شوند. همانند یوکاریوت‌ها، همانندسازی دوجهتی در باکتری‌ها نیز* وجود دارد؛ یعنی از یک نقطه همانندسازی شروع و در دو جهت ادامه می‌یابد تا به همدیگر رسیده و همانندسازی پایان یابد (شکل ۱۳).




شکل ۱۳ـ همانندسازی دو جهتی دِنا در پروکاریوت‌ها با یک نقطهٔ آغاز

در یوکاریوت‌ها که بقیه موجودات زنده یعنی آغازیان، قارچ‌ها، گیاهان و جانوران را شامل می‌شوند دِنا در هر فام‌تن به‌صورت خطی است و مجموعه‌ای از پروتئین‌ها که مهم‌ترین آن‌ها هیستون‌ها هستند همراه آن قرار دارند. بیشتر دِنا درون هسته قرار دارد که به آن **دِنای هسته‌ای** می‌گویند. در یوکاریوت‌ها علاوه بر هسته در سیتوپلاسم نیز مقداری دِنا وجود دارد که به آن **دِنای سیتوپلاسمی** می‌گویند. این نوع از دِنا که حالت حلقوی دارد در راکیزه (میتوکندری) و دیسه (پلاست) دیده می‌شود.

همانندسازی در یوکاریوت‌ها بسیار پیچیده‌تر از پروکاریوت‌ها است. علت این مسئله وجود مقدار زیاد دِنا و قرار داشتن در چندین فام‌تن است که هر کدام از آن‌ها چندین برابر دِنای باکتری هستند. بنابراین اگر فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در هر فام‌تن داشته باشند مدت زمان زیادی برای همانندسازی لازم است. به همین علت در یوکاریوت‌ها، آغاز همانندسازی در چندین نقطه در هر فام‌تن انجام می‌شود (شکل ۱۴).

تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی در یوکاریوت‌ها حتی می‌تواند بسته به مراحل رشد و نمو تنظیم شود؛ مثلاً در دوران جنینی در مراحل مورولا و بلاستولا (مرحله تشکیل بلاستوسیست) سرعت تقسیم زیاد و تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی هم زیاد است ولی پس از تشکیل اندام‌ها، سرعت تقسیم و تعداد جایگاه‌های آغاز کم می‌شوند.

یوکاریوت

چندین جایگاه آغاز همانندسازی

تعداد جایگاه متغیر است.

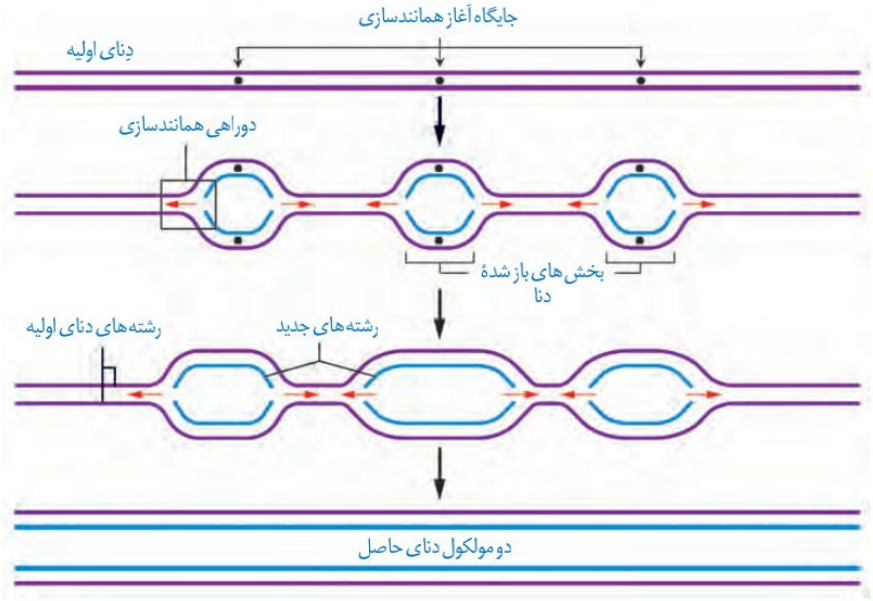
همیشه 2 جهتی

پروکاریوت

اغلب 1 جایگاه آغاز همانندسازی

تعداد جایگاه ثابت.

2 جهتی 1 جهتی




شکل ۱۴ ـ همانندسازی در یوکاریوت‌ها



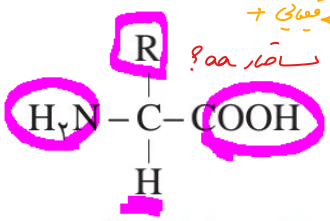
CamScanner

## گفتار ۳ پروتئین‌ها

علاوه بر دِنا و رِنا که در یاخته ذخیره و انتقال اطلاعات را بر عهده دارند مولکول‌های دیگری نیز هستند که به انجام فرایندهای مختلف یاخته‌ای کمک می‌کنند. از جملهٔ این مولکول‌ها پروتئین‌ها هستند که نقش بسیار مهمی در فرایندهای یاخته‌ای دارند.

### ساختار آمینواسیدها

پروتئین‌ها بَسپارهایی از آمینواسیدها هستند. نوع، ترتیب و تعداد آمینواسیدها در پروتئین، ساختار و عمل آنها را مشخص می‌کند. آمینواسیدها همان‌طور که از نامشان برمی‌آید یک **گروه آمین** ($-NH_2$) و یک گروه اسیدی **کربوکسیل** ($-COOH$) دارند. همان‌طور که در شکل ۱۵ می‌بینید گروه آمین و کربوکسیل به همراه یک هیدروژن و گروه R همگی به یک کربن مرکزی متصل‌اند و چهار ظرفیت آن را پر می‌کنند. گروه R در آمینو اسیدهای مختلف متفاوت است و ویژگی‌های منحصربه‌فرد هر آمینواسید به آن بستگی دارد.

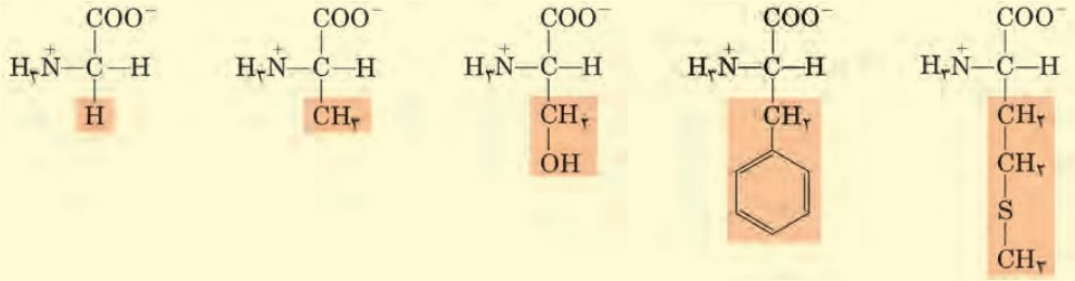


شکل ۱۵ـ ساختار عمومی یک آمینواسید

هرآمینواسید می‌تواند در شکل‌دهی پروتئین مؤثر باشد و تأثیر آن به ماهیت شیمیایی گروه R بستگی دارد.

**بیشتر بدانید**

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

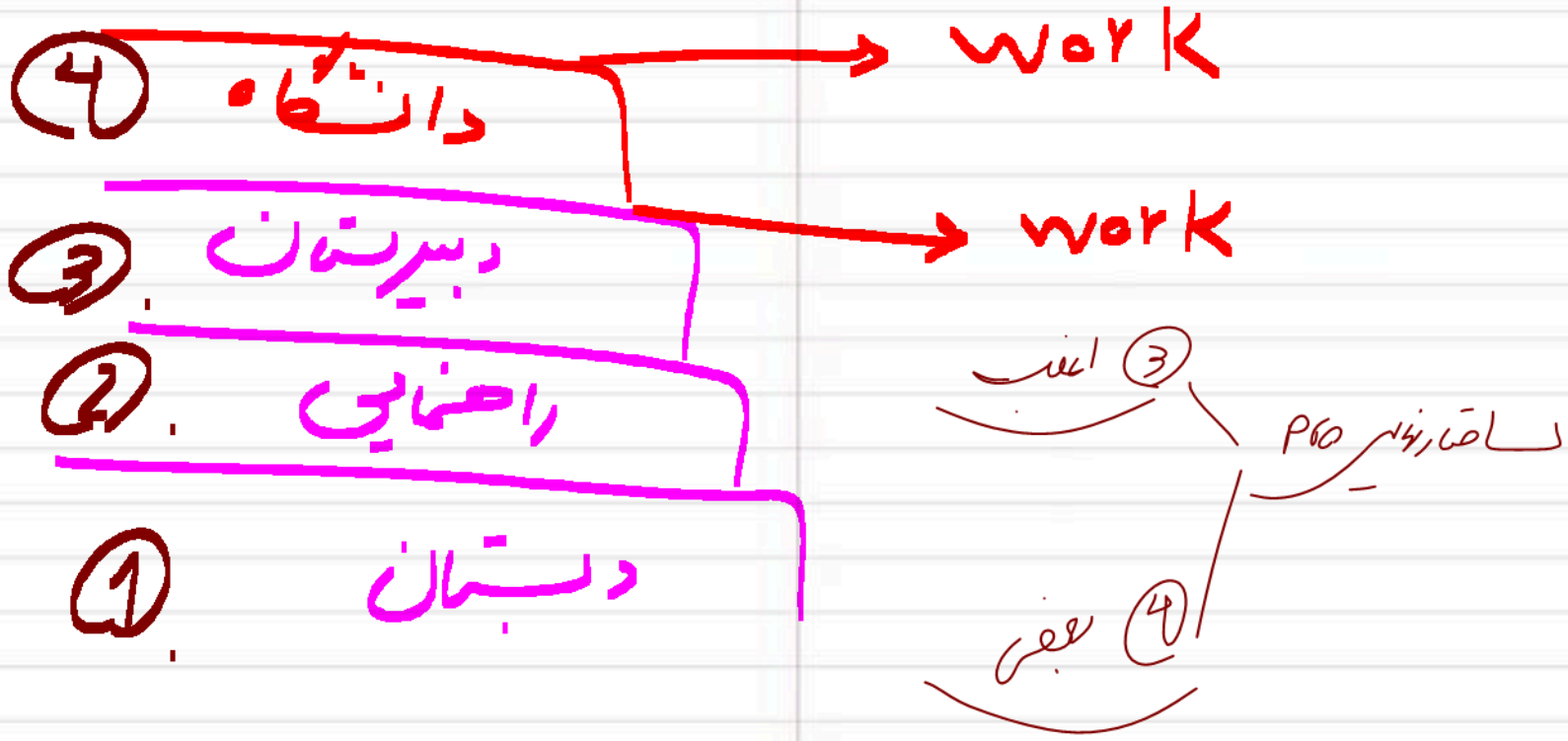


گلایسین (Gly) — آلانین (Ala) — سرین (Ser) — فنیل آلانین (Phe) — متیونین (Met)

### پیوند پپتیدی آمینواسیدها را به یکدیگر متصل می‌کند

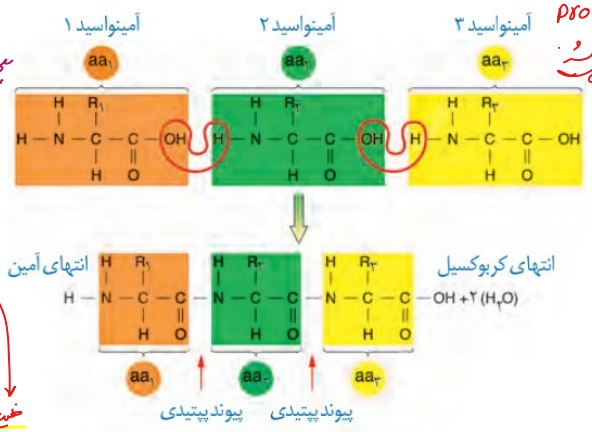
آمینواسیدهای مختلف با حضور آنزیم، واکنش **سنتزآبدهی** را انجام می‌دهند. در این نوع واکنش با خروج یک مولکول آب، یک آمینواسید با آمینواسید دیگر پیوند اشتراکی ایجاد می‌کند. این پیوند اشتراکی بین آمینواسیدها را **پیوند پپتیدی** می‌گویند. شکل ۱۶ الگوی ساده‌ای از چگونگی تشکیل این پیوند را نشان می‌دهد.

Study Title _____ Date _____



(وقتی تعدادی آمینواسید با پیوند پپتیدی به هم وصل شوند، زنجیره‌ای از آمینواسیدها به نام **پلی‌پپتید** تشکیل می‌شود.) پروتئین‌ها از یک یا چند زنجیره بلند و بدون شاخه از پلی‌پپتیدها ساخته شده‌اند.

هر نوع پروتئین، ترتیب خاصی از آمینواسیدها را دارد که با استفاده از روش‌های شیمیایی، آمینواسیدها را جدا و آنها را شناسایی می‌کنند. اگرچه آمینواسیدها در طبیعت انواع گوناگونی دارند اما فقط ۲۰ نوع از آنها در ساختار پروتئین‌ها به کار می‌روند.



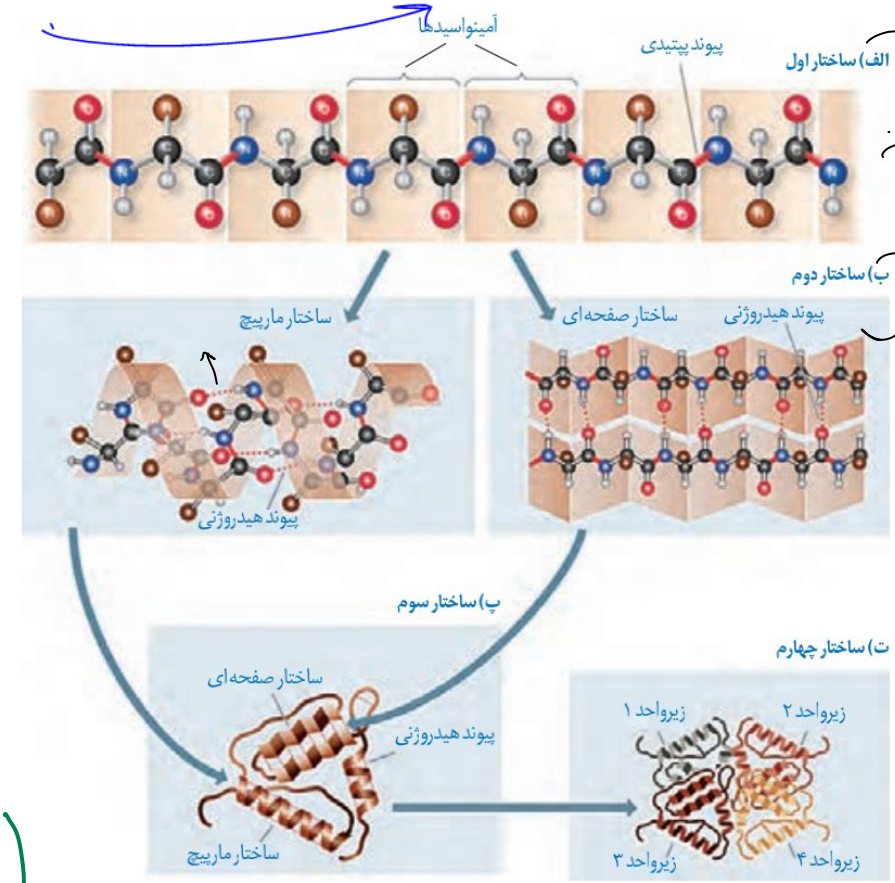

شکل ۱۶ـ تشکیل پیوند پپتیدی

## سطوح مختلف ساختاری در پروتئین‌ها

شکل فضایی پروتئین، نوع عمل آن را مشخص می‌کند. یکی از راه‌های پی‌بردن به شکل پروتئین استفاده از پرتوهای ایکس است. با استفاده از تصاویر حاصل از آن و روش‌های دیگر، محققین به ساختار سه‌بعدی پروتئین‌ها پی‌می‌برند که در آن حتی جایگاه هر اتم را می‌توانند مشخص کنند.

اولین پروتئینی که ساختار آن شناسایی شد میوگلوبین بود. آیا به یاد می‌آورید میوگلوبین در بدن چه نقشی دارد؟ این پروتئین از یک رشتهٔ پلی‌پپتید تشکیل شده است.

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




شکل ۱۷ـ ساختار پروتئین‌ها در چهار ساختار بررسی می‌شود.



CamScanner

فیبوهوبین ← رنگدانه قرمز رنگ

در بیشتر سموم ماهیچه‌ای

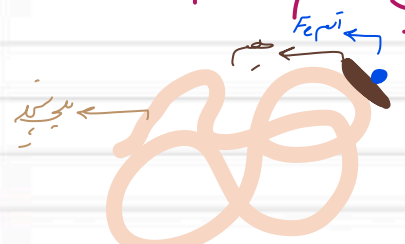
هرچی ↑ رنگ قرمز ماهیچه ↑

ظرفیت ذخیره $O_2$ ↑ دارد.

در سوسک کند بیشتر از نیم ساعت.

ساختار ← از رشته‌ی پپتید + هم + اتم Fe

نهایی: سوم




متنوع ترین سطح ساختاری ← ② پپتید

حالت متنوع Pro ← ①

متنوع ترین پیوند ← ③ یونی / اشتراکی / هیدروفوبی

ایجاد پیوند ← ③ ② ①

ایجاد پیوند نوواندی ← ③ ①

ایجاد پیوند پپتیدی ← ①

ایجاد پیوند هیدروژنی ← ③ ②

عدم ایجاد پیوند ← ④

هیدروفوبی پپتیدی ← ④ ③ ② ①

" " نوواندی ← ④ ③ ② ①

" " هیدروژنی ← ④ ③ ②

" " یونی ← ④ ③

ایجاد پپتید (↑ طول پپتید) ← ①

شکل دهی به پپتید ← ③ ②

افزایش تعداد پپتید ← ④

ساختار سوم ← از ۱ زنجیره‌ی پپتیدی ساخته شده باشد

از بیش از ۱ " " چهارم

ایجاد ۳ پیوند Pro ها وجود دارد ← ① ② ③

ثابت بودن طول پپتید ← ② ③

ایجاد صفحات و مارپیچ ← ②

شکل دهی صفحات و مارپیچ ← ③

شکل زایی واجد ← ③ ساختار را پایدار می‌کند

آرایش زایی واجد ← ④ " " Pro ← ③ شبیه ④

شکل ← ② متنوع مهم‌ترین‌ها ← مارپیچ و صفحه

③ کروی

اشکال غیرعادی Pro ← ③ ④

ساختار اول ← نوواندی (پپتیدی)

ساختار دوم ← هیدروژنی

ساختار سوم ← نوواندی / یونی / هیدروژنی

* پیوند هایی که ۱۰۰٪ در ایجاد Pro ← نوواندی و هیدروژنی

* " " محلول " ← یونی

ثبات بروتئین ← ساختار سوم پپتید.

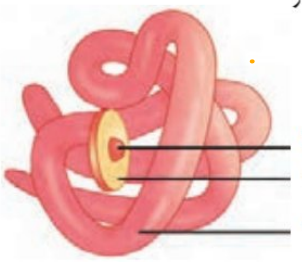
ثبات میوگلوبین ← تبدیل N هموگلوبین N قابل استفاده تخلیه

ثبات C ← فتوسنتز

**ساختار اول پروتئین ـ توالی آمینواسیدها:** نوع، تعداد، ترتیب و تکرار آمینواسیدها، ساختار اول پروتئین‌ها را تعیین می‌کنند. ساختار اول با ایجاد پیوندهای پپتیدی بین آمینواسیدها شکل می‌گیرد و خطی است. این پیوند در واقع نوعی پیوند اشتراکی است. تغییر آمینواسید در هر جایگاه موجب تغییر در ساختار اول پروتئین می‌شود و ممکن است فعالیت آن را تغییر دهد. با در نظر گرفتن ۲۰ نوع آمینواسید و اینکه محدودیتی در توالی آمینواسیدها در ساختار اول پروتئین‌ها وجود ندارد پروتئین‌های حاصل می‌توانند بسیار متنوع باشند. با توجه به اهمیت توالی آمینواسیدها در ساختار اول، همه سطوح دیگر ساختاری در پروتئین‌ها به این ساختار بستگی دارند (شکل ۱۷ـ الف).

**ساختار دوم ـ الگوهایی از پیوندهای هیدروژنی:** بین بخش‌هایی از زنجیره پلی‌پپتیدی می‌تواند پیوندهای هیدروژنی برقرار شود. این پیوندها منشأ تشکیل ساختار دوم در پروتئین‌ها هستندکه به چند صورت دیده می‌شوند. دو نمونه معروف آنها ساختار مارپیچ و ساختار صفحه‌ای است (شکل ۱۷ـ ب).

**ساختار سوم ـ تاخورده و متصل به هم:** در ساختار سوم، تاخوردگی بیشتر صفحات و مارپیچ‌ها رخ می‌دهد و پروتئین‌ها به شکل‌های متفاوتی در می‌آیند. تشکیل این ساختار در اثر برهم‌کنش‌های آب‌گریز است؛ به این صورت که گروه‌های R آمینواسیدهایی که آب‌گریزند، به یکدیگر نزدیک می‌شوند تا در معرض آب نباشند. سپس با تشکیل پیوندهای دیگری مانند هیدروژنی، اشتراکی و یونی ساختار سوم پروتئین تثبیت می‌شود. مجموعهٔ این نیروها قسمت‌های مختلف پروتئین را به‌صورت به‌هم پیچیده در کنار هم نگه می‌دارند (شکل ۱۷ـ پ). بنابراین با وجود این نیروها پروتئین‌های دارای ساختار سوم، ثبات نسبی دارند. ایجاد تغییر در پروتئین، حتی تغییر یک آمینواسید هم می‌تواند ساختار و عملکرد آن را به شدت تغییر دهد. میوگلوبین نمونه‌ای از پروتئین‌ها با ساختار سوم است (شکل ۱۸ـ الف).




**ساختار چهارم ـ آرایش زیرواحدها:** بعضی پروتئین‌ها ساختار چهارم دارند. این ساختار هنگامی شکل می‌گیرد که دو یا چند زنجیره پلی‌پپتید در کنار یکدیگر پروتئین را تشکیل دهند. در این ساختار هریک از زنجیره‌ها نقشی کلیدی در شکل‌گیری پروتئین دارند. نحوهٔ آرایش این زیرواحدها در کنار هم ساختار چهارم پروتئین‌ها نامیده می‌شود (شکل ۱۷ـ ت).

هموگلوبین از چهار زنجیرهٔ پلی‌پپتیدی تشکیل شده است. دو زنجیره از نوع آلفا و دو زنجیره از نوع بتا است. هر نوع زنجیره، ترتیب خاصی از آمینواسیدها را در ساختار اول دارند. در ساختار دوم به شکل مارپیچ درمی‌آیند. در ساختار سوم هریک از زنجیره‌ها به‌صورت یک زیرواحد، تاخورده و شکل خاصی پیدا می‌کند. در نهایت در ساختار چهارم، این چهار زیرواحد در کنار هم قرار گرفته و هموگلوبین را شکل می‌دهند (شکل ۱۸ـ ب).

شکل ۱۸
الف) میوگلوبین با ساختارسوم
ب) هموگلوبین با ساختار چهارم

## ساختار اول

- ✓ بیشترین گروه‌ی سطوح ساختاری دارد.
- ✓ اتصال aa مجاور
- ✓ گروه کربوکسیل و آمینه aa ها فوق‌ش
- ✓ پیوند پپتیدی ← C — N
- ✓ تشکیل پلی پپتید
- ✓ همه aa های بخیره پیوند برقرار می‌کنند
- * اسم نوع Pro

## ساختار دوم

- ✓ شروع تاخوردگی پلی پپتید
- ✓ مؤثر روی سطوح سوم و چهارم
- ✓ اتصال aa های غیر مجاور
- ✓ طول پپتید ← ثابت
- ✓ پیوند هیدروژنی ← O ..... H
- ✓ گروه کربوکسیل و آمینه aa ها فوق‌ش
- ✓ همه aa ها پیوند برقرار می‌کنند
- * فقط نوع Pro سطح ساختاری

## ساختار سوم

- ✓ تا خوردگی بیشتر پلی پپتید
- ✓ " صفحات و مارپیچ‌ها
- ✓ فقط نوع پیوندها رو داریم ← پپتیدی / اشتراکی / هیدروژنی
- ✓ تشکیل Pro
- ✓ ثبات نسبی
- ✓ اتصال داره ← ساختار نهایی پلی‌پپتید
- ✓ مؤثر در سطح چهارم
- ✓ شکل کروی
- ✓ آخرین سطح ساختاری پلی‌پپتید
- ✓ شکل زیرواحد
- ✓ ایجاد پیوند بین aa های غیر مجاور یک پلی‌پپتید داریم.
- ✓ طول پپتید ← ثابت
- ✓ برهم‌کنش گروه R (آبگریز)
- ✓ گروه مؤثر در ایجاد ساختار ← R

## ساختار چهارم

- آرایش زیرواحدها داریم.
- بیشتر از یک زنجیره داریم.
- پیوند نداریم.
- بعضی Pro ها این سطح رو دارن.

**فعّالیت ۱** با استفاده از دو یا چند مفتول فلزی ساختار دوم، سوم و چهارم پروتئین‌ها را مدل‌سازی کنید.

## نقش پروتئین‌ها

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

بعضی دیگر از پروتئین‌ها به‌صورت گیرنده‌هایی در سطح یاخته‌ها قرار دارند؛ مثلاً گیرنده‌های آنتی‌ژنی در سطح لنفوسیت‌ها نمونه‌ای از این پروتئین‌ها هستند.

برخی پروتئین‌ها مثل هموگلوبین گازهای تنفسی را در خون منتقل می‌کنند.

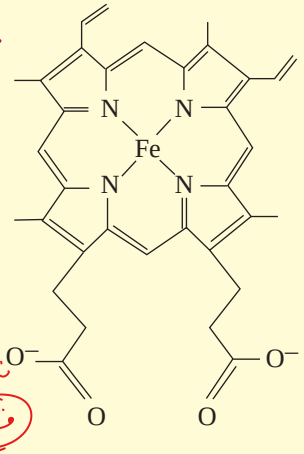
پمپ سدیم ـ پتاسیم نیز که با آن آشنا هستید، پروتئینی است که در غشا وجود دارد. این پمپ یون‌های سدیم و پتاسیم را در عرض غشا جابه‌جا می‌کند و فعالیت آنزیمی هم دارد. آیا محل‌های فعالیت و نقش آنزیمی این پمپ را به یاد دارید؟

کلاژن پروتئینی است که باعث استحکام بافت پیوندی می‌شود. زردپی و رباط مقدار فراوانی از پروتئین کلاژن دارند.

انقباض ماهیچه‌ها نیز ناشی از حرکت لغزشی دو نوع پروتئین روی یکدیگر یعنی اکتین و میوزین است. از دیگر پروتئین‌ها می‌توان به هورمون‌ها اشاره کرد. بیشتر هورمون‌ها از جمله اکسی‌توسین و انسولین که پیام‌های بین یاخته‌ای را در بدن جانوران ردوبدل می‌کنند تا تنظیم‌های مختلف در بدن انجام شود، پروتئینی هستند. همچنین پروتئین‌هایی مثل مهارکننده‌ها که بعداً با آنها آشنا خواهید شد، نقش‌های تنظیمی متعددی را در فعال و غیرفعال کردن ژن‌ها بر عهده دارند.

### بیشتر بدانید

هِم (Heme) ترکیبی آهن‌دار و غیر پروتئینی است و در ساختار پروتئین‌هایی مانند هموگلوبین و میوگلوبین وجود دارد. هم انواع متفاوتی دارد، فرمول شیمیایی رایج‌ترین آن $C_{34}H_{32}N_4O_4Fe$ است. هر زنجیره هموگلوبین، یک گروه هم دارد که با داشتن اتم آهن می‌تواند به یک مولکول اکسیژن متصل شود؛ بنابراین مولکول هموگلوبین ظرفیت حمل چهار اکسیژن را دارد.




## آنزیم‌ها

واکنش‌های شیمیایی در صورتی سرعت مناسب می‌گیرند که انرژی اولیه کافی برای انجام آن وجود داشته باشد. این انرژی را انرژی فعال‌سازی گویند. انجام واکنش‌ها در بدن موجود زنده نیز که با عنوان کلی سوخت‌وساز مطرح می‌شوند همین‌طور هستند. این واکنش‌ها با حضور آنزیم انجام می‌شوند. آنزیم امکان برخورد مناسب مولکول‌ها را افزایش و انرژی فعال‌سازی واکنش را کاهش می‌دهد. همچنین با این کار سرعت واکنش‌هایی را که در بدن موجود زنده انجام‌شدنی هستند زیاد می‌کند. بدون آنزیم ممکن است در دمای بدن سوخت‌وساز یاخته‌ها بسیار کند انجام شود و انرژی لازم برای حیات تأمین نشود. آنزیم‌های ترشحی دستگاه گوارش مثل آمیلاز بزاق و لیپاز در خارج یاخته عمل می‌کنند ولی آنزیم‌های مؤثر در تنفس یاخته‌ای، فتوسنتز و همانندسازی درون یاخته فعالیت می‌کنند. البته گروهی از آنزیم‌ها مثل پمپ سدیم ـ پتاسیم فعالیت خود را در غشا انجام می‌دهند.

Study Title _____ Date _____

آنزیم‌ها
- Pro ← محل تولید: ریبوزوم‌ها ← حاصل ترجمه در سیتوپلاسم هستند (محصول نوعی آنزیم نوکلئیک اسیدی rRNA هستند)
- rRNA ← محل تولید: هسته ← حاصل رونویسی در هسته هستند (محصول آنزیم‌های Pro و RNA بچ‌دار هستند)

آنزیم‌ها
- Pro
  - محل تولید: ریبوزوم ← انواع: داخل سلول، خارج سلول ← حاصل ترجمه
  - محل فعالیت: داخل سلول، غشای سلول، خارج سلول
- rRNA
  - محل تولید: هسته
  - محل فعالیت: سیتوپلاسم

آنزیم: پیش‌ماده ← فرآورده

آنزیم‌ها از نظر استقلال عملکرد
- بعضی نیازبه کمک ← به کمک آنزیم‌های دیگر
- انجام بدون کمک (مستقل) ← به کمک آنزیم‌های دیگر / خودشان

پمپ سدیم-پتاسیم
- محل قرارگیری: $K^+$ و $Na^+$
- کار: جابه‌جایی همزمان هر دو نوع
- آنزیمی: $ATP \rightarrow ADP + R$
- محل قرارگیری $Na^+$
- محل قرارگیری $K^+$
- جابه‌جایی: فعال
- محل قرارگیری: ATP

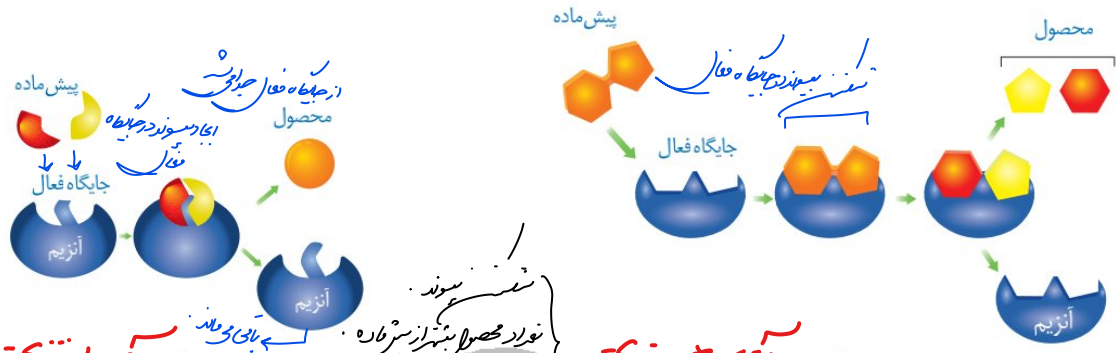
پیش‌ماده ≠ پیش‌ساز
- پیش‌ساز: ماده‌ای که برای ساخته شدن ماده‌ای دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد
- پیش‌ماده: ماده‌ای که برای ساخته شدن ماده‌ای دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد

آنزیم: پیش‌ماده: نوکلئوتید / پیش‌ساز: آمینواسید ← Pro

## ساختار آنزیم‌ها

بیشتر آنزیم‌ها پروتئینی هستند. آنزیم‌ها در ساختار خود بخشی به نام **جایگاه فعال**[1] دارند. جایگاه فعال بخشی اختصاصی در آنزیم است که **پیش‌ماده**[2] در آن قرار می‌گیرد. ترکیباتی که آنزیم روی آنها عمل می‌کند، پیش‌ماده و ترکیباتی که حاصل فعالیت آنزیم هستند، **فراورده**[3] یا محصول خوانده می‌شوند (شکل ۱۹).

بعضی آنزیم‌ها برای فعالیت به یون‌های فلزی مانند آهن، مس و یا مواد آلی مثل ویتامین‌ها نیاز دارند. به مواد آلی که به آنزیم کمک می‌کنند **کوآنزیم**[4] می‌گویند. وجود بعضی از مواد سمی در محیط مثل سیانید و آرسنیک می‌تواند با قرار گرفتن در جایگاه فعال آنزیم، مانع فعالیت آن شود. بعضی از این مواد به همین طریق باعث مرگ می‌شوند.




شکل ۱۹ ـ طرز عمل آنزیم در واکنش‌های سوخت‌وسازی الف) تجزیه، ب) ترکیب

## عملکرد اختصاصی آنزیم‌ها

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

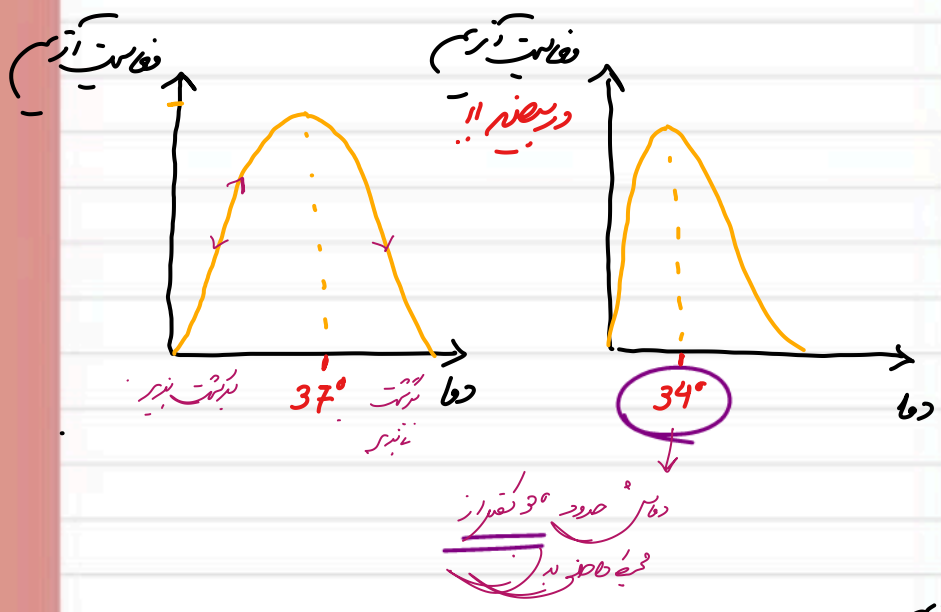
اگرچه آنزیم‌ها عملی اختصاصی دارند ولی برخی از آنها بیش از یک نوع واکنش را سرعت می‌بخشند.

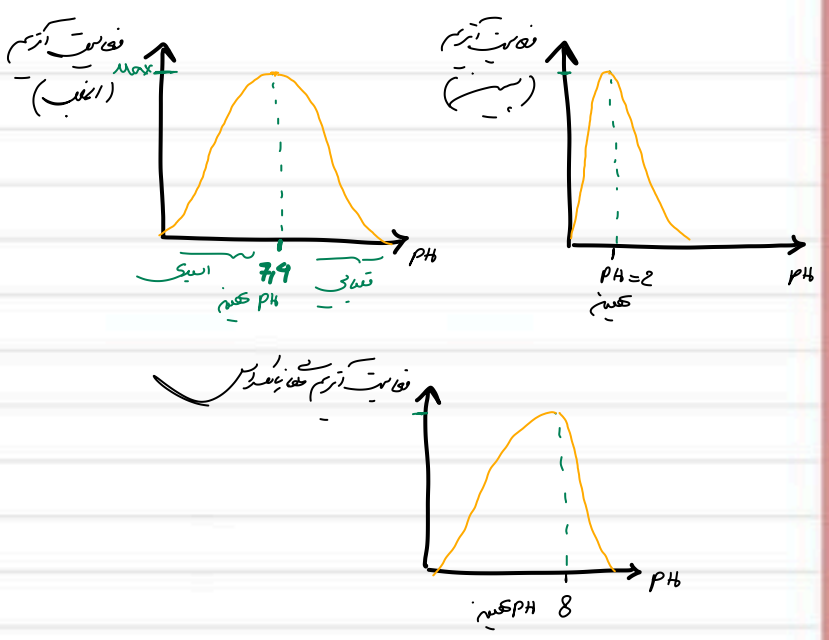
آیا می‌توانید مثالی از این نوع آنزیم‌ها بیاورید؟ DNA بوپلیمراز

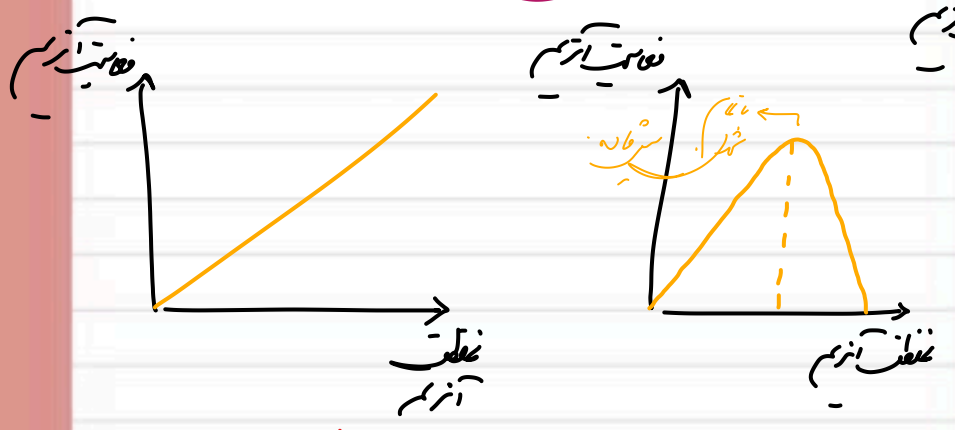
آنزیم‌ها در همه واکنش‌های شیمیایی بدن جانداران که شرکت می‌کنند؛ سرعت واکنش را زیاد می‌کنند امّا در پایان واکنش‌ها دست‌نخورده باقی می‌مانند تا بدن بتواند بارها از آنها استفاده کند. به همین دلیل یاخته‌ها به مقدار کم به آنزیم‌ها نیاز دارند. البته به مرور مقداری از آنها از بین می‌روند و یاخته مجبور به تولید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

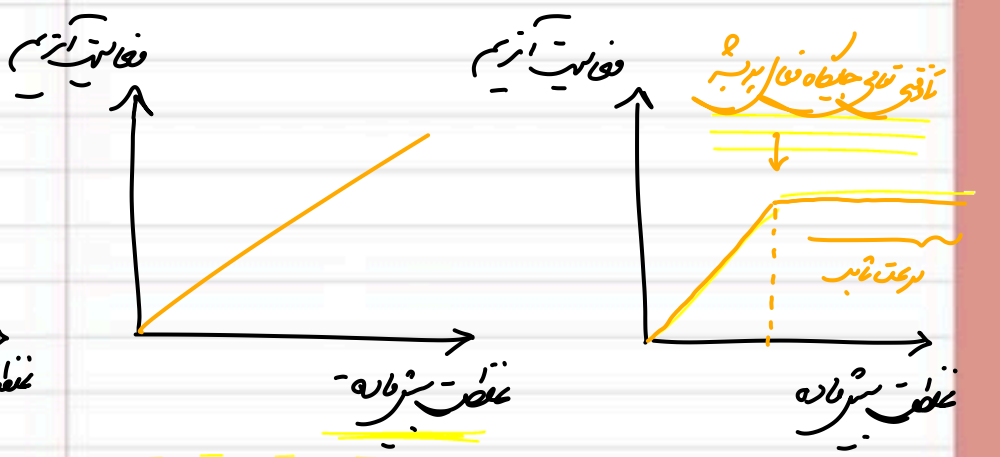
۱_ Active site
۲_ Substrate
۳_ Product
۴_ Coenzyme

Study Title _____ Date _____




(همواره یک مقدار بیش از ماده دخیل ↑)

(همواره یک مقدار بیش از ماده ثابت ·)

[مقدار آنزیم دخیل افزایش یابد]

[مقدار آنزیم ثابت]

## بیشتر بدانید

### باکتری‌های مقاوم به گرما

بعضی باکتری‌ها در چشمه‌های آب گرم زندگی می‌کنند. آنزیم‌های این باکتری‌ها در دمای حدود ۸۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین فعالیت را دارند. دِنای آنها هم درصد زیادی باز G و C دارد تا با سه پیوند هیدروژنی استحکام و ثبات بیشتری داشته باشد.

## عوامل مؤثر بر فعالیت آنزیم‌ها

عوامل متعددی از جمله pH، دما، غلظت آنزیم و پیش‌ماده بر سرعت فعالیت آنزیم‌ها تأثیر می‌گذارند.

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

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

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

### فعّالیت ۲

الف) گفته می‌شود تب بالا خطرناک است، بین این مسئله و فعالیت آنزیم‌ها چه ارتباطی می‌بینید؟

ب) با توجه به تأثیر متفاوت دمای کم و زیاد روی آنزیم‌ها، از این ویژگی آنزیم‌ها در آزمایشگاه‌ها چگونه می‌توان استفاده کرد؟

## کاربرد آنزیم‌ها در صنعت

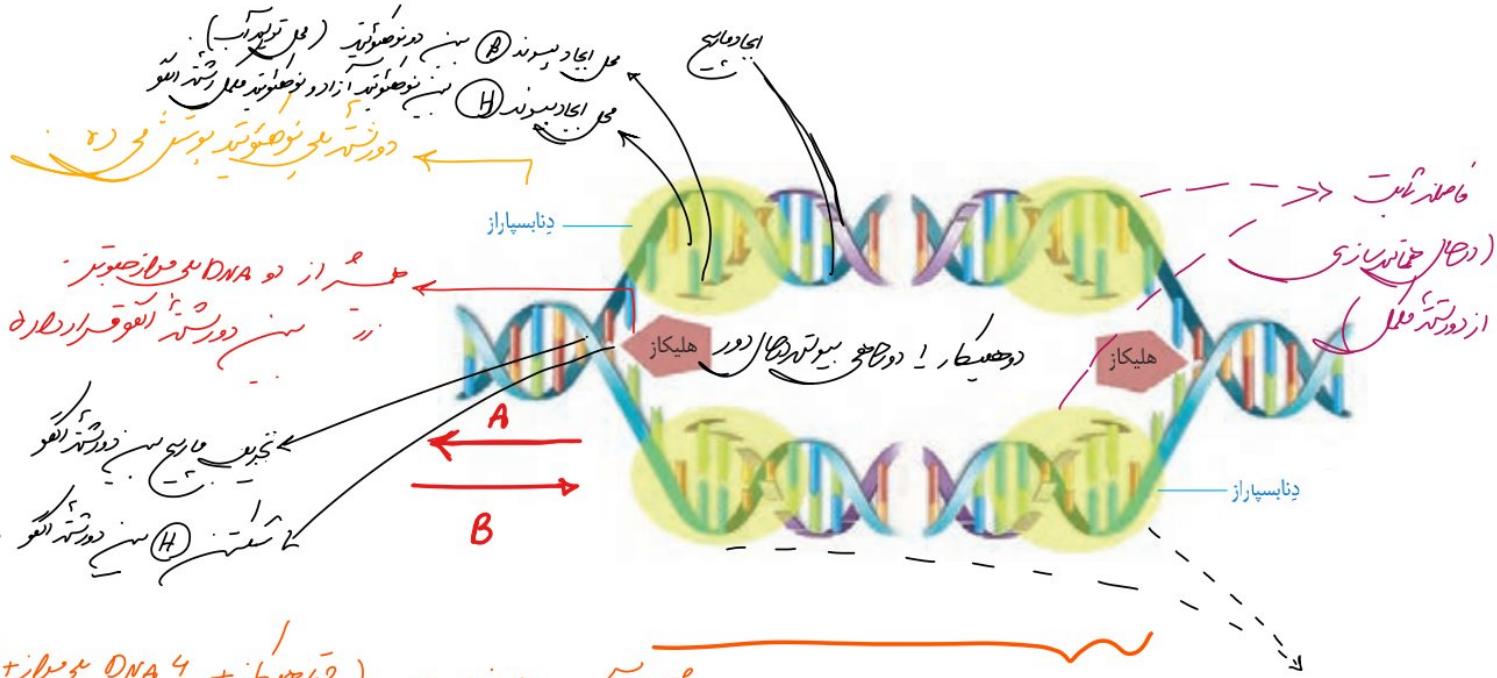
از آنزیم‌ها در صنایع متفاوتی مانند تولید دارو، خوراکی، آشامیدنی و سوخت‌های زیستی استفاده می‌شود. مثلاً آنزیم **سلولاز** که در تجزیهٔ سلولز به گلوکز نقش دارد از آنزیم‌های مورد استفاده در کاغذسازی و تولید سوخت زیستی است. آنزیم‌ها در صنایع غذایی، به ویژه صنایع لبنی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. **مایه‌پنیر** در واقع نامی عمومی برای آنزیم‌هایی است که با دلمه کردن پروتئین شیر آن را به پنیر تبدیل می‌کنند. مایه پنیر را به‌طور سنتی از معده نوزادان (شیرخواران) جانورانی مانند گوسفند و گاو به دست می‌آورند. امروزه انواعی از مایه‌پنیرها وجود دارد که از گیاهان و ریزجانداران (میکروارگانیسم‌ها) به‌دست می‌آیند.

در صنایع شوینده با استفاده از لیپازها، پروتئازها و آمیلازها انواعی از شوینده‌ها با قدرت تمیزکنندگی بالا تولید می‌شوند. به نظر شما علت استفادهٔ هریک از این آنزیم‌ها در شوینده‌ها چیست؟

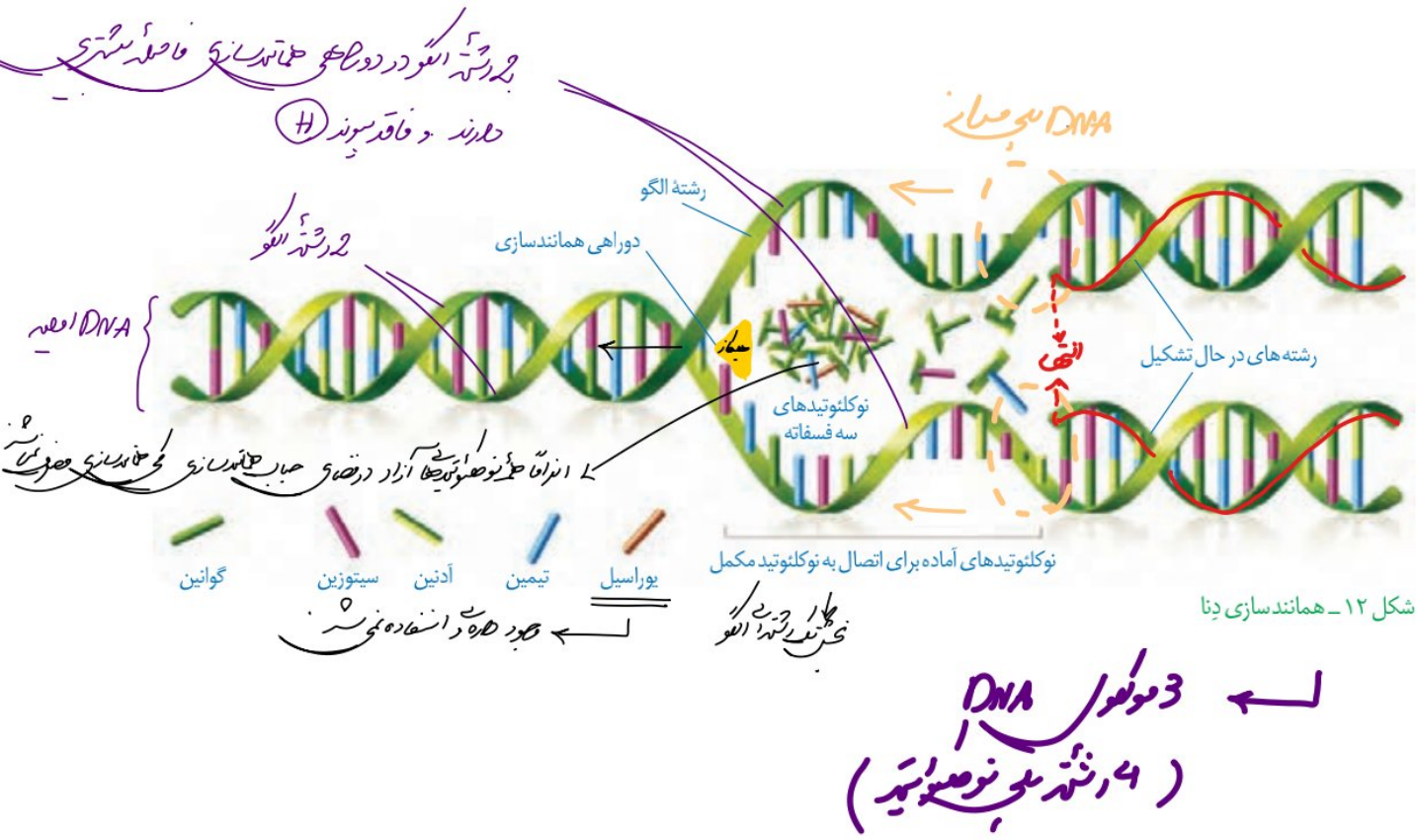


CamScanner

Study Title _____ Date _____




۱_Helicase
۲_DNA Polymera




شکل ۱۲ ـ همانندسازی دِنا

همانندسازی دوطرفه (با یک جایگاه آغاز)

همانندسازی در یوکاریوت‌ها هم به این شکل است.

هر رشته یکی از الگوهای رشته‌های جدید را می‌سازد.

همانندسازی از یک جایگاه آغاز شروع می‌شود و به دو طرف پیش می‌رود.

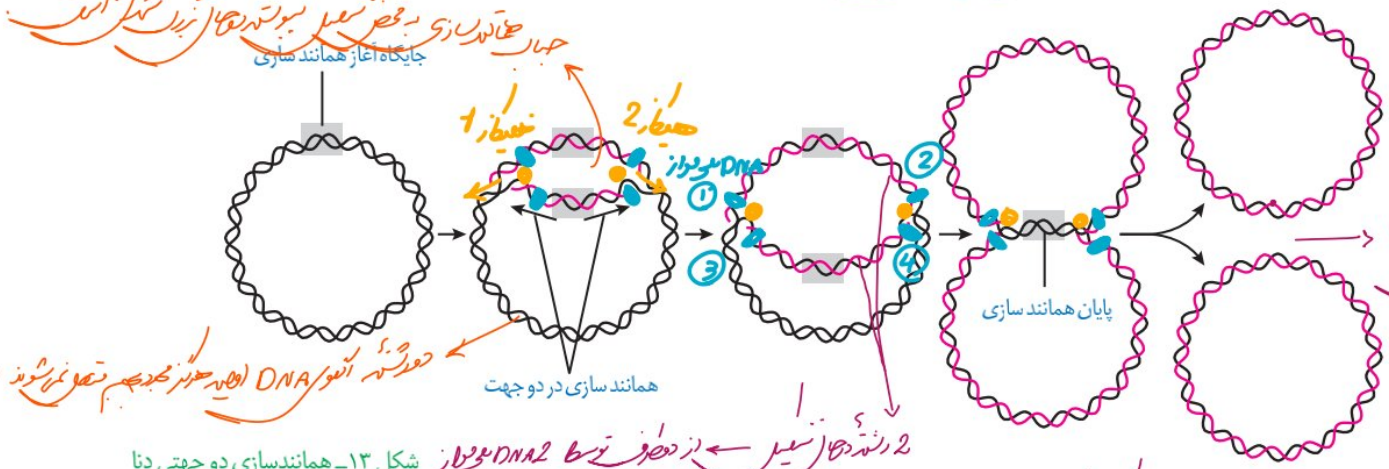
همیشه بین دو رشته الگو

هر هلیکاز نصف توالی DNA حلقوی را طی می‌کند.

2 هلیکاز ابتدا از هم دور و سپس تردید می‌شوند.

* DNA هایی که در همانندسازی از 1 رشته DNA هستند: (1 و 2) و (3 و 4) بطور خاص ابتدا از هم دور و سپس تردید می‌شوند.

* DNA هایی که در همانندسازی از 2 رشته الگو هستند: (1 و 3) و (2 و 4) بطور خاص فاصله آن‌ها ثابت است.



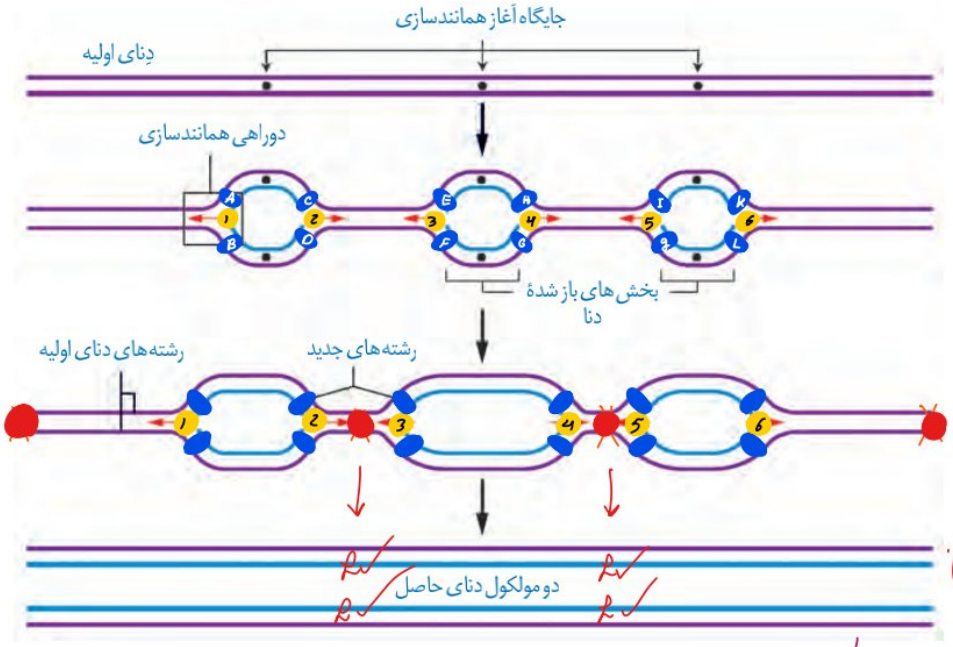

در انتهای همانندسازی دو رشته DNA ایجاد می‌شود که هر کدام از یک رشته الگو و یک رشته جدید تشکیل شده‌اند.

شکل ۱۳ـ همانندسازی دو جهتی DNA در پروکاریوت‌ها با یک نقطهٔ آغاز

2 رشته جدید تشکیل شده از دو طرف توسط DNA پلیمراز 2 همانندسازی می‌شوند.

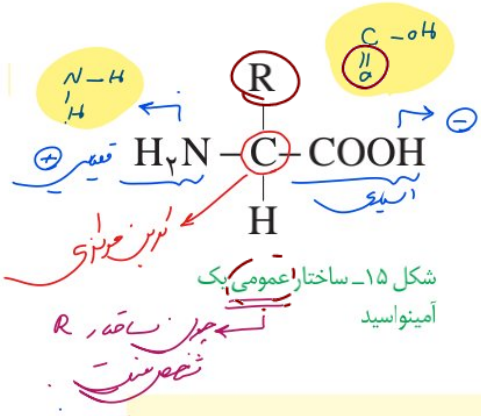
طرح همانندسازی DNA حلقوی: 2 رشته پلی نوکلئوتیدی داریم که 2 آنها (الف) حلقوی بوده و دوتای آنها خطی است در آخر حلقوی می‌شوند.

تعداد جایگاه آغاز همانندسازی = تعداد حباب همانندسازی




شکل ۱۴ ـ همانندسازی دنا در یوکاریوت‌ها

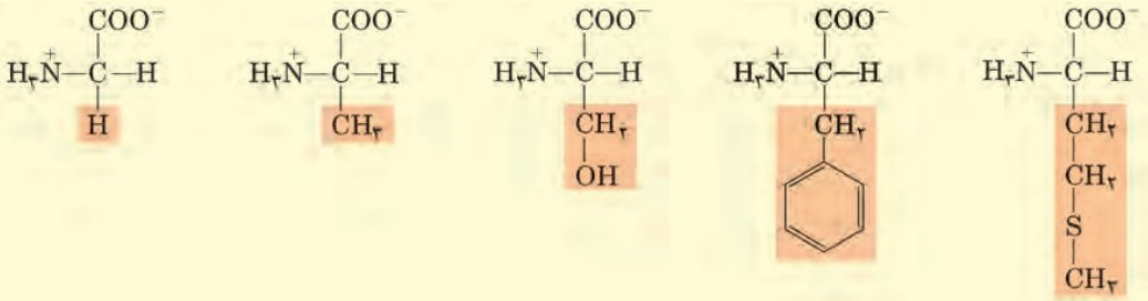
# گفتار ۳ پروتئین‌ها

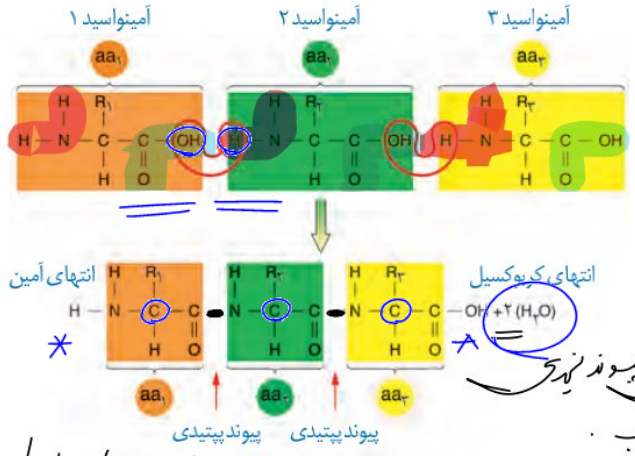



شکل ۱۵ـ ساختار عمومی یک آمینواسید

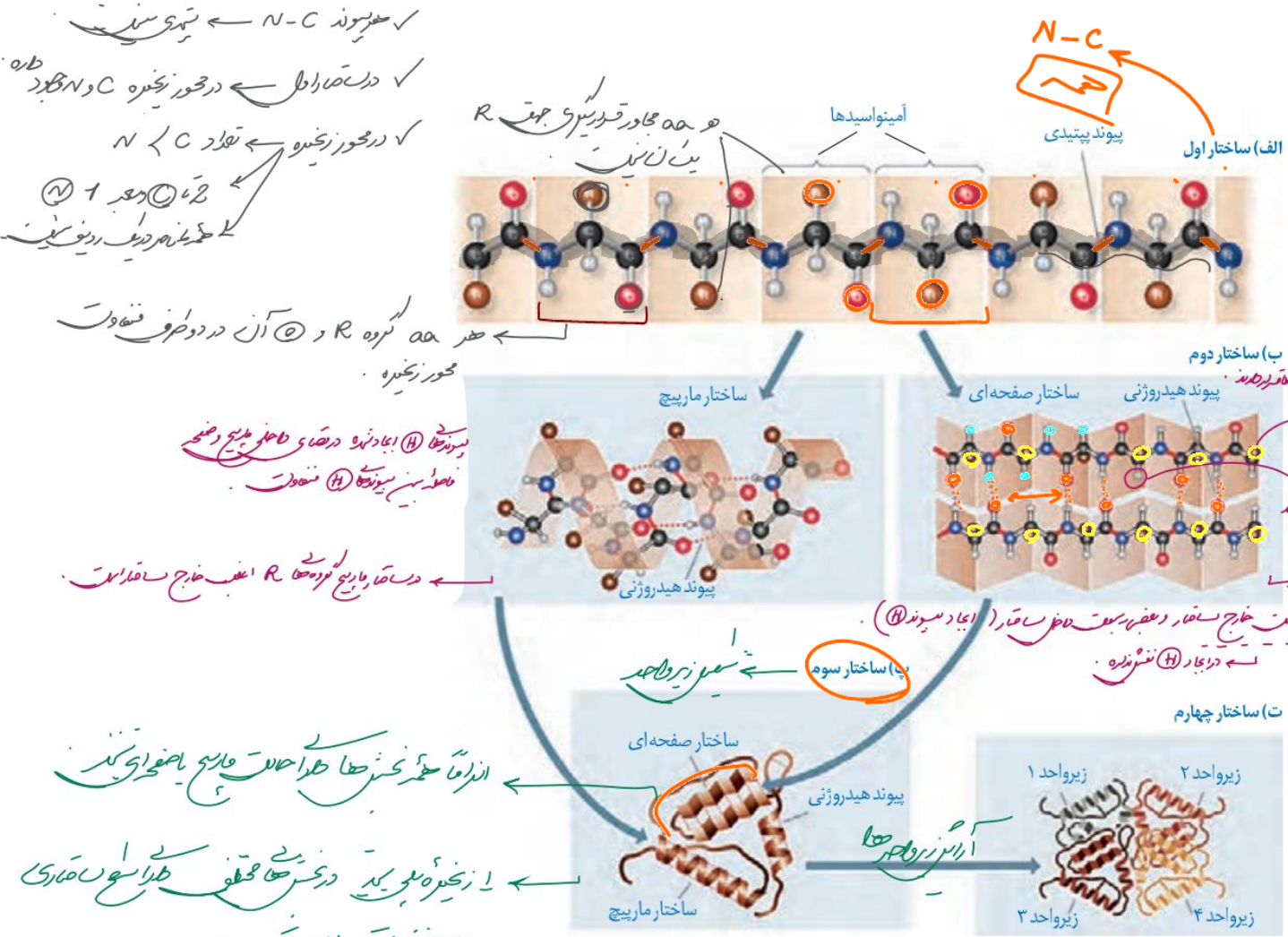
**بیشتر بدانید**

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



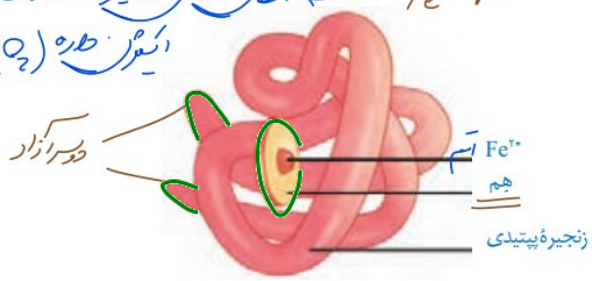



شکل ۱۶ــ تشکیل پیوند پپتیدی

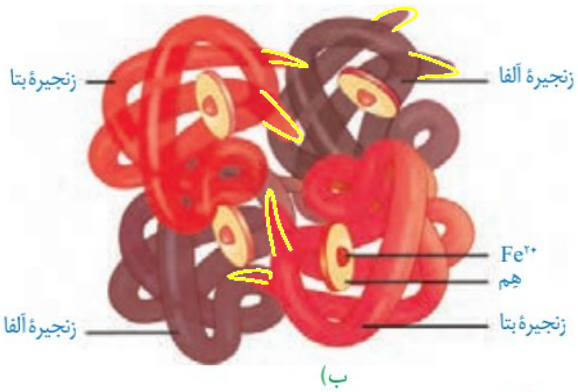



شکل ۱۷ــ ساختار پروتئین‌ها در چهار ساختار بررسی می‌شود.

**ساختار اول پروتئین ـ توالی آمینواسیدها:** نوع، تعداد، ترتیب و تکرار آمینواسیدها، ساختار اول پروتئین‌ها را تعیین می‌کنند. ساختار اول با ایجاد پیوندهای پپتیدی بین آمینواسیدها شکل می‌گیرد و خطی است. این پیوند در واقع نوعی پیوند اشتراکی است. تغییر آمینواسید در هر جایگاه موجب تغییر در ساختار اول پروتئین می‌شود و ممکن است فعالیت آن را تغییر دهد. با در نظر گرفتن ۲۰ نوع آمینواسید و اینکه محدودیتی در توالی آمینواسیدها در ساختار اول پروتئین‌ها وجود ندارد پروتئین‌های حاصل می‌توانند بسیار متنوع باشند. با توجه به اهمیت توالی آمینواسیدها در ساختار اول، همه سطوح دیگر ساختاری در پروتئین‌ها به این ساختار بستگی دارند (شکل ۱۷ـ الف).




الف)




ب)

شکل ۱۸
الف) میوگلوبین با ساختارسوم
ب) هموگلوبین با ساختار چهارم