فصل یک : مولکول‌های اطلاعاتی

توضیح کلی فصل :

در این فصل ابتدا با مراحل پرفراز و نشیب کشف ساختار دنا توسط دانشمندان آشنا می‌شویم، در ادامه در ارتباط با ساختار نوکلئوتیدها و چگونگی ساخت و همانندسازی مولکول دنا در یوکاریوت‌ها و پروکاریوت‌ها بحث می‌کنیم.

راجب پروتئین‌ها و ساختار اون‌ها مطالبی می‌خوانیم و نحوه شکل گیری و اهمیت ساختارهای آن را بررسی می‌کنیم و در نهایت انواع پروتئین‌ها بخصوص آنزیم‌ها را مطالعه می‌کنیم و به عوامل موثر بر فعالیت آنزیم‌ها می‌پردازیم.

نکات مهم در این فصل :

۱) فرآیند همانندسازی و تفاوت‌های آن در جانداران مختلف

۲) سطوح ساختاری در پروتئین‌ها

۳) آنزیم‌ها و ویژگی‌ها آن‌ها

۴) فعالیت‌های دانشمندان مختلف در راه شناخت ماده ژنتیک و ساختار آن

این فصل مطالب حفظی زیاد داره، سعی میکنیم باهم خوب یاد بگیریم!

بریم که بترکونیم ☺

گفتار ۱ : نوکلئیک اسیدها

هریک از یاخته‌های بدن ما ویژگی‌هایی مانند **شکل، اندازه، توانایی‌ها** و ... دارند.

توضیح : برخی یاخته‌ها طویل هستند مثل یاخته‌های *عصبی* و *ماهیچه‌ای*، برخی یاخته‌ها اندازه‌های کوچکی دارند مثل *گویچه‌های قرمز* و گروهی از یاخته‌های توانایی‌های دارند مثل ترشح مواد مختلف مثل *هورمون*، *انقباض*، *انتقال پیام عصبی* و .....

نکته مهم : تمام ویژگی‌های یاخته‌های بدن انسان تحت فرمان هسته هستند.

تذکر : هسته مرکز فرماندهی یاخته است و فرمان‌های ارسالی آن مربوط با **حضور دِنا (DNA)** در آن است.

توجه : در هر جانداری اطلاعات و دستورالعمل فعالیت‌های یاخته درون هسته ذخیره نشده است، حواستون باشه **باکتری‌ها** فاقد هسته هستند.

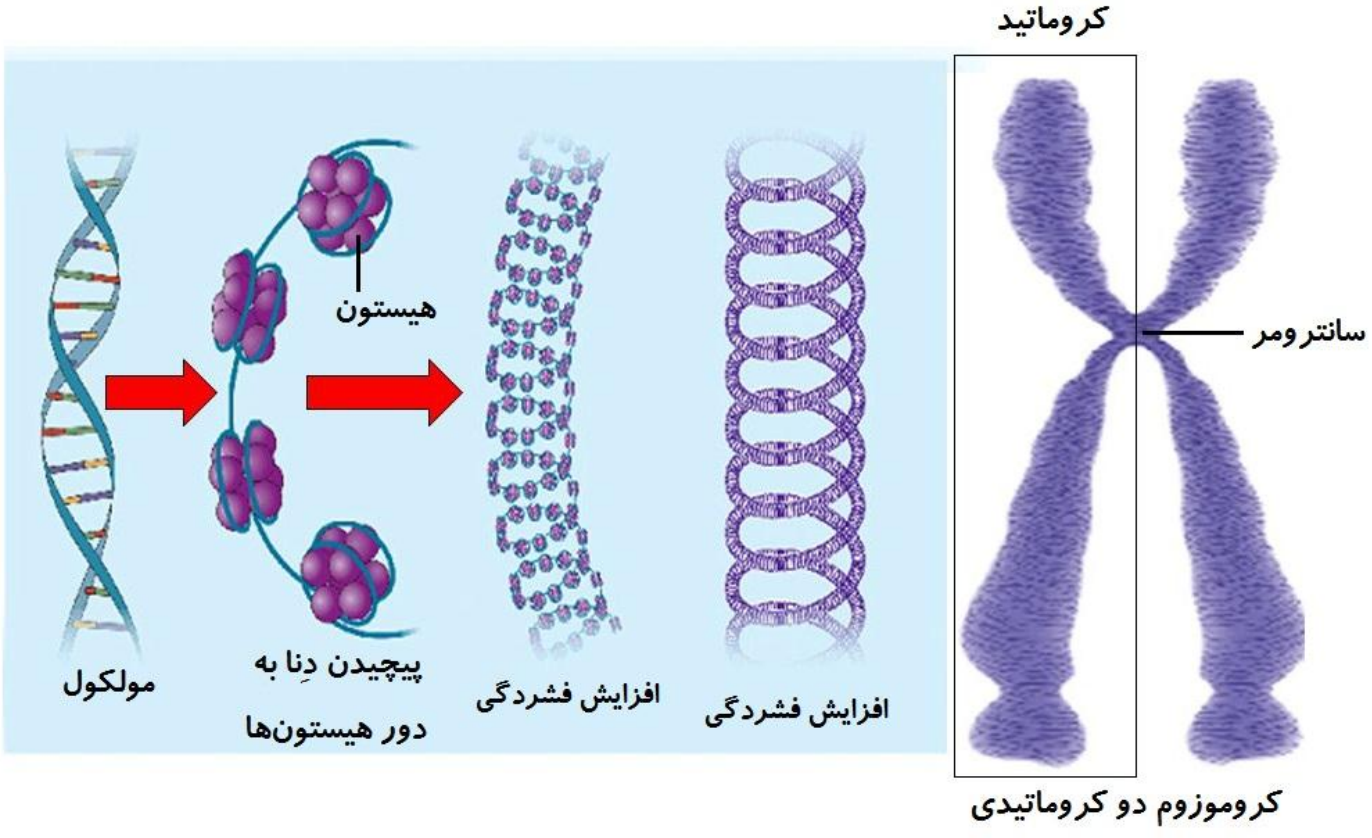
دستورالعمل‌های هسته **در حین تقسیم** از یاخته‌ای به یاخته دیگر و در حین تولیدمثل **از نسلی به نسل دیگر** منتقل می‌شود.

سوال : *اطلاعات و دستورالعمل فعالیت‌های یاخته در چه قسمتی از هسته ذخیره می‌شود؟*

قبلاً آموختیم که **فام‌تن‌ها (کروموزوم‌ها)** در هسته قرار دارند و در ساختار آن‌ها دِنا (DNA) و پروتئین مشارکت می‌کنند.

ترکیب : زمانی که یاخته در حال تقسیم نیست، فشردگی مادهٔ وراثتی هسته، کمتر و به صورت *توده‌ای* از *رشته‌های درهم* است که به آن، **فامینه (کروماتین)** می‌گویند. **هر رشتهٔ** کروماتین از واحدهای تکراری به نام **هسته‌تَن (نوکلئوزوم)** تشکیل می‌شود که در آن، مولکول « **دِنا** » حدود۲ دور در اطراف ۸ مولکول **پروتئینی** به نام **هیستون** پیچیده است.

نکته : *پیش از* تقسیم یاخته، رشته‌های کروماتینی **دو برابر** می‌شوند و با فشرده شدن، **فام‌تَن‌ها (کروموزوم‌ها)** را ایجاد می‌کنند.



سوال : کدام‌یک از این دو ماده، ذخیره‌کنندهٔ اطلاعات وراثتی است؟

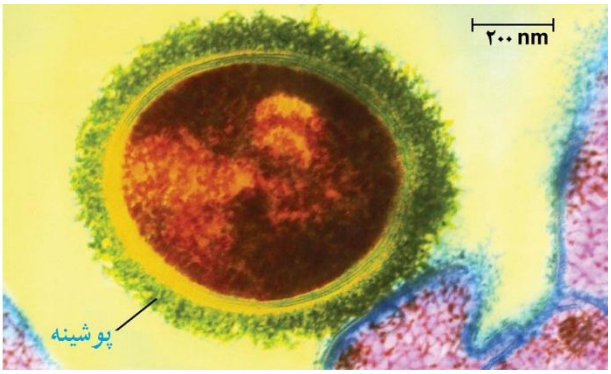
پاسخ این سؤال مشخص شده و آن **ماده دِنا** است که به‌عنوان **مادهٔ ذخیره‌کنندهٔ اطلاعات وراثتی** عمل می‌کند.

چند نکته مهم و ترکیبی از مولکول دنا :

- **همه اطّلاعات لازم برای زندگی یاخته در مولکول‌های دِنا ذخیره شده است.**
- **اطلاعاتِ ذخیره‌شده در دِنای جانداران، الگوهای رشد و نمو همهٔ جانداران را تنظیم می‌کند.**
- **دِنا که یکی از شباهت‌های جانداران مختلف را تشکیل می‌دهد، در همهٔ جانداران وجود دارد و کار یکسانی انجام می‌دهد.**

سوال : امّا دانشمندان چگونه به این پاسخ رسیده‌اند؟

اطلاعات اولیه در مورد مادهٔ وراثتی از **فعالیت‌ها** و **آزمایش‌های** باکتری‌شناسی انگلیسی به نام **گریفیت** به‌دست آمد.



سعی داشت **واکسنی برای آنفلوانزا** تولید کند. در آن زمان تصور می‌شد عامل این بیماری، نوعی **باکتری** به نام **استرپتوکوکوس نومونیا** است.

◄ گریفیت با **دو نوع** از این باکتری، آزمایش‌هایی را روی **موش‌ها** انجام داد.

نوع (۱) : **بیماری‌زای آن که پوشینه‌دار (کپسول‌دار)** است در موش‌ها سبب **سینه‌پهلو** (ذات الریه) می‌شود.

نوع (۲) : نوع بدون پوشینه آن موش‌ها را بیمار نمی‌کند.

شکل مقابل باکتری پوشینه‌دار را نشان می‌دهد.

نکته : باکتری کپسول‌دار مورد مطالعه‌ی گریفیت کروی شکل می‌باشد.

آزمایش‌ها و نتایج کار و مشاهدات گریفیت :

مرحله ۱) گریفیت مشاهده کرد تزریق **باکتری‌های پوشینه‌دار** به موش باعث **بروز علائم بیماری و مرگ** در آن‌ها می‌شود.

مرحله ۲) تزریق **باکتری‌های بدون پوشینه** به موش‌های مشابه، باعث **بروز علائم بیماری نمی‌شود.**

مرحله ۳) او در آزمایش دیگری **باکتری‌های پوشینه‌دار کشته شده با گرما** را به موش‌ها تزریق و مشاهده کرد که **موش‌ها سالم ماندند.**

نکته مهم : گریفیت نتیجه گرفت وجود پوشینه **به تنهایی** عامل مرگ موش‌ها نیست.

مراحل آزمایش گریفیت

مرحله ۴) مخلوطی از **باکتری‌های پوشینه‌دار کشته شده با گرما** و **باکتری‌های زنده بدون پوشینه** را به موش‌ها تزریق کرد و دید برخلاف انتظار، **موش‌ها مُردند!**

او در بررسی **خون** و **شش‌های** موش‌های مرده، **مقدار زیادی از باکتری‌های پوشینه‌دار زنده** مشاهده کرد.

مسلماً باکتری‌های مرده، زنده نشده‌اند بلکه تعدادی از باکتری‌های بدون‌پوشینه به‌نحوی تغییر کرده و پوشینه‌دار شده‌اند.

نکته : در فرایندی که گریفیت در آزمایش آخر مشاهده کرد، **ژنوتیپ** و **فنوتیپ** باکتری‌های بدون پوشینه تغییر پیدا کرد.

نکته مهم : از نتایج این آزمایش‌ها **مشخص شد که مادهٔ وراثتی می‌تواند از یاخته‌ای به یاختهٔ دیگر منتقل شود** ولی

۱- **ماهیت این ماده** و ۲- **چگونگی انتقال آن** مشخص **نشد**.

✓ خلاصه آزمایش‌ها و نتایج گریفیت :

هدف آزمایش گریفیت: تهیه واکسن بر علیه آنفولانزا

خلاصه مراحل آزمایش گریفیت:

a) **تزریق باکتری‌های پوشینه‌دار** ⟵ موجب **بیماری و مرگ** موش‌ها می‌شود.

b) **تزریق باکتری بدون پوشینه** ⟵ عدم بیماری در موش

c) **تزریق عصاره‌ی باکتری‌های پوشینه‌دار کشته شده با گرما** ⟵ عدم بیماری در موش

نتیجه: پوشینه تنها عامل مرگ موش نیست.

d) **تزریق مخلوطی از باکتری‌های بدون پوشینه زنده و پوشینه‌دار کشته شده** ⟵ موجب **بیماری و مرگ** موش‌ها می‌شود.

نتیجه: **برخی** از باکتری‌های بدون پوشینه، تغییرشکل داده‌اند و به باکتری‌های پوشینه‌دار تبدیل شده‌اند.

تذکر: گریفیت در خون این موش‌ها، **هم باکتری‌های بدون پوشینه** و **هم باکتری‌های پوشینه‌دار** مشاهده کرد.

نکته: **تغییر ظاهر** در باکتری‌ها به علت انتقال ژن‌ها (بخشی از دنا- پلازمید) از باکتری کشته شده پوشینه‌دار به باکتری زنده‌ی بدون پوشینه است.

نکته: با آزمایشات **گریفیت، علت تبدیل باکتری‌های بدون پوشینه** به **باکتری‌های پوشینه‌دار مشخص نشد.**

تذکر: گریفیت از ترانسفرماسیون و ماده‌ی ژنتیک خبر نداشت و نفهمید چرا باکتری بدون پوشینه، پوشینه‌دار شد ولی نشان داد خصوصیات یک باکتری به باکتری فاقد آن خصوصیات، قابل انتقال است.

اینجا واسه اینکه ببینم چقدر یاد گرفتیم این تست‌ها رو حل می‌کنیم :

۱- تست : کدام گزینه در ارتباط با آزمایش‌های گریفیت بر روی استرپتوکوکوس نومونیا، به درستی بیان شده است؟

۱) تزریق باکتری‌های پوشینه‌دار و بدون پوشینه که با گرما کشته‌شده‌اند سبب مرگ موش‌ها می‌شود.

۲) گریفیت دریافت که باکتری‌ها توانایی دریافت نوکلئیک اسید دو رشته‌ای از محیط خارج را دارد.

۳) با تزریق باکتری‌های پوشینه‌دار کشته‌شده با گرما به موش‌ها، عدم بیماری‌زایی پوشینه مشخص شد.

۴) از مشاهدات گریفیت می‌توان دریافت که ماده وراثتی نسبت به حرارات پایدار است.

۲- تست : طبق مشاهدات گریفیت در مرحله‌ی ..... پس از تزریق ..... .

۱) ۳- باکتری‌های فاقد پوشینه کشته شده با گرما؛ موش‌ها زنده ماندند.

۲) ۴- مخلوط باکتری‌های پوشینه‌دار مرده و فاقد پوشینه زنده؛ موش‌ها مردند.

۳) ۲- باکتری‌های زنده‌ی پوشینه‌دار؛ موش‌ها مردند.

۴) ۱- باکتری‌های زنده‌ی فاقد پوشینه، موش‌ها زنده ماندند.

پاسخ تست ۱ : گزینه ۴ **پاسخ تست ۲ : گزینه ۲**

یادآوری : عامل اصلی انتقال صفات وراثتی، مولکول دِنا است

عامل مؤثر در انتقال صفات تا حدود ۱۶ سال بعد از گریفیت همچنان ناشناخته ماند.

تا اینکه نتایج کارهای دانشمندی به نام **ایوری و همکارانش** عامل مؤثر در آن را مشخص کرد.

تذکر : از نتایج آزمایش‌های **گریفیت** مشخص شد که **مادهٔ وراثتی می‌تواند از یاختهٔ‌ای به یاختهٔ دیگر منتقل شود** ولی *شناسایی ماهیت ماده وراثتی توسط ایوری و همکارانش صورت گرفت.*

آزمایش اول *ایوری و همکارانش* **برای بررسی ماهیت ماده وراثتی :**

❶ : آن‌ها ابتدا از **عصارهٔ** استخراج شده از **باکتری‌های کشته شدهٔ پوشینه‌دار** استفاده کردند

❷ : در ادامه آن‌ها **تمامی پروتئین‌های موجود در عصاره** را با **آنزیم پروتئاز** تخریب کردند.

❸ : آن‌ها سپس **باقی‌ماندهٔ محلول (محلولی که فاقد پروتئین است)** 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 و این نتیجه از آزمایش مشخص شد.**

آزمایش دوم *ایوری و همکارانش* **برای بررسی ماهیت ماده وراثتی :**

❶ : در آزمایش دیگری مخلوط به‌دست‌آمده (همان **عصارهٔ** استخراج شده از **باکتری‌های کشته شدهٔ پوشینه‌دار**) را در یک گریزانه (سانتریفیوژ) با سرعت بالا قرار دادند و **مواد آن را به‌صورت لایه‌لایه جدا کردند.**

نکته : منظور از لایه‌ها مواد آلی مختلف هستند مثلا لایه‌ها به صورت پروتئین‌ها، لیپیدها، کربوهیدرات‌ها و نوکلئیک اسیدها می‌باشد.

❷ : با اضافه کردن هر یک از لایه‌ها به‌صورت جداگانه به **محیط کشت باکتری فاقد پوشینه** مشاهده کردند که :

◄ **انتقال صفت فقط با لایه‌ای که در آن دِنا (نوکلئیک اسید) وجود دارد انجام می‌شود.**

نتایج این آزمایش‌ها انکارناپذیر بود و ایوری و همکارانش را به این نتیجه رساند که **عامل اصلی و مؤثر در انتقال صفت، دِنا است.**

به عبارت ساده‌تر، دِنا همان ماده وراثتی است.

◄ *با این حال نتایج به‌دست‌آمده مورد قبول عده‌ای قرار نگرفت، چرا؟*

چون در آن زمان **بسیاری از دانشمندان** بر این باور بودند که **پروتئین‌ها ماده وراثتی** هستند.

آزمایشی که *ایوری و همکارانش* **برای تحکیم ادعای خود در برابر سایر دانشمندان انجام دادند :**

❶ : عصارهٔ باکتری‌های پوشینه‌دار را استخراج کرد.

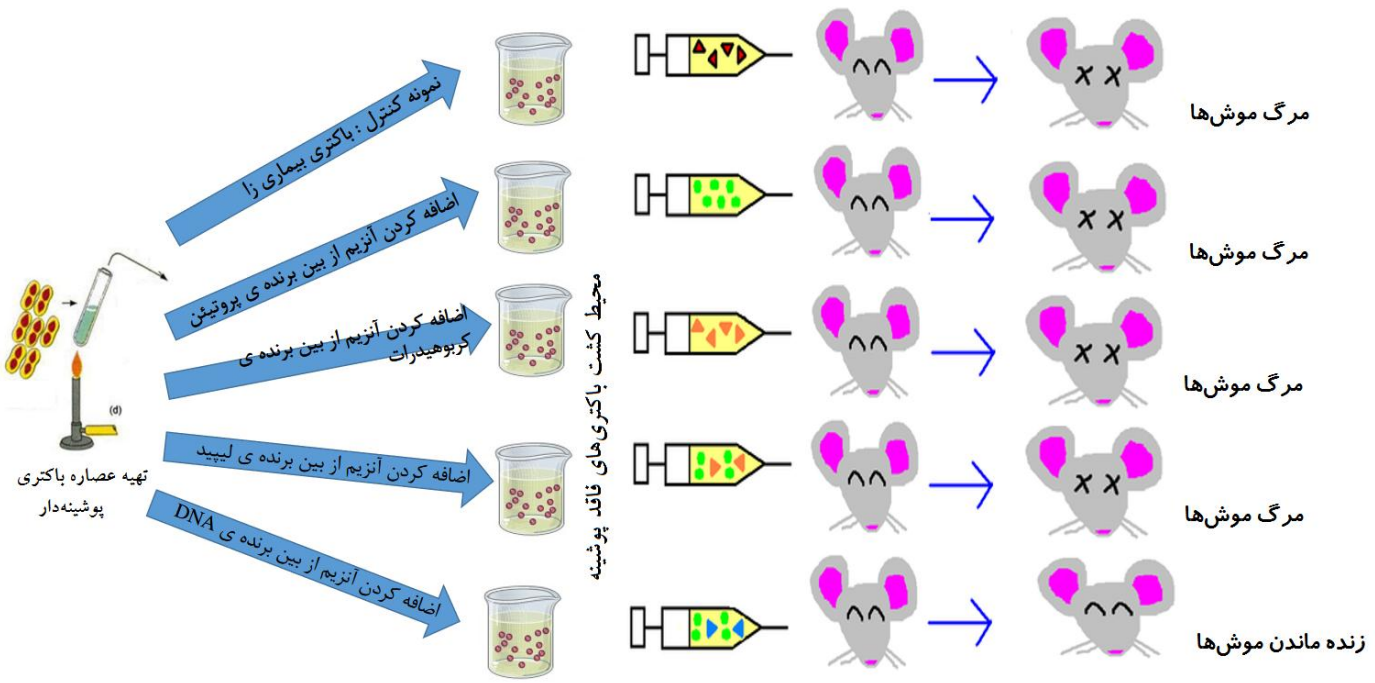
❷ : **آن را به** چند قسمت تقسیم کردند.

❸ : به هر قسمت، آنزیم تخریب‌کننده یک گروه از مواد آلی را اضافه کردند.

توضیحش اینجوریه که فرض کنید عصاره شما رو توی یه پارچ! باشه و چهار تا لیوان ازش پر می‌کنید. (این همون بخش‌ها هستند) حالا مثلا به لیوان (۱)، آنزیم لیپاز اضافه می‌کنید تا تموم لیپیدهای درون لیوان (۱) از بین بره، در لیوان (۲) آنزیم کربوهیدراز و در لیوان (۳) پروتئاز و در لیوان (۴) نوکلئاز اضافه می‌کنید تا به این ترتیب هر لیوان فاقد یک ماده آلی خاص باشد. (لیوان و پارچ فقط برای درک مطلب بودها!)

❹ : سپس هر کدام را به **محیط کشت حاوی باکتری بدون‌پوشینه** منتقل و اجازه دادند تا **فرصتی برای انتقال صفت و رشد و تکثیر داشته باشند.**

5 : مشاهده شد که **در همهٔ ظروف انتقال صورت می‌گیرد** به‌جز ظرفی که حاوی **آنزیم تخریب‌کننده دِنا (نوکلئاز)** است.



✓ خلاصه آزمایش‌ها و نتایج ایوری و همکارانش :

هدف آزمایش ایوری : شناسایی ماهیت ماده انتقال صفات وراثتی

a) در آزمایش اول خود ثابت کردند که پروتئین‌ها عامل انتقال صفات ارثی نیستند.

b) در آزمایش بعدی خود عصاره باکتری پوشینه‌دار را سانتریفیوژ کردند و لایه‌ای که در آن مولکول دنا بود سبب پوشینه دار شدن باکتری‌های بدون پوشینه شد و آن‌ها نتیجه گرفتند، ماده وراثتی دنا است.

c) در آزمایش نهایی برای تحکیم ادعای خود، عصاره را به چند بخش تقسیم کردند، به هر بخش آنزیم تجزیه‌کننده یک ماده آلی را افزودند. پوشینه‌دار شدن باکتری‌های بدون پوشینه توسط همه ظرف‌ها اتفاق افتاد به‌جز آن ظرفی که حاوی **آنزیم تخریب‌کننده دِنا (نوکلئاز)** بود.

نکته : در آزمایش دوم ایوری و همکارانش انتقال صفات **فقط زمانی رخ داد** که لایه‌ی مواد آلی انتقال یافته به محیط کشت باکتری بدون پوشینه، حاوی دنا باشد.

نکته : در **آزمایش آخر برخلاف آزمایش دوم**، انتقال صفات **در همه ظرف‌ها صورت می‌گیرد به جز** ظرفی که دنای آن با آنزیم تخریب‌کننده آن (نوکلئاز) از بین رفته باشد.

اینجا واسه اینکه ببینم چقدر یاد گرفتیم این تست رو حل می‌کنیم :

۳- تست : طبق یافته‌های ایوری و همکارانش ..... .

۱) در طی اولین آزمایش ابتدا پروتئین‌های عصاره‌ی باکتری بدون کپسول تخریب گشته و انتقال صفات صورت می‌گیرد.

۲) پروتئین‌ها عامل وراثتی نبوده و می‌توانند طی انتقال به باکتری فاقد پوشینه؛ سبب تشکیل کپسول پلی‌ساکاریدی شوند.

۳) پس از سانتریفیوژ کردن عصاره باکتری پوشینه‌دار؛ گروهی از لایه‌های تشکیل یافته می‌تواند سبب تشکیل پوشینه شود.

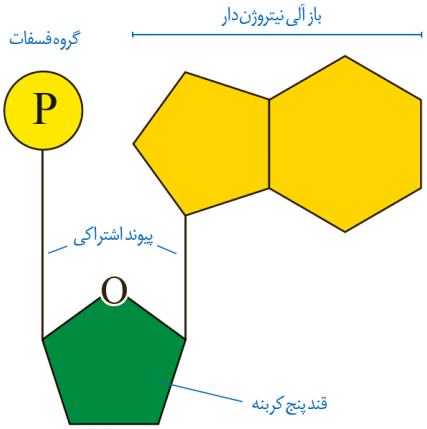
۴) یکی از لایه‌های تشکیل یافته از سانتریفیوژ عصاره‌ی باکتری کپسول‌دار می‌تواند سبب انتقال صفات شود.

پاسخ گزینه ۴

ساختار نوکلئیک اسید :

نوکلئیک اسیدها که شامل **دئوکسی‌ریبونوکلئیک‌اسید (دِنا)** و **ریبونوکلئیک‌اسید (رِنا)** هستند.

همگی بسپارهایی (**پلیمرهایی**) از واحدهای تکرارشونده به‌نام **نوکلئوتید** هستند.



با توجه به شکل مقابل **هر** نوکلئوتید شامل **سه بخش** است :

- **یک قند پنج کربنه**
- **یک باز آلی نیتروژن‌دار**
- **یک تا سه گروه فسفات**

قند **پنج‌کربنه** در **دِنا**، **دئوکسی‌ریبوز** و در **رِنا**، **ریبوز** است.

نکته : دئوکسی‌ریبوز **یک** اکسیژن **کمتر** از ریبوز دارد.

بازهای آلی نیتروژن‌دار :

۱) می‌تواند **پورین** باشد که ساختار **دوحلقه‌ای** دارد؛ شامل : ۱) **آدنین** (A) ۲) **گوانین** (G)

۲) می‌تواند **پیریمیدین** باشد که ساختار **تک‌حلقه‌ای** دارد؛ شامل : ۱) **تیمین** (T) ۲) **سیتوزین** (C) ۳) **یوراسیل** (U)

نکته مهم : در **دِنا** باز **یوراسیل** شرکت **ندارد** و به‌جای آن **تیمین** وجود دارد و در **رِنا** به‌جای **تیمین**، باز **یوراسیل** وجود دارد.

نکته : گروه فسفات تنها واحد تشکیل دهنده‌ی نوکلئوتید است که در یاخته‌ی زنده متشکل از اتم کربن نمی‌باشند در نتیجه بخشی معدنی محسوب می‌شود.

نحوه تشکیل یک نوکلئوتید :

باز آلی نیتروژن‌دار و گروه یا گروه‌های فسفات (۱ تا ۳ گروه فسفات) با پیوند **اشتراکی** (**کووالانسی**) به **دو سمت** قند متصل می‌شوند.

با توجه به شکل نوکلئوتید می‌توان گفت که دو بخش گروه فسفات و باز آلی هرگز با یکدیگر پیوندی تشکیل نمی‌دهند.

انواع نوکلئوتیدها :

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

نکته : با توجه به گفته بالا ۲۴ نوع مختلف نوکلئوتید داریم.

توضیح : اینکه ۲۴ از کجا اومد؟ دقت کنید ما ۲ نوع قند (دئوکسی ریبوز و ریبوز)، ۵ نوع باز آلی (A-G-C-T-U) و گروه‌های ۱ تا ۳ فسفات داریم. اگر قند را دئوکسی ریبوز انتخاب کنیم تعداد حالت بازها ۴ می‌شود (حواستون باشه باز U انتخاب نمیشه) و تعدا حالت گروه فسفات ۳ هست، که مجموعا میشه ۱۲ حالت، اگر قند را باز دیگر ریبوز انتخاب کنیم، باز هم شرایط بالا تکرار می‌شود (حواستون باشه این بار باز T انتخاب نمیشه)**و درنهایت مجموع کل حالت‌ها برابر با ۲۴ می‌شود.**

نوکلئوتیدها با نوعی پیوند اشتراکی به نام **فسفودی‌استر** به هم متصل می‌شوند و **رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی** را می‌سازند.

در پیوند فسفودی‌استر، **فسفات یک نوکلئوتید** به **گروه هیدروکسیل** (OH) از **قند** مربوط به **نوکلئوتید دیگر** متصل می‌شود.

نکته : با توجه به نکته بالا هر مولکول قند در ساختار نوکلئوتید می‌تواند با دو گروه فسفات پیوند کوالانسی داشته باشد. (حواستون باشه یکی از این گروه‌های فسفات در ساختار نوکلئوتید قرار دارد و گروه فسفات دیگر مربوط به یک نوکلئوتید دیگر است.)

تذکر : نکته بالا در ارتباط با گروه فسفات یک نوکلئوتید نیز می‌تواند صادق باشد.

نکته : آنزیمی که پیوند فسفودی استر را **ایجاد** می‌کند و توانایی **شکستن** آن را دارد، **آنزیم دِنابسپاراز** می‌باشد.

رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی دو نوع دارند :

1 : **به‌تنهایی** نوکلئیک اسید را می‌سازند مثل **رِنا** (تک رشته‌ای)

2 : به‌صورت **دوتایی مقابل هم** قرار می‌گیرند و نوکلئیک‌اسیدهایی مثل **دِنا** را می‌سازند (دو رشته‌ای)

نکته خیلی مهم : مولکول‌های دِنا از **دو رشته** پلی‌نوکلئوتید و مولکوهای رِنا از **یک رشته** پلی‌نوکلئوتید تشکیل می‌شوند.

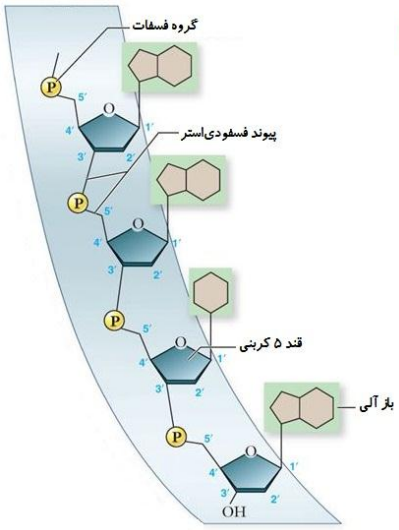
۳ انواع نوکلئوتید	شکل	قطبیت
DNA	خطی	دارد
	حلقوی	ندارد
RNA	خطی	دارد
	حلقوی	ندارد

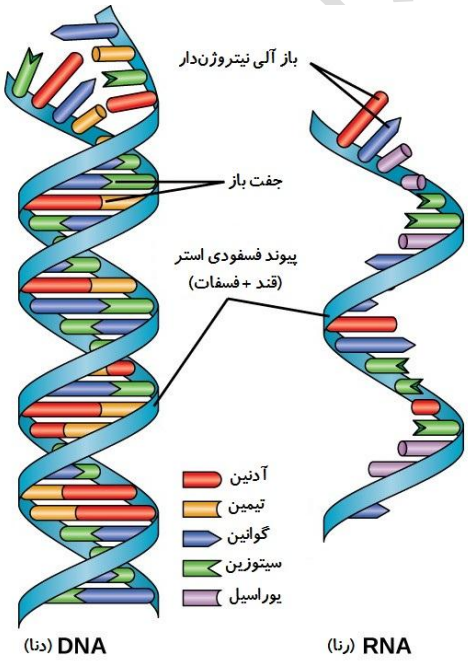
دو انتهای رشته‌های پلی‌نوکلئوتید نیز می‌تواند با **پیوند فسفودی‌استر** به هم متصل شوند و نوکلئیک‌اسید **حلقوی** را ایجاد کنند.

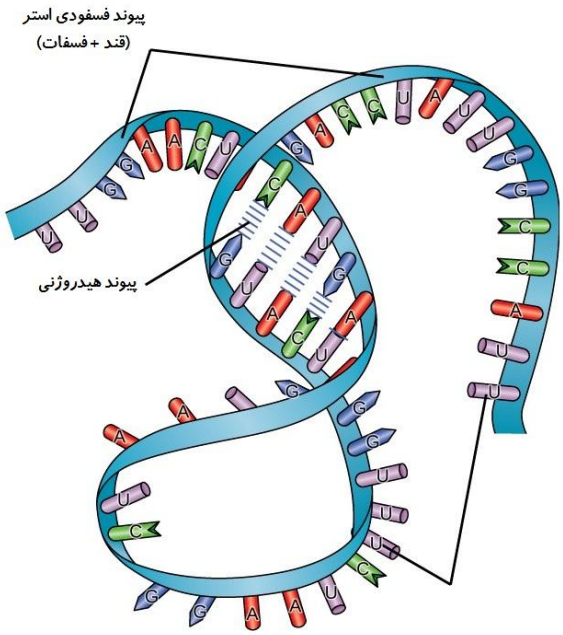
نکته : دِنا در باکتری‌ها به‌صورت **حلقوی** است و در **هسته یاخته‌های یوکاریوتی** به صورت **خطی** است.

تذکر : در نوکلئیک‌اسیدهای **خطی** گروه **فسفات** در یک انتها و گروه **هیدروکسیل** در انتهای دیگر **آزاد** است.

نکته خیلی مهم : هر رشتهٔ دِنا و رِنای **خطی** **همیشه** دو سر **متفاوت** دارد.







در یک نگاه :

۱. در **واحدهای سازنده (مونومر) دنا (DNA)** قند **دئوکسی ریبوز** وجود دارد و بازهای آلی A، G، C، T نیز به چشم می‌خورند و **U نداریم**.

۲. در **واحدهای سازنده‌ی RNA**، قند **ریبوز** وجود دارد و بازهای آلی A ، G، C و U نیز هستند و **T نداریم**.

نکته: **نوکلئوتیدها** را براساس **بازها**، و **اسیدهای نوکلئیک** را براساس **قند** نام گذاری می‌کنند.

تذکر: **آدنوزین** از قند **پنتوز** و باز **آدنین** ساخته شده است و **نوکلئوتید محسوب نمی‌شود، چون فسفات ندارد.**

ترکیب: انواع ترکیبات آلی: پروتئین- کربوهیدرات- نوکلئیک اسید- لیپید

ترکیب: انواع پلی‌مرها: پروتئین- کربوهیدرات- نوکلئیک اسیدها (RNA و DNA)

ترکیب: ساختن **دنا (DNA)**، توسط **دنابسپاراز** و ساختن رنا (RNA) توسط **رنا بسپاراز** صورت میگیرد.

در یک نگاه :

در یک زنجیره‌ی رنا (RNA) لزوماً A با T و C با G **برابر نیست** ولی در یک مولکول دنا (DNA) **قطعاً با هم برابرند.**

در یک مولکول دنا (DNA) پیوند بین دو نوکلئوتید مجاور در یک زنجیره‌ی دنا (DNA) فسفودی استر (کووالانسی) است که بین قند یک نوکلئوتید با گروه فسفات نوکلئوتید دیگر انجام گرفته است. ولی پیوند دو نوکلئوتید مکمل (مقابل هم) هیدروژنی است که بین بازهای مکمل انجام شده بین A و T دو پیوند هیدروژنی و بین C,G سه پیوند هیدروژنی وجود دارد.

نکته: اگر خواستید پیوند **دو رشته‌ی دنا (DNA)** را از هم باز کنید، **باید پیوند هیدروژنی** بین بازهای مکمل را بشکنید و اگر خواستید **یک زنجیره‌ی** پلی‌نوکلئوتیدی رنا (RNA) یا **دنا (DNA)** را بشکنید، باید **پیوند فسفودی استر** را بشکنید.

نکته: در **دنا (DNA)** و tRNA جفت باز یافت می‌شود.

تذکر: بین باز مجاور در یک رشته‌ی **دنا (DNA)** و رنا (RNA) هیچ پیوندی وجود ندارد.

اینجا واسه اینکه ببینم چقدر یاد گرفتیم این تست رو حل می‌کنیم :

تست ۴ : کدام گزینه زیر در ارتباط با نوکلئوتیدها صحیح است؟

۱) هر بخش از نوکلئوتید در RNA که دارای اتم نیتروژن می‌باشد؛ آلی بوده و دارای کربن است.
۲) واحدهای سازنده‌ی نوکلئیک اسیدها متشکل از واحدهایی می‌باشد که دارای سه بخش آلی هستند.
۳) در هر یاخته‌ی زنده دو نوع نوکلئیک اسید وجود داشته که متشکل از واحدهای تکرار شونده هستند.
۴) هر واحد تشکیل دهنده‌ی نوکلئیک اسید در یاخته‌ی زنده دارای سه بخش متشکل از کربن می‌باشد.

تست ۵ : به طور معمول، نمی‌توان گفت قند بکار رفته در هر .....

۱) نوکلئوتید DNA مانند RNA دارای پنج اتم کربن می‌باشد.
۲) نوکلئوتید RNA و DNA علاوه بر کربن قطعا اتم اکسیژن دارد.
۳) نوکلئوتید RNA بیشتر از DNA دارای اتم اکسیژن است.
۴) ساختار دنا برخلاف رنا دارای ساختار حلقه‌ای شکل می‌باشد.

تست ۴ : پاسخ گزینه ۱ **تست ۵ : پاسخ گزینه ۴**

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.

براین اساس **دانشمندان انتظار داشتند** که مقدار ۴ نوع باز آلی **در تمامی مولکول‌های دِنا** از **هر جانداری** که به‌دست‌آمده باشد با یکدیگر **برابر** باشد.

مشاهدات و تحقیقات چارگاف روی دِناهای طبیعی موجودات نشان داد که :

مقدار آدنین موجود در دِنا با مقدار تیمین **برابر** است و مقدار گوانین در آن با مقدار سیتوزین برابری می‌کند.

به عبارت ساده‌تر : تعداد نوکلئوتید آدنین (A) = تعداد نوکلئوتید تیمین (T) و تعداد نوکلئوتید گوانین (G) = تعداد نوکلئوتید سیتوزین (C)

نکته : با توجه به یافته بالا می‌توان گفت تعداد بازهای پورین و پریمیدین در دنا با هم برابر است.

نکته مهم : طبق تحقیقات چارگف نسبت مجموع بازهای A و G به مجموع بازهای T و C برابر با ۱ است. $\left(\frac{A+G}{T+C}=۱\right)$

یه نکته مهم و تستی در ارتباط با تحقیقات چارگف :

در دناهای طبیعی که چارگف بررسی کرد، مقدار باز A با T و G با C برابر بود ولی دقت کنید چارگف از این یافته نتیجه نگرفت که بازهای A با T و C با G مکمل هستند، چون دلیل این برابری را نمی‌دانست.

◄ **تحقیقات بعدی دانشمندان دلیل این برابری نوکلئوتیدها را مشخص کرد.**

تست ۶: مشاهدات و تحقیقات چارگاف روی دناهای طبیعی موجودات نشان داد که ..... .

۱) C مکمل G بوده و تعداد ان در مولکول با یکدیگر برابر است.

۲) در هر رشته‌ی پلی‌نوکلئوتیدی مولکول؛ تعداد باز A با T برابر می‌باشد.

۳) دلیل برابری نسبت‌های A به T با C به G تشکیل پیوند هیدروژنی می‌باشد.

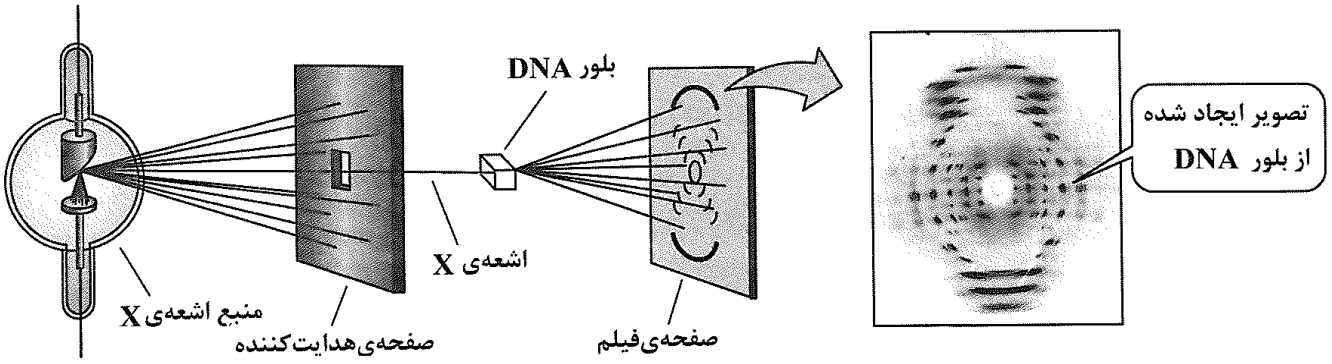
۴) نسبت‌های A به T با C به G در همه‌ی DNAهای مورد مطالعه برابر است.

پاسخ گزینه ۴

استفاده از پرتو ایکس برای تهیهٔ تصویر از دِنا :

ویلکینز و **فرانکلین** با استفاده از **پرتو ایکس** از مولکول‌های دِنا **تصاویری** تهیه کردند.

نحوه تهیه تصویر با پرتو ایکس از مولکول دِنا توسط ویلکینز و فرانکلین



این دو دانشمند با بررسی این تصاویر در مورد ساختار دِنا نتایجی را بدست آوردند :

❶ اینکه دِنا حالت **مارپیچی** دارد

❷ **بیش از یک رشته** دارد. (اینکه قطعا دو رشته است بعدا مشخص شد)

❸ با استفاده از این روش **ابعاد مولکول‌ها** را نیز تشخیص دادند.

پس خلاصه این شد :

آزمایش ویلکینز و فرانکلین: **تصاویری** (نه سایه) از **مولکول‌های DNA** با استفاده از پراش **اشعه‌ی ایکس** تهیه کردند و گفتند مولکول DNA به صورت مولکولی **مارپیچی** *(صد در ۱۰۰)* است که از دو یا سه زنجیره *(شک داشتند)* تشکیل شده است.

تست ۷: کدام گزینه زیر به درستی بیان شده است؟

۱) استفاده از پرتو ایکس به منظور تهیه‌ی تصویر از دنا منجر به کسب نتایجی از خواص شیمیایی مولکول شد.

۲) طبق یافته‌های ویلکینز و فرانکلین دنا مولکول مارپیچی بوده که قطعا از دو یا چند رشته تشکیل شده است.

۳) ویلکینز و فرانکلین با استفاده از پرتو ایکس فقط توانستند شکل فضایی و تعداد تقریبی رشته‌های مولکول دنا را تعیین کنند.

۴) در طی انجام ازمایش پرتو ایکس به منظور تعیین شکل فضایی دنا؛ منبع اشعه ایکس بلافاصله بعد از مولکول دنا قرار می‌گیرد.

پاسخ گزینه ۲

مدل مولکولی دِنا :

دو دانشمند به نام‌های واتسون و کریک با استفاده از :

۱) نتایج آزمایش‌های چارگاف **۲) داده‌های حاصل از تصاویر تهیه شده با پرتو ایکس** (نتایج تحقیقات ویلکینز و فرانکلین)

۳) با استفاده از یافته‌های خود **مدل مولکولی نردبان مارپیچ** را ساختند.

تذکر : نتایج حاصل از این تحقیقات با پژوهش‌های امروزی مورد تأیید قرار گرفته‌اند.

نکات کلیدی مدل واتسون و کریک :

هر مولکول دِنا (چه خطی چه حلقوی) در حقیقت از **دو رشته پلی‌نوکلئوتیدی** ساخته شده است که به دور **محـوری فرضی پیچیده** شده و ساختار **مارپیچ دو رشته‌ای** را ایجاد می‌کند.

نکته : این مارپیچ **اغلب** با یک **نردبان پیچ‌خورده** مقایسه می‌شود.

تذکر : **ستون‌های** این نردبان ⟵ **قند و فسفات** و **پله‌ها** ⟵ **بازهای آلی** تشکیل می‌دهند.

با توجه به ساختار مارپیچ دورشته‌ای دنا :

■ پیوند بین **قند** یک نوکلئوتید و **فسفات** نوکلئوتید دیگر : پیوند **فسفودی‌استر**

■ پیوند **بین بازهای روبه‌روی هم** در دنا : پیوند **هیدروژنی**

نکته : پیوند هیدروژنی از پیوند فسفودی استر سست‌تر و اسـتحکام کمتـری دارد و بـرای شکسـتن آن بـرخلاف پیونـد فسفودی‌استر نیاز به مصرف انرژی نیست.

نکته : تشکیل پیوند هیدروژنی بین بازهای آلی بدون دخالت آنزیم صورت می‌گیرد ولی برای شکست این پیونـد در دنـا در هنگام همانندسازی آن، نیاز به فعالیت **آنزیم هیلیکاز** داریم.

پیوندهای هیدروژنی بین بازها، **دو رشته دِنا** را در مقابل هم نگه می‌دارد.

تذکر : پیوندهای هیدروژنی بین بازهای مجاور یک رشته دنا تشکیل نمی‌شود. (حواستون باااشه)

پیوندهای هیدروژنی بین **جفت** بازها **به‌صورت اختصاصی** تشکیل می‌شوند.

■ **آدنین** (A) با **تیمین** (T) روبه‌روی هم قرار می‌گیرند

■ **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.

توجه : بین C و G **سه** پیوند هیدروژنی و بین A و T **دو** پیوند هیدروژنی تشکیل می‌شود.

مکمل بودن بازهای آلی نتایج آزمایش‌های چارگاف را نیز **تأیید** می‌کند.

یادآوری : بازهم تاکید می‌کنیم چارگف بخاطر برابر بودن A با T و همچنین C با G نتیجه مکمل بودن بازهای آلی را نگرفت.

قرارگیری جفت بازها به این صورت باعث می‌شود **قطر مولکول دِنا در سراسر آن یکسان باشد.**

چون در هر صورت یک باز تک‌حلقه‌ای (پریمیدینی) در مقابل یک باز دوحلقه‌ای (پورینی) قرار می‌گیرد.

نکته مهم : ثابت ماندن **قطر** دِنا باعث : ۱) **پایداری اطلاعات آن** شده و ۲) در **فشرده شدن** بهتر **فام‌تن‌ها** (کروموزوم‌ها) مؤثر است.

جفت شدن بازهای مکمل نتیجهٔ هم دارد و آن اینکه اگرچه دو رشتهٔ یک مولکول دِنا **یکسان نیستند**، ولی شناسایی ترتیب نوکلئوتیدهای هر کدام می‌تواند ترتیب نوکلئوتیدهای رشتهٔ دیگر را هم مشخص کند. (خاصیت مکملی بازها)

مثال : اگر ترتیب نوکلئوتیدها در یک رشته ATGC باشد ترتیب نوکلئوتیدها در رشتهٔ مکمل آن باید TACG باشد.

پس یه جمع بندی کنیم از نتایج جفت شدن بازهای مکمل :

۱) ثابت ماندن **قطر** دِنا که سبب : a) **پایداری اطلاعات آن** شده و b) **فشرده شدن** بهتر **فام‌تن‌ها** (کروموزوم‌ها)

۲) شناسایی ترتیب نوکلئوتیدهای هر رشته می‌تواند ترتیب نوکلئوتیدهای رشتهٔ دیگر را هم مشخص کند

اگرچه هر پیوند **هیدروژنی** به‌تنهایی **انرژی پیوند کمی** دارد، ولی وجود **هزاران** یا **میلیون‌ها** نوکلئوتید و برقراری پیوند هیدروژنی بین آن‌ها به مولکول دِنا حالت **پایدارتری** می‌دهد.

نکته : هرچه تعداد بازهای C و G در ساختار دو رشته دنا **بیشتر** باشد، پایداری آن نیز **بیشتر** است.

نکته : دو رشته دِنا در موقع نیاز هم می‌توانند در **بعضی** از نقاط (*ژن‌ها*) از هم جدا شوند (*منظور رونویسی از ژن*) و بدون اینکه پایداری آن‌ها به هم بخورد وظایف خود را انجام دهند.

حالا که تا اینجا اومدید یه جمع بندی کنیم کل این چیزایی که گفتیم رو

جمع بندی طبق مدل پیشنهادی واتسون و کریک (مدل مارپیچ دو رشته‌ای) :

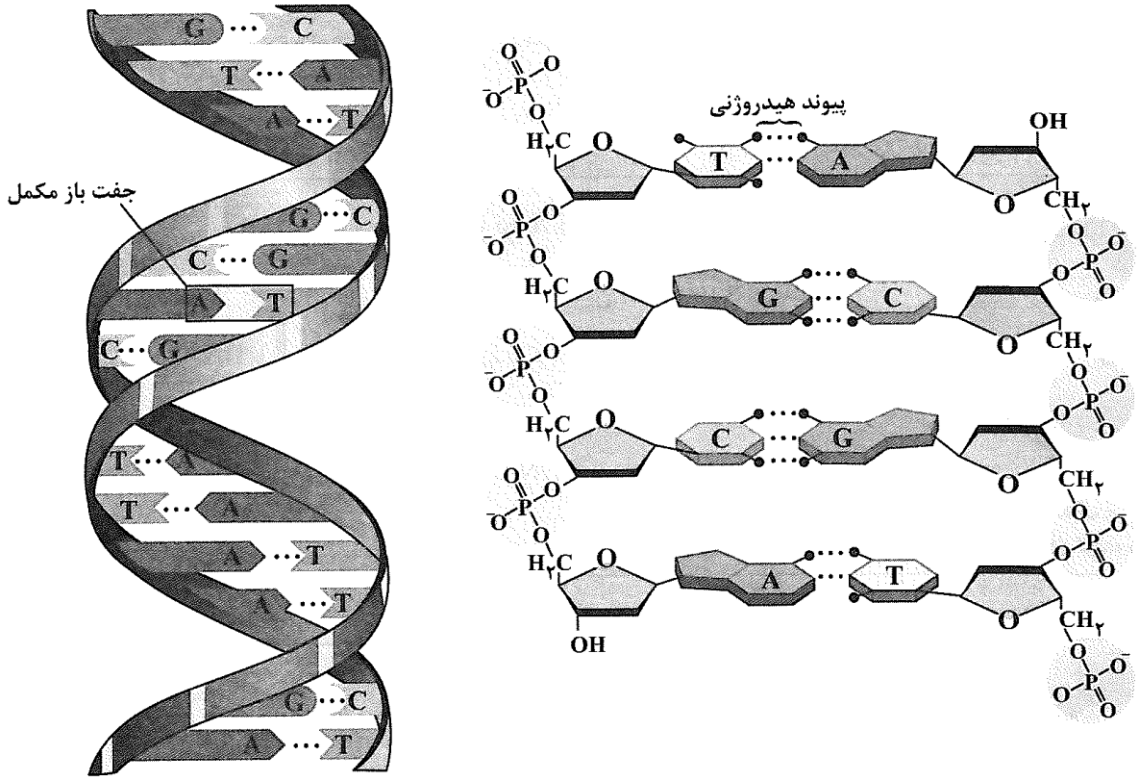
۱. DNA از **دو رشته پلی نوکلئوتیدی** تشکیل شده است که حول یک محور فرضی، به دور یکدیگر **پیچیده‌اند**.
۲. این مدل، به مدل **مارپیچ دو رشته‌ای (یا مارپیچ دوگانه)** معروف شده است.
۳. مارپیچ دو رشته‌ای در واقع شبیه نردبانی است که حول محور طولی خود پیچ خورده‌ای است.
۴. **نرده‌های** این نردبان را پیوند های **قند- فسفات** تشکیل می‌دهند.
۵. **پیوندهای هیدروژنی پله‌های** این نردبان را می‌سازند.
۶. بین بازهایی که مقابل هم هستند. **پیوند هیدروژنی** وجود دارد.

ترتیب سال‌ها و فعالیت دانشمندانی که به شناخت و ماهیت و ساختار دنا کمک کردند:

گریفیت(۱۹۲۸) وقوع ترانسفورماسیون - ایوری(۱۹۴۴) کشف ماهیت عامل انتقال صفات (دنا) - چارگف آغاز(۱۹۵۰) کشف نسبت بازها - ویلکینز و فرانکلین (۱۹۵۰) کشف مارپیچی بودن DNA و ۲ یا ۳ رشته‌ای بودن آن - واتسون و کریک(۱۹۶۲) کشف ساختار دقیق DNA

در ساختار مولکول DNA :

۱- دو رشته‌ی موازی از پلی‌نوکلئوتید هستند.
۲- مکمل‌اند.
۳- دو رشته با هم ناهمسو هستند.
۴- بین بازهای مکمل پیوند هیدروژنی وجود دارد.
۵- دو رشته مارپیچ هستند.



«مارپیچ DNA»

تست ۸: کدام گزینه عبارت را به طور نامناسب کامل می‌نماید؟

« با توجه مطالعات و آزمایشات انجام شده توسط ..... می‌توان بیان داشت که ..... »

۱) ایوری – ماده وراثتی در مواجهه با آنزیم پروتئاز توانایی انتقال به باکتری بدون پوشینه را دارد.

۲) چارگف – نسبت مجموع آدنین و تیمین به مجموع گوانین و سیتوزین تقریبا برابر بایکدیگر است.

۳) ویلکنز و فرانکلین – مولکول دِنا ساختار مارپیچی دارد و قطعا دارای بیش از یک رشته است.

۴) واتسون و کریک – ساختار مولکول دنا همانند نردبانی است که به دور محور فرضی پیچیده شده است.

تست ۹: چند مورد درباره‌ی ساختار مولکول مورد مطالعه‌ی واتسون و کریک صحیح می‌باشد؟

الف) واجد دو یا سه رشته‌ی موازی می‌باشد.

ب) رشته‌هایش همسو و مارپیچ می‌باشد.

ج) در دو مونومر مقابل تعداد حلقه‌ها برابر می‌باشد.

د) در هر رشته بیش از یک پیوند فسفودی‌استر وجود دارد.

هـ) تعداد بازهای پورینی با تک حلقه‌ای برابر می‌باشد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

تست ۱۰: کدام یک متن زیر را به نادرستی تکمیل می‌کند؟

در استرپتو کوکوس نومونیا ..... هیچگاه .....

۱) گروهی از فسفات‌های دو رشته‌ی مارپیچ دوگانه- در یک راستا با یکدیگر قرار نمی‌گیرد.

۲) جفت باز موجود در مارپیچ دو رشته‌ای – در مجموع دو حلقه ندارند.

۳) سویه‌ی بیماری‌زا- دو رشته‌ی موازی در دنا حول محور فرضی پیچ نخورده‌اند.

۴) گروه‌های قند- باز – نرده‌های مارپیچ دوگانه را تشکیل نمی‌دهند.

تست ۸: پاسخ گزینه ۲ **تست ۹:** پاسخ گزینه ۲ **تست ۱۰:** پاسخ گزینه ۳

جمع بندی دانشمندانی که خواندیم :

نام دانشمند (ترتیب اولیت فعالیت)	آزمایش یا تحقیقات	توضیحات
گریفیت	به دنبال کشف واکسنی برعلیه آنفولانزا بود بر روی دو نوع باکتری از گونه استرپتوکوکوس نومنیا کار می‌کرد. **او در آزمایش‌های خود به موش‌ها مخلوطی از باکتری‌های بدون پوشینه زنده و پوشینه‌دار کشته شده تزریق کرد** همه موش‌ها بیمار شدند و مردند.	با توجه به نتیجه آخرین آزمایش او اظهار داشت مسلماً باکتری‌های مرده، زنده نشده‌اند بلکه تعدادی از باکتری‌های بدون‌پوشینه به‌نحوی تغییر کرده و پوشینه‌دار شده‌اند. **نکته مهم** : از نتایج این آزمایش‌ها مشخص شد که مادهٔ وراثتی می‌تواند از یاخته‌ای به یاختهٔ دیگر منتقل شود ولی ۱- ماهیت این ماده و ۲- چگونگی انتقال آن مشخص نشد. **تذکر:** گریفیت از ترانسفرماسیون و ماده‌ی ژنتیک خبر نداشت و نفهمید چرا باکتری بدون پوشینه، پوشینه‌دار شد ولی نشان داد خصوصیات یک باکتری به باکتری فاقد آن خصوصیات، قابل انتقال است.
ایوری و همکارانش	**هدف آزمایش ایوری : شناسایی ماهیت ماده انتقال صفات وراثتی** a) در آزمایش اول خود ثابت کردند که پروتئین‌ها عامل انتقال صفات ارثی نیستند. b) در آزمایش بعدی خود عصاره باکتری پوشینه‌دار را سانتریفیوژ کردند و لایه‌ای که در آن مولکول دنا بود سبب پوشینه دار شدن باکتری‌های بدون پوشینه شد و آن‌ها نتیجه گرفتند، ماده وراثتی دنا است. c) در آزمایش نهایی برای تحکیم ادعای خود، عصاره را به چند بخش تقسیم کردند، به هر بخش آنزیم تجزیه‌کننده یک ماده آلی را افزودند. پوشینه‌دار شدن باکتری‌های بدون پوشینه توسط همه ظرف‌ها اتفاق افتاد به‌جز آن ظرفی که حاوی **آنزیم تخریب‌کننده دِنا (نوکلئاز)** بود.	
چارگف	**مشاهدات و تحقیقات چارگاف روی دِناهای طبیعی موجودات نشان داد که** : مقدار آدنین موجود در دِنا با مقدار تیمین **برابر** است و مقدار گوانین در آن با مقدار سیتوزین برابری می‌کند. **به عبارت ساده‌تر** : تعداد نوکلئوتید آدنین (A) = تعداد نوکلئوتید تیمین (T) و تعداد نوکلئوتید گوانین (G) = تعداد نوکلئوتید سیتوزین (C)	**یه نکته مهم و تستی در ارتباط با تحقیقات چارگف :** در دناهای طبیعی که چارگف بررسی کرد، مقدار باز A با T و G با C برابر بود ولی دقت کنید چارگف از این یافته نتیجه نگرفت که بازهای A با T و C با G مکمل هستند، چون دلیل این برابری را نمی‌دانست. ◄ **تحقیقات بعدی دانشمندان دلیل این برابری نوکلئوتیدها را مشخص کرد.**
فرانکلین و ویلکینز	*این دو دانشمند با بررسی این تصاویر در مورد ساختار دِنا نتایجی را بدست آوردند :* ❶ اینکه دِنا حالت **مارپیچی** دارد ❷ **بیش از یک رشته** دارد. (اینکه قطعا دو رشته است بعدا مشخص شد) ❸ با استفاده از این روش **ابعاد مولکول‌ها** را نیز تشخیص دادند.	
واتسون و کریک	**دو دانشمند با استفاده از : ۱) نتایج آزمایش‌های چارگاف ۲) داده‌های حاصل از تصاویر تهیه شده با پرتو ایکس** (نتایج تحقیقات **ویلکینز و فرانکلین**) **۳) با استفاده از یافته‌های خود مدل مولکولی نردبان مارپیچ** را ساختند. جمع بندی طبق مدل پیشنهادی واتسون و کریک (مدل مارپیچ دو رشته‌ای) : ۱. DNA از **دو رشته پلی نوکلئوتیدی** تشکیل شده است که حول یک محور فرضی، به دور یکدیگر **پیچیده‌اند**. ۲. این مدل، به مدل **مارپیچ دو رشته‌ای (یا مارپیچ دوگانه)** معروف شده است. ۳. مارپیچ دو رشته‌ای در واقع شبیه نردبانی است که حول محور طولی خود پیچ خورده‌ای است. ۴. **نرده‌های** این نردبان را پیوند های **قند- فسفات** تشکیل می‌دهند. ۵. **پیوندهای هیدروژنی پله‌های** این نردبان را می‌سازند. ۶. بین بازهایی که مقابل هم هستند. **پیوند هیدروژنی** وجود دارد.	

رِنا و انواع آن :

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:

رِنای پیک (mRNA): اطلاعات را از دِنا به رِناتَن‌ها می‌رساند. **رِناتَن** با استفاده از اطلاعات رِنای پیک، **پروتئین‌سازی** می‌کند.

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

رِنای رِناتَنی (rRNA): در ساختار رِناتَن‌ها علاوه بر پروتئین، **رِنای رِناتَنی** نیز شرکت دارد.

علاوه بر نقش‌های بالا، برای رِناها نقش‌های ❶ **آنزیمی** و ❷ **دخالت در تنظیم بیان ژن** نیز مطرح می‌شود.

اگر دوست داری متن زیر رو بخون که این سه تا رنا رو خوب یاد بگیری الان، البته فصل مفصل حرف میزنیم راجبشون✌

انواع RNA

❶ mRNA

a- **RNA پیک است.** b- اطلاعات را از DNA به رناتَن انتقال می‌دهد.

c- نام رمز ۳ حرفی در آن **کدون** است. d- **دارای جایگاه آغاز ترجمه و پایان ترجمه می‌باشد.**

نکته : در mRNA **رمز UAA, UAG, UGA** در **mRNA**، رمز **پایان** ترجمه هستند.

e- در یاخته **یوکاریوتی درون هسته** توسط رنابسپاراز II از روی mRNAی خطی ساخته شده و برای ترجمه از **منافذ هسته** عبور کرده و وارد سیتوپلاسم می‌شود.

نکته : در یاخته‌های یوکاریوتی، **محل رونویسی هسته** و **محل ترجمه** (پروتئین سازی) **سیتوپلاسم** (رناتَن) می‌باشد.

تذکر مهم : درون سیتوپلاسم باکتری‌ها و یاخته‌های یوکاریوتی (کلروپلاست و میتوکندری)، رونویسی و ترجمه دیده می‌شود.

f- در یاخته‌های **پروکاریوتی** mRNA، **درون سیتوپلاسم** توسط **رنابسپاراز پروکاریوتی** ساخته شده و همان‌جا نیز ترجمه می‌شود.

❷ tRNA

a- **RNA ناقل است.** b- آمینواسید را به رناتَن منتقل می‌کند.

c- در فرآیند پروتئین سازی نقش مهمی دارد. d- نام ضد رمز ۳ حرفی آن، **آنتی‌کدون** است.

e- در **یاخته یوکاریوتی درون هسته** توسط **رنابسپاراز III** از روی DNA خطی ساخته شده و پس از عبور از منافذ هسته وارد سیتوپلاسم شده و **در سیتوپلاسم فعالیت می‌کند.**

f- در یاخته‌های **پروکاریوتی** درون سیتوپلاسم توسط **رنابسپاراز** از روی DNA حلقوی ساخته شده و در سیتوپلاسم فعالیت می‌کند.

توجه : بعداً درباره ی tRNA مطالب بیشتری خواهیم گفت.

❸ rRNA

a- **RNAیِ رناتَنی است.** b- **خاصیت آنزیمی دارد. (یک آنزیم غیر پروتئینی)**

c- در **رناتَن** وظیفه‌ی **تشکیل پیوند پپتیدی** برعهده دارد.

d- **در یاخته های یوکاریوتی توسط رنابسپاراز I** از روی DNA خطی (در هسته) ساخته شده و سپس توسط **هستک** در ساختار رناتَن قرار می‌گیرد. و در نهایت **وارد سیتوپلاسم می‌شود.**

e- در یاخته‌های **پروکاریوتی** توسط **رنابسپاراز پروکاریوتی** از روی DNA حلقوی (در سیتوپلاسم) ساخته می‌شود.

f- **rRNA تنها آنزیمی است که محصول مستقیم رونویسی است** . این یعنی ترجمه نمی‌شود.**(در سطح کتاب درسی)**

g- rRNA **تنها** آنزیمی است که ساختار پروتئینی ندارد و فاقد آمینواسید است. **(در سطح کتاب درسی)**

h- rRNA **تنها** آنزیمی است که درون هسته ساخته می‌شود و در سیتوپلاسم فعالیت می‌کند(البته در یاخته‌های یوکاریوتی). **(در سطح کتاب درسی)**

ترکیب : rRNA، مولکولی می‌سازد که پروتئینی است و واحد سازنده‌اش(rRNA) با مولکول حاصل از فعالیتش(پلی‌پپتید) متفاوت است.

ژن چیست؟

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.

تعریف ژن : بخشی (نه همه) از مولکول دِنا است که می‌تواند بیان آن به تولید **رِنا یا پلی‌پپتید** بینجامد.

نکته : محصول حاصل از رونویسی تمام ژن‌ها، رنا است ولی نوع رنا ممکن است تفاوت داشته باشید، اگر جنس رنا از نوع رِنای پیک (mRNA) باشد، محصول نهایی ژن پلی‌پپتید (پروتئین) است ولی اگر رنای حاصل رِنای ناقل (tRNA) یا رِنای رِناتَنی (rRNA) باشد، محصول نهایی همان رناهای نام برده است و محصول پلی‌پپتیدی نداریم.

دخالت نوکلئوتیدها در واکنش‌های سوخت‌وسازی

نوکلئوتیدها علاوه بر ❶ **شرکت در ساختار دِنا و رِنا** نقش‌های اساسی دیگری نیز در یاخته برعهده دارند.

برای مثال **نوکلئوتید آدنین‌دار ATP** (آدنوزین تری‌فسفات) ❷ **به‌عنوان منبع رایج انرژی در یاخته** است و یاخته در فعالیت‌های مختلف از آن استفاده می‌کند.

همچنین نوکلئوتیدها ❸ **در ساختار مولکول‌هایی وارد می‌شوند که در فرایندهای فتوسنتز و تنفس‌یاخته‌ای نقش ناقل الکترون را برعهده دارند.**

ترکیب : مولکول‌های NADH و NADPH و $FADH_2$ به عنوان ناقل‌های الکترونی در واکنش‌های **فتوسنتز و تنفس‌یاخته‌ای** شرکت دارند.

تست ۱۱ : به طور معمول، در یاخته‌های زنده هر RNA .....

۱) که با دخالت آنزیم در یاخته ساخته می‌شود؛ از روی هر دو رشته‌ی DNA ساخته شده است.

۲) که در پیکر خود انواعی از بازها را دارد؛ با دخالت پروتئین‌هایی در یاخته ساخته می‌شود.

۳) که تعداد اندکی باز تیمین متصل به قند ریبوز دارد؛ تک رشته‌ای می‌باشد.

۴) پیک حامل فعالیت مستقیم آنزیم بوده و آمینواسید را به ریبوزوم انتقال می‌دهد.

تست ۱۲ : چند مورد از موارد زیر متن زیر را به درستی تکمیل می‌کند؟

بعضی از نوکلئوتیدها می‌توانند .....

الف) انرژی را به صورت قابل دسترس در یاخته ذخیره کنند.

ب) توسط آنزیم‌هایی در ساختار درشت مولکول‌ها قرار گیرند.

ج) انتقال پیام از هسته به سیتوپلاسم دارای نقش باشند.

د) در ساختار ریبوزوم دارای فعالیت باشند.

ه) در ساختار مولکول‌های حامل الکترون دارای نقش باشند.

۱) ۵ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

تست ۱۳ : چند مورد درباره‌ی شکل رایج انرژی در یاخته درست است؟

۱) در ساختار خود دارای چندین گروه فسفات و باز آلی پریمیدینی می‌باشد.

۲) تعداد حلقه‌های آلی آن با تعداد پیوند پر انرژی برابر می‌باشد.

۳) محل اتصال فسفات و باز آلی به قند دو جای متفاوت می‌باشد.

۴) باز آلی ادنین برخلاف گروه فسفات به قند پنج کربنی اتصال یافته است.

تست ۱۱ : پاسخ گزینه ۲ تست ۱۲ : پاسخ گزینه ۱ تست ۱۳ : پاسخ گزینه ۳

گفتار ۲- همانندسازی دِنا

هنگام تقسیم یافته، با توجه به اینکه دِنا به‌عنوان مادهٔ وراثتی، حاوی اطلاعات یافته است، این اطلاعات، چگونه بدون کم‌وکاست به دو یافته حاصل از تقسیم می‌رسند؟

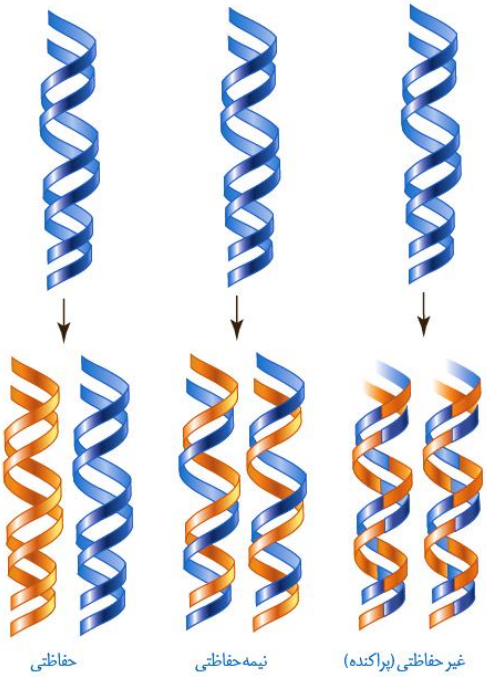
این کار با **همانندسازی دِنا** انجام می‌شود.

تعریف همانندسازی : **به ساخته‌شدن مولکول دِنای جدید از روی دِنای قدیمی همانندسازی گویند.**

با توجه به مدل واتسون و کریک و **وجود رابطهٔ مکملی بین بازها** تا حد زیادی **همانندسازی دِنا** قابل توضیح است ولی با این وجود طرح‌های مختلفی برای همانندسازی دِنا پیشنهاد شده بود

تذکر : دقت کنید مدل واتسون و کریک (مارپیچ دو رشته‌ای) در ارتباط با همانندسازی دِنا نکاتی را ارائه داده بود ولی اینکه نحوه یا به اصطلاح طرح انجام آن مشخص نبود.

چندین طرح توسط دانشمندان برای همانند سازی دنا پیشنهاد شده بود که به ترتیب زیر است :



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

نکته : در این روش هر دو رشته دنای اولیه به یک یاخته منتقل می‌شود و پس از چندین نسل، فقط یک یاخته دو رشته اولیه را در خود دارد.

❷ **همانندسازی نیمه‌حفاظتی:** 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.

نکته : در این روش هر یک از رشته دنای اولیه به یک یاخته منتقل می‌شود و پس از چندین نسل، فقط دو یاخته وجود دارد که هرکدام فقط یک رشته از دنای اولیه را در خود دارد.

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

نکته : در این روش پس از چندین نسل تقسیم یاخته و همانندسازی، در دنای هر یاخته ممکن است قطعاتی از یاخته اولیه موجود باشد.

کدام طرح مورد تأیید قرار گرفته است؟

مزلسون و **استال** 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، ❶ : *آن‌ها باید بتوانند رشته‌های دِنای نوساز را از رشته‌های قدیمی تشخیص دهند* (قدم اول).

به این منظور این دو دانشمند ❷ : با این هدف دِنا را با استفاده از **نوکلئوتیدهایی که ایزوتوپ سنگین نیتروژن (^{15}N)** دارند، **نشانه‌گذاری** کردند. **(قدم دوم)**

دلیل این کار این بود که :

دِناهایی که با ^{15}N ساخته می‌شوند نسبت به دِنای معمولی که در نوکلئوتیدهای خود ^{14}N دارد چگالی بیش‌تری دارند.

بنابراین، با ابزارهایی مثل *فراگریزانه (سانتریفیوژ سرعت بالا)* می‌توان آن‌ها را از هم جدا کرد.

❸ : آن‌ها ابتدا باکتری‌ها را در محیطی **حاوی نوکلئوتیدهای ^{15}N کشت دادند.** (قدم سوم)

^{15}N در ساختار **بازهای آلی نیتروژن‌دار** که در ساخت دِنای باکتری شرکت می‌کنند، وارد شدند.

توضیح : در محیط نوکلئوتیدهای حاوی ^{15}N جذب باکتری شده و باکتری برای همانندسازی دنای خود از این نوکلئوتیدها استفاده می‌کند و این نوکلئوتیدها در ساختار دناهای حاصل از همانندسازی یافت می‌شود.

❹ : پس از **چندین** مرحله **رشد و تکثیر** در این محیط، **باکتری‌هایی** تولید شدند که **دِنای سنگین‌تری** نسبت به **باکتری‌های اولیه** داشتند.

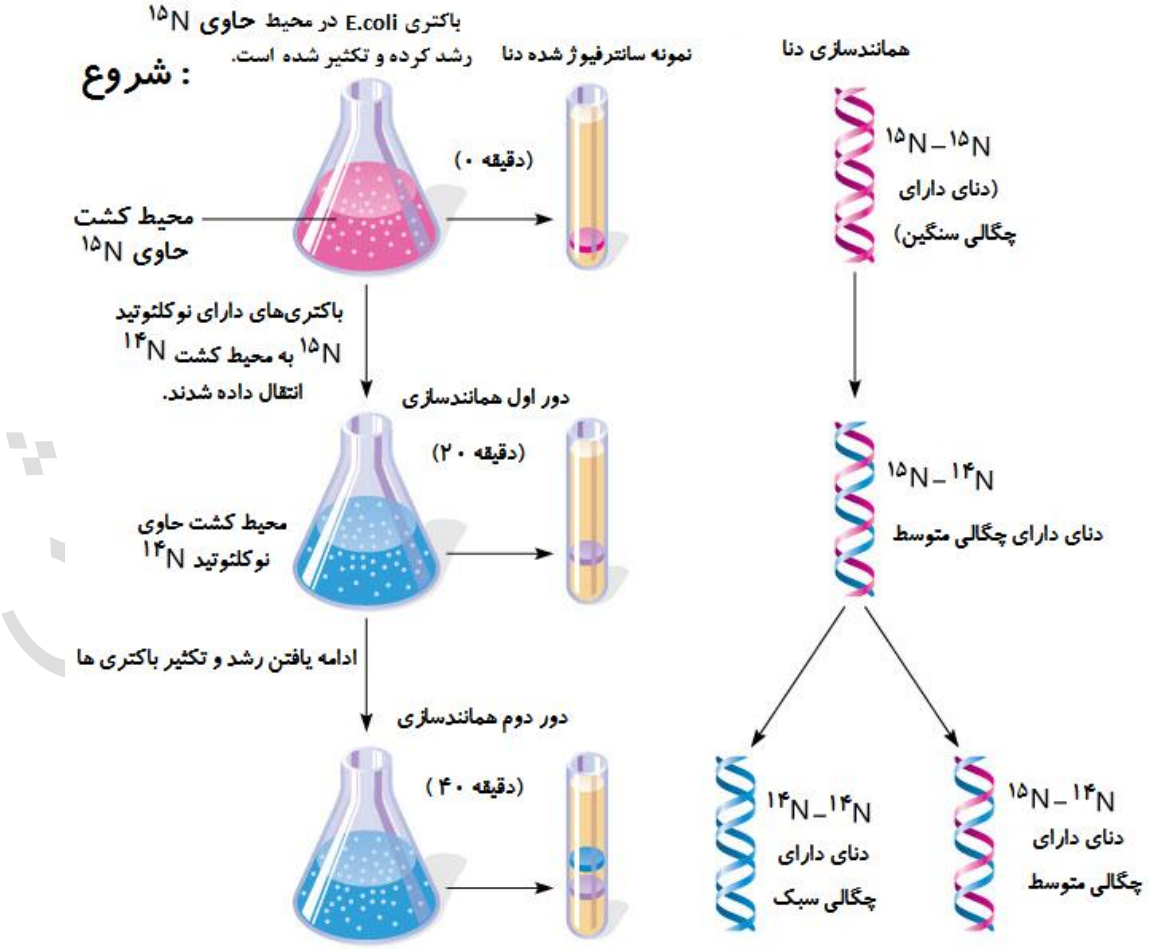
توضیح : دلیل این اتفاق از استفاده از همان نوکلئوتیدهای دارای ^{15}N است که در همانندسازی استفاده شدن و نسبت به ^{14}N سنگین‌تر هستند و هر دنا تعداد فراوانی نوکلئوتید دارد، این دناهای حاصل سنگین‌تر از دناهای معمولی با نوکلئوتیدهای ^{14}N است.

❺ : سپس این باکتری‌ها را به **محیط کشت حاوی نوکلئوتید ^{14}N** 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.**

نحوه عملکرد این دو دانشمند در بررسی دناها :

برای سنجش **چگالی دِناها** در هر فاصلهٔ زمانی (۲۰ دقیقه)، **دِنای** باکتری‌ها را **استخراج** و در محلولی از **سزیم‌کلرید** در **سرعتی بسیار بالا** گریز می‌دادند.

با توجه به اینکه در گریزانه **میزان حرکت مواد** در محلول براساس **چگالی** است و مواد **سنگین‌تر تندتر حرکت** می‌کنند، **توانستند** براساس **میزان حرکت**، نوع دِنای تشکیل شده در هر مرحله را تشخیص دهند.



نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های مزلسون و استال :

❶ در مرحله اول دِنای باکتری‌های اولیه پس از گریز دادن یک نوار در انتهای لوله تشکیل دادند **چون هر دو رشته** دِنای آن‌ها ^{15}N و **چگالی سنگینی** داشت.

نکته : حواستون باشه در مرحله اول محیط کشت حاوی نوکلئوتیدهای ^{15}N بود و باکتری‌ها دارای دنایی با **چگالی سنگین** بودند و در هنگام سانتریفیوژ نوار دنای آن‌ها در انتهای لوله تشکیل شد.

تذکر : با توجه به این نکته که مواد **سنگین‌تر تندتر حرکت** می‌کنند، دنای حاصل از این مرحله از بقیه دنای استخراج شده در مراحل بعدی، **تُندتر حرکت** می‌کنند

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

نکته : حواستون باشه در مرحله دوم محیط کشت حاوی نوکلئوتیدهای ^{14}N بود یعنی دور اول همانندسازی در محیط کشت **حاوی نوکلئوتیدهای** ^{14}N صورت گرفت.

تذکر : باکتری‌ها دارای دنایی با **چگالی متوسط** بودند چون دنای آن‌ها ترکیبی از یک رشته دارای نوکلئوتیدهای ^{14}N و یک رشته دارای نوکلئوتیدهای ^{15}N بود، بنابراین در هنگام سانتریفیوژ نوار دنای آن‌ها در **میانه** (نه بالا نه انتها) لوله تشکیل شد.

❸ در مرحله سوم **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 ن**یمی از** آن‌ها چگالی **متوسط** و **نیمی چگالی سبک** داشتند.

نکته : حواستون باشه در مرحله سوم همانند مرحله قبل محیط کشت حاوی نوکلئوتیدهای ^{14}N بود یعنی دور دوم همانندسازی نیز در محیط کشت **حاوی نوکلئوتیدهای** ^{14}N صورت گرفت.

تذکر : باکتری‌هایی دارای دنایی با **چگالی متوسط** بودند چون دنای آن‌ها ترکیبی از یک رشته دارای نوکلئوتیدهای ^{14}N و یک رشته دارای نوکلئوتیدهای ^{15}N بود، ولی گروهی کاملا دارای دنایی با نوکلئوتیدهای ^{14}N بودند و این یعنی دنایی با کمترین چگالی (سبک‌ترین) که به همین خاطر در **بالای لوله** تشکیل می‌شود.

توجه : تنها در این مرحله دو رشته دنا در لوله پس از سانتریفیوژ تشکیل می‌شود.

تذکر : با توجه به این نکته که مواد **سنگین‌تر تندتر حرکت** می‌کنند، دنای دارای چگالی سبک حاصل از این مرحله از بقیه دنای استخراج شده در مراحل قبل، **کُندتر حرکت** می‌کنند.

جمع بندی چند نکته در ارتباط با آزمایش مزلسون و استال :

نکته : ابتدا باکتری‌هایی را که دارای نوکلئوتیدهای ^{14}N بودند را در محیط دارای نوکلئوتیدهای ^{15}N کشت دادند.

نکته : همه‌ی باکتری‌هایی که در محیط کشت با نوکلئوتید ^{14}N قرار داده شدند؛ دارای DNA سنگین‌تر از حالت طبیعی بودند. **(چگالی زیاد)**

نکته : ایجاد دو لایه دنا از سانتریفیوژ دناهای استخراج شده از مرحله‌ی آخر تایید کننده‌ی همانندسازی نیمه حفاظتی می‌باشد.

نکته : ایجاد یک لایه دنا از سانتریفیوژ دناهای استخراج شده پس از مرحله اول همانندسازی، رد کننده همانندسازی حفاظتی می‌باشد.

نکته مهم : در صورت گریز دادن دناهایی که در ۲۰ دقیقه دوم ایجاد شده‌اند؛ دو لایه نوار با چگالی متفاوت در **بخش‌های متفاوتی** از لوله ایجاد می‌شود.

نکته خیلی مهم : نتایج این آزمایش نشان داد که همانندسازی دِنا، **نیمه‌حفاظتی** است. ولی **نحوه و چگونگی انجام این کار** را مشخص نکرد.

اینکه چطوری فهمیدند که همانندسازی دِنا، **نیمه‌حفاظتی** است را اینجور بررسی می‌کنیم :

❶ : اگر همانندسازی دِنا، **حفاظتی** بود در آزمایش انجام شده در مرحله دوم و پس از دور اول همانندسازی باید دو رشته یکی با چگالی سنگین در بالای لوله و یکی با چگالی سنگین در انتهای لوله تشکیل می‌شد.

نکته مهم : در صورت این آزمایش اگر الگو حفاظتی باشد، هیچگاه دنایی با **چگالی متوسط** تولید نمی‌شود.

❷ : اگر همانندسازی دِنا، **غیرحفاظتی** بود در آزمایش انجام شده در مرحله دوم و پس از دور اول همانندسازی باید یک رشته با چگالی متوسط در وسط یا میانه لوله تشکیل می‌شد چون دناهای حاصل، دارای قطعاتی از هر رشته جدید و قدیمی بودند. در مرحله بعدی بازهم پس از دور دوم همانندسازی یک رشته با چگالی متوسط در وسط یا میانه لوله تشکیل می‌شود.

نکته مهم : در صورت این آزمایش اگر الگو غیرحفاظتی باشد، هیچگاه دنایی با **چگالی سبک** تولید نمی‌شود.

در ادامه حسابی به اینکه همانندسازی چطوری میرسیم و توضیح می‌دیدم ولی قبلش چندتا تست بزنید جیگرتون حال بیاد ببینید یادگرفتید یا نه ☺

تست ۱۴ : کدام مورد متن زیر را به نادرستی تکمیل می‌کند؟

در صورت وقوع همانندسازی حفاظتی در باکتری که فقط یک دِنا دارد؛ ..... .

۱) پس از همانندسازی شدن تمام بخش‌های دنا هر کدام از رشته‌ها قطعاتی از دو رشته‌ی مادری را در خود دارند.

۲) پس از استفاده از رشته‌های دنا اولیه تمام رشته‌های جدید به شکل یک مولکول دِنا وارد یکی از یاخته‌ها می‌شود.

۳) هنگامی که همانندسازی اتمام یافت؛ تمام رشته‌های مادری وارد یکی از یاخته‌های جدید می‌شود.

۴) پس از پایان یافتن اولین تقسیم دوتایی یاخته‌های حاصل دارای دِنای مشابه یکدیگر هستند.

تست ۱۵ : در صورت وقوع همانند سازی حفاظتی (نیمه حفظ شده) در باکتری که فقط یک مولکول دِنا دارد؛ پس از دو نسل ..... .

۱) در هر باکتری فقط دنای متشکل از بخش‌های غیر مادری یافت می‌شود.

۲) هر دِنایی که دارای بخش مادری است؛ قطعا بخش‌های جدید دارد.

۳) بیش از نیمی از یاخته‌ها فقط رشته‌های غیر مادری دارند.

۴) فقط یکی از باکتری‌ها دارای رشته‌های اولیه دنا می‌باشد.

تست ۱۶ : در آزمایش انجام شده توسط مزلسون و استال، در دوره‌ی ..... همانندسازی در محیط کشت دارای نوکلئوتید ^{14}N، .....

۱) اول - همه‌ی رشته‌های جدید وزن سنگین‌تری نسبت به رشته‌ی اولیه دارند.

۲) اول - همه‌ی دِناهای تازه ساخته شده وزن برابری دارند.

۳) دوم - همه‌ی دِناهای تازه ساخته شده وزن مولکولی بیشتری نسبت به دنای اولیه دارند.

۴) دوم - همه‌ی دناهای تازه ساخته شده یک رشته با نیتروژن سنگین دارند.

تست ۱۷ : در طی آزمایش انجام شده توسط مزلسون و استال ..... حاصل از دوره‌ی دوم ..... دوره‌ی اول ..... .

۱) نیمی از رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی- برخلاف- دارای نیتروژن با ایزوتوپ سنگین هستند.

۲) همه‌ی دِناهای - مانند- فقط دارای یک رشته با نیتروژن‌های ایزوتوپ سبک هستند.

۳) تعداد رشته‌های دارای ^{15}N در باکتری‌های- برخلاف- دو عدد در محیط کشت می‌باشد.

۴) تعداد رشته‌های دارای ^{14}N در باکتری‌های- برخلاف- سه برابر رشته‌های اولیه می‌باشد.

تست ۱۸ : چند مورد زیر در ارتباط با آزمایش‌های انجام شده توسط مزلسون و استال در دوره‌ی دوم همانندسازی در محیط کشت دارای نوکلئوتید ^{14}N صادق است؟

الف) همه‌ی دناهای تازه ساخته شده چگالی کمتری نسبت به دوره‌ی اول دارند.

ب) نیمی از دناهای تازه ساخته شده چگالی کمتری نسبت به دوره‌ی اول دارند.

ج) گروهی از دناهای تازه ساخته شده چگالی برابری نسبت به دوره‌ی اول دارند.

د) گروهی از دناها دارای قطعاتی از دِنا اولیه هستند.

هـ) یکی از باکتری‌های تازه ایجاد شده دارای دِنای با دو رشته‌ی اولیه هستند.

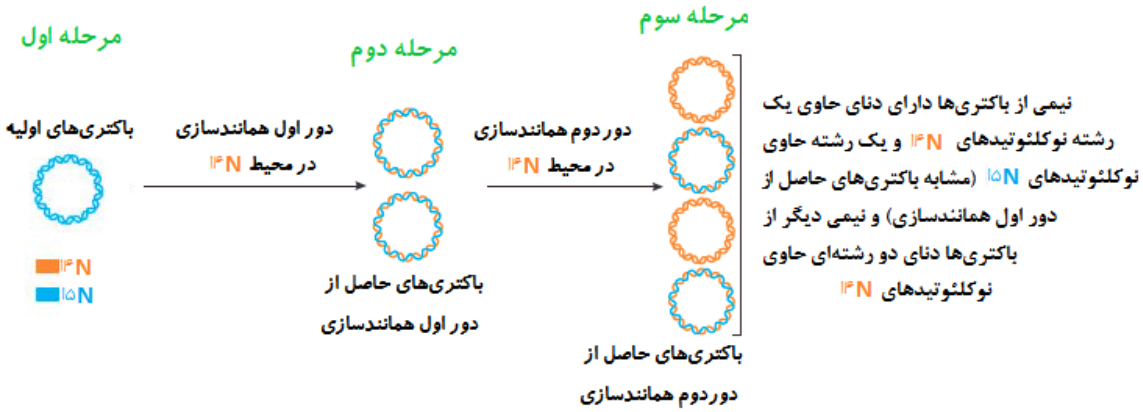
۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ : تست ۱۴ : گزینه ۱ تست ۱۵ : گزینه ۲ تست ۱۶ : گزینه ۲ تست ۱۷ : گزینه ۴ تست ۱۸ : گزینه ۲ (ب و ج)

خلاصه آزمایش‌های مزلسون و استال :

	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله سوم
نوع محیط کشت باکتری‌ها	حاوی نوکلئوتیدهای ^{15}N	حاوی نوکلئوتیدهای ^{14}N	حاوی نوکلئوتیدهای ^{14}N
نوع و ساختار دنای باکتری‌ها اولیه در شروع مرحله	دنای باکتری اولیه حاوی نوکلئوتیدهای ^{14}N	باکتری‌هایی دارای دنای حاوی نوکلئوتیدهای ^{15}N (دنای سنگین)	باکتری‌هایی دارای دنای حاوی یک رشته نوکلئوتیدهای ^{15}N و یک رشته حاوی نوکلئوتیدهای ^{14}N (حاصل از دور اول همانندسازی)
نوع و ساختار دنای باکتری‌ها حاصل از این مرحله	باکتری‌هایی دارای دنای حاوی نوکلئوتیدهای ^{15}N (دنای سنگین)	باکتری‌هایی دارای دنای حاوی یک رشته نوکلئوتیدهای ^{15}N و یک رشته حاوی نوکلئوتیدهای ^{14}N (حاصل از دور اول همانندسازی)	نیمی از باکتری‌ها دارای دنای حاوی یک رشته نوکلئوتیدهای ^{15}N و یک رشته حاوی نوکلئوتیدهای ^{14}N (مشابه باکتری‌های حاصل از دور اول همانندسازی) و نیمی دیگر از باکتری‌ها دنای دو رشته‌ای حاوی نوکلئوتیدهای ^{14}N (مشابه باکتری‌های اولیه)
مدت زمان این مرحله	بیشتر از ۲۰ دقیقه	۲۰ دقیقه	۲۰ دقیقه
نتیجه فراگریزانه (سانترفیوژ با سرعت بالا)	یک نوار در **انتهای** لوله (دنای با چگالی سنگین)	یک نوار در **میانه** لوله (دنای با چگالی متوسط)	یک نوار در **میانه** لوله و یک نوار در **بالای** لوله (دنای با چگالی سبک)

توضیحات



سؤال: *دو رشته دِنا چگونه از یکدیگر باز می‌شوند؟*

آیا هر دو رشته کاملاً از یکدیگر جدا می‌شوند و سپس همانندسازی انجام می‌شود یا جداشدن دو رشته تدریجی و همراه با آن همانندسازی انجام می‌شود؟

تحقیقات نشان داده است که **در محلی که قرار است همانندسازی انجام شود** (محل آغاز همانندسازی) دو رشته از هم **باز می‌شوند**. بقیه قسمت‌ها بسته هستند و **به‌تدریج باز می‌شوند**.

عوامل و مراحل همانندسازی :

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

- **مولکول دِنا به عنوان الگو (هر دو رشته به عنوان رشته الگو عمل می‌کنند و یک نسخه مکمل از روی آن ساخته می‌شود)**

واحدهای سازندهٔ دِنا که بتوانند در کنار هم **نسخه مکمل الگو** را بسازند.

این واحدها **نوکلئوتیدهای آزاد داخل** یاخته و **سه‌فسفاته** هستند که در لحظهٔ اتصال به رشته پلی‌نوکلئوتید در حال ساخت، *دو فسفات خود را از دست می‌دهند*.

نکته: پس نوکلئوتیدها **به صورت تک‌فسفاته** در ساختار دنا شرکت می‌کنند.

تذکر: همانندسازی با **افزایش فسفات** درون هسته (داخل یاخته) همراه است.

یادآوری : ساختار نوکلئوتیدها رو در گفتار قبلی گفتیم ولی حواستون باشه قند همه نوکلئوتیدهای آزادی که مصرف می‌شود باید **دئوکسی ریبوز** باشد و **باز آلی یوراسیل (U) در ساختار دنا شرکت ندارد.**

آنزیم‌های لازم برای همانندسازی که ضمن بازکردن دو رشته نوکلئوتیدها (توسط آنزیم *هلیکاز*) را به صورت مکمل **روبه‌روی هم** (توسط آنزیم *رنابسپاراز*) قرار می‌دهد و با **پیوند فسفودی‌استر** به هم وصل می‌کند.

توضیح : اگر خودمونی بگیم، ساختن دنا رو به ساختن یه ساختمون تشبیه کنیم، مولکول‌های دنا مثل نقشه ساخت ساختمون، نوکلئوتیدهای آزاد مشابه مصالح هستند و آنزیم‌ها همون کارگرها و بناهایی هستند که ساختمون رو می‌سازن.!

مراحل همانندسازی :

قبل از همانندسازی دِنا باید **پیچ‌وتاب** دِنا **باز** و پروتئین‌های همراه آن یعنی **هیستون‌ها** از آن **جدا شوند** تا همانندسازی بتواند انجام شود.

ترکیب : در چرخه یاخته‌ای یاخته‌های یوکاریوتی، در مرحله S از اینترفاز (میان‌چهر) دنای یاخته دوبرابر می‌شود. در مرحله S زمانی که یاخته در حال تقسیم نیست، فشردگی دنای هسته، کمتر و به صورت *توده‌ای از رشته‌های درهم* است که به آن، **فامینه (کروماتین)** می‌گویند. **هر رشتهٔ** کروماتین از واحدهای تکراری به نام **هسته‌تَن (نوکلئوزوم)** تشکیل می‌شود، به منظور همانندسازی هیستون‌ها جدا می‌شوند و فشردگی دنا به کمترین مقدار خود می‌رسد.

یادآوری و ترکیب : بیشترین فشردگی ماده ژنتیک (دنا) در هنگام تقسیم میتوز (رشتمان) و در مرحله متافاز و آنافاز آن مشاهده می‌شود.

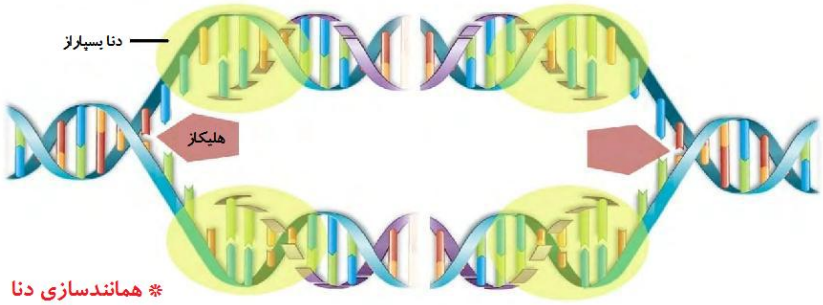
پس از آنکه دنا از حالت نوکلئوزوم خارج شد و به کمترین مقدار فشردگی رسید، **دو رشته الگو** هم باید توسط آنزیم **هلیکاز** از هم **باز شوند.**

توجه کنید که **اولین فعالیت** این آنزیم این است که **مارپیچ دِنا را باز می‌کند.**

در ادامه فعالیت خود دو رشته دِنا را **در محلی** از هم فاصله می‌دهد و پیوند هیدروژنی بین دو بازآلی مجاور (A با T و C با G را می‌شکند)

توجه : شکستن شدن پیوند هیدروژنی توسط این آنزیم **بدون تولید یا مصرف شدن انرژی یا آب** صورت می‌گیرد.

نکته : باز شدن دو رشته دنا در بخشی از آن به عنوان جایگاه آغاز همانندسازی صورت می‌گیرد.



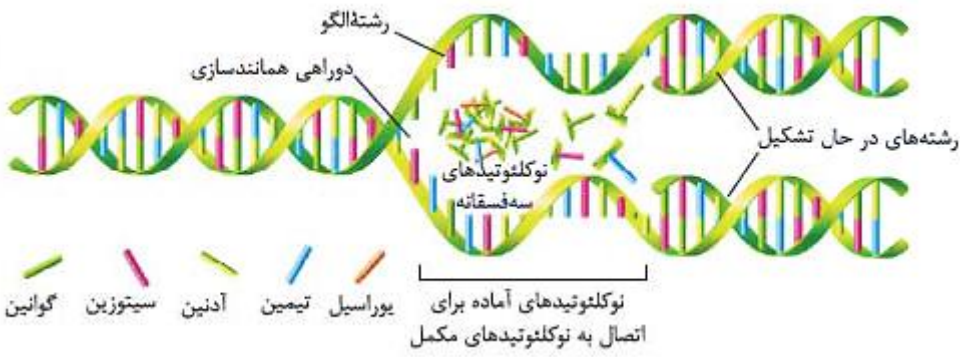
* همانندسازی دنا

نکته : با توجه به شکل کتاب درسی به دنبال باز شدن دِنای باکتری در جایگاه آغاز همانندسازی، **دو آنزیم** هلیکاز که **هریک در یک دوراهی همانندسازی قرار دارند** و در **جهت مخالف** هم حرکت می‌کنند و **به تدریج** کل دو رشته را باز می‌کنند و در **نقطه مقابل** جایگاه آغاز همانندسازی به یکدیگر می‌رسند.

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 (DNA پلی‌مِراز)** است.

دوراهی همانندسازی: در محلی که دو رشتهٔ دِنا از هم **جدا** می‌شوند، دو ساختار **Yمانندی** به‌وجود می‌آید که به **هریک** از آن‌ها **دوراهی همانندسازی** می‌گویند.

در فاصلهٔ بین این دو ساختار (دوراهی‌های همانندسازی یا ساختار Y شکل)، پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته توسط آنزیم هلیکاز از هم گسیخته و دو رشته از یکدیگر باز شده‌اند.



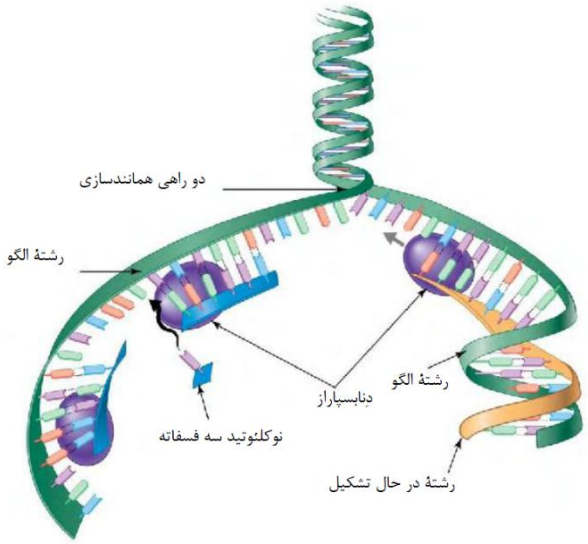
در محل دوراهی‌های همانندسازی یا ساختار Y شکل **پیوندهای فسفودی‌استر جدیدی درحال تشکیل** هستند.

یادآوری : آنزیم‌های دِنابسپاراز هنگام اضافه شدن هر نوکلئوتید سه‌فسفاته به انتهای رشته پلی‌نوکلئوتید **دو تا از فسفات‌های آن** از مولکول جدا می‌شوند و نوکلئوتید به‌صورت تک‌فسفاته به رشته متصل می‌شود.

توجه مهم : اضافه شدن یک نوکلئوتید به نوع بازی **بستگی دارد** که در نوکلئوتید **رشته الگو** قرار دارد.

تذکر : **هر** نوکلئوتید **باید** با نوکلئوتید روی رشته الگو **مکمل** باشد. (قانون جفت شدن بازهای مکمل --- A با T و C با G)

چند نکته مهم که باید راجب دوراهی همانندسازی بدونید :



❶ : دارای ساختار Y شکل است که در آن دو آنزیم دنا بسپاراز و یک آنزیم هلیکاز مشاهده می‌شود.

❷ : در یک جهت پیش می‌رود تا به دوراهی همانندسازی بعدی برسد.

نکته : اگر دنا مربوط به باکتری باشد با رسید دو دوراهی به یکدیگر همانندسازی پایان می‌یابد.

❸ : در حد فاصل دو ساختار Y مانند در دنا؛ پیوند هیدروژنی شکسته شده و دو رشته از یکدیگر باز می‌شوند.

❹ : همزمان با دور شدن دو ساختار Y مانند در دنا؛ گروهی از نوکلئوتیدهای آزاد به انتهای دو رشته جدید اضافه می‌شوند.

فعالیت‌های آنزیم دِنابسپاراز :

همانندسازی دِنا با **دقت زیادی** انجام می‌شود. این دقت تا حدود زیادی مربوط به رابطهٔ مکملی بین نوکلئوتیدها است.

نکته : آنزیم دِنابسپاراز نوکلئوتیدها را براساس **رابطهٔ مکملی** مقابل هم قرار می‌دهد ولی گاهی در این مورد **اشتباهی** هم صورت می‌گیرد.

تذکر : در صورتی که اشباهی در هنگام همانندسازی صورت بگیرد و تصحیح نشود، جهش در دنا (DNA) رخ می‌دهد.

مثلاً اگر در مقابل A به جای T، C قرار گیرد، برای جلوگیری از این اشتباه آنزیم دِنابسپاراز **پس از برقراری هر پیوند فسفودی‌استر**، برمی‌گردد و رابطهٔ مکملی نوکلئوتید را **بررسی** می‌کند.

اگر اشتباه باشد : آن را **برداشته** و نوکلئوتید درست را به جای آن قرار می‌دهد.

نحوه کار آنزیم : 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*.

آنزیم دِنابسپاراز : ۱) هم فعالیت **بسپارازی** (پلیمرازی) دارد که در آن پیوند فسفودی‌استر را تشکیل می‌دهد

۲) هم فعالیت **نوکلئازی** که در آن پیوند فسفودی‌استر را برای رفع اشتباه می‌شکند.

تعریف ویرایش : فعالیت نوکلئازی دنابسپاراز را که باعث **رفع اشتباه‌ها** در همانندسازی می‌شود، **ویرایش** می‌گویند.

چند نکته برای اینکه مطلب براتون کامل جا بیفته :

☜ پس از برقراری هر پیوند فسفودی استر (نه اتمام ساخته شدن رشته‌ی مکمل الگو) **آنزیم دِنابسپاراز** به عقب برگشته و طی ویرایش می‌تواند سبب شکستن پیوند فسفودی‌استر شود.

☜ در طی فعالیت نوکلئازی **آنزیم دِنابسپاراز** بین نوکلئوتید آزاد و بخش انتهایی رشته‌ی در حال ساخت پیوند اشتراکی تخریب (نه تشکیل) می‌شود.

☜ در طی فعالیت پلیمرازی **آنزیم دِنابسپاراز** پیوند فسفودی‌استر بین نوکلئوتید اشتباه و رشته‌ی در حال ساخت تشکیل (نه شکسته) می‌شود.

☜ در حین ویرایش DNA، با فعالیت نوعی (نه انواعی) از آنزیم شرکت کننده در همانندسازی دنا، حین شکستن پیوند فسفودی‌استر یک مولکول آب مصرف می‌شود.

همانندسازی در پیش‌هسته‌ای‌ها (پروکاریوت‌ها) و هوهسته‌ای‌ها (یوکاریوت‌ها) :

در **پیش‌هسته‌ای‌ها** (پروکاریوت‌ها) که شامل **همهٔ باکتری‌ها** می‌شوند، مولکول‌های وراثتی آن‌ها (دنا) در غشا محصور نشده (فاقد هسته) و **فام‌تن (کروموزوم) اصلی** به‌صورت یک مولکول **دِنای حلقوی** است که در **سیتوپلاسم** قرار دارد و **به غشای پلاسمایی یاخته متصل است.**

پیش‌هسته‌ای‌ها علاوه بر دِنای اصلی **ممکن است** مولکول‌هایی از **دِنای دیگر** به نام **دیسک (پلازمید)** در اختیار داشته باشند.

اطلاعات این مولکول‌ها می‌تواند **ویژگی‌های دیگری** را به باکتری بدهد مانند **افزایش مقاومت باکتری در برابر آنتی‌بیوتیک‌ها**.

نکته : هر دنایی که در **پیش‌هسته‌ای‌ها** یافت می‌شود حلقوی بوده ولی لزوما به غشای پلاسمایی اتصال یافته نیافته است. (مثل دیسک یا پلازمید)

در **هوهسته‌ای‌ها** (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.

نکته مهم : پس ساختار نوکلئوزوم و پروتئین هیستون مخصوص یاخته‌های یوکاریوتی است.

فام‌تن‌ها و **بیشتر دِنا درون هسته** قرار دارد که به آن **دِنایِ هسته‌ای** گفته می‌شود.

در هوهسته‌ای‌ها علاوه بر هسته در **سیتوپلاسم** نیز **مقداری دِنا** وجود دارد که به آن **دِنای سیتوپلاسمی** گفته می‌شود.

این نوع از دِنا که **حالت حلقوی** دارد در **راکیزه (میتوکندری)** و **سبزدیسه (کلروپلاست)** دیده می‌شود.

نکته : دلیل این اتفاق به تکامل و اینکه خود راکیزه و سبزدیسه زمانی یک یاخته پروکاریوتی بوده‌اند برمی‌گردد.

توجه : حواستون باشه دنای حلقوی در هوهسته‌ای‌ها **فقط درون سیتوپلاسم و راکیزه و سبزدیسه** یافت می‌شود.

ترکیب : دنای حلقوی در یاخته‌های **جانوران** و **قارچ‌ها** و گروهی از آغازیان **فقط درون راکیزه (چون سبزدیسه ندارند)** قرار دارد.

ترکیب : دنای حلقوی در یاخته‌های **گیاهان فتوسنتزکننده** و گروهی از آغازیان **درون راکیزه و سبزدیسه** یافت می‌شود.

تذکر : تکثیر و رونویسی و فعالیت بر روی دنای حلقوی موجود در راکیزه و سبزیسه‌ها، کاملا مشابه باکتری‌ها است.

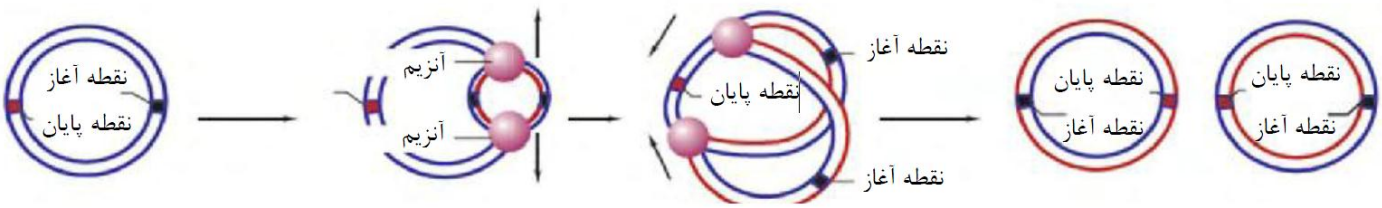
اغلب (نه همه) پیش‌هسته‌ای‌ها - باکتری‌ها - **فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی** در دِنای خود دارند.

این نقطه در **بخش خاصی از دِنا** قرار دارد، در این جایگاه دو رشته دِنا از هم باز می‌شوند. (محل آغاز فعالیت آنزیم‌های هلیکاز و دنابسپاراز)

نکته : همانندسازی **دوجهتی** در باکتری‌ها هم وجود دارد به این صورت که :

☜ از **یک نقطه** همانندسازی **شروع** و در **دو جهت ادامه** می‌یابد تا به **همدیگر رسیده** و همانندسازی **پایان** یابد.

توجه : نقطه آغاز و پایان همانندسازی تقریبا مقابل یکدیگر است و دو دوراهی همانندسازی در این نقطه بهم می‌رسند.



شکل همانندسازی دوجهتی دِنا در پیش‌هسته‌ای‌ها با یک نقطهٔ آغاز

همانندسازی در هوسته‌ای‌ها **بسیار پیچیده‌تر** از پیش‌هسته‌ای‌ها است.

علت : ❶ وجود مقدار زیاد دِنا

❷ قرار داشتن دنا در **چندین** فام‌تن که هر کدام از آن‌ها **چندین برابر** دِنای باکتری هستند.

اگر **فقط یک** جایگاه آغاز همانندسازی در هر فام‌تن داشته باشند **مدت زمان زیادی** برای همانندسازی لازم است.

به همین علت ⟵ در **هوسته‌ای‌ها، آغاز** همانندسازی در **چندین نقطه** در **هر فام‌تن** انجام می‌شود.

نکته : در **هوسته‌ای‌ها** هر فام‌تن بیش از یک جایگاه آغاز همانند سازی وجود داشته و سرعت تکثیر ماده‌ی ژنتیک **بیشتر از** باکتری‌ها می‌باشد.

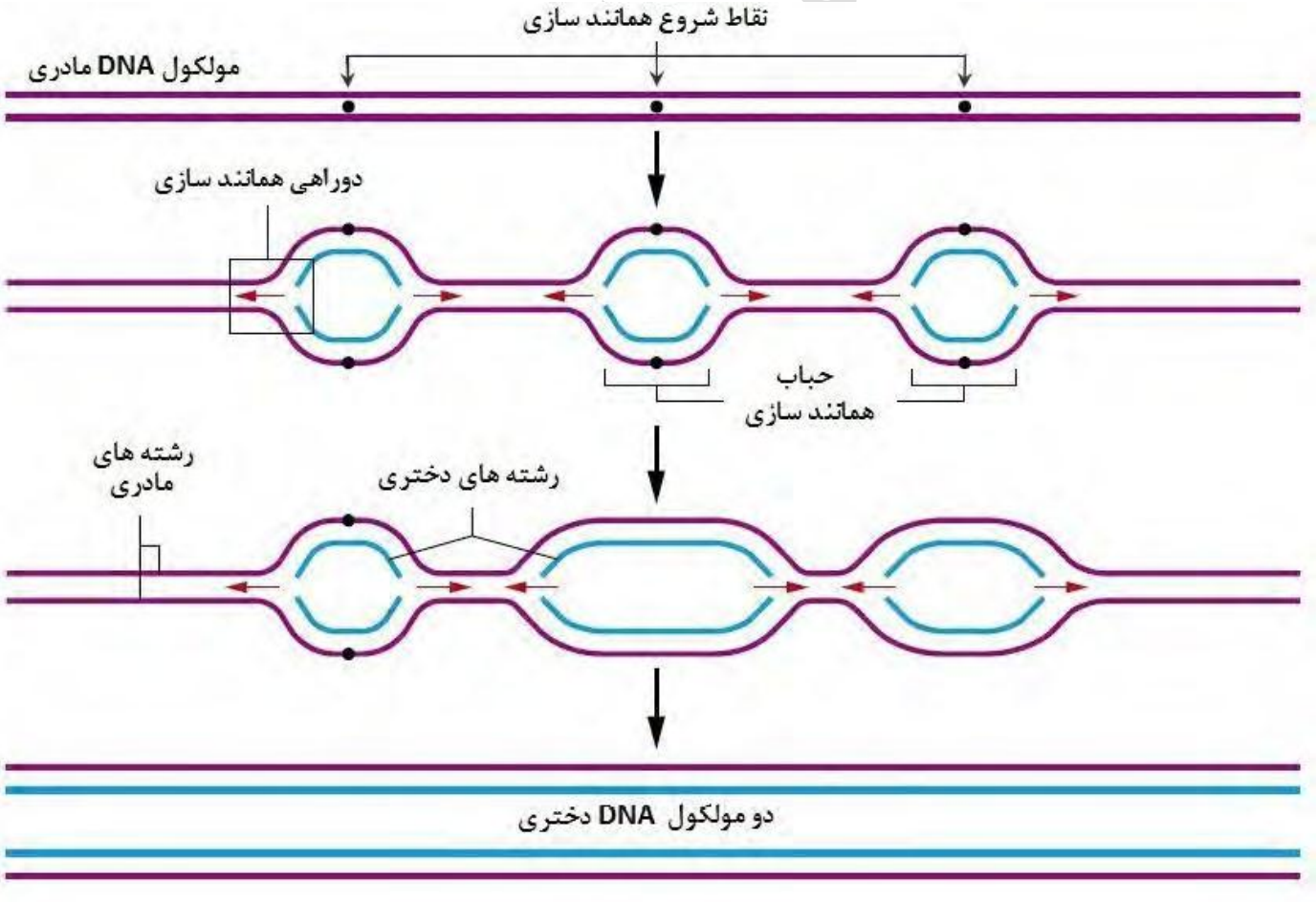
نکته مهم : تعداد نقطه‌های آغاز همانندسازی در هوسته‌ای‌ها حتی می‌تواند **بسته به مراحل رشدونمو** تنظیم شود.

توجه : در **ابتدای تقسیمات یاخته‌ای** تعداد جایگاه آغاز همانندسازی **کمتر** و هنگامی که **سرعت تقسیم یاخته زیاد** می‌شود تعداد جایگاه آغاز همانندسازی نیز **افزایش** می‌یابد. علت این است که در هنگام تقسیم یاخته‌ای نیاز به همانندسازی دنا وجود دارد.

نکته : پس از آن اگر *سرعت تقسیم* بخواهد **کاهش یابد** ⟵ *تعداد جایگاه آغاز* هم **کاهش** می‌یابد.

ترکیب : در دوران جنینی در مراحل **مورولا** و **بلاستولا** (بلاستوسیست) سرعت **تقسیم زیاد** ⟵ تعداد نقاط آغاز مورد استفاده هم زیاد است پس از تشکیل اندام‌ها سرعت تقسیم و تعداد نقاط آغاز **کاسته** می‌شوند.

ترکیب : در یاخته‌های سرطانی نیز سرعت **تقسیم زیاد** ⟵ تعداد نقاط آغاز مورد استفاده هم زیاد است.



شکل همانندسازی در هوسته‌ای‌ها

خلاصه همانندسازی و هرچیزی که لازمه بدونید :

ساختار لازم برای همانند سازی DNA:

◄ آنزیم **هلیکاز** ◄ آنزیم **DNA پلی‌مراز** ◄ **DNA الگو**

◄ مونومرها (نوکلئوتیدهای آزاد **سه فسفاته**): ATP، GTP، CTP، TTP

نکته: در طول همانند سازی DNA **ابتدا پیوند هیدروژنی** و **سپس پیوند فسفودی استر** تشکیل می‌شود.

ترکیب: کروموزوم قبل از همانندسازی **تک کروماتیدی**(دو رشته‌ی پلی نوکلئوتید) و بعد از همانند سازی **دو کروماتیدی** (۴ رشته‌ی پلی نوکلئوتید) است.

ترکیب: در یاخته‌های یوکاریوتی همانندسازی **DNA خطی در مرحله S** و همانند سازی **DNA حلقوی(کلروپلاست و میتوکندری) در مرحله G_2** می‌باشد.

مراحل همانندسازی:

۱. آنزیم **هلیکاز**(نه لیگاز) دو زنجیره‌ی DNA را با شکستن پیوند هیدروژنی بین بازهای مکمل از یکدیگر جدا می‌کند و **دوراهی همانندسازی** تشکیل می‌دهد.

ترکیب: **هلیکاز** پیوند **هیدروژنی** را **هیدرولیز** می‌کند ولی **لیگاز** پیوند **فسفودی‌استر** را **تشکیل** می‌دهد.

۲. آنزیم **DNA پلی‌مراز** در طول **هر رشته‌ی DNA** حرکت می‌کند، نوکلئوتیدها را در برابر نوکلئوتیدهای مکمل خود قرار می‌دهد و در نهایت از یک مولکول، مولکول شبیه به هم ساخته می‌شود. همانند سازی از روی هر دو رشته انجام می‌گیرد. **همانند سازی DNA از نوع نیمه حفظ شده است.**

۳. **DNAپلی‌مراز** ضمن همانندسازی، **ویرایش DNA** را انجام می‌دهد. یعنی اگر نوکلئوتید اشتباه وارد زنجیره شود، **پیوند فسفودی استر را می‌شکند** و نوکلئوتید صحیح را جای آن می‌گذارد. **DNA پلیمراز می‌تواند هم عمل پلی‌مرازی و هم عمل نوکلئازی داشته باشد.**

نکته: عمل آنزیم هلیکاز در همانندسازی بر عمل DNA پلیمراز تقدم دارد.

دوراهی همانندسازی: محلی که پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته‌ی DNAی مادری شکسته می‌شوند.

ترکیب: عمل **همانندسازی** در **یوکاریوت‌ها** در **مرحله‌ی S** بر روی **کروماتین**(که فشرده نیست)، از **چند نقطه** به **طور هم زمان** به صورت دو جهته توسط آنزیم DNA پلیمر از انجام می‌گیرد.

نکته: در **پروکاریوت‌ها** همانندسازی **اغلب** (**قید مهم!!!**) فقط از **یک نقطه آغاز** می‌شود، دو عدد حباب همانندسازی ایجاد می‌شود و دو جهته پیش می‌رود. **اگر دو جهته باشد، یعنی دو عدد دو راهی همانندسازی دارند و نقطه‌ی پایان همانندسازی مقابل نقطه آغاز همانندسازی است؛ چون DNA باکتری‌ها حلقوی است.**

ترکیب: در یاخته‌هایی که تقسیم بیشتری دارند فعالیت DNA پلیمر از بیشتر است. مثل **بن‌لادهای گیاهان**، **یاخته زیگوت** و **سنگفرشی چندلایه‌ی** انسان، ولی **در یاخته‌هایی که تقسیم ندارند (مثل نورون و اریتروسیت و اسکلرانشیم و کلاهک و آوند چوب)**، **این آنزیم فعال نیست.**

نکته: به ازای **هر نقطه آغاز همانندسازی** اگر دو جهته پیش برود، **دو** عدد **دوراهی همانندسازی** داریم **دو عدد هلیکاز** لازم داریم و **۴**عدد آنزیم **DNA پلیمراز** .

نکته: در یاخته‌های **پروکاریوتی** که **DNA حلقوی** دارند، **فقط یک نقطه‌ی آغاز همانندسازی** وجود دارد. اما در **DNAهای یوکاریوتی** که **خطی** هستند، **نقاط آغاز همانندسازی متعدد** است.

فعالیت آنزیم **DNA پلی‌مراز**:

۱) فعالیت پلی‌مرازی: منظور از فعالیت پلی‌مرازی، **اضافه کردن نوکلئوتیدها** به زنجیره‌ی در حال ساخت است. این آنزیم در حین فعالیت **پلی‌مرازی**، باعث **تشکیل پیوند فسفودی‌استر** می‌شود.

۲) فعالیت ویرایشی با توانای **نوکلئاز:** منظور از فعالیت ویرایشی، **حذف نوکلئوتید غلط**، از انتهای زنجیره‌ی در حال ساخت است. در حین این فعالیت، آنزیم DNA پلی‌مراز **پیوند فسفودی‌استر را می‌شکند.**

نکته: در **باکتری‌ها** محل رونویسی، همانندسازی و پروتئین سازی در **سیتوپلاسم** صورت می‌گیرد.

ترکیب: DNAحلقوی، پلازمید، اپراتور، آنزیم محدود کننده، پروتئین مهارکننده، mRNA چندژنی، وجود یک نوع RNAپلی‌مراز، وجود یک جایگاه آغاز همانندسازی و یک جایگاه پایان همانندسازی، دو دوراهی همانندسازی و ژن مقاومت به آنتی بیوتیک فقط در باکتری‌ها وجود دارد.

خب رسیدیم به آخر این گفتار برای اینکه ببینم از پسش برمیایید این چند تست رو بزنید و دیگه ایشالا بریم گفتار بعدی ☺

تست ۱۹ : چند مورد زیر متن زیر را به درستی تکمیل می‌کند ؟

« در همانندسازی مولکول دنا به روش نیمه حفاظتی، ..... »

- **یکی از دو رشته‌ی مولکول دنا، به عنوان الگو عمل می‌کند.**
- **آنزیم دنابسپاراز فقط توانایی ایجاد پیوند قند-فسفات را دارد.**
- **هر مولکول جدید، نیمی از هر رشته‌ی قدیمی را دریافت می‌کند.**
- **در دنای هر یاخته حاصل، فقط یک رشته از دنای قبلی حضور دارد.**

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

تست ۲۰ : در طی همانندسازی مولکول دنا در پیش هسته‌ای‌ها، .....

۱) در محلی که دو رشته دنا از هم جدا می‌شوند، یک ساختار Y شکل به وجود می‌آید.

۲) در محل دوراهی همانندسازی، نوکلئوتیدهای سه فسفاته با پیوند فسفودی استر رشته الگو متصل می‌شوند.

۳) با فاصله گرفتن دو دوراهی همانندسازی از یکدیگر، طول رشته‌های در حال ساخت افزایش می‌یابد.

۴) فعالیت بسپارازی آنزیم دِنا پلیمراز سبب می‌شود نوکلئوتیدها به صورت مکمل در کنارهم هم قرار بگیرند.

تست ۲۱ : به طور معمول، در همه جاندارانی که دارای دنای حلقوی هستند، .....

۱) آغاز همانندسازی در چندین نقطه در هر فام‌تن انجام می‌شود.

۲) همانندسازی به صورت دو جهتی در طول دنا مشاهده می‌شود.

۳) مولکول وراثتی اصلی به غشای پلاسمایی یاخته متصل است.

۴) با افزایش سرعت تقسیم یاخته، تعداد جایگاه آغاز همانندسازی می‌یابد.

تست ۲۲ : طی همانندسازی مولکول دنای پیش هسته‌ای‌ها در حد فاصل دو ساختار Y مانند .....

۱) پیوند هیدروژنی شکسته شده و دو رشته از یکدیگر باز می‌شوند.

۲) فقط پیوند هیدروژنی شکسته شده و دو رشته از یکدیگر باز می‌شود.

۳) تعداد فراوانی هیستون سبب افزایش فشردگی مولکول می‌شوند.

۴) نوعی آنزیم دارای فعالیت به منظور همانند سازی مولکول است.

پاسخ تست‌ها : *تست ۱۹ : گزینه ۱ (فقط مورد ۴ درسته) تست ۲۰ : گزینه ۲ تست ۲۱ : گزینه ۲ تست ۲۲ : گزینه ۱*