فهرست

فصل اول: مادهٔ ژنتیک ۷

- در جستجوی مادهٔ ژنتیک ۸
- آزمایش گریفیت ۹
- ساختار شیمیایی نوکلئیک‌اسیدها ۱۰
- کشف ساختار DNA ۱۳
- همانندسازی DNA ۱۴
- تست‌های آموزشی فصل اول: ماده ژنتیک ۲۰

فصل دوم: کروموزوم‌ها و میتوز ۲۹

- تولیدمثل ۳۰
- تولیدمثل در سلول‌های یوکاریوتی ۳۱
- کروموزوم تک کروماتیدی (ساده) ۳۳
- کروموزوم دو کروماتیدی (مضاعف) ۳۳
- تتراد (همولوگ) ۳۳
- کروموزوم‌ها و تعیین جنسیت ۳۵
- تغییر در ساختار کروموزوم‌ها ۳۷
- چرخه سلول ۳۷
- تنظیم چرخه سلول ۳۸
- میتوز و سیتوکینز ۳۹
- مراحل میتوز ۴۱
- تست‌های آموزشی فصل دوم، کروموزوم‌ها و میتوز ۴۴

فصل سوم: تولیدمثل جنسی و میوز ۵۱

- تولیدمثل جنسی ۵۲
- چرخه‌های زندگی در یوکاریوت‌ها ۵۳
- بکرزایی ۵۴
- تقسیم میوز ۵۵
- تشکیل گامت در جانوران نر و ماده ۶۰
- تغییر در تعداد کروموزوم‌ها ۶۳
- تست‌های شکلی میتوز و میوز ۶۴
- محاسبه تعداد انواع گامت ۶۷
- خودلقاحی دو جفت صفت هتروزیگوت ۷۳
- فنوتیپ و ژنوتیپ نوترکیب ۷۴
- سؤالات تیپ تنوع گامتی و ژنوتیپی ۷۵
- تست‌های آموزشی فصل سوم ژنتیک ـ میوز و تولیدمثل‌جنسی ۷۹

فهرست

فصل چهارم: ژنتیک و خاستگاه آن ۸۹
ژنتیک و خاستگاه آن ۹۰
پژوهش‌های مندل ۹۰
نظریه مندل ۹۲
فرضیه‌های مندل ۹۲
یافت‌های مندل به زبان امروزی ۹۲
قوانین مندل ۹۳
احتمال و وراثت ۹۷
چگونه ژنوتیپ را تعیین می‌کنیم؟ ۹۷
استفاده از دودمانه برای بررسی وراثت صفات ۹۹
تست‌های تشخیص نوع الگوهای وراثت ۱۰۲
انواع صفات اتوزومی یا وابسته به جنس ۱۰۸
بیماری‌های وراثتی انسان ۱۱۸
نکات مربوط به ژنتیک پرندگان، پروانه‌ها و ملخ‌ها ۱۲۳
سؤالات تستی تمرینی ژنتیک پایه ۱۲۵
پاسخ سؤالات تستی تمرینی ژنتیک پایه ۱۳۷
سؤالات ژنتیک کنکور چند سال اخیر ۱۵۴
سؤالات ژنتیک کنکور ۹۵ ..... ۱۵۹
تست‌های فصل چهارم ـ سؤالات آزمون‌های آزمایشی ۱۶۱
پاسخ تست‌های فصل چهارم ـ سؤالات آزمون‌های آزمایشی ۱۷۲
سؤالات فصل چهارم ژنتیک آزمون سراسری داخل و خارج کشور ۱۸۴
پاسخ سؤالات فصل چهارم ژنتیک آزمون سراسری داخل و خارج کشور ۱۹۵

فصل پنجم: ژنتیک جمعیت ۲۱۳
اصل و قانون هاردی ـ واینبرگ ۲۱۵
جهش ۲۱۸
شارش ژن ۲۱۹
آموزش غیرتصادفی ۲۲۰
درون‌آمیزی ۲۲۰
آمیزش همسان‌پسندانه ۲۲۱
آمیزش ناهمسان‌پسندانه ۲۲۱
رانش ژن ۲۲۲
انتخاب طبیعی ۲۲۳
انتخاب پایدارکننده ۲۲۵
انتخاب گسلنده ۲۲۶
استمرار گوناگونی در جمعیت‌ها ۲۲۶
انتخاب وابسته به فراوانی ۲۲۹
گونه‌زایی ۲۳۰
سؤالات تستی تمرینی ژنتیک جمعیت ۲۳۶
پاسخ سؤالات تستی تمرینی ژنتیک جمعیت ۲۵۲
سؤالات تستی فصل پنجم ۲۷۲
پاسخ سؤالات تستی فصل پنجم ۲۸۴

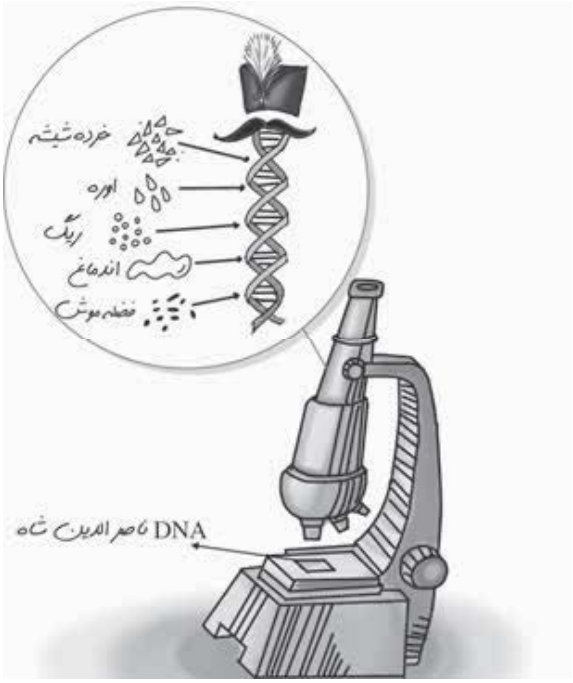
فصل اول: ماده ژنتیک

فهرست:

در جستجوی مادهٔ ژنتیک ۸
آزمایش گریفیت ۹
ساختار شیمیایی نوکلئیک‌اسیدها ۱۰
کشف ساختار DNA ۱۳
همانندسازی DNA ۱۴
تست‌های آموزشی فصل اول: ماده ژنتیک ۲۰

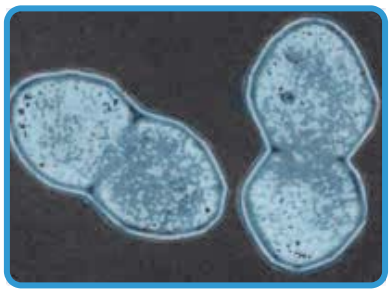
- عاملی که باعث انتقال صفات و ویژگی‌ها از نسلی به نسل دیگر می‌شود، مادهٔ ژنتیک نام دارد.
- در مادهٔ ژنتیک اطلاعات و دستورالعمل‌هایی نهفته است که بسیاری از ویژگی‌های جاندار به آن بستگی دارد.
- برای آن‌که مولکولی بتواند نقش مادهٔ ژنتیک را داشته باشد باید:

ویژگی‌های مادهٔ ژنتیک
- توانایی ذخیرهٔ اطلاعات وراثتی را داشته باشد.
- توانایی انتقال اطلاعات وراثتی را نیز داشته باشد.
- با دوام باشد و در طول زندگی شخص تغییر نکند.



در جستجوی مادهٔ ژنتیک

- در سال ۱۹۲۸، فردریک گریفیت که باکتری‌شناس بود، سعی داشت تا واکسنی علیه **باکتری مولد ذات الریه** بسازد.
- نام علمی باکتری مولد ذات‌الریه، **استرپتوکوکوس نومونیا** می‌باشد.
- گریفیت روی دو سویه از این باکتری کار می‌کرد که یکی از آنها **کپسولی پلی‌ساکاریدی** دارد که اطراف باکتری را احاطه کرده ولی دیگری بدون کپسول پلی‌ساکاریدی است.



باکتری مولد بیماری ذات‌الریه (×۱۷۲۵۰)

نکته شکل روبه‌رو:

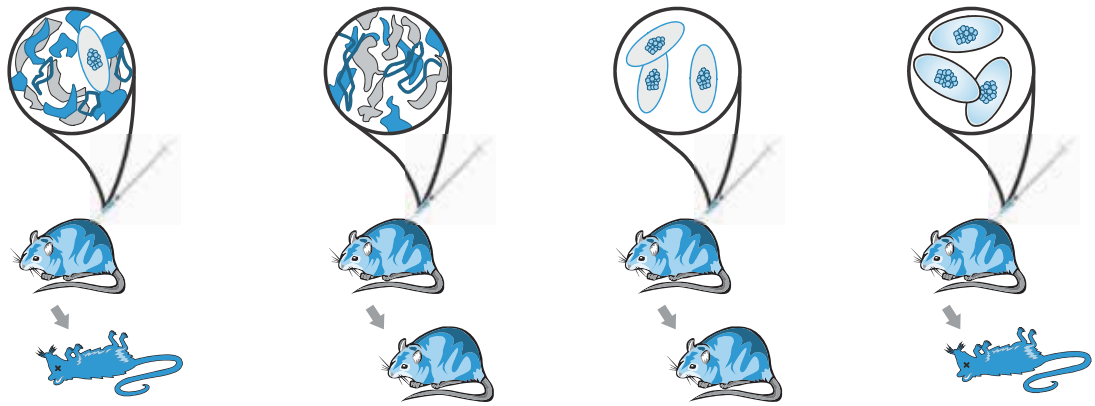
- اجزاء سازنده باکتری کپسول‌دار از خارج به داخل عبارتند از : کپسول ـ دیواره سلولی ـ غشاء پلاسمایی ـ سیتوپلاسم ـ کروموزوم حلقوی
- سویهٔ کپسول‌دار باعث ایجاد بیماری می‌شود ولی سویهٔ بدون کپسول بیماری‌زا نیست.
- **آزمایش‌های گریفیت به ترتیب زیر است:**

a او باکتری‌های کپسول‌دار را به موش‌ها تزریق کرد و دید که موش‌ها بیمار شدند ولی با تزریق باکتری‌های بدون کپسول موش‌ها بیمار نشدند.

b گریفیت برای این‌که بفهمد **آیا کپسول باعث بیماری می‌شود**، تعدادی باکتری کپسول‌دار را با گرما کشت و به موش‌های سالم تزریق کرد و دید که این بار موش‌ها بیمار نشدند. در نتیجه فهمید که خود کپسول، عامل بیماری نیست.

c او سپس **باکتری‌های بدون کپسول زنده و باکتری‌های کپسول‌دار کشته شده** را با هم مخلوط و به موش‌ها تزریق کرد و مشاهده کرد که **همهٔ موش‌ها بیمار شده و مردند.**

d او با کمال تعجب مشاهده کرد که در خون این موش‌ها، بعضی از **باکتری‌های بدون کپسول، کپسول‌دار شده‌اند.**



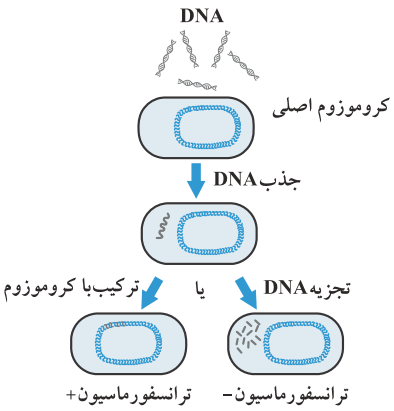
- باکتری‌های کپسول‌دار موش را می‌کشد
- باکتری‌های بدون کپسول موش را نمی‌کشد
- باکتری‌های کپسول داری‌که با گرما کشته شده‌اند موش را نمی‌کشند
- باکتری‌های کپسول داری‌که با گرما کشته شده‌اند همراه با باکتری زنده بدون کپسول موش را می‌کشد

نکات شکل قبل:

تفاوت‌های باکتری‌های بدون کپسول و کپسول‌دار:

در باکتری کپسول‌دار ژن مرتبط با تولید کپسول وجود دارد در حالی‌که باکتری بدون کپسول فاقد این ژن است. وقتی که ترانسفورماسیون اتفاق می‌افتد در واقع نوعی مهندسی ژنتیک اتفاق می‌افتد و باکتری زنده بدون‌کپسول از محیط، قطعه‌ای از DNA باکتری کپسول‌دار کشته شده به‌وسیله حرارت (گرما) را می‌گیرد. و از این به بعد این باکتری هم خود توانایی تولید کپسول را دارد و این ویژگی را به نسل‌های بعد خود منتقل می‌کند.

- تغییر شکل دادن باکتری‌های بدون کپسول و کپسول‌دار شدن آنها، امروزه **ترانسفورماسیون** نامیده می‌شود.
- باکتری‌های بدون کپسول **با دریافت مواد ژنتیک از محیط خارج**، در خصوصیات ظاهری خود، تغییراتی به‌وجود آوردند.



فرایند ترانسفورماسیون

آزمایش گریفیت

آزمایش اول: باکتری کپسول‌دار باعث بیماری و مرگ موش می‌شود.

آزمایش دوم: باکتری بدون کپسول باعث بیماری نمی‌شود.

آزمایش سوم: باکتری کپسول‌دار کشته شده با گرما موجب بیماری نمی‌شود. پس خود کپسول به تنهایی عامل بیماری نیست.

آزمایش چهارم: باکتری کپسول‌دار کشته شده با گرما و باکتری بدون کپسول زنده را باهم به موش تزریق کرد. موش بیمار شده و می‌میرد. در خون موش باکتری کپسول‌دار زنده دید، یعنی باکتری‌های بدون کپسول، کپسول‌دار می‌شوند (ترانسفورماسیون).

- گریفیت عامل ترانسفورماسیون را نمی‌دانست، (عامل را نوعی پروتئین گمان می‌کردند) این عامل توسط ایوری شناسایی شد.

آزمایش ایوری

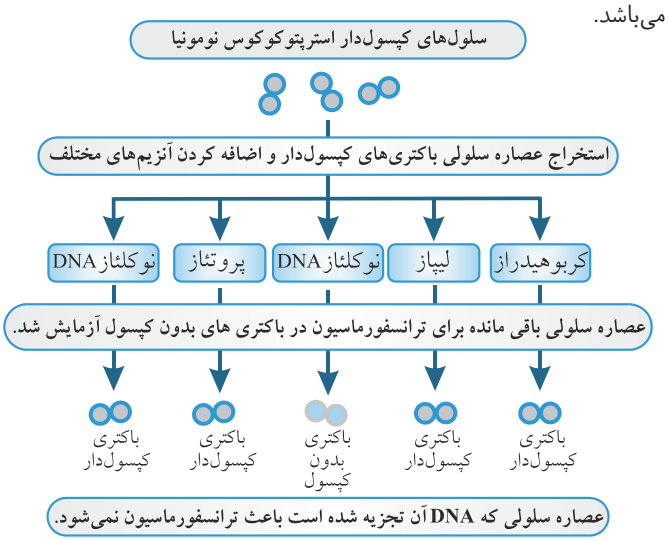
- آزمایش ایوری به شناسایی عامل ترانسفورماسیون انجامید و ماهیت مادهٔ ژنتیک را آشکار کرد.
- ایوری و همکارانش می‌دانستند که در سلول چهار نوع مادهٔ شیمیایی اصلی وجود دارد که عبارتند از: ۱ کربوهیدرات‌ها ۲ لیپیدها ۳ پروتئین‌ها ۴ نوکلئیک‌اسیدها. بنابراین عامل ترانسفورماسیون هر چه باشد، باید یکی از این چهار نوع باشد.
- در زمان ایوری، آنزیم‌های تخریب‌کنندهٔ این چهار نوع مادهٔ شیمیایی در دسترس بود.
- مراحل آزمایش به این صورت بود که:

a آنان ابتدا **عصارهٔ سلولی** باکتری‌های کپسول‌دار کشته شده را استخراج کردند.

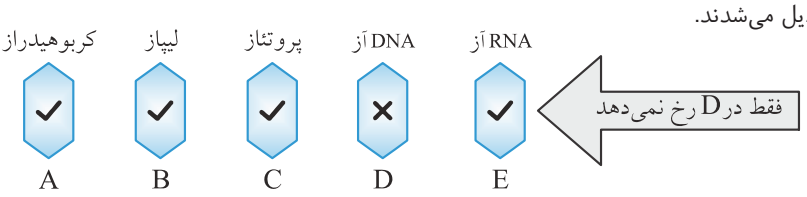
b آنان این عصارهٔ سلولی را چند قسمت کردند و به هر قسمت **آنزیم تخریب‌کنندهٔ** یکی از مواد شیمیایی اصلی را اضافه کردند.

c آنها کوشیدندکه با هر قسمت به صورت جداگانه، با وارد کردن باکتری‌های بدون کپسول زنده باعث ترانسفورماسیون بشوند.

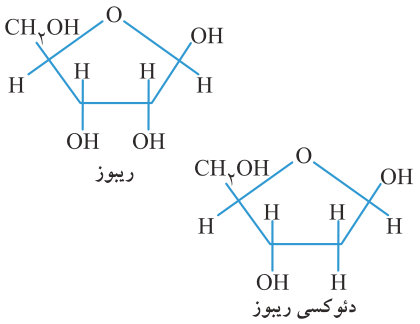
آنها مشاهده کردندکه فقط زمانی ترانسفورماسیون رخ می‌دهد که نوکلئیک‌اسید (DNA) تخریب نشده باشد. در نتیجه عامل ترانسفورماسیون DNA می‌باشد.



مشاهده: گروه ایوری مشاهده کردند که بعد از اضافه کردن باکتری‌های بدون کپسول به هر قسمت تنها در قسمتی که آنزیم‌های تخریب‌کنندهٔ نوکلئیک‌اسیدها اضافه شده بود ترانسفورماسیون رخ نمی‌دهد و در سایر قسمت‌ها هم‌چنان ترانسفورماسیون رخ می‌داد و باکتری‌های بدون کپسول زنده به باکتری‌های کپسول‌دار تبدیل می‌شدند.



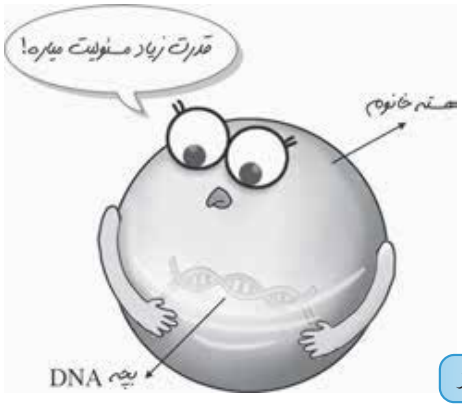
- تا پیش از ایوری دانشمندان به دو دلیل فکر می‌کردند که عامل ترانسفورماسیون **نوعی پروتئین** است:
  ۱) پروتئین‌ها **بسیار متنوع** هستند. ۲) پروتئین‌ها در سلول **کارهای مختلفی انجام می‌دهند.**
- ایوری دریافت که اگر پروتئین‌ها را با آنزیم تخریب‌کننده از بین ببریم، **باز هم ترانسفورماسیون انجام می‌شود.** پس پروتئین نمی‌تواند عامل ترانسفورماسیون باشد.
- ایوری برای تحکیم ادعای خود، DNA ی باکتری‌های کپسول‌دار را به صورت خالص تهیه کرد و آن را وارد محیط کشت باکتری‌های بدون کپسول کرد و مشاهده کرد که ترانسفورماسیون رخ می‌دهد. پس بدون تردید عامل ترانسفورماسیون، DNA می‌باشد.

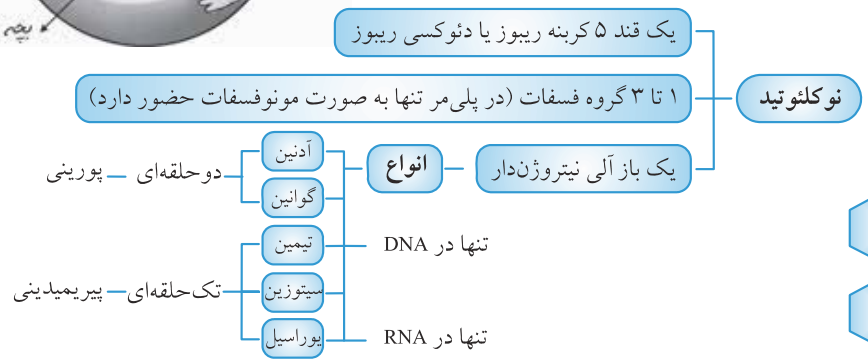


فرمول ساختاری ریبوز و دئوکسی‌ریبوز

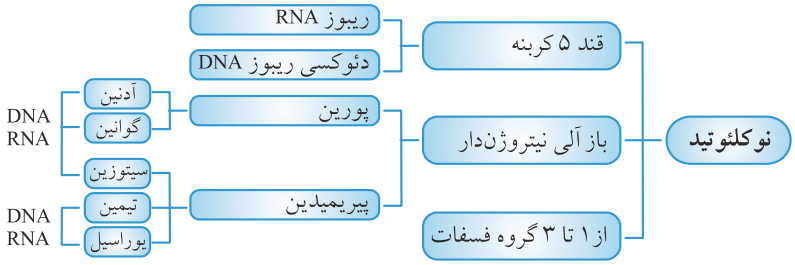
ساختار شیمیایی نوکلئیک اسیدها

- قبل از ایوری دانشمندان با ساختار شیمیایی نوکلئیک‌اسیدها آشنایی داشتند **اما از کار این مولکول‌ها اطلاعی نداشتند.**
- در سال ۱۸۷۰، فردریک میشر از هستهٔ سلول، ماده‌ای استخراج کرد که خاصیت اسیدی داشت و به همین خاطر آن را **نوکلئیک‌اسید** (اسیدهسته‌ای) نامید.



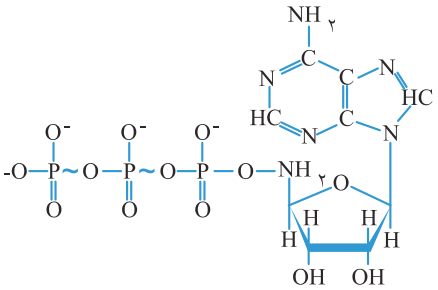


- نوکئیک‌اسیدهای سلول دو نوع هستند: ۱) **ریبو نوکلئیک‌اسید** ۲) **دئوکسی ریبونوکلئیک‌اسید.**
- ریبو نوکلئیک‌اسید که با اختصار RNA نامیده می‌شود در ساختار خود دارای **قند ریبوز** است. ولی در DNA (دئوکسی ریبونوکلئیک‌اسید) قند **دئوکسی‌ریبوز** به کار رفته است.
- نوکلئیک‌اسیدها همانند قندها نوعی **پلی‌مر** هستند. و واحدهای مونومری آنها **نوکلئوتید** نام دارد.
- هر نوکلئوتید خود از سه بخش تشکیل شده است:
  ۱) **یک قند ۵ کربنه** ۲) **یک تا سه گروه فسفات** ۳) **یک باز آلی نیتروژن‌دار** (دو حلقه‌ای = پورین و تک حلقه‌ای = پریمیدین)



- قند ۵ کربنه در DNA، **دئوکسی ریبوز** و در RNA، **ریبوز** است.
- بازهای آلی نیتروژن‌دار در DNA چهار نوع هستند:

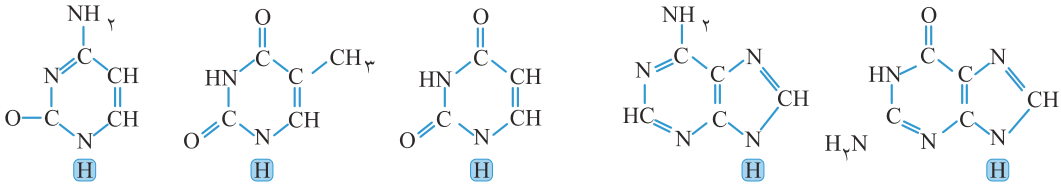
۱ آدنین (A) ۲ تیمین (T) ۳ سیتوزین (C) و ۴ گوانین (G)



- در RNA به جای باز آلی تیمین، باز آلی دیگری به نام یوراسیل (U) به کار رفته است.

- تفاوت‌های RNA با DNA در:

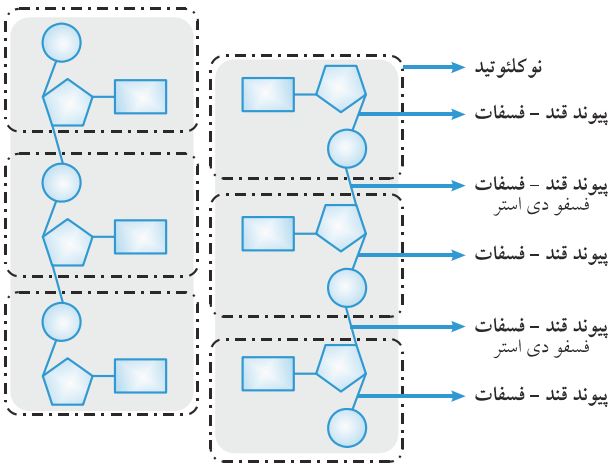
۱ نوع قند (ریبوز در RNA و دئوکسی‌ریبوز در DNA) ۲ تعداد رشته (RNA تک رشته‌ای و DNA دو رشته‌ای) ۳ باز آلی نیتروژن‌دار (در DNA تیمین و در RNA یوراسیل) ۴ محل قرار گرفتن (DNA در هسته و RNA هم در هسته و هم در سیتوپلاسم) است.



- از اتصال نوکلئوتیدها با یکدیگر، پلی‌مری خطی به‌وجود می‌آید که به آن یک **رشتهٔ پلی نوکلئوتیدی** گفته می‌شود.

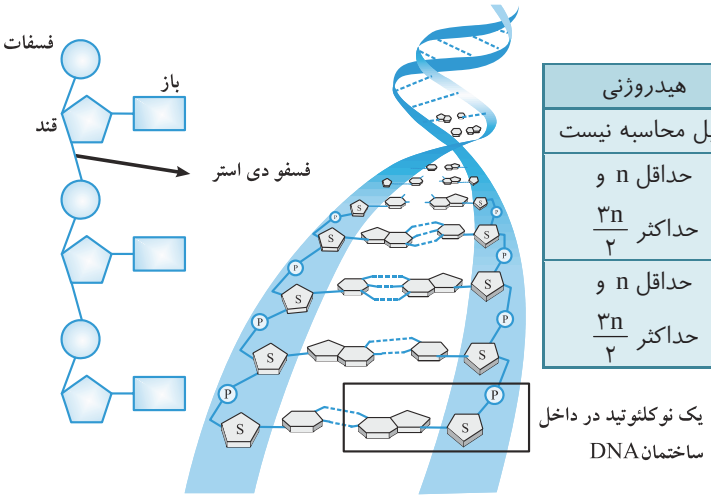
	قند	انواع نوکلئوتید	آنزیم سازنده	تعداد رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی	پایداری	نام فرایند سنتز
DNA	دئوکسی ریبوز	C, T, A, G	DNA پلی‌مراز	۲	بیشتر	همانندسازی
DNA	ریبوز	C, U, A, G	RNA پلی‌مراز	۱	کمتر	رونویسی

- اتصال نوکلئوتیدها با هم از طریق ایجاد پیوند کووالان بین قند از یک نوکلئوتید با گروه فسفات از نوکلئوتید دیگر، صورت می‌گیرد.
- **نوکلئوتیدها به حالت آزاد سه گروه فسفات دارند ولی هنگام برقراری پیوند دو گروه فسفات خود را از دست می‌دهند.**
- پیوند بین دو نوکلئوتید را پیوند **فسفودی‌استر** می‌نامند.
- اگر به دو انتهای رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی نگاه کنیم، خواهیم دید که دو انتها با هم متفاوت هستند به صورتی که در یک انتها فسفات داریم و در انتهای دیگر فسفات نداریم.
- چون دو انتهای رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی مثل هم نیست، می‌گویند که رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی دارای قطبیت است.



مولکول	فسفودی‌استر	قند ـ فسفات	قند ـ باز	هیدروژنی
RNA	$n-1$	$2n-1$	n	قابل محاسبه نیست
DNA خطی	$n-2$	$2n-2$	n	حداقل n و حداکثر $\frac{3n}{2}$
DNA حلقوی	n	$2n$	n	حداقل n و حداکثر $\frac{3n}{2}$

فرمول محاسبات تعداد پیوندها



شکل بالا (شکل RNA کتاب درسی) که قسمتی از یک رشته پلی‌نوکلئوتیدی را نشان می‌دهد:

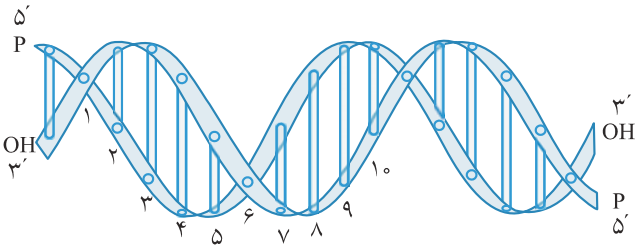
مشاهده می‌کنید به ازای ۳ نوکلئوتید ۲ پیوند فسفودی‌استر و ۳ قند فسفات (پیوند غیر فسفودی‌استر). پس تا اینجا برای یک رشته پلی‌نوکلئوتیدی (چون DNA دو رشته‌ای است) داریم:

در یک رشته DNA: به ازای n نوکلئوتید
- $n-1$ تعداد پیوند فسفودی‌استر
- n تعداد پیوندهای قند فسفات (پیوندهای غیرفسفودی‌استر)
- $2n-1$ تعداد کل پیوندها (تمام پیوندهای قند فسفات)

مهم: *اطلاعات بالا فعلاً برای DNAهای خطی است و با DNA حلقوی در باکتری‌ها کاری نداریم.*

تعداد کل پیوندهای قند فسفات را از جمع پیوندهای فسفودی‌استر و پیوندهای غیرفسفودی‌استر متصل‌کننده نوکلئوتیدها به فسفات به‌دست آوردیم:

$$(n)+(n-1)=2n-1$$



- منظور از پیوند فسفودی‌استر: استر نوعی ترکیب شیمیایی است که از تأثیر دو ماده با خصوصیات اسیدی و الکلی بر یکدیگر به‌وجود می‌آید و در اینجا قند ریبوز به دلیل وجود گروه هیدروکسیل OH خاصیت الکلی دارد و گروه فسفات هم یک بنیان اسیدی است.از تاثیر این دو برهم پیوند قند ـ فسفاتی به‌وجود می‌آید که در حقیقت یک نوع پیوند استری است. در واقع دو پیوند استری در فاصله دو قند ۵ کربنه شکل می‌گیرد که در بین آنها یک گروه فسفات قرار دارد و لذا به آن پیوند فسفودی‌استر می‌گویند.

- در یک انتهای یک رشته پلی‌نوکلئوتیدی گروه فسفات و در انتهای دیگر OH آزاد متصل به قند وجود دارد که به این حالت می‌گویند که **رشتهٔ پلی نوکلئوتیدی دارای قطبیت است.**

اگر یک مولکول دو رشته‌ای DNA حاوی n نوکلئوتید باشد روابط مقابل در آن برقرار می‌باشد:

۱) $C=G, A=T, A+T+C+G=n$

۲) $A+C=A+G=T+C=T+G=\frac{n}{2}$

۳) پیریمیدینی‌ها = پورینی‌ها = $\frac{n}{2}$ = تعداد جفت نوکلئوتیدها

۴) تعداد پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته $=A\times2+G\times3=T\times2+C\times3$

کشف ساختار DNA

مشاهدات چارگف:

a در آغاز دهۀ ۱۹۵۰، **مقدار بازهای DNA را** در جانداران مختلف اندازه‌گیری کرد.

b او مشاهده کرد که بین نسبت بازهای DNA رابطه خاصی وجود دارد به این صورت که **نسبت A به T و نسبت C به G برابر عدد ۱ است.**

c **یعنی اینکه مقدار A و T و همچنین مقدار C و G با هم برابر است.**

بنابه اصل چارگف روابط زیر در مولکول DNA دو رشته‌ای برقرار است:

$$A+C=T+G \qquad A+G=T+C$$

$$\frac{A+C}{T+G}=1 \qquad \frac{A+G}{T+C}=1$$

$$A\times C=T\times G \qquad A\times G=T\times C$$

$$\frac{A\times C}{T\times G}=1 \qquad \frac{A\times G}{T\times C}=1$$

داده‌های حاصل از پراش پرتو X:

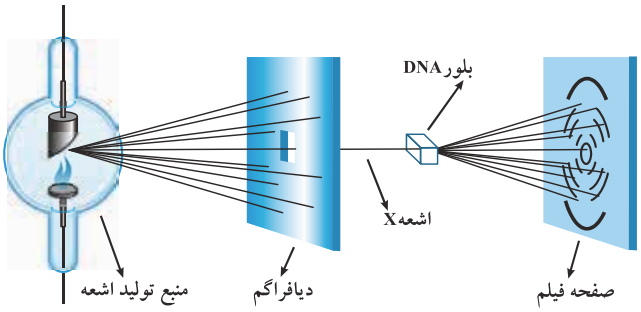
a در این روش، پرتو X مستقیماً به بلور جسمی که می‌خواهند به ساختار آن پی ببرند، تابانده می‌شود و پرتوها پس از برخورد به جسم پراکنده می‌شوند و روی صفحۀ حساس فیلم که در پشت بلور قرار دارد، ثبت می‌شود.

b پژوهشگران با **تجزیه و تحلیل الگوهای پیچیده‌ای که روی فیلم ثبت می‌شود**، می‌توانند ساختار مولکول را تعیین کنند.

c این کار برای بررسی ساختار DNA انجام شد.

موریس ویلکینز و روزالین فرانکلین :

این دو، با روش پراش اشعۀ X، تصاویری از بلور DNA تهیه کردند و با بررسی این تصاویر روشن کردند که **مولکول DNA به صورت مارپیچی است که دو یا سه زنجیره دارد.**



تصویری که با روش پراش اشعۀ x از مولکول DNA گرفته شده است.

مدل واتسون و کریک:

a این دو سرانجام در سال ۱۹۵۳ با کمک **یافته‌های چارگف و داده‌های حاصل از روش پراش پرتوهای X** توسط ویلکینز و فرانکلین و نیز **شناختی که خود از پیوندهای شیمیایی داشتند**، مدلی برای DNA پیشنهاد دادند.

b مدل امروزی DNA، همان مدل واتسون و کریک است.

c طبق مدل این دو، DNA :

۱ از دو رشتۀ پلی نوکلئوتیدی تشکیل شده است که حول یک محور فرضی، به دور یکدیگر پیچ خورده‌اند. (مدل مارپیچ دو رشته‌ای)

۲ مارپیچ دو رشته‌ای شبیه نردبانی است که حول یک محور فرضی پیچ خورده است.

واتسون و کریک در کنار مدل گوی و میلۀ DNA

۳ **نرده‌های** این نردبان را **گروه‌های قند - فسفات** تشکیل می‌دهند و **پله‌های** آن را **بازهای آلی** که به صورت جفت در مقابل هم هستند.

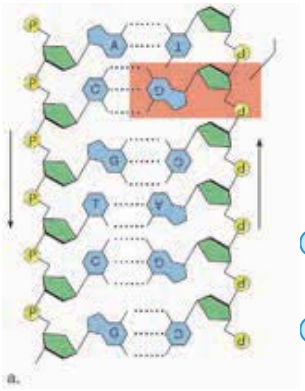
۴ بین بازهای آلی که در مقابل هم هستند، پیوند هیدروژنی وجود دارد که همین پیوندهای هیدروژنی بین بازها دو رشته را در کنار هم نگه می‌دارد.

۵ دو بازی که در دو رشته در مقابل هم هستند و با هم پیوند هیدروژنی دارند را **جفت باز** می‌نامند.

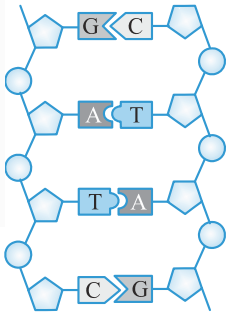
۶ جفت شدن بازها از قوانین خاصی پیروی می‌کند که **مربوط به ساختار بازها** است به صورتی که مکمل هم هستند.

۷ همیشه **آدنین از یک رشته در مقابل تیمین از رشتۀ دیگر و سیتوزین از یک رشته در مقابل گوانین از رشتۀ دیگر** قرار می‌گیرد.

نکته *شکل سمت چپ: الف- در یک مولکول DNA با شمارش تعداد قندهای ۵ کربنه می‌توان به تعداد نوکلئوتیدها پی برد (لازم نیست هر دو رشته را حساب کنیم کافی است یک رشته را حساب کنیم و در ۲ ضرب کنیم). ب- اگر تعداد نوکلئوتیدهای یک مولکول DNA را برابر با n مولکول بگیریم آنگاه تعداد پیوند فسفودی استر در کل DNA از رابطه ۲- n به دست می‌آید*



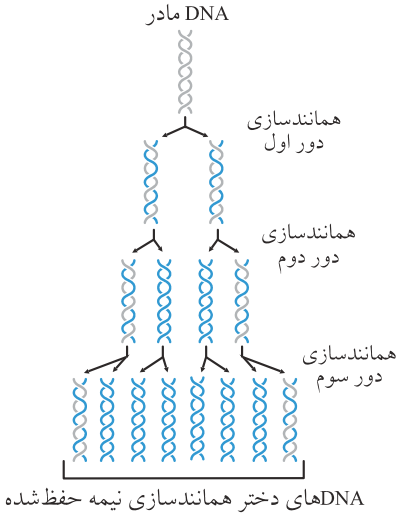
(الف) مدل مارپیچ دو رشته‌ای (دوگانه) DNA در این مدل در رشتهٔ DNA را پیوندهای هیدروژنی به یکدیگر متصل می‌کنند.



ب) بازهای مکمل در مارپیچ در رشته‌ای DNA

- جفت بودن بازها در DNA، **اصل چارگف** را توجیه می‌کند.
- بر اساس جفت بودن بازها می‌توان گفت که **هر رشته مکمل رشتهٔ مقابل است.**
- ترتیب بازهای یک رشته، ترتیب بازهای رشتهٔ مقابل را تعیین می‌کند.
- تحقیقات نشان داده است که **اطلاعات وراثتی را ترتیب و تعداد بازها، تشکیل می‌دهند.**
- **هیچ محدودیتی برای تعداد و ترتیب بازها دریک رشته وجود ندارد.** اما با مشخص شدن توالی بازهای یک رشته، رشتهٔ مقابل باید مکمل آن باشد.

همانند سازی DNA



DNAهای دختر همانندسازی نیمه حفظ‌شده

- واتسون و کریک بیان کردند که وجود **رابطهٔ مکملی بین بازها در DNA** می‌تواند در فرآیند همانندسازی آن نقش اساسی داشته باشد.
- در همانندسازی DNA، دو رشتهٔ آن به کمک **آنزیم هلیکاز**، مانند زیپ از یکدیگر جدا می‌شوند و سپس از روی هر رشته، رشتهٔ جدیدی ساخته می‌شود.
- در همانندسازی، با استفاده از نوکلئوتیدهای آزاد در سیتوپلاسم، **در مقابل A باز T و در مقابل C باز G** قرار می‌گیرد.
- چون هر DNA دختر، **یک رشتهٔ قدیمی و یک رشتهٔ جدید** دارد، می‌گویند که همانندسازی DNA **به طریقهٔ نیمه حفظ شده** است.
- در همانندسازی دو ملکول DNA تولید می‌شود که هر یک دارای **یک رشتهٔ DNA جدید و یک رشتهٔ DNA قدیمی** هستند.
- ردیف نوکلئوتیدها در هر یک از مولکول‌های DNAی حاصل، یکسان است.

تست

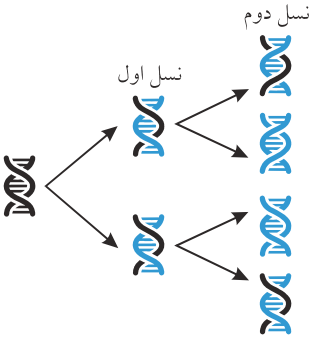
اگر یک مولکول DNA با نوکلئوتیدهای غیر رادیواکتیو، در یک محیط با نوکلئوتیدهای رادیواکتیوردار، برای دو نسل همانندسازی انجام دهد کدام مورد از موارد زیر نادرست خواهد بود؟ (کانون فرهنگی آموزش ۹۴)

۱) در نسل اول، ۵۰٪ رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی رادیواکتیو خواهند بود.

۲) در نسل دوم، ۷۵٪ رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی رادیواکتیو خواهند بود.

۳) در نسل اول، نیمی از رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی در ۱۰۰٪ مونومرها رادیواکتیواند.

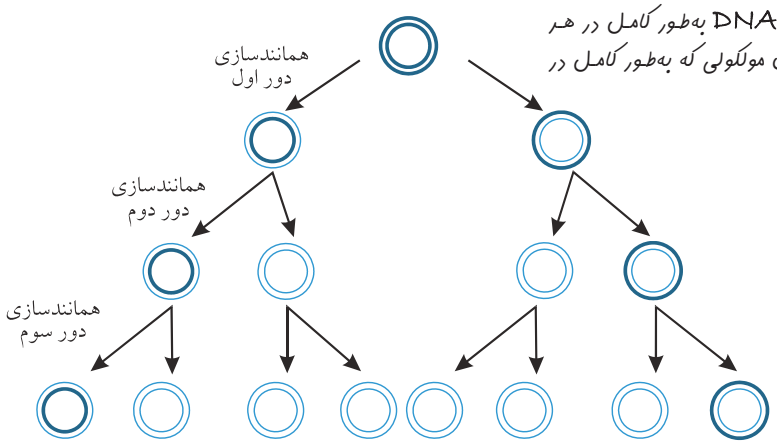
۴) در نسل دوم، نیمی از رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی در ۱۰۰٪ مونومرها رادیواکتیواند.



گزینهٔ ۴: به نمودار روبه‌رو توجه کنید و احتمالات را بررسی نمایید:

همانطور که می‌دانیم نوکلئوتیدهای مادری غیر رادیواکتیو هستند و وقتی در محیط دارای نوکلئوتیدهای رادیواکتیو همانندسازی می‌کنند دو رشتهٔ جدید در هر نسل رادیواکتیو می‌شود. یعنی در نسل اول هر مولکول DNA یک رشته رادیواکتیو دارد در نسل دوم هم تنها از مجموع ۸ رشته فقط دو رشته غیر رادیواکتیو که حاصل دو نسل قبل است وجود دارد و بقیه رادیواکتیو هستند. پس: گزینهٔ «۱»: در نسل اول نصف رشته‌ها رادیواکتیو هستند یعنی ۵۰٪. گزینهٔ «۲»: در نسل دوم ۶ رشته از ۸ رشته رادیواکتیو هستند یعنی $\frac{۶}{۸} = \frac{۳}{۴} = ۷۵٪$. گزینهٔ «۳»: در نسل اول نصف رشته‌ها جدید و رادیواکتیودارند یعنی ۱۰۰٪ در مونومرهایش رادیواکتیو است. گزینهٔ «۴»: در نسل دوم بیش از نصف یعنی ۷۵٪ رشته‌ها در ۱۰۰٪ مونومرهای رادیواکتیو هستند.

نکته *در تست بالا در نسل دوم دو مولکول DNA به‌طور کامل در هر دو رشته رادیواکتیو هستند و در نسل اول مولکولی که به‌طور کامل در هر دو رشته رادیواکتیو باشد نداریم.*



این شکل سه دور همانندسازی **DNA** ی رادیواکتیودار باکتری، در محیط غیر رادیواکتیو را نشان می‌دهد یعنی حالتی عکس سوال فوق.

خارج از کتاب *فرمول‌ها و جداولی مانند جداول و فرمول‌های زیر که گاهی در بعضی از کتابها مشاهده می کنید؛ هیچگاه برای کنکور سراسری منبع سوال نبوده‌اند اما گاهی در المپیادهای زیست شناسی چنین فرمولهایی به دردبفور خواهند بود. به هر حال این چنین مطالبی بیشتر خارج کتاب درسی بوده و اکثرا دانشگاهی هستند. پس صرفا جهت اطلاع بیشتر و افزایش دانش زیست شناسی شما در کتاب قرار داده شده اند و مورد سوال طراحان کنکور نخواهند بود؛ چنین رویکردی با عنوان خارج از گود در کتاب گنجانده شده اند*

به ازای n بار همانندسازی یک مولکول DNA

تقسیم سلولی	تعداد مولکول DNA	تعداد باکتری یا سلول دختری	تعداد تقسیم	تعداد حباب همانندسازی در باکتری	تعداد دوراهی همانندسازی در باکتری	تعداد چرخه سلولی در تقسیم میتوز	تعداد نقاط وارسی در تقسیم میتوز	تعداد نقاط اتصال کروموزوم باکتری به غشا	تعداد چین‌خوردگی غشا در تقسیم دوتایی باکتری
تقسیم دوتایی	۲^n	۲^n	$۲^n - ۱$	$۲^n - ۱$	$۲(۲^n - ۱)$	–	–	۲^n	$۲^n - ۱$
تقسیم میتوز	۲^n	۲^n	$۲^n - ۱$	–	–	$(۲^n - ۱)$	$۳(۲^n - ۱)$	–	–

به ازای یک سلول $۲n = m$ در تقسیم میوز (به شرط ناخالص بودن و استقلال ژنی)

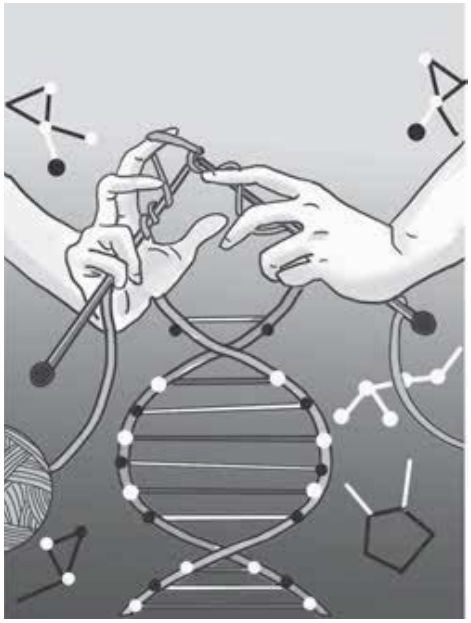
تعداد تتراد براساس تعداد کروموزوم	تعداد آرایش دوک متافازی	تعداد نوع گامت براساس تعداد کروموزوم
$\frac{m}{۲} = n$	$۲^{n-۱}$	۲^n

به ازای یک سلول $۲n = m$ در تقسیم میوز (به شرط ناخالص بودن و استقلال ژنی)

مرحله تقسیم	حداکثر نوع گامت	حداکثر تعداد گامت
پروفاز یک	$\frac{m}{۲^۲} = ۲^n$	۴
متافاز و آنافاز یک	۲	۴
تلوفاز یک و میوز دو	۱	۴

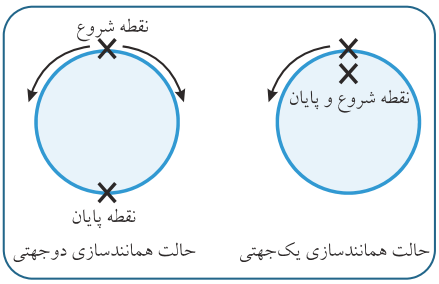
- همانندسازی DNA به کمک **آنزیم DNA پلی‌مراز** صورت می‌گیرد.
- آنزیم DNA پلی‌مراز در طول DNA حرکت می‌کند و نوکلئوتیدهای آزاد را در مقابل نوکلئوتید مکمل خود در رشته قرار می‌دهد.
- آنزیم DNA پلی‌مراز دارای توانایی **ویرایش** هم می‌باشد؛ یعنی در صورتی که نوکلئوتیدی اشتباهی به DNA اضافه شود (مکمل نباشد) آنزیم DNA پلی‌مراز برمی‌گردد و آن را جدا کرده و نوکلئوتید درست را به جای آن قرار می‌دهد.

همانندسازی



- **مراحل**
  - جداشدن دو رشته از یکدیگر توسط آنزیم هلیکاز (مانند زیپ)
    - **شکسته شدن پیوندهای هیدروژنی**
    - **تشکیل دو راهی برای همانندسازی**
  - ساخته شدن رشته جدید از روی هر رشته از طریق قرار گرفتن نوکلئوتیدهای مکمل آزاد در سیتوپلاسم در مقابل رشته های باز شده ← **تشکیل پیوندهای جدید هیدروژنی**
  - اتصال نوکلئوتید به یکدگر از طریق اتصال فسفات به قند
    - **ایجاد پیوند فسفو دی استر**
    - **(فعالیت پلی‌مر ازی DNA پلی‌مر از)**

- اگر DNA پلی‌مراز نتواند کار ویرایش را درست انجام دهد، به این اشتباه تصحیح نشده **جهش** می‌گویند.
- اگر جهش مربوط به سلول‌های جنسی باشد، می‌تواند به نسل بعد نیز منتقل شود.
- در همانندسازی، **دوراهی همانندسازی** ایجاد می‌شود، یعنی در یک نقطهٔ خاص دوراهی باز می‌شود و همانندسازی پیش می‌رود.
- در باکتری‌ها **دو**، **دو راهی همانندسازی** ایجاد می‌شود که همانندسازی در آن‌ها در دو جهت پیش می‌رود تا سرانجام **در نقطه‌ای مقابل نقطهٔ شروع** به هم‌دیگر برسند.

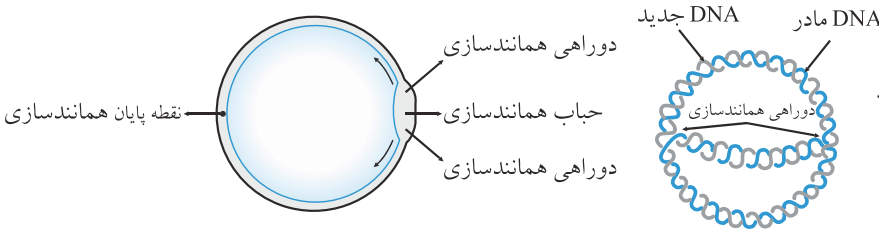


- در سلول‌های **یوکاریوتی**، **به خاطر طول بودن DNA**، **چندین** دوراهی **همانندسازی** ایجاد می‌شود تا کار همانندسازی سریع‌تر صورت گیرد.

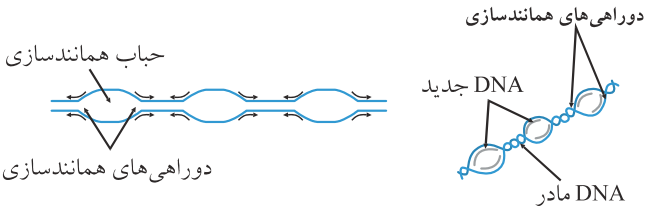
نقاط شروع همانندسازی

- **نقاط شروع همانندسازی**
  - در پروکاریوتی‌ها ← یک DNA حلقوی ← معمولا یک نقطه شروع همانندسازی
  - در یوکاریوتی‌ها ← در هر کروموزوم یک DNA خطی طویل ← چندین نقطه شروع همانندسازی

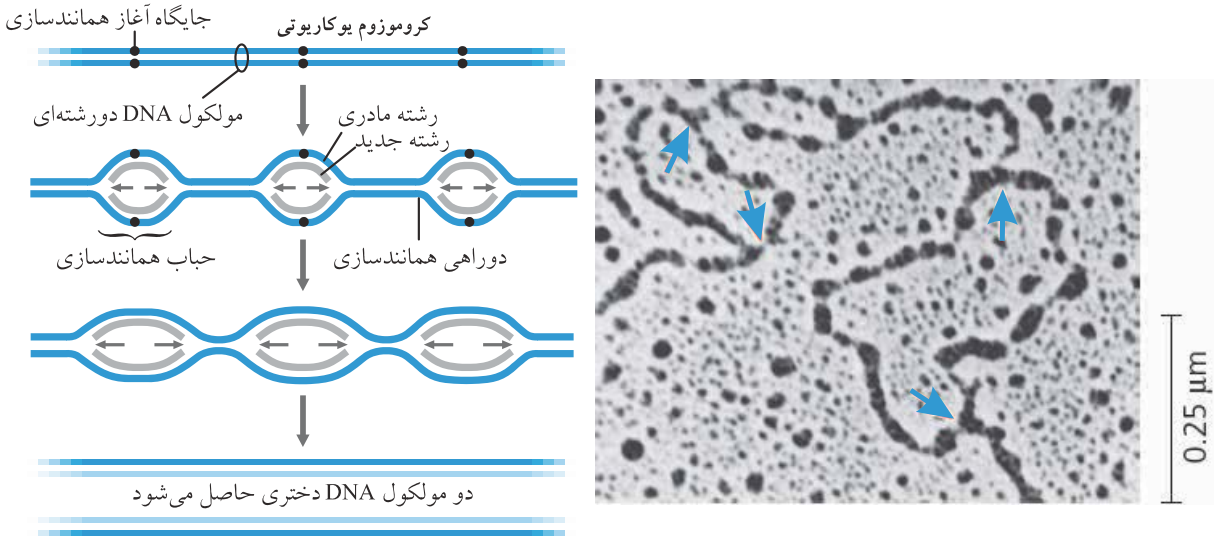
- اگر همانندسازی انسان مانند باکتری با دو دوراهی همانندسازی انجام می‌شد، **همانندسازی هر کروموزوم ۳۳ روز** طول می‌کشید در حالی‌که این کار به خاطر وجود تعداد زیاد دوراهی‌های همانندسازی **۸ ساعت** به طول می‌انجامد.



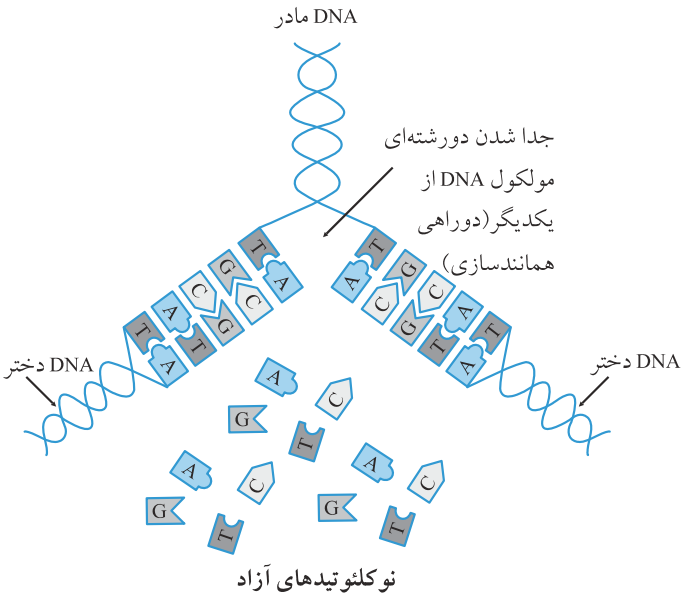
همانندسازی DNA پروکاریوتی



همانندسازی DNA یوکاریوتی

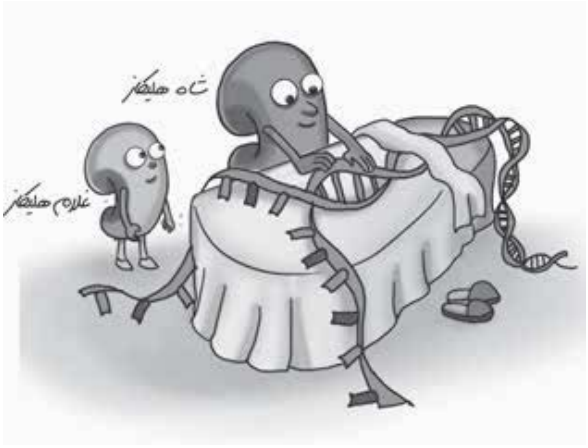


همانندسازی در یوکاریوت‌ها

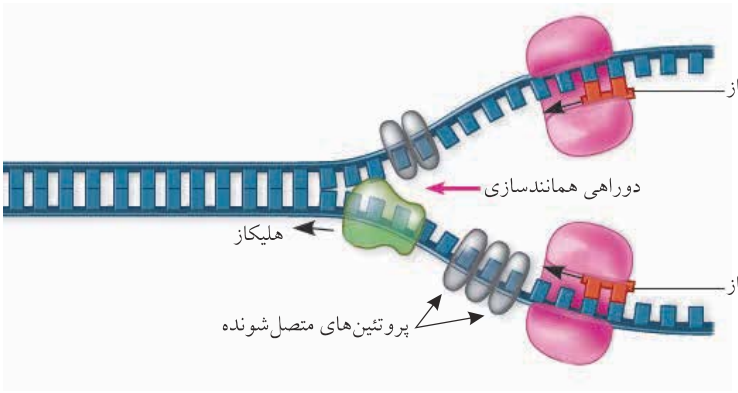


مراحل همانندسازی:

۱ آنزیم هلیکاز دو زنجیره DNA را با شکستن پیوند هیدروژنی از هم جدا می‌کند و دوراهی همانندسازی ایجاد می‌کند.



۲ آنزیم DNA پلی‌مراز در طول هررشته DNA حرکت کرده و نوکلئوتیدها را در برابر نوکلئوتیدهای مکمل خود قرار می‌دهد و در نهایت از یک مولکول، دو مولکول شبیه هم ساخته می‌شود. همانندسازی از روی هر دو رشته انجام و از نوع نیمه حفظ شده (semiconservative) است. آنزیم DNA پلی‌مراز ضمن همانندسازی، ویرایش DNA را هم انجام می‌دهد. (قطع هیدروژنی و فسفودی استر)

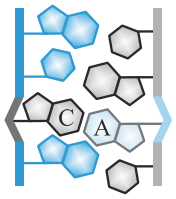


موادی که جنس آن‌ها ریبونوکلئوتیدی است:
۱ رونوشت اگزون ۲ رونوشت اینترون ۳ کدون‌ها ۴ آنتی‌کدون‌ها ۵ انواع RNA ۶ ماده وراثتی ویروس‌های هاری، آنفلوآنزا، TMV، HIV و... ۷ ویروئید

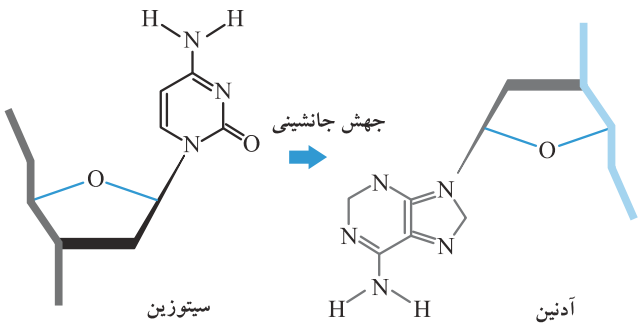
موادی که جنس آن‌ها دئوکسی ریبو نوکلئوتیدی است:
۱ DNA ۲ DNAی حلقوی ۳ اگزون ۴ اینترون ۵ جایگاه پایان رونویسی ۶ اپران ۷ اپراتور ۸ جایگاه آغاز رونویسی ۹ انتهای چسبنده ۱۰ راه‌انداز ۱۱ پلازمید ۱۲ ژن ۱۳ ماده وراثتی باکتریوفاژ، زگیل، آبله‌مرغان ۱۴ ژن خارجی.

فرایند ویرایش: آنزیم DNA پلی‌مراز علاوه بر همانند سازی DNA ؛ توانایی دیگری نیز دارد و آن ویرایش است. در صورتی که نوکلئوتید اشتباهی به DNA های دختر اضافه‌شود، یعنی مکمل نباشد، (خاصیت مکملی نکته اصلی فرایند ویرایش است) این آنزیم برمی‌گردد و نوکلئوتید غلط را جدا و آن را با نوکلئوتید صحیح تعویض می‌کند. اگر این اشتباهات تصحیح نشوند در DNA های دختر باقی می‌ماند و به نسل بعد منتقل می‌شود. به این اشتباهات تصحیح نشده جهش می‌گویند.

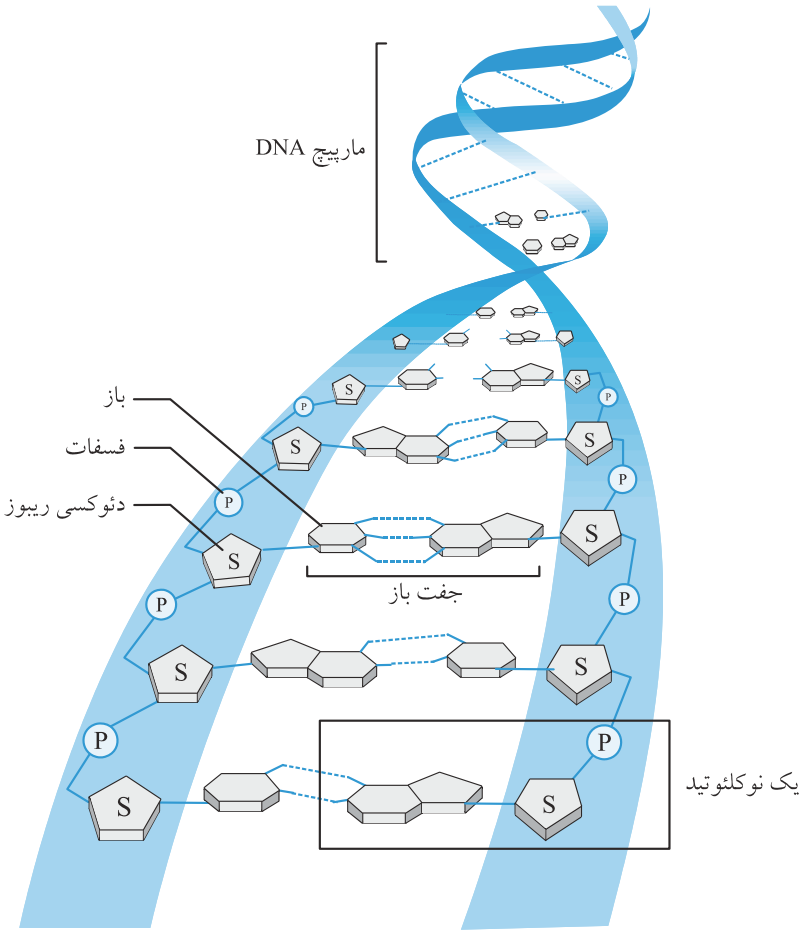
نتیجه



ماهیت جهش



جهش جانشینی نوعی جهش نقطه‌ای است که ممکن است به دلیل اشتباه در همانندسازی رخ دهد؛ اما چون دو رشتهٔ DNA مکمل هم‌دیگر هستند این‌گونه جهش‌ها معمولاً پس از فرآیند ویرایش تصحیح می‌شوند.



زندگی نیز مانند مولکول DNA است نظر شما چیست؟

تست‌های آموزشی فصل اول: ماده ژنتیک

۱. کدام گزینه جای خالی را نادرست تکمیل می‌کند ؟ « می‌توان گفت که هر ..... .»

۱) واحد مونومری نوکلئیک‌اسیدها، از سه بخش تشکیل شده است.

۲) تغییری که در ماده ژنتیک صورت می‌گیرد، در فنوتیپ افراد ظاهر می‌شود.

۳) مولکول ذخیره‌کنندهٔ اطلاعات ژنتیکی، در ساختار خود قند پنج کربنه دارد.

۴) سلول زنده که توانایی تقسیم داشته باشد، بیشترین زمان چرخه سلول را در اینترفاز سپری می‌کند.

گزینهٔ ۲: اگر جهش بی‌اثر باشد اثری بر فنوتیپ ندارد.

تحلیل مشق گزینه‌ها: گزینه «۱» : واحد مونومری نوکلئیک‌اسیدها نوکلئوتید نام دارد. هر نوکلئوتید از سه بخش تشکیل شده است : ۱. قند پنج کربنه ۲. گروه فسفات ۳. باز آلی. گزینه «۳»: مولکول‌های ذخیره کننده اطلاعات شامل DNA و RNA می‌باشد که همگی در ساختار خود قند پنج کربنه ریبوز دارند. گزینه «۴»: چرخه سلول و مراحل آن، در مورد یوکاریوت‌ها درست است و پروکاریوت‌ها اینترفاز ندارند.

۲. چند عبارت دربارهٔ کپسول باکتری استرپتوکوکوس نومونیا صحیح است ؟

الف) برای ساخت آن، هیچ ژنی بیان نشده است.

ب) نمی‌تواند با غشای پلاسمایی باکتری در تماس باشد.

ج) به طور مستقیم موجب بیماری‌زایی باکتری می‌شود.

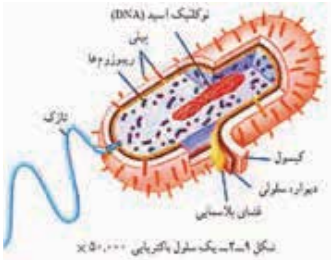
د) به باکتری کمک می‌کند تا به بافت پوششی درون بدن آدمی بچسبد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

گزینهٔ ۲: موارد «ب» و «د» صحیح هستند.

تحلیل مشق گزینه‌ها: الف: غلط. جنس کپسول باکتری پلی‌ساکاریدی است. بنابراین قطعاً حاصل سنتز آبدهی است. برای انجام واکنش سنتز آبدهی حتماً پروتئینی دخیل بوده است که برای تولید این پروتئین آنزیم‌های پروتئین‌سازی باکتری اعم از RNA پلی‌مراز پروکاریوتی و نیز rRNA دخالت داشته‌اند. ب: صحیح. ترتیب لایه‌های یک باکتری کپسول‌دار از داخل به خارج بدین صورت است : غشای پلاسمایی ← دیواره ← کپسول.

ج: غلط. این کپسول، باکتری را در برابر دستگاه ایمنی بدن محافظت می‌کند و در نتیجه موجب بیماری‌زایی «آن» می‌شود. دقت کنید که ضمیر «آن» دربارهٔ باکتری است، نه کپسول. باکتری با تولید نوعی سم سبب بیماری‌زایی می‌شود. د: صحیح. کپسول به بعضی از باکتری‌ها کمک می‌کند تا به سطوح مختلف، مثلاً به سنگ‌هایی که در مسیر جریان سریع آب در رودخانه قرار دارند یا به بافت‌های درون بدن آدمی بچسبند. بافت موجود در دستگاه تنفس نیز از نوع سنگفرشی است .



۳. چند مورد جای خالی را نادرست تکمیل می‌کند ؟ « اگر به یک لولهٔ آزمایش که حاوی عامل ترانسفورماسیون و سویهٔ بدون کپسول باکتری استرپتوکوکوس نومونیا است، آنزیمی را اضافه کنیم که ..... ، ممکن است که ترانسفورماسیون انجام شود .»

الف) در سرتاسر لولهٔ گوارش انسان ترشح می‌شود

ب) در اولین مرحله از رونویسی به راه‌انداز متصل می‌شود

ج) قادر به تجزیهٔ فراوان‌ترین ترکیب آلی طبیعت است

د) قادر به تولید قطعاتی از DNA کوتاه تک رشته‌ای باشد

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

گزینهٔ ۱: فقط مورد «د» نادرست است.

تحلیل مشق گزینه‌ها: برای جلوگیری از ترانسفورماسیون به آنزیمی نیاز داریم که DNA را تخریب کند. حال اگر آنزیمی این کار را نکند ترانسفورماسیون صورت می‌گیرد. الف: درست. در سرتاسر لوله گوارش انسان لیزوزیم ترشح می‌شود که بر دیواره اثر می‌کند نه بر DNA . ب : درست. آنزیم RNA پلی‌مراز سبب تولید مولکول RNA می‌شو . ج: درست. فراوان‌ترین ترکیب آلی طبیعت سلولز است و آنزیم سلولاز آن را تجزیه می‌کند و اثری بر DNA ندارد. د : نادرست. آنزیم‌های محدود کننده قادر به انجام این کار هستند و DNA را تخریب می‌کنند پس می‌توانند مانع از انجام ترانسفورماسیون شوند.

۴. چند مورد دربارهٔ عاملی که می‌تواند در بدن انسان بیماری ذات‌الریه را ایجاد کند، صحیح نمی‌باشد؟

الف) نتیجهٔ تاثیر این باکتری بر همهٔ مهره‌داران یکسان است.

ب) برقراری هر نوع اتصال زیستی بین گونه‌های مختلف آن غیرممکن است.

ج) امکان مشاهدهٔ آن در مادهٔ زمینه‌ای نوعی بافت پیوندی در مهره‌داران وجود دارد.

د) در هستک آن مادهٔ ژنتیک حلقوی دیده می‌شود که در همه سلول‌های یوکاریوتی به‌صورت خطی وجود دارد.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴