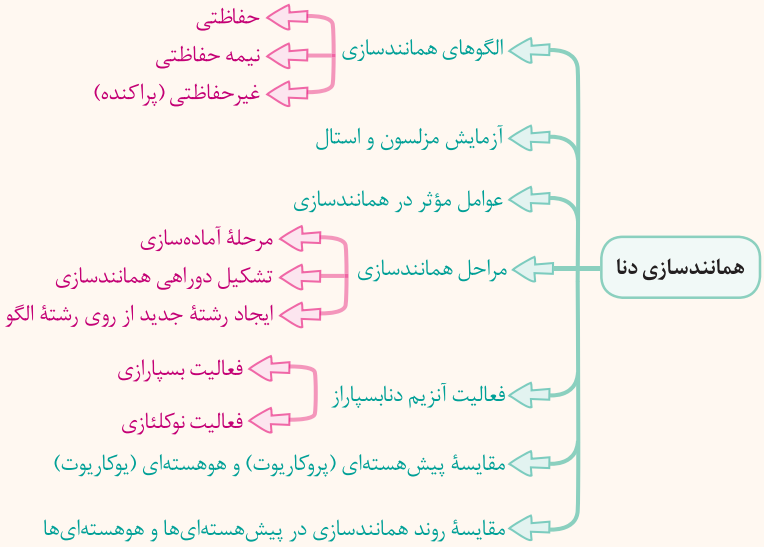
فصل ۱
گفتار (۲)
همانندسازی دِنا (DNA)



مقدمه:

- به ساخته شدن مولکول دنای جدید از روی دنای قدیمی **همانندسازی** گویند.
- مدل واتسون و کریک و وجود رابطهٔ مکملی بین بازها این امکان را به‌وجود می‌آورد که از روی هر یک از رشته‌های دنا، **رشته‌ای مکمل** ساخته شود.

انواع طرح‌های (الگوهای) همانندسازی:

۱) همانندسازی حفاظتی

در این طرح هر دو رشتهٔ دِنای قبلی به‌صورت دست‌نخورده در کنار هم باقی مانده و وارد یکی از یاخته‌های حاصل از تقسیم می‌شوند و دو رشتهٔ دنای جدید (مولکول دنای همانندسازی‌شده و جدید) هم وارد یاختهٔ دیگر می‌شوند.

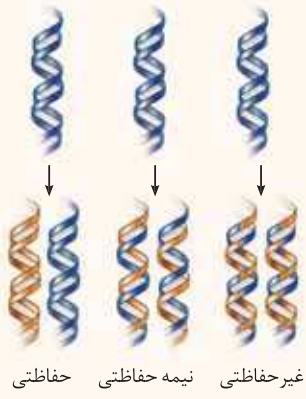
چون دِنای اولیه در یکی از یاخته‌ها حفظ شده است، به این مدل **همانندسازی حفاظتی** می‌گویند.

۲) همانندسازی نیمه حفاظتی

در این طرح، در هر یاختهٔ حاصل از تقسیم، یکی از دو رشتهٔ دنای آن مربوط به دنای اولیه است و رشتهٔ دیگر با نوکلئوتیدهای جدید ساخته شده است. **چون** در هر یاختهٔ حاصل فقط یکی از دو رشتهٔ دِنای قبلی وجود دارد، به آن **نیمه حفاظتی** می‌گویند.

۳) همانندسازی غیرحفاظتی (پراکنده)

در این طرح، هریک از دناهای حاصل، قطعاتی از رشته‌های قبلی و رشته‌های جدید را به‌صورت پراکنده در خود دارند.



طرح‌های مختلف برای همانندسازی

آزمایش مزلسون و استال:

هدف آزمایش: کدام‌یک از سه طرح همانندسازی مورد تأیید است.

مقدمات لازم: برای شروع کار، آن‌ها می‌بایست بتوانند رشته‌های دِنای نوساز (جدید) را از رشته‌های قدیمی تشخیص دهند. آن‌ها برای رسیدن به این هدف دِنا را با استفاده از ایزوتوپ سنگین نیتروژن (^{15}N) نشانه‌گذاری کردند.

دناهایی که با ^{15}N ساخته می‌شوند، نسبت به دنای 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.

تعریف ایزوتوپ: عناصری که عدد اتمی یکسانی دارند، ولی عدد جرمی آن‌ها متفاوت است. مثلاً عدد اتمی نیتروژن ۷ است ولی می‌تواند با دو عدد جرمی ۱۴ و ۱۵ باشد. (^{14}N ، ^{15}N)

مراحل انجام آزمایش

۱) کشت باکتری در محیط ^{15}N:

آن‌ها ابتدا باکتری‌های اشرشیاکلای (E.coli) را در محیطی حاوی ^{15}N کشت دادند. ^{15}N در ساختار بازهای آلی نیتروژن‌دار که در ساخت دنای باکتری شرکت می‌کنند، وارد شدند. پس از چندین مرحله رشد و تکثیر در این محیط، باکتری‌هایی تولید شدند که دنای سنگین‌تری نسبت به باکتری‌های اولیه داشتند.

۲) انتقال باکتری‌های ^{15}N به محیط ^{14}N:

در ادامه باکتری‌های حاوی دنای ^{15}N را به محیط کشت حاوی نوکلئوتیدهای ^{14}N (نوکلئوتیدهایی با بازهای آلی نیتروژن‌دار معمولی) منتقل کردند. با توجه به این‌که تقسیم باکتری‌ها معمولاً ۲۰ دقیقه طول می‌کشد، در فواصل ۲۰ دقیقه‌ای باکتری‌ها را از محیط کشت جدا و بررسی کردند.

۳) سنجش چگالی دِناها:

برای سنجش چگالی دناها در هر فاصلهٔ زمانی دنای باکتری‌ها را استخراج و در محلولی از **سزیم کلرید** در سرعتی بسیار بالا سانتریفیوژ کردند.

با توجه به این‌که در گریزانه (سانتریفیوژ) میزان حرکت مواد در محلول بر اساس چگالی است و موادِ سنگین‌تر، تندتر حرکت می‌کنند و در ته لوله جمع می‌شوند، لذا بر اساس میزان حرکت، نوع دِنای تشکیل‌شده در هر مرحله تشخیص داده شد.

دنای باکتری‌ها در **سه فاصلهٔ** زمانی بررسی شد:

الف) دنای باکتری‌های اولیه پس از گریز دادن، یک نوار در انتهای لوله تشکیل دادند، **چون** هر دو رشتهٔ دنای آن‌ها حاوی ^{15}N بوده و **چگالی سنگینی** داشتند.

ب) دنای باکتری‌های حاصل از دور اول همانندسازی (بعد از ۲۰ دقیقه) پس از گریز دادن، نواری در میانهٔ لوله تشکیل دادند، پس دنای آن‌ها **چگالی متوسط** داشت. از دو رشتهٔ دنا، یکی حاوی ^{14}N و دیگری حاوی ^{15}N بود.

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

در این آزمایش **۳ نوع** دنا مورد بررسی قرار گرفت:

۱) **دنای سبک:** دنایی که هر دو رشتهٔ آن حاوی ^{14}N بود.

۲) **دنایی با چگالی متوسط:** دنایی که یک رشتهٔ آن حاوی ^{14}N و رشتهٔ دیگر حاوی ^{15}N بود.

۳) **دنای سنگین:** دنایی که هر دو رشتهٔ آن حاوی ^{15}N بود.

نتیجه‌گیری:

نتایج این آزمایش نشان داد که همانندسازی دنا، **نیمه حفاظتی** است.

سؤال: در روند همانندسازی نیمه حفاظتی، دو رشتهٔ دنا چگونه از یکدیگر باز می‌شوند؟

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

تمرین ۱: در محیط کشتی یک عدد باکتری داریم، بعد از ۲ ساعت چند باکتری در ظرف داریم؟

پاسخ: به طور معمول هر باکتری، ۲۰ دقیقه یک بار تقسیم می‌شود.

(تعداد دفعات تقسیم) ۶ = (دقیقه) ۲۰ ÷ ۱۲۰ (دقیقه)

تعداد باکتری‌ها = $2^6 = 64$ ⇒ تعداد باکتری‌ها بعد از n بار تقسیم $= 2^n$

بعد از ۱۲۰ دقیقه (۲ ساعت) ۶۴ باکتری در ظرف وجود دارد.

تمرین ۲: در محیط کشتی ۵ عدد باکتری داریم. اگر هر ۵ باکتری تقسیم شوند، بعد از ۸۰ دقیقه چند باکتری در ظرف داریم؟

پاسخ:

(تعداد دفعات تقسیم) ۴ = ۲۰ ÷ ۸۰

تعداد باکتری‌های حاصل از یک باکتری ۱۶ = 2^4 ⇒ تعداد باکتری‌ها = 2^n

تعداد کل باکتری‌های موجود در ظرف ۸۰ = ۵ × ۱۶

تمرین ۳: اگر یک مولکول DNA در محیط کشتی که حاوی بازهای آلی نیتروژن‌دار ^{15}N است، ساخته شده باشد، بعد از سه سری (دور) همانندسازی در محیط کشت حاوی بازهای آلی نیتروژن‌دار ^{14}N؛ به سؤالات زیر پاسخ دهید.

۱) چه نسبتی از مولکول‌های DNA ساخته‌شده حاوی رشتهٔ ^{15}N هستند؟

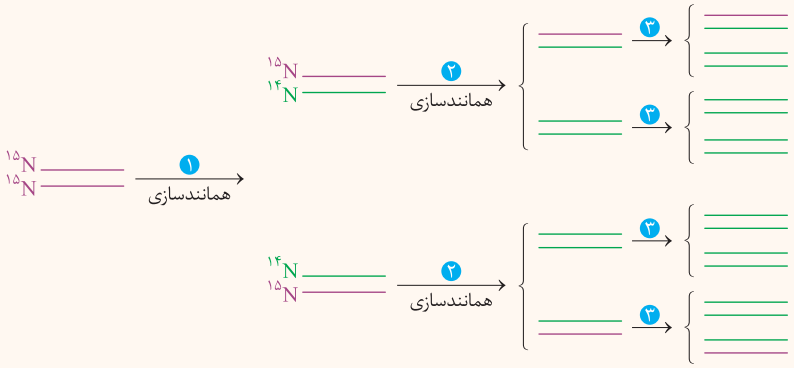
۲) چه نسبتی از رشته‌های حاصل از سه سری همانندسازی، حاوی ^{15}N هستند؟

۳) چه نسبتی از رشته‌های حاصل از سه سری همانندسازی، حاوی ^{14}N هستند؟

۴) پس از سری اول همانندسازی اگر DNAهای حاصل را سانتریفیوژ کنیم، چند نوار در لوله دیده می‌شود؟

۵) پس از سری دوم همانندسازی اگر DNAهای حاصل را سانتریفیوژ کنیم، چند نوار در لوله دیده می‌شود؟

۶) پس از سری سوم همانندسازی اگر DNAهای حاصل را سانتریفیوژ کنیم، چند نوار در لوله دیده می‌شود؟



پاسخ:

۱) بعد از سه سری همانندسازی، ۸ مولکول دنا (۱۶ رشته) حاصل می‌شود که فقط دو تا از این دناها دارای یک رشتهٔ قدیمی هستند، پس جواب می‌شود:

$\frac{۲}{۸}$ ← تعداد دناهایی که حاوی یک رشته ^{15}N هستند / تعداد کل دناها

۲) بعد از سه سری همانندسازی، ۱۶ رشتهٔ دنا حاصل می‌شود که فقط دو رشته حاوی ^{15}N است؛ بنابراین جواب می‌شود: $\frac{۲}{۱۶}$ ← تعداد رشته‌های ^{15}N / تعداد کل رشته‌های حاصل

۳) $\frac{۱۴}{۱۶}$ ← تعداد رشته‌های ^{14}N / تعداد کل رشته‌های حاصل

۴) پس از سری اول همانندسازی دو مولکول دنا حاصل می‌شود که هر دو چگالی متوسط دارند، چون یک رشتهٔ ^{15}N دارند و یک رشتهٔ ^{14}N. پس در لوله فقط یک نوار داریم آن هم وسط لوله.

۵) پس از سری دوم همانندسازی چهار مولکول دنا حاصل می‌شود که دو تای آن‌ها چگالی سبک (هر دو رشتهٔ ^{14}N) و دو تای دیگر چگالی متوسط دارند (یک رشتهٔ ^{14}N و یک رشتهٔ ^{15}N). پس در لوله دو نوار دیده می‌شود با قطر برابر.

۶) پس از سری سوم همانندسازی هشت مولکول دنا حاصل می‌شود که دو تای آن‌ها چگالی متوسط و شش عدد دیگر چگالی سبک دارند. قطعاً قطر نوار چگالی سبک‌ها بیش‌تر است، چون شش عدد هستند.

چند تا فرمول:

تعداد کل مولکول‌های دنا بعد از n سری همانندسازی $= ۲^n$ ← تعداد سری‌های همانندسازی

تعداد کل رشته‌های دنا بعد از n سری همانندسازی = تعداد کل مولکول‌های دنا بعد از n سری همانندسازی $\times ۲$

تعداد مولکول‌های دنا که هر دو رشتهٔ آن‌ها در محیط کشت جدید ایجاد شده است. $= ۲^n - ۲$

نکته: تعداد مولکول‌های دنا که یک رشتهٔ آن‌ها در محیط قدیم و یک رشتهٔ آن‌ها در محیط جدید ایجاد شده است، در هر سری از همانندسازی برابر با عدد ۲ است.

تمرین ۴: اگر یک مولکول دنا (DNA) را وارد محیط کشتی کنیم که حاوی بازهای آلی N^{15} است، بعد از ۸ دور همانندسازی به سؤالات زیر پاسخ دهید.

۱) چند مولکول دنا حاصل می‌شود؟

۲) چه تعداد از مولکول‌های دنا دارای هر دو رشتهٔ N^{15} هستند؟

۳) چه تعداد از مولکول‌های دنا، دارای یک رشتهٔ N^{15} و یک رشتهٔ N^{14} هستند؟

۴) چه نسبتی از مولکول‌های دنا دارای هر دو رشتهٔ N^{15} هستند؟

۵) چند درصد از مولکول‌های دنا حداقل دارای یک رشتهٔ N^{15} هستند؟

پاسخ:

۱) تعداد کل مولکول‌های دنا بعد از n سری همانندسازی $= ۲^n \Rightarrow ۲^۸ = ۲۵۶$

۲) تعداد کل مولکول‌های دنا که در محیط جدید ایجاد شده‌اند. $= ۲^n - ۲ \Rightarrow ۲^۸ - ۲ = ۲۵۶ - ۲ = ۲۵۴$

۳) ۲ عدد

۴) $\frac{۲۵۴}{۲۵۶} = \frac{۲^۸ - ۲}{۲^۸}$

۵) هر ۲۵۶ مولکول دنا حداقل یک رشتهٔ N^{15} دارند؛ پس می‌شود ۱۰۰ درصد.

عوامل مؤثر در همانندسازی:

در همانندسازی عوامل **متعددی** مؤثرند که مهم‌ترین آن‌ها **۳ عامل** زیر هستند:

۱) **مولکول دنا** (DNA)؛ به عنوان الگو

۲) **نوکلئوتیدهای سه فسفاته:** واحدهای سازندهٔ دِنا (نوکلئوتیدها) که بتوانند در کنار هم نسخهٔ مکمل الگو را بسازند. این واحدها **نوکلئوتیدهای سه فسفاته** هستند که در لحظهٔ اتصال به رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی در حال ساخت، دو فسفات خود را از دست می‌دهند.

۳) **آنزیم‌ها:** a) آنزیم‌هایی که نوکلئوتیدها را به‌صورت مکمل کنار یکدیگر قرار می‌دهند که مهم‌ترین آن‌ها **دنابسپاراز** است.

b) آنزیمی که دو رشتهٔ دنای الگو را از هم جدا می‌کند (**هلیکاز**).

مراحل همانندسازی دنا (DNA):

۱) **مرحلهٔ آماده‌سازی:** قبل از همانندسازی دنا، باید پروتئین‌های اطراف آن یعنی هیستون‌ها از آن جدا شوند تا همانندسازی بتواند انجام شود.

۲) **تشکیل دو راهی همانندسازی:** در این مرحله دو رشتهٔ الگو باید از هم باز شوند. برای باز شدن دو رشتهٔ دنا باید **پیوندهای هیدروژنی** بین بازهای آلی شکسته شوند. آنزیم **هلیکاز** این کار را انجام می‌دهد. این آنزیم a) **ابتدا** مارپیچ دنا را باز می‌کند و b) سپس دو رشتهٔ دنا را در محلی از هم فاصله می‌دهد و **دو راهی همانندسازی** ایجاد می‌شود.

■ در محلی که دو رشتهٔ دنا از یکدیگر جدا شده‌اند، ساختار Y مانندی به‌وجود می‌آید که **دوراهی همانندسازی** نام دارد.

۳) **ایجاد رشتهٔ جدید از روی رشتهٔ الگو:**

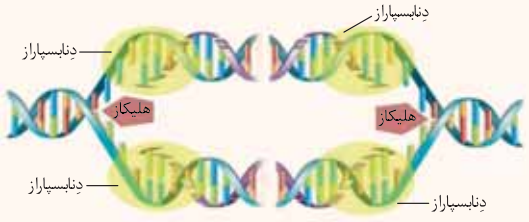
در محل دوراهی همانندسازی، پیوندهای هیدروژنی بین دو رشتهٔ الگو گسیخته و دو رشته از یکدیگر باز می‌شوند و سپس رشتهٔ جدید طی مراحل زیر ساخته می‌شود:

a) انواعی از آنزیم‌ها با یکدیگر فعالیت می‌کنند تا یک رشتهٔ دنا در مقابل رشتهٔ الگو ساخته شود.

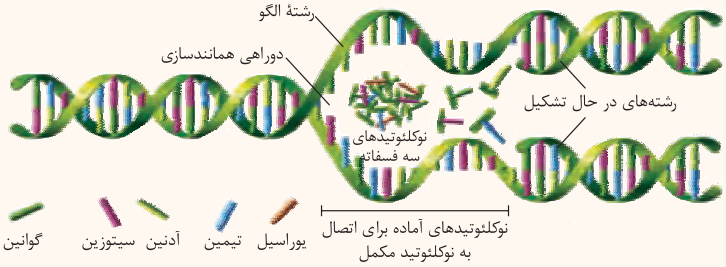
b) **دنابسپاراز** (DNA پلیمراز) یکی از مهم‌ترین آنزیم‌هایی است که نوکلئوتیدها را به انتهای رشتهٔ در حال تشکیل اضافه می‌کند. اضافه شدن یک نوکلئوتید بستگی دارد به نوع بازی که در نوکلئوتید رشتهٔ الگو قرار دارد. هر بازی باید با باز روی رشتهٔ الگو مکمل باشد. به عنوان مثال A در مقابل T و C در مقابل G قرار می‌گیرد.

نکته: با اضافه شدن هر نوکلئوتید سه فسفاته به انتهای رشتهٔ جدید، دوتا از فسفات‌های آن از مولکول جدا می‌شوند و بین دو نوکلئوتید **پیوند فسفودی‌استر** ایجاد می‌شود.

نکته: در ساخته شدن رشتهٔ جدید از روی رشتهٔ الگو انواعی از آنزیم‌ها دخالت دارند که مهم‌ترین آن‌ها **دنابسپاراز** است.

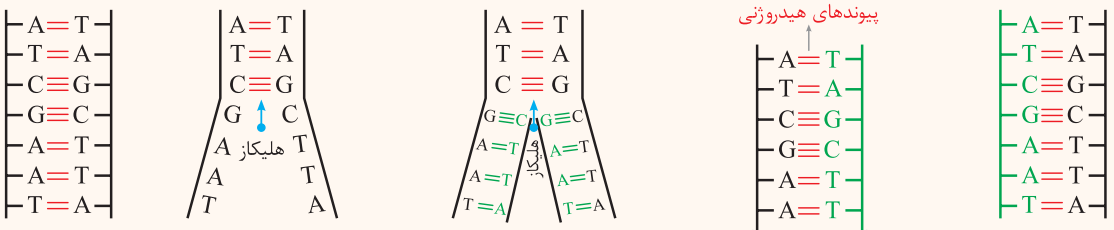


همانندسازی دِنا



همانندسازی دنا

نکته: در هر دوراهی همانندسازی ،یک آنزیم **هلیکاز** و دو آنزیم **دنابسپاراز** فعالیت دارند.



DNA مادری

۱) دو رشتهٔ دنای الگو توسط آنزیم هلیکاز از هم جدا می‌شوند.

۲) نوکلئوتیدهای مکمل در مقابل نوکلئوتیدهای رشته‌های الگو قرار گرفته و بین آن‌ها پیوند هیدروژنی برقرار می‌شود.هم‌چنین آنزیم دنابسپاراز بین نوکلئوتیدهای جدید پیوند فسفودی‌استری ایجاد می‌کند.

DNA دختری (دارای یک رشتهٔ قدیمی و یک رشتهٔ جدید)

DNA دختری (دارای یک رشتهٔ قدیمی و یک رشتهٔ جدید)

فعالیت‌های آنزیم دنابسپاراز

در روند همانندسازی دنا، آنزیم دنابسپاراز دو نوع فعالیت دارد:

۱) فعالیت بسپارازی (پلیمرازی):

طی این فعالیت، این آنزیم بین نوکلئوتیدهای جدید، پیوند فسفودی‌استری برقرار کرده و یک رشتهٔ جدید ایجاد می‌کند.

۲) فعالیت نوکلئازی:

همانندسازی دنا با دقت زیادی انجام می‌شود، این دقت تا حدود زیادی به علت رابطهٔ مکملی بین نوکلئوتیدها است. اگرچه آنزیم دنابسپاراز نوکلئوتیدها را بر اساس رابطهٔ مکملی مقابل هم قرار می‌دهد ولی گاهی در این مورد اشتباهی هم صورت می‌گیرد؛ مثلاً در مقابل A به جای این‌که T قرار بگیرد، C قرار می‌گیرد. برای جلوگیری از این اشتباه آنزیم دنابسپاراز (DNA پلیمراز) پس از برقراری هر پیوند فسفودی‌استر، یک بار بر می‌گردد و نوکلئوتید اضافه‌شده را بازبینی می‌کند که رابطهٔ آن با نوکلئوتید الگو صحیح است یا غلط. اگر اشتباه باشد، آن را حذف می‌کند و نوکلئوتید صحیح را به جای آن قرار می‌دهد.

برای حذف نوکلئوتید غلط باید بتواند پیوند فسفودی‌استر را بشکند و آن را از دنا جدا کند. توانایی بریدن دنا را فعالیت **نوکلئازی** گویند که در آن پیوند فسفودی‌استر شکسته می‌شود.

به فعالیت نوکلئازی دنابسپاراز که باعث تصحیح اشتباهات در همانندسازی می‌شود، **ویرایش** گویند.

نکته: آنزیم دنابسپاراز طی همانندسازی هم پیوند فسفودی‌استر را ایجاد می‌کند (فعالیت بسپارازی) و هم می‌تواند پیوند فسفودی‌استر را بشکند (فعالیت نوکلئازی).

پیش‌هسته‌ای‌ها (پروکاریوت‌ها) و هوهسته‌ای‌ها (یوکاریوت‌ها):

پیش‌هسته‌ای‌ها:

پیش‌هسته‌ای‌ها (پروکاریوت‌ها) که همهٔ **باکتری‌ها** را شامل می‌شوند، اطلاعات وراثتی (دنا) آن‌ها در غشای هسته محصور نشده است. به عبارت دیگر در پیش‌هسته‌ای‌ها مادهٔ وراثتی در سیتوپلاسم آزاد است و در داخل اندامکی با نام **هسته** قرار ندارد.

در باکتری‌ها دو نوع **فام‌تن** (کروموزوم) وجود دارد:

۱) فام‌تن اصلی: این فام‌تن به‌صورت یک مولکول **دنای حلقوی** است، در سیتوپلاسم باکتری قرار دارد و به غشای پلاسمایی باکتری متصل است. اطلاعات وراثتی اصلی باکتری روی این فام‌تن قرار دارد.

۲) دیسک (پلازمید): پروکاریوت‌ها (باکتری‌ها) علاوه بر دنای اصلی، ممکن است (نه همیشه) مولکول‌هایی از دِنای دیگر را نیز به نام **دیسک (پلازمید)** در سیتوپلاسم خود داشته باشند.

دیسک نیز حلقوی بوده و اطلاعات آن **می‌تواند** ویژگی‌های اضافه‌تری را به باکتری بدهد مانند افزایش مقاومت باکتری در برابر پادزیست‌ها (آنتی‌بیوتیک‌ها)

نکته: به دیسک، **فام تن کمکی** نیز گفته می‌شود.

هو هسته‌ای‌ها:

بقیهٔ موجودات زنده (جانداران) یعنی **آغازیان**، **قارچ‌ها**، **گیاهان** و **جانوران**، هوهسته‌ای (یوکاریوت) هستند.

در یوکاریوت‌ها، دنا در هر فام‌تن به‌صورت خطی است و مجموعه‌ای از پروتئین‌ها که مهم‌ترین آن‌ها **هیستون‌ها** هستند، همراه آن قرار دارند.

در یوکاریوت‌ها دو نوع دنا دیده می‌شود:

۱) دنای هسته‌ای: فام‌تن‌هایی را که درون هسته قرار دارند، **دنای هسته‌ای** گویند.

نکته: عدد کروموزومی (فام‌تنی) هر جاندار هوهسته‌ای بر اساس تعداد فام‌تن‌های هسته‌ای یک یاختهٔ پیکری آن جاندار محاسبه می‌شود. مثلاً عدد فام‌تنی انسان ۴۶ است، یعنی در هر یاختهٔ پیکری انسان ۴۶ کروموزوم (فام‌تن) هسته‌ای قرار دارد.

۲) دنای سیتوپلاسمی:

در **هوسته‌ای‌ها** علاوه‌بر هسته، در سیتوپلاسم نیز مقداری دنا وجود دارد که به آن **دنای سیتوپلاسمی** گفته می‌شود. این نوع از دنا که حالت حلقوی دارد (مانند DNA باکتری‌ها)، در **راکیزه** (میتوکندری) و **سبزدیسه** (کلروپلاست) دیده می‌شود.

نکته: در یاخته‌های هوسته‌ای، بیش‌تر دنا از نوع هسته‌ای است.

جدول مقایسهٔ پیش‌هسته‌ای‌ها و هوهسته‌ای‌ها:

ردیف	ویژگی‌ها	پیش‌هسته‌ای (پروکاریوت)	هوهسته‌ای (یوکاریوت)
۱	نوع جاندار	همهٔ باکتری‌ها	آغازیان ـ قارچ‌ها ـ گیاهان ـ جانوران
۲	هسته	ندارند	دارند
۳	اندامک	ندارند	دارند
۴	تک‌یاخته‌ای یا پریاخته‌ای	همهٔ تک‌یاخته‌ای	۱) تک‌یاخته‌ای: بسیاری از آغازیان و برخی از قارچ‌ها مانند مخمرها ۲) پریاخته‌ای: بقیهٔ یوکاریوت‌ها
۵	نوع دنا (فام‌تن)	حلقوی	دنای خطی ← دنای هسته‌ای دنای حلقوی ← دنای سیتوپلاسمی
۶	پروتئین‌های هیستون	ندارند	دارند
۷	تعداد فام‌تن‌های اصلی	یک عدد	بیش از یک عدد
۸	پلازمید (دیسک)	معمولاً دارند.	فقط در بعضی از قارچ‌ها مانند مخمرها دیده می‌شود.
۹	تنفس یاخته‌ای	دارند	دارند
۱۰	فتوسنتز	در بعضی از باکتری‌ها مانند سیانوباکتری	۱) در بسیاری از گیاهان (به جز گیاهان انگلی) ۲) در بعضی از آغازیان مانند جلبک‌ها
۱۱	نوع تولیدمثل	فقط غیرجنسی	جنسی ـ غیرجنسی

مقایسهٔ همانندسازی در پیش‌هسته‌ای‌ها و هوهسته‌ای‌ها:

همانندسازی در پیش‌هسته‌ای‌ها (پروکاریوت‌ها)

در **پیش‌هسته‌ای‌ها** دو شیوهٔ همانندسازی دنا دیده می‌شود:

الف) پیش‌هسته‌ای‌هایی که فقط یک نقطهٔ آغاز همانندسازی دارند

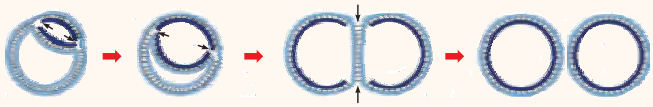
اغلب پیش‌هسته‌ای‌ها (پروکاریوت‌ها) فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در دنای خود دارند. این نقطه در **بخش خاصی** از دنا قرار دارد، در این جایگاه دو رشتهٔ دنا از هم جدا می‌شوند. این باکتری‌ها همانندسازی دو جهتی دارند.

همانندسازی دو جهتی:

در این نوع همانندسازی، در یک جایگاه آغاز، همانندسازی در دو جهت شروع و ادامه می‌یابد تا به همدیگر رسیده و همانندسازی پایان یابد.

بنابراین در این نوع از همانندسازی یک جایگاه شروع (دو تا دو راهی همانندسازی) داریم و یک جایگاه پایان.

نکته: در همانندسازی دو جهته جایگاه شروع در مقابل جایگاه پایان است.



همانندسازی دوجهتی دنا در پیش‌هسته‌ای با یک نقطهٔ آغاز

ب) پیش‌هسته‌ای‌هایی که چند نقطهٔ آغاز همانندسازی دارند

این گروه از باکتری‌ها مانند هوهسته‌ای‌ها (یوکاریوت‌ها) بیش از یک جایگاه آغاز همانندسازی دارند. همانندسازی در این باکتری‌ها نیز دو جهتی است.

همانندسازی در هوهسته‌ای‌ها (یوکاریوت‌ها)

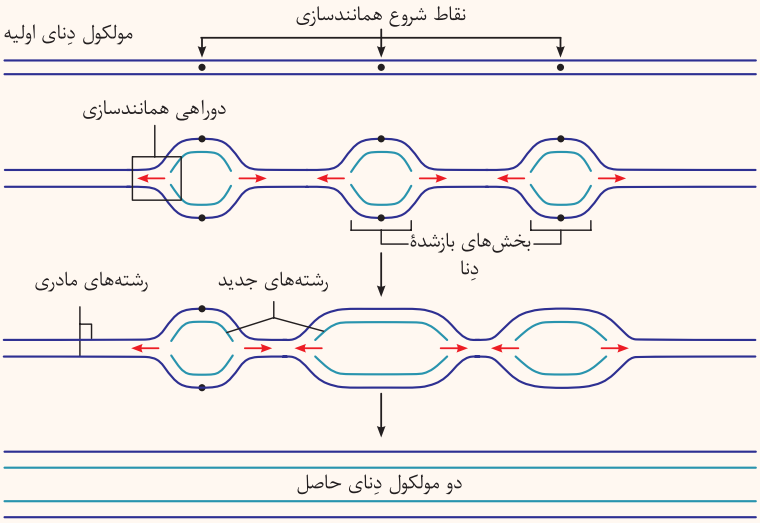
در هوهسته‌ای‌ها به دلیل وجود مقدار زیاد دنا و قرار داشتن در چندین فام‌تن که هر کدام از آن‌ها چندین برابر یک دنای باکتری هستند، مسئلهٔ همانندسازی بسیار پیچیده است.

اگر یک نقطهٔ شروع در هر فام‌تن داشته باشیم، مدت زمان لازم برای انجام همانندسازی خیلی زیاد می‌شود. راه حل این است که در هوهسته‌ای‌ها همانندسازی از **چندین نقطه** شروع شود.

تعداد نقطه‌های آغاز مورد استفاده در هوهسته‌ای‌ها (یوکاریوت‌ها) حتی می‌تواند بسته به مراحل رشد و نمو تنظیم شود. ابتدا با تعداد کم‌تری از نقاط آغاز، همانندسازی شروع می‌شود. هنگامی که سرعت تقسیم یاخته‌ای زیاد می‌شود، تعداد نقاط شروع مورد استفاده نیز افزایش می‌یابد و زمانی که سرعت تقسیم کاهش می‌یابد، نقاط آغاز مورد استفاده هم کم‌تر می‌شود.

مثلاً در دوران جنینی در مراحل **مورولا** و **بلاستولا (نوعی بلاستوسیست)** سرعت تقسیم زیاد و نقاط آغاز هم زیاد است ولی پس از تشکیل اندام‌ها سرعت تقسیم کم شده و نقاط آغاز همانندسازی هم کم می‌شود.

یادآوری از زیست ۱۱: مورولا تودهٔ پر یاخته‌ای است که از تقسیم یاختهٔ تخم در لولهٔ فالوپ ایجاد می‌شود. مورولا پس از رسیدن به رحم به شکل کرهٔ توخالی درآمده و درون آن با مایعات پر می‌شود و به بلاستوسیست تبدیل می‌شود.



توضیح: در شکل بالا **۳ نقطهٔ** شروع همانندسازی و به ازای هر نقطهٔ شروع **دو عدد دوراهی** همانندسازی داریم، پس در این شکل **۶ عدد** دوراهی همانندسازی داریم. به ازای هر دوراهی همانندسازی یک آنزیم **هلیکاز** لازم است. بنابراین **۶ عدد** آنزیم هلیکاز نیز در این شکل لازم است. به ازای هر دوراهی همانندسازی دو عدد آنزیم دنابسپاراز لازم است. پس در این شکل **۱۲ عدد** آنزیم **دنابسپاراز** فعال است.

تمرین ۵: در قسمتی از دنای یک یاختهٔ هوهسته‌ای ۵ نقطهٔ شروع همانندسازی وجود دارد. مطلوب است محاسبهٔ:

۱) تعداد دو راهی همانندسازی

۲) تعداد آنزیم‌های هلیکاز

۳) تعداد آنزیم‌های دنابسپاراز

پاسخ: ۱) از آن‌جاکه همانندسازی در یوکاریوت‌ها دو جهته است، پس به ازای هر نقطهٔ شروع دو عدد دو راهی همانندسازی داریم. بنابراین در این قسمت از DNA $(۵ \times ۲ = ۱۰)$ ده عدد دو راهی همانندسازی داریم.

۲) به ازای هر دو راهی همانندسازی یک آنزیم هلیکاز لازم است؛ پس چون ده دو راهی همانندسازی داریم، بنابراین ده آنزیم هلیکاز داریم.

۳) به ازای هر دو راهی همانندسازی **۲ عدد** آنزیم دنابسپاراز لازم است. بنابراین $(۱۰ \times ۲ = ۲۰)$ بیست آنزیم دنابسپاراز لازم است.

سؤالات

جای خالی

۱- دنا به عنوان مادهٔ وراثتی حاوی ..... است.

۲- با وجود ..... تا حد زیادی همانندسازی دقیق دنا قابل توضیح است.

۳- دو دانشمند به نام‌های ..... و ..... توانستند مدل صحیح همانندسازی دنا را نشان دهند.

۴- استال و مزلسون برای تعیین طرح صحیح همانندسازی دنا از ..... برای تشخیص دنای قدیمی از جدید استفاده کردند.

۵- دناهایی که با N^{15} ساخته می‌شوند نسبت به دنای معمولی، چگالی ..... دارند. بنابراین با ابزارهایی مثل ..... می‌توان آن‌ها را از هم جدا کرد.

۶- استال و مزلسون برای بررسی نحوهٔ همانندسازی دنا از کشت باکتری‌ها در محیط حاوی ..... استفاده کردند.

۷- در آزمایش دوم، استال و مزلسون باکتری‌های حاوی N^{15} را به محیط کشت حاوی ..... منتقل کردند.

۸- تقسیم باکتری‌ها حدود ..... طول می‌کشد.

۹- برای سنجش چگالی دناها در هر فاصلهٔ زمانی، باید آن‌ها را استخراج و در محلول ..... در سرعتی بالا سانتریفیوژ کرد.

۱۰- در گریزانه (سانتریفیوژ) میزان حرکت مواد در محلول بر اساس ..... است و مواد ..... تندتر حرکت می‌کنند.

۱۱- آزمایش استال و مزلسون نشان داد که همانندسازی دنا ..... است.

۱۲- در سانتریفیوژ دنای باکتری‌های اولیهٔ آزمایش استال و مزلسون تعداد ..... نوار در بخش ..... لوله تشکیل شد.

۱۳- بعد از دور اول همانندسازی دنا، در لولهٔ سانتریفیوژ تعداد ..... نوار در بخش ..... لوله مشاهده شد.

۱۴- بعد از دور دوم همانندسازی دنا، دنای باکتری‌ها بعد از سانتریفیوژ تعداد ..... نوار در بخش ..... تشکیل دادند.

۱۵- در حین همانندسازی دنا، تمام قسمت‌های مولکول ..... است به‌جز بخشی که در حال همانندسازی است و سپس به تدریج ..... می‌شوند.

۱۶- قبل از همانندسازی دنا، ..... از آن جدا می‌شوند و دو رشتهٔ الگو هم باید از هم باز شوند.

۱۷- کار باز کردن مارپیچ دنا بر عهدهٔ آنزیم ..... است.

۱۸- کار جفت کردن نوکلئوتیدهای جدید با نوکلئوتیدهای رشتهٔ الگو در حین همانندسازی بر عهدهٔ آنزیمی به نام ..... است.

۱۹- واحدهای سازندهٔ رشتهٔ جدید دنا درون یاخته به‌صورت نوکلئوتیدهای ..... هستند.

۲۰- در محلی که دو رشتهٔ دنا از یکدیگر جدا می‌شوند، ساختار ..... مانندی به‌وجود می‌آید که ..... نامیده می‌شود.

۲۱- دنابسپاراز نوکلئوتیدها را به ..... رشتهٔ در حال ساخت اضافه می‌کند.

۲۲- اضافه شدن یک نوکلئوتید بستگی به نوع ..... دارد که در نوکلئوتید رشتهٔ الگو قرار دارد.

۲۳- با اضافه شدن هر نوکلئوتید سه فسفاته ..... عدد از فسفات‌های آن از مولکول جدا می‌شود.

۲۴- توانایی بریدن دنا را فعالیت ..... گویند.

۲۵- آنزیم دنابسپاراز هم فعالیت ..... دارد و هم فعالیت ..... .

۲۶- کروموزوم (فام‌تن) اصلی باکتری‌ها به‌صورت ..... است که در ..... قرار گرفته است.

۲۷- کروموزوم (فام‌تن) اصلی باکتری‌ها به ..... متصل است.

۲۸- پیش‌هسته‌ای‌ها علاوه‌بر دنای اصلی، مولکول‌هایی از دنای دیگری به نام ..... دارند.

۲۹- در یوکاریوت‌ها (هوسته‌ای‌ها) مولکول دنا در هر ..... به‌صورت ..... است.

۳۰- در هوسته‌ای‌ها در کنار دنا، مجموعه‌ای از پروتئین‌ها که مهم‌ترین آن‌ها ..... هستند، قرار دارند.

۳۱- در هوسته‌ای‌ها هم دنای هسته‌ای مشاهده می‌شود که حالت ..... دارد و هم دنای سیتوپلاسمی که حالت ..... دارد.

۳۲- در هوسته‌ای‌ها، دنای حلقوی درون اندامک‌های سیتوپلاسمی نظیر ..... و ..... دیده می‌شود.

۳۳- اغلب پیش‌هسته‌ای‌ها فقط یک ..... در دنای خود دارند.

۳۴- در هوسته‌ای‌ها در هر فام‌تن ..... نقطهٔ آغاز همانندسازی وجود دارد.

۳۵- تعداد نقاط آغاز همانندسازی در هوسته‌ای‌ها می‌تواند بسته به ..... تنظیم شود.

۳۶- هنگام افزایش سرعت تقسیم سلولی نقاط آغاز همانندسازی در هوسته‌ای‌ها ..... می‌یابد.

۳۷- در مراحل مورولا و بلاستولا سرعت تقسیم ..... و نقاط آغاز همانندسازی هم ..... است.

۳۸- در طی عمل ویرایش، آنزیم ..... باعث شکسته شدن پیوند فسفودی‌استر نوکلئوتید غلط می‌گردد. (نهایی – خرداد ۹۱)

درست یا نادرست

۳۹- وجود رابطهٔ مکملی بین بازها امکان ساخت یک رشته را از روی رشتهٔ دیگر دنا فراهم می‌کند.

۴۰- در همانندسازی حفاظتی هر رشتهٔ دنا جدید وارد یکی از یاخته‌های حاصله خواهد شد.

۴۱- در همانندسازی غیرحفاظتی در هر یاخته فقط یکی از دو رشتهٔ دنای قبلی وجود دارد.
۴۲- در همانندسازی نیمه حفاظتی هر کدام از دناهای حاصل، قطعاتی از رشته‌های قدیمی و جدید را به‌صورت پراکنده در خود خواهد داشت.
۴۳- استال و مزلسون ابتدا باکتری‌ها را در محیط حاوی N^{15} کشت دادند.
۴۴- دنای باکتری‌های اولیه در آزمایش استال و مزلسون سنگین‌تر از دنای باکتری‌های معمولی بود.
۴۵- استال و مزلسون باکتری‌های حاوی دنای سنگین را به محیط حاوی ایزوتوپ سنگین نیتروژن منتقل کردند.
۴۶- استال و مزلسون هر ۲۰ دقیقه یک بار دنای باکتری‌ها را استخراج و سانتریفیوژ (گریزانه) می‌کردند.
۴۷- دنای باکتری‌های اولیه بعد از سانتریفیوژ در لوله، ۲ نوار تشکیل داده بودند.
۴۸- در آزمایش استال و مزلسون، دنای باکتری‌های حاصل از دور اول همانندسازی، در لولهٔ گریزانه یک نوار در میانهٔ لوله تشکیل داده بودند.
۴۹- بعد از گذشت ۴۰ دقیقه با گریز دادن دنای باکتری‌ها، استال و مزلسون دو نوار، یکی در پایین و یکی در میانهٔ لوله آزمایش مشاهده کردند.
۵۰- در هنگام همانندسازی، دو رشتهٔ دنا توسط هلیکاز به‌صورت کامل از هم جدا می‌شوند.
۵۱- واحدهای سازندهٔ دنا، نوکلئوتیدهای تک‌فسفاته‌اند که توسط دنابسپاراز به انتهای رشتهٔ در حال ساخت افزوده می‌شوند.
۵۲- در حین همانندسازی DNA، باید پروتئین‌های هیستونی از آن جدا شوند.
۵۳- در محل دو راهی همانندسازی، ۲ نوع آنزیم متفاوت مشاهده می‌شود.
۵۴- در هر دو راهی همانندسازی ۳ عدد آنزیم از ۲ نوع متفاوت داریم.
۵۵- دنابسپاراز نوکلئوتیدهای جدید را به ابتدای رشتهٔ در حال تشکیل اضافه می‌کند.
۵۶- همانندسازی دنا بر اساس رابطهٔ مکملی بازها بوده و کاملاً دقیق و بدون اشتباه انجام می‌شود.
۵۷- دنابسپاراز هم خاصیت نوکلئازی دارد و هم فعالیت بسپارازی.
۵۸- آنزیم دنابسپاراز با فعالیت بسپارازی خود می‌تواند فرایند ویرایش را انجام دهد.
۵۹- در استرپتوکوکوس نومونیا، کروموزوم (فام‌تن) اصلی به غشای یاخته متصل شده است.
۶۰- در یک یاختهٔ هوسته‌ای بر خلاف یاختهٔ پیش‌هسته‌ای، مولکول دنای حلقوی مشاهده نمی‌شود.
۶۱- در همهٔ پیش‌هسته‌ای‌ها فقط یک نقطهٔ آغاز همانندسازی در دنا وجود دارد.
۶۲- همانندسازی دو جهتی مختص یاخته‌های هوسته‌ای‌ها است.
۶۳- در حین انجام همانندسازی دو جهتی یک حباب شکل می‌گیرد که حاوی ۴ عدد دنابسپاراز و ۲ عدد هلیکاز است.
۶۴- طبق اصول ایوری، می‌توان جفت شدن بازهای مکمل در حین همانندسازی را بررسی نمود. (نهایی - شهریور ۹۰)

سؤالات تستی

۶۵- در رابطه با آزمایشاتی مشابه آزمایش استال و مزلسون، کدام‌یک از عبارات زیر درست است؟
۱) دنای باکتری‌های اولیه که در محیط حاوی ایزوتوپ نیتروژن N^{15} رشد داده شده بودند، یک نوار در بخش بالای لولهٔ گریزانه تشکیل خواهند داد.
۲) دنای باکتری‌های منتقل‌شده به محیط کشت حاوی N^{14} بعد از گذشت ۲۰ دقیقه دو نوار خواهند ساخت، یکی در بالا و دیگری در میانهٔ لوله.
۳) دنای باکتری‌های منتقل‌شده به محیط کشت حاوی N^{14} بعد از گذشت ۴۰ دقیقه فقط یک نوار در میانهٔ لوله تشکیل خواهند داد.
۴) دنای باکتری‌های منتقل‌شده به محیط کشت حاوی N^{14} بعد از گذشت ۶۰ دقیقه دو نوار، یکی در میانه و دیگری در بالای لوله تشکیل خواهند داد.

۶۶- کدام یک از گزینه‌های زیر در دو راهی همانندسازی دیده نمی‌شود؟
۱) دو عدد آنزیم هلیکاز ۲) دو عدد آنزیم دنابسپاراز ۳) یک عدد آنزیم هلیکاز ۴) سه عدد آنزیم از دو نوع متفاوت

۶۷- در کدام‌یک از جانداران زیر احتمالاً فقط یک نقطهٔ آغاز همانندسازی وجود دارد؟
۱) پارامسی ۲) ملخ ۳) استرپتوکوکوس‌نومونیا ۴) اسفنج

۶۸- در کدام‌یک از گزینه‌های زیر نقاط آغاز همانندسازی از سایرین بیش‌تر است؟
۱) مغز استخوان ۲) مورولا ۳) عضلهٔ سه سر ران ۴) چشم

۶۹- کدام‌یک از عبارات زیر درست است؟
۱) واحدهای سازندهٔ دنا، نوکلئوتیدهای تک فسفاته هستند که بر اساس رشتهٔ الگو به هم وصل می‌شوند.
۲) آنزیم هلیکاز با قطع پیوندهای فسفودی‌استر می‌تواند در ویرایش نوکلئوتید اشتباه نقش داشته باشد.
۳) آنزیم دنابسپاراز، نوکلئوتید سه‌فسفاته را به انتهای رشتهٔ دنای در حال تشکیل اضافه می‌کند.
۴) در دوراهی همانندسازی که ساختاری شبیه حرف Y دارد، یک دنابسپاراز و دو عدد هلیکاز مشاهده می‌شود.

۷۰- به تولید و ساخته شدن کدام‌یک از مولکول‌های زیر همانندسازی گفته می‌شود؟
۱) رنا ۲) پروتئین ۳) دنا ۴) گلیکوژن

۷۱- ایزوتوپ سنگین N^{15} در کدام بخش از ساختار مولکول دنا وارد می‌شود؟
۱) باز آلی ۲) قند پنج‌کربنه ۳) گروه فسفات ۴) همهٔ موارد

۷۲- آنزیم هلیکاز چه نوع پیوندهایی را می‌شکند؟
۱) فسفودی استر ۲) یونی ۳) اشتراکی ۴) هیدروژنی

۷۳- در محلی که دو رشتهٔ دنا از هم باز می‌شوند، ..... ساختار ..... مانند به‌وجود می‌آید.
۱) Y ـ ۴ ۲) X ـ ۴ ۳) Y ـ ۲ ۴) X ـ ۲

۷۴- نوکلئوتیدهای ..... فسفاته با از دست دادن ..... فسفات خود به انتهای رشتهٔ در حال ساخت اضافه می‌شوند.
۱) دو ـ یک ۲) سه ـ دو ۳) سه ـ یک ۴) دو ـ دو

انتخاب واژه

۷۵- در همانندسازی (حفاظتی ـ غیرحفاظتی) در هر یاخته، دناهایی وجود دارد که قطعات قدیم و جدید را به‌صورت پراکنده در خود دارند.
۷۶- آزمایشات استال و مزلسون ثابت کردند که همانندسازی دنا به روش (نیمه حفاظتی ـ حفاظتی) انجام می‌شود.
۷۷- در همانندسازی به روش (نیمه حفاظتی ـ حفاظتی) هر دو رشتهٔ دنای جدید وارد یک یاخته می‌شوند.
۷۸- کار باز کردن ۲ رشتهٔ دنا در هنگام همانندسازی بر عهدهٔ آنزیم (دنابسپاراز ـ هلیکاز) است.
۷۹- آنزیم دنابسپاراز با استفاده از فعالیت (بسپارازی ـ نوکلئازی) خود می‌تواند پیوندهای فسفودی‌استر بسازد.
۸۰- آنزیم دنابسپاراز با استفاده از فعالیت (نوکلئازی ـ بسپارازی) خود می‌تواند در ویرایش نوکلئوتید اشتباه نقش داشته باشد.
۸۱- در هر دو راهی همانندسازی تعداد (دو ـ چهار) آنزیم دنابسپاراز وجود دارد.
۸۲- در هر دو راهی همانندسازی (یک ـ دو) عدد آنزیم هلیکاز قابل مشاهده است.
۸۳- آنزیم دنابسپاراز نوکلئوتیدهای (تک فسفاته ـ سه فسفاته) را به بخش (ابتدای ـ انتهای) رشتهٔ در حال ساخت اضافه می‌کند.
۸۴- نوکلئوتیدهای موجود در ساختار دنا (تک فسفاته ـ سه فسفاته) هستند.
۸۵- (قبل از ـ هم‌زمان با) اضافه شدن نوکلئوتیدهای سه فسفاته به رشتهٔ در حال ساخت، دو عدد از فسفات‌ها از مولکول جدا می‌شوند.
۸۶- فام‌تن (ریزوبیوم ـ قارچ‌ریشه‌ای) از دنای خطی تشکیل شده است.

تعریف کنید

۸۷- همانندسازی
۸۸- همانندسازی حفاظتی
۸۹- همانندسازی نیمه حفاظتی
۹۰- همانندسازی غیرحفاظتی
۹۱- فعالیت نوکلئازی
۹۲- فعالیت پلیمرازی
۹۳- ویرایش
۹۴- دو راهی همانندسازی
۹۵- نقطهٔ آغاز همانندسازی

پاسخ دهید

۹۶- علت همانندسازی دقیق دنا چیست؟
۹۷- طرح‌های پیشنهادی برای همانندسازی دنا را نام ببرید.
۹۸- آزمایشات استال و مزلسون کدام طرح همانندسازی دنا را تأیید کردند؟
۹۹- سه عامل مؤثر در همانندسازی را ذکر کنید.
۱۰۰- قبل از آغاز همانندسازی چه تغییری در ساختار کروماتین ایجاد می‌شود؟
۱۰۱- در یک دو راهی همانندسازی چه تعداد آنزیم و از چه نوعی وجود دارد؟
۱۰۲- برای همانندسازی دنا در ابتدا کدام آنزیم وارد عمل می‌شود؟ نقش این آنزیم چیست؟ (نهایی ـ شهریور ۹۱)
۱۰۳- ویرایش مولکول دنا توسط چه آنزیمی صورت می‌گیرد؟ نام ببرید. (نهایی ـ دی ۹۰)
۱۰۴- مفهوم همانندسازی نیمه حفاظتی را بنویسید. (نهایی ـ خرداد ۹۱)
۱۰۵- در مورد همانندسازی دنا به سؤالات زیر پاسخ دهید: (نهایی ـ دی ۹۱)
آ) کدام آنزیم باعث جدا شدن دو رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی دنا در طی همانندسازی می‌شود؟
ب) کدام آنزیم در فرایند ویرایش مؤثر است؟
۱۰۶- آنزیم دنابسپاراز چگونه مانع بروز اشتباه در حین همانندسازی می‌شود؟ (نهایی ـ خرداد ۹۲ـ با اندکی تغییر)
۱۰۷- در ارتباط با همانندسازی دنا به سؤالات زیر پاسخ دهید: (نهایی ـ دی ۹۲)
آ) کدام آنزیم نوکلئوتیدهای غلط را جدا و آن را با نوکلئوتید درست تعویض می‌کند؟
ب) باکتری‌ها معمولاً دارای چند دو راهی همانندسازی هستند؟

۱۰۸- به سؤالات زیر پاسخ دهید: (نهایی ـ خرداد ۹۳)

آ) در همانندسازی دنا، آنزیم هلیکاز موجب گسستگی کدام پیوندهای این مولکول می‌شود؟

ب) تعداد دو راهی همانندسازی را در باکتری‌ها و سلول‌های یوکاریوتی با هم مقایسه کنید.

۱۰۹- در همانندسازی دنا، دنابسپاراز چگونه ویرایش را انجام می‌دهد؟ (نهایی ـ شهریور ۹۳)

۱۱۰- پاسخ سؤالات زیر را بنویسید: (نهایی ـ دی ۹۳)

آ) در همانندسازی دنا کدام آنزیم کار ویرایش را بر عهده دارد؟

ب) کدام‌یک از جانوران مقابل، بیش از ۲ دو راهی همانندسازی ایجاد می‌کنند؟ ۱) باکتری ۲) انسان

۱۱۱- در ارتباط با همانندسازی دنا به پرسش‌های زیر پاسخ دهید: (نهایی ـ خرداد ۹۴)

آ) آنزیم دنابسپاراز علاوه‌بر کمک به همانندسازی دنا، چه توانایی دیگری دارد؟ (نام ببرید)

ب) در کدام یک از یاخته‌های زیر هنگام همانندسازی دنا، معمولاً ۲ دو راهی همانندسازی تشکیل می‌شود؟ ۱) استرپتوکوکوس نومونیا ۲) لنفوسیت B انسان

۱۱۲- محل خاصی را که دو راهی همانندسازی در آن به‌وجود می‌آید، نام ببرید. (نهایی ـ شهریور ۹۴)

۱۱۳- چرا تعداد نقاط آغاز همانندسازی در هوسته‌ای‌ها بیش از یک عدد است؟

۱۱۴- تعداد نقاط آغاز مورد استفاده در هوسته‌ای‌ها به چه عواملی بستگی دارد؟

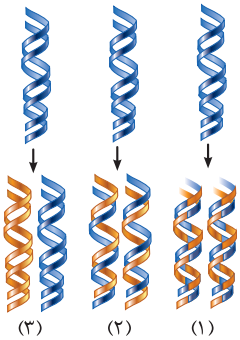
۱۱۵- در کدام مراحل از رشد و نمو، تعداد نقاط آغاز همانندسازی زیاد و در کدام مراحل کم‌تر می‌شود؟

پرسش‌های رابطه‌ای

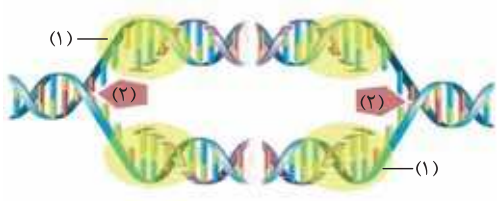
A	B
۱۱۶- وجود قطعات قدیم و جدید دنا به‌صورت پراکنده در یاخته	آ) پیش‌هسته‌ای‌ها
۱۱۷- وجود اغلب یک نقطهٔ آغاز همانندسازی	ب) دو راهی همانندسازی
۱۱۸- تأیید این طرح توسط آزمایش استال و مزلسون انجام شد.	پ) فعالیت نوکلئازی
۱۱۹- تعداد نقاط آغاز همانندسازی در این مرحله زیاد است.	ت) همانندسازی غیرحفاظتی
۱۲۰- شکستن پیوند فسفودی‌استر	ث) دنابسپاراز (DNA پلیمراز)
۱۲۱- این آنزیم توانایی شکستن پیوندهای هیدروژنی را دارد.	ج) همانندسازی نیمه حفاظتی
۱۲۲- تشکیل پیوند فسفودی‌استر	چ) سبزدیسه و راکیزه
۱۲۳- این آنزیم توانایی تشکیل و شکستن پیوند فسفودی‌استر را دارد.	ح) موروا
۱۲۴- در این اندامک‌ها دنای حلقوی دیده می‌شود.	خ) هلیکاز
۱۲۵- ساختاری که در نقطهٔ آغاز همانندسازی تشکیل می‌شود.	د) فعالیت بسپارازی

سؤالات تصویری

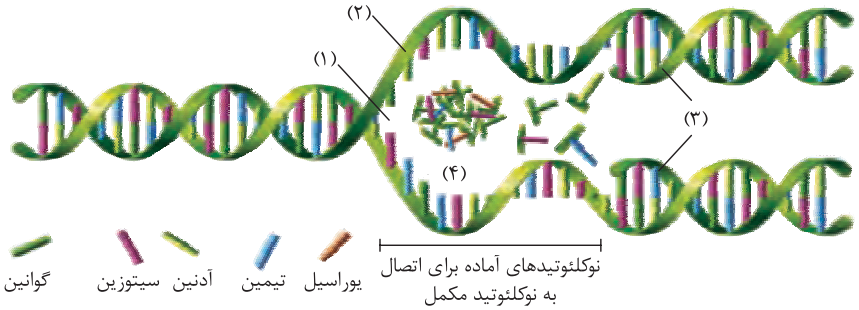
۱۲۶- هر یک از طرح‌های مقابل کدام نوع همانندسازی را نشان می‌دهد؟



۱۲۷- طرح مقابل چه فرایندی را نشان می‌دهد؟ شماره‌های مشخص‌شده را نام‌گذاری کنید.



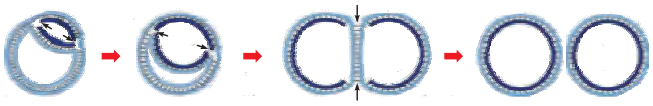
۱۲۸- نام‌گذاری کنید.



۱۲۹- آ) تصویر زیر کدام نوع همانندسازی را نشان می‌دهد؟

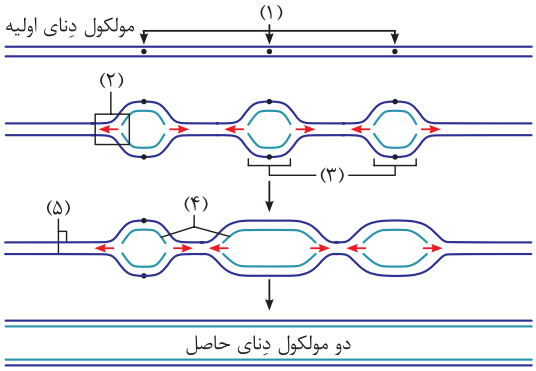
ب) این نوع همانندسازی در کدام دسته از جانداران قابل مشاهده است؟

پ) چند نقطهٔ آغاز در این نوع همانندسازی وجود دارد؟



۱۳۰- آ) طرح زیر همانندسازی دنا را در کدام جانداران نشان می‌دهد؟

ب) شماره‌های مشخص‌شده را نام‌گذاری کنید.



پاسخ سؤالات

۱ اطلاعات یاخته
۲ رابطهٔ مکملی بین بازها
۳ مزلسون ـ استال
۴ ایزوتوپ سنگین نیتروژن (^{15}N)
۵ بیش‌تری ـ سانتریفیوژ سرعت بالا (فراگریزانه)
۶ ^{15}N
۷ ^{14}N
۸ ۲۰ دقیقه
۹ سزیم کلرید
۱۰ چگالی ـ سنگین‌تر
۱۱ نیمه حفاظتی
۱۲ یک ـ انتهایی
۱۳ یک ـ میانه
۱۴ دو ـ بالا و میانی
۱۵ بسته ـ باز
۱۶ هیستون‌ها
۱۷ هلیکاز
۱۸ DNA پُلیمراز (دنابسپاراز)
۱۹ سه فسفاته
۲۰ Y ـ دوراهی همانندسازی
۲۱ انتهای
۲۲ بازی
۲۳ دو
۲۴ نوکلئازی
۲۵ بسپارازی ـ نوکلئازی
۲۶ یک دنای حلقوی ـ سیتوپلاسم
۲۷ غشای پلاسمایی یاخته
۲۸ دیسک (پلازمید)
۲۹ کروموزوم (فام‌تن) ـ خطی
۳۰ هیستون
۳۱ خطی ـ حلقوی
۳۲ میتوکندری (راکیزه) ـ کلروپلاست (سبزدیسه)
۳۳ نقطهٔ آغاز همانندسازی
۳۴ چندین

۳۵ مراحل رشد و نمو

۳۶ افزایش

۳۷ زیاد ـ زیاد

۳۸ دنابسپاراز (DNA پلیمراز)

۳۹ درست

۴۰ نادرست ـ در همانندسازی حفاظتی هر ۲ رشتهٔ جدید حاصله وارد یک یاخته شده و یاختهٔ دیگر دارای ۲ رشتهٔ قدیمی خواهد بود.

۴۱ نادرست ـ در همانندسازی غیرحفاظتی هر کدام از دناهای حاصله، قطعاتی از رشته‌های قدیمی و جدید را به‌صورت پراکنده در خود خواهد داشت.

۴۲ نادرست ـ در همانندسازی نیمه حفاظتی در هر یاخته دنایی داریم که یک رشتهٔ جدید و یک رشتهٔ قدیمی دارد.

۴۳ درست

۴۴ درست

۴۵ نادرست ـ استال و مزلسون باکتری‌های حاوی دنای سنگین را به محیط کشت حاوی N^{14} انتقال دادند.

۴۶ درست

۴۷ نادرست ـ در دنای باکتری‌های اولیه تماماً N^{15} وجود داشته و بنابراین فقط یک نوار در لوله مشاهده گردید. (در بخش انتهایی لوله)

۴۸ درست

۴۹ نادرست ـ بعد از دور دوم همانندسازی (بعد از ۴۰ دقیقه) دو نوار در لوله مشاهده شد؛ یکی در میانهٔ لوله و دیگری در بخش بالایی لوله.

۵۰ نادرست ـ فقط در محلی که قرار است همانندسازی انجام شود، دو رشته از هم باز می‌شوند. بقیهٔ قسمت‌ها بسته‌اند و به تدریج توسط هلیکاز باز می‌گردند.

۵۱ نادرست ـ واحدهای سازندهٔ دنا، نوکلئوتیدهای سه فسفاته‌اند که توسط دنابسپاراز به انتهای رشتهٔ در حال ساخت متصل می‌گردند و قبل از اتصال، ۲ فسفات را از دست می‌دهند.

۵۲ نادرست ـ قبل از همانندسازی، هیستون‌ها از دنا جدا می‌شوند.

۵۳ درست ـ هلیکاز و دنابسپاراز

۵۴ درست ـ ۲ عدد دنابسپاراز و یک عدد هلیکاز

۵۵ نادرست ـ دنابسپاراز نوکلئوتیدها را به انتهای رشتهٔ در حال تشکیل می‌افزاید.

۵۶ نادرست ـ اگرچه آنزیم، نوکلئوتیدها را بر اساس رابطهٔ مکملی کنار هم قرار می‌دهد، ولی گاهی در این مورد اشتباهاتی هم صورت می‌گیرد که آنزیم در نهایت آن‌ها را ویرایش می‌کند.

۵۷ درست

۵۸ نادرست ـ فرایند ویرایش، حاصل فعالیت نوکلئازی دنابسپاراز است.

۵۹ درست ـ استرپتوکوکوس نومونیا یک باکتری است! در باکتری‌ها، کروموزوم اصلی یک دنای حلقوی متصل به غشا است.

۶۰ نادرست ـ در راکیزه و سبزدیسه مولکول دنای حلقوی وجود دارد.

۶۱ نادرست ـ در اغلب پیش‌هسته‌ای‌ها (پروکاریوت‌ها) فقط یک نقطهٔ آغاز همانندسازی وجود دارد، نه در همهٔ آن‌ها!

۶۲ نادرست ـ در پیش‌هسته‌ای‌ها هم همانندسازی دو جهتی وجود دارد.

۶۳ درست

۶۴ نادرست ـ طبق اصول چارگاف و مدل واتسون و کریک، می‌توان جفت شدن بازهای مکمل در حین همانندسازی را بررسی نمود.

۶۵ گزینهٔ (۴) ـ دور سوم همانندسازی (بعد از گذشت ۶۰ دقیقه) مشابه همان دور دوم خواهد بود. در آزمایشات استال و مزلسون در دور دوم، دو نوار یکی در بالا و دیگری در میانهٔ لولهٔ آزمایش تشکیل شد.

۶۶ گزینهٔ (۱) ـ در دو راهی همانندسازی ۱ عدد هلیکاز و ۲ عدد دنابسپاراز (DNA پلیمراز) دیده می‌شود؛ یعنی ۳ عدد آنزیم از ۲ نوع متفاوت.

۶۷ گزینهٔ (۳) ـ در پیش‌هسته‌ای‌ها (پروکاریوت‌ها) اغلب فقط یک نقطهٔ آغاز همانندسازی مشاهده می‌شود. استرپتوکوکوس نومونیا یک پیش‌هسته‌ای و سایر گزینه‌ها، هوهسته‌ای هستند.

۶۸ گزینهٔ (۲) ـ در دوران جنینی در مراحل مورولا و بلاستولا سرعت تقسیم زیاد و نقاط آغاز هم زیاد است ولی پس از تشکیل اندام‌ها، سرعت تقسیم و نقاط آغاز کم می‌شوند.

۶۹ گزینهٔ (۳)

بررسی سایر گزینه‌ها:

۱) نادرست ـ واحدهای سازندهٔ دنا، نوکلئوتیدهای آزاد داخل یاخته و سه فسفاته هستند.

۲) نادرست ـ آنزیم دنابسپاراز با قطع پیوندهای فسفودی‌استر و خاصیت نوکلئازی خود می‌تواند در فرایند ویرایش نوکلئوتید اشتباه نقش داشته باشد.

۴) نادرست ـ در دو راهی همانندسازی که شبیه حرف Y است، دو عدد دنابسپاراز (DNA پلیمراز) و یک عدد هلیکاز وجود دارد.

۷۰ گزینهٔ (۳)

۷۱ گزینهٔ (۱)

۷۲ گزینهٔ (۴)

۷۳ گزینهٔ (۳)

۷۴ گزینهٔ (۲)

۷۵ غیرحفاظتی

۷۶ نیمه حفاظتی

۷۷ حفاظتی

۷۸ هلیکاز

۷۹ بسپارازی (پلیمرازی)

۸۰ نوکلئازی

۸۱ دو

۸۲ یک

۸۳ سه فسفاته ـ انتهای

۸۴ تک فسفاته

۸۵ هم‌زمان با

۸۶ قارچ‌ریشه‌ای

۸۷ به ساخته شدن مولکول دنای جدید از روی دنای قدیمی همانندسازی گویند.

۸۸ نوعی از همانندسازی که در آن هر دو رشتهٔ قدیمی به‌صورت دست‌نخورده باقی مانده و وارد یکی از یاخته‌های حاصل از تقسیم می‌شوند و دو رشتهٔ دنای جدید هم وارد یاختهٔ دیگر می‌گردند.

۸۹ در این طرح در هر یاخته یکی از دو رشتهٔ دنا مربوط به دنای اولیه و رشتهٔ دیگر با نوکلئوتیدهای جدید ساخته شده است.

۹۰ طرحی است که بر اساس آن هر کدام از دناهای حاصل، قطعاتی از رشته‌های قبلی و رشته‌های جدید را به‌صورت پراکنده در خود دارند.

۹۱ توانایی بریدن دنا را فعالیت نوکلئازی گویند که در آن پیوند فسفودی‌استر می‌شکند.

۹۲ فعالیت آنزیم دنابسپاراز را گویند که در آن پیوند فسفودی‌استر تشکیل می‌شود.

۹۳ فعالیت نوکلئازی دنابسپاراز را که باعث تصحیح اشتباهات در همانندسازی می‌شود، ویرایش گویند.

۹۴ در محلی که دو رشتهٔ دنا از هم جدا شده‌اند، ساختاری شبیه حرف Y ایجاد می‌شود که دو راهی همانندسازی نام دارد.

۹۵ این نقطه جایگاه خاصی از دنا است که از آن‌جا دو رشتهٔ دنا از هم باز می‌شوند.

۹۶ با وجود رابطهٔ مکملی بین بازها تا حد زیادی همانندسازی دقیق دنا (DNA) قابل توضیح است.

۹۷ همانندسازی حفاظتی ـ نیمه حفاظتی ـ غیرحفاظتی

۹۸ طرح نیمه حفاظتی

۹۹ ۱) مولکول دنا به عنوان الگو ۲) آنزیمی که نوکلئوتیدها را به‌صورت مکمل کنار هم قرار دهد. ۳) واحدهای سازندهٔ دنا که بتواند در کنار هم نسخهٔ مکمل الگو را بسازند. این واحدها نوکلئوتیدهای سه فسفاته هستند.

۱۰۰ پروتئین‌های اطراف دنا (DNA) یعنی هیستون‌ها از آن جدا می‌شوند.

۱۰۱ دو عدد دنابسپاراز (DNA پلیمراز) و یک عدد هلیکاز

۱۰۲ هلیکاز ـ شکستن پیوندهای هیدروژنی بین بازهای مکمل و جدا کردن دو رشتهٔ دنا از هم

۱۰۳ DNA پلیمراز (دنابسپاراز)

۱۰۴ در این طرح در هر یاخته، یکی از دو رشتهٔ دنای (DNA) آن مربوط به دنای اولیه است و رشتهٔ دیگر با نوکلئوتیدهای جدید ساخته شده است. چون در هر یاختهٔ حاصل فقط یکی از دو رشتهٔ دنای قبلی وجود دارد، به آن نیمه حفاظتی گویند.

۱۰۵ آ) هلیکاز ب) DNA پلیمراز (دنابسپاراز)

۱۰۶ برای جلوگیری از اشتباه در حین همانندسازی، آنزیم دنابسپاراز پس از برقراری پیوند فسفودی‌استر، یک بار برمی‌گردد و نوکلئوتید را بازبینی می‌کند که رابطهٔ آن صحیح است یا غلط. اگر اشتباه باشد آن را حذف کرده و نوکلئوتید درست را قرار می‌دهد. برای حذف نوکلئوتید غلط باید بتواند پیوند فسفودی‌استر را بشکند و آن را از دنا جدا کند. این کار را با فعالیت نوکلئازی خود انجام می‌دهد.

۱۰۷ آ) دنابسپاراز (DNA پلیمراز) ب) دو عدد

۱۰۸ آ) هیدروژنی ب) در باکتری‌ها معمولاً ۲ عدد ولی در یوکاریوت‌ها زیاد

۱۰۹ دنابسپاراز بعد از برقراری پیوند فسفودی‌استر یک بار برمی‌گردد و نوکلئوتید را از نظر صحت رابطهٔ مکملی بازبینی می‌نماید. در صورتی‌که نوکلئوتید نادرست باشد، با خاصیت نوکلئازی خود پیوند فسفودی‌استر آن را قطع کرده و آن را با یک نوکلئوتید درست جایگزین می‌کند.

۱۱۰ آ) دنابسپاراز ب) انسان

۱۱۱ آ) ویرایش ب) استرپتوکوکوس نومونیا

۱۱۲ نقطهٔ آغاز همانندسازی

۱۱۳ زیرا در یوکاریوت‌ها مقدار زیادی دنا (DNA) در چندین فام‌تن (کروموزوم) وجود دارد. اگر فقط یک نقطهٔ شروع در هر کروموزوم داشته باشند، مدت زمان لازم برای انجام همانندسازی بسیار زیاد می‌شود.

۱۱۴ بسته به مراحل رشد و نمو تنظیم می‌شود. ابتدا با تعدادی آغاز می‌شود. هنگامی که سرعت تقسیم سلولی زیاد می‌شود، تعداد نقاط شروع مورد استفاده هم افزایش می‌یابد.

۱۱۵ در دوران جنینی در مراحل مورولا و بلاستولا سرعت تقسیم زیاد و نقاط آغاز همانندسازی هم زیاد است، ولی پس از تشکیل اندام‌ها سرعت تقسیم و نقاط آغاز کم می‌شوند.

۱۱۶ ت

۱۱۷ آ

۱۱۸ ج

۱۱۹ ح

۱۲۰ پ

۱۲۱ خ

۱۲۲ د

۱۲۳ ث

۱۲۴ چ

۱۲۵ ب

۱۲۶ ۱) غیرحفاظتی (پراکنده)
۲) نیمه حفاظتی
۳) حفاظتی

۱۲۷ همانندسازی دنا (DNA)
۱) دنابسپاراز (DNA پلیمراز)
۲) هلیکاز

۱۲۸ ۱) دوراهی همانندسازی
۲) رشتهٔ الگو
۳) رشته‌های در حال تشکیل
۴) نوکلئوتیدهای سه‌فسفاته

۱۲۹ آ) همانندسازی دوجهتی
ب) در پروکاریوت‌ها (پیش‌هسته‌ای‌ها)
پ) یک نقطهٔ آغاز

۱۳۰ آ) در یوکاریوت‌ها (هوسته‌ای‌ها)
ب) ۱) نقاط شروع همانندسازی
۲) دوراهی همانندسازی
۳) بخش‌های بازشدهٔ DNA
۴) رشته‌های جدید
۵) رشته‌های مادری