

فصل اول
DNA و جایگاهش در چرخه‌ی یاخته‌ای

۱ از نتایج آزمایشات گریفیت ..... .

۱ چگونگی انتقال مادهٔ وراثتی مشخص شد.
۲ عامل بیماری آنفلوانزا شناسایی شد.
۳ ماهیت مادهٔ ژنتیکی مشخص شد.
۴ مشخص شد، مادهٔ وراثتی، امکان انتقال بین یاخته‌ها را دارد.

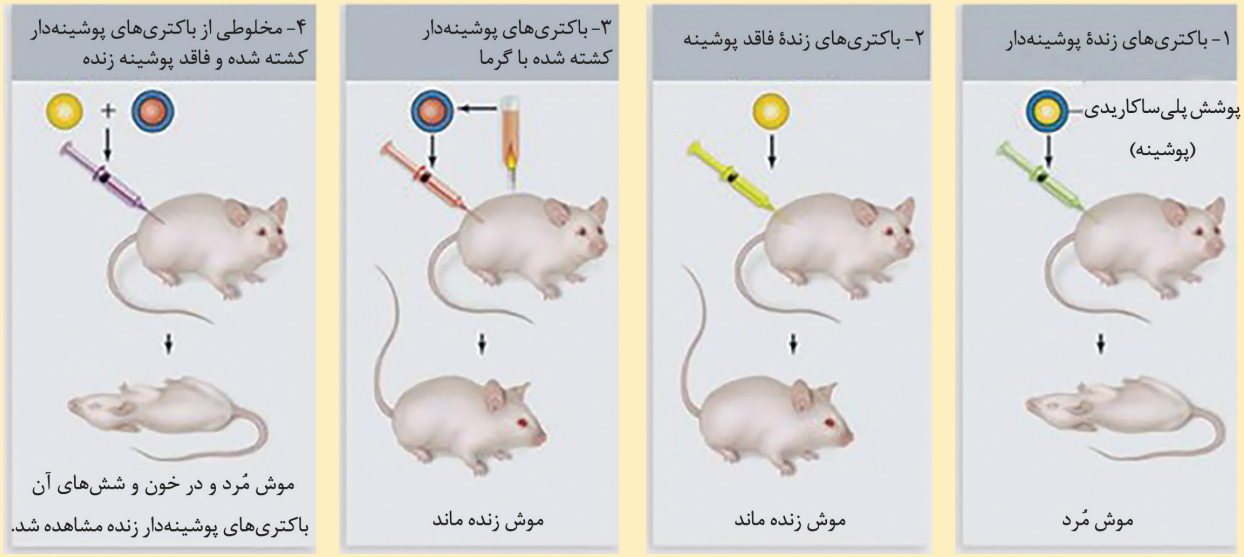
نکته ۱

اکتشافات مربوط به DNA

خدمت شما عرض شود که اولاً فکر نکنید گریفیت و ایوری و دارو دسته‌اش و الباقی رفقاشون اسم نوکلئیک اسید رو براش انتقاب کردن‌ها! درواقع اسم نوکلئیک اسید اولین بار توسط فردریک میشر استفاده شد که چون متوجه شد ترکیباتی که درون هسته وجود دارند، ماهیت اسیدی دارند، اسمشونو گذاشت اسید هسته‌ای که ما هم ترجمه‌اش کردیم نوکلئیک اسید!

و قصه‌ی کتاب دوازدهم در بخش معرفی مولکولی به نام DNA [بخوانید دِنا] از اونجایی شروع می‌شه که یک دانشمندی به نام گریفیت فکر می‌کرده که عامل بیماری آنفلوانزا نوعی باکتری به نام استرپتوکوکوس نومونیا است و به دنبال کشف واکسن این باکتری بوده!

گریفیت اثرات دو گونه باکتری استرپتوکوکوس نومونیای کپسول‌دار و بدون کپسول رو روی موش‌های آزمایشگاهی امتحان کرد و دید که اگر استرپتوکوکوس نومونیای کپسول‌دار یا پوشینه‌دار رو به موش‌ها تزریق بکنه موش‌ها سینه‌پهلو می‌گیرن و می‌میرن و اگر نوع بدون کپسول اون رو تزریق بکنه زنده می‌مونن. بنابراین از آزمایشات اول و دومش نتیجه گرفت که استرپتوکوکوس نومونیای پوشینه‌دار و بدون پوشینه به ترتیب بیماری‌زا و غیر بیماری‌زا هستن. بعد با خودش فکر کرد که «چون باکتری پوشینه‌دار سبب بیماری موش می‌شه و باکتری بدون پوشینه در موش بیماری ایجاد نمی‌کنه، حتماً پوشینه، عامل بیماریه» و برای اینکه متوجه بشه که آیا عامل ایجاد بیماری پوشینه هست یا نه، باکتری پوشینه‌دار رو تحت تأثیر حرارت قرار داد و بعد باکتری حرارت‌دیده رو که عملاً مرده بود اما پوشینه‌ی اون –که از جنس پلی‌ساکاریده و تا حدی به حرارت مقاومه– باقی مونده بود، به موش‌ها تزریق کرد و دید که در موش‌ها بیماری ایجاد نشد. بنابراین متوجه شد که پوشینه به تنهایی عامل بیماری نیست. بعدش در یک آزمایش هیجان‌انگیز، باکتری‌های بدون پوشینه‌ی زنده رو به همراه باکتری‌های پوشینه‌دار حرارت دیده به موش‌ها تزریق کرد و نه‌تنها دید که موش‌ها فوت می‌کنند(!) بلکه تونست از خون و شش موش‌ها، باکتری پوشینه‌دار استخراج کنه! بعد از اون گریفیت حسابی به فکر فرو رفت. با خودش فکر کرد چطوره که تو آزمایش دوم وقتی باکتری‌های بدون پوشینه رو به موش تزریق کردم، موش‌ها طوریشون نشد و تو آزمایش سوم وقتی باکتری‌های پوشینه‌دار حرارت‌دیده رو به موش تزریق کردم باز هم موش‌ها طوریشون نشد اما وقتی مخلوط این دو تا رو به موش زدم باعث مردن موش‌ها شد؟ و اونجا بود که به فکرش رسید حتماً صفت پوشینه‌دار شدن به باکتری‌های بدون پوشینه انتقال پیدا کرده و به‌طور خلاصه اعلام کرد که «بین یاخته‌ها، امکان انتقال صفت وجود داره.» اما اینکه این انتقال صفت توسط کی صورت گرفته بود و ماهیت ماده ژنتیک چیه، توسط گریفیت مشخص نشد، در واقع گریفیت و تا مدتی دانشمندان بعد از اون، بیشتر نظرشون این بود که ماده‌ی ژنتیک جنس پروتئینی داره.



بعدش نوبت رسید به ایوری و رفقاش. ایوری برای اینکه بررسی کنه آیا واقعاً ماهیت ماده‌ی ژنتیک پروتئینه یا نه، اومد از عصاره‌ی باکتری‌های پوشینه‌دار، پروتئین‌ها رو حذف کرد و بعد اون‌ها رو به محیط کشت باکتری‌های بدون پوشینه وارد کرد و با کمال تعجب دید که انتقال صفت صورت می‌گیره. بنابراین با خودش فکر کرد: «عامل انتقال صفت نمی‌تونه پروتئین باشه چون حتی با وجود حذف پروتئین‌ها، همچنان انتقال صفت صورت می‌گیره.» بعد در آزمایش دوم عصاره‌ی باکتری‌های پوشینه‌دار رو گریزانه (سانتریفیوژ) کرد و هر کدوم از لایه‌های حاصل از سانتریفیوژ رو به محیط کشت باکتری‌های فاقد پوشینه وارد کرد و متوجه شد که انتقال صفت فقط توسط لایه‌ی دنا صورت می‌گیره، یعنی عامل انتقال صفت پروتئین نیست اما دنا هست! اما چون همچنان دانشمندهای دیگه سر حرفشون وایساده بودن که عامل انتقال صفت دنا نیست یه آزمایش دیگه هم توسط ایوری و رفقاش صورت گرفت تا بتونه جلوی حرفای الکی همه‌ی دانشمندای دیگه رو بگیره. تو این آزمایش عصاره‌ی باکتری‌های پوشینه‌دار رو به چند قسمت تقسیم کرد بعد از اضافه کردن یک نوع آنزیم تجزیه‌کننده به هر قسمت، اون رو وارد محیط کشت باکتری‌های بدون پوشینه کرد و دید که انتقال صفت در همه‌ی ظرف‌ها صورت می‌گیره به‌جز ظرفی که بهش آنزیم نوکلئاز [آنزیم تجزیه‌کننده DNA و سایر نوکلئیک اسیدها] اضافه شده بود و اینجوری شد که دیگه همه فهمیدن عامل انتقال صفت دنای خودمونه!

بعد از ایوری دانشمندای دیگه‌ای اومدن و خرده خرده، نظراتی رو ارائه دادن. چارگاف روسی اعلام کرد که در ساختار دنا، آدنین با تیمین و سیتوزین با گوانین برابرند.

*فرانکلین و ویلکینز به کمک اشعه‌ی **x** نشون دادن که مولکول DNA مارپیچه و بیشتر از یه رشته داره. روشی که فرانکلی و ویلی! استفاده کردن روش بسیار جالبیه که امروزه هم کاربرد داره و میشه به کمک اون، حتی ابعاد مولکول‌ها و جایگاه اتم‌های اونها رو مشخص کرد. نهایتاً واتسون و کریک که اون موقع‌ها خیلی جَوون بودن مدل فعلی الآن دنا رو که به نردبان مارپیچ یا مارپیچ دو رشته‌ای شهرت داره، اعلام کردن که بر طبق اون، مولکول DNA مارپیچی دو رشته‌ایه که دراون نرده‌ها قند و فسفات و پله‌ها بازهای آلی‌اند (که با پیوند هیدروژنی به یکدیگر متصل هستند). خلاصه این جماعتی که خدمتتون توضیح دادیم در نهایت مولکول DNA رو معرفی کردند تا شما امروز مجبور بشید، بشینید و نکته‌های مربوط به **DNA** رو مطالعه کنید. ☺*

پاسخ: توجه داشته باشید که به کمک آزمایشات گریفیت عامل بیماری آنفلوانزا شناسایی نشد! همچنین چگونگی انتقال مادهٔ وراثتی و ماهیت مادهٔ ژنتیکی هم مشخص نشد اما مشخص شد که مادهٔ وراثتی امکان انتقال بین یاخته‌ها را دارد. بنابراین تنها گزینهٔ قابل قبول گزینهٔ چهار است. ۴

۲ در آزمایشاتِ ایوری، با افزودنِ مخلوطِ عصارهٔ باکتری‌های ..... و آنزیم تخریب‌کنندهٔ ..... به محیط کشت باکتری‌های ..... انتقالِ صفت صورت ..... .

۱) پوشینه‌دار ـ پروتئین ـ بدون پوشینه ـ گرفت
۲) بدون پوشینه ـ پروتئین ـ پوشینه‌دار ـ نگرفت
۳) پوشینه‌دار ـ دنا ـ بدون پوشینه ـ گرفت
۴) بدون پوشینه ـ دنا ـ پوشینه‌دار ـ گرفت

پاسخ: توجه داشته باشید که در آخرین آزمایشات ایوری عصارهٔ باکتری‌های پوشینه‌دار استخراج و به چند قسمت تقسیم و به هر قسمت آنزیم تخریب‌کنندهٔ یک مادهٔ آلی اضافه شد و این مخلوط به محیط کشتِ باکتری‌های بدون پوشینه انتقال پیدا کرد [تا اینجا گزینه‌های دو و چهار نادرست می‌باشند.] سپس مشاهده شد که در همهٔ ظروف انتقال صورت می‌گیرد به جز ظرفی که حاوی آنزیم تخریب‌کنندهٔ دنا است. بنابراین گزینهٔ یک صحیح است یعنی اگر مخلوطی از عصارهٔ باکتری‌های پوشینه‌دار و آنزیم تخریب‌کنندهٔ پروتئین به محیط کشت باکتری‌های بدون پوشینه انتقال یابد، انتقال صفت صورت می‌گیرد.

۳ چند مورد درباره جاندار اصلی مورد مطالعه‌ی گریفیت صحیح نمی‌باشد؟

الف) **همه‌ی آنها دارای غشا و پوشش پلی‌ساکاریدیِ پوشینه می‌باشند.**
ب) **ژنوم هر کدام از آن‌ها یک نقطه‌ی آغاز همانندسازی و یک نقطه‌ی پایان همانندسازی دارد.**
ج) **ژنوم جاندار به واسطه‌ی پروتئین‌هایی به نام هیستون فشرده می‌گردد.**
د) **همه‌ی گونه‌های آنها موجب بیماری آنفلوانزا در موش‌ها می‌شود.**

۱) ۱ ۲) ۳ ۳) ۲ ۴) ۴

پاسخ: جاندار اصلی مورد مطالعهٔ گریفیت باکتری استرپتوکوکوس نومونیا می‌باشد. همانطور که می‌دانید همه‌ی آنها دارای غشا بوده اما پوشینه یا همان کپسول در بین آن‌ها عمومیت ندارد [رد الف]. با توجه به متن کتاب درسی اغلب پیش‌هسته‌ای‌ها (پروکاریوت‌ها) دارای یک جایگاه آغاز همانندسازی می‌باشند؛ پس نمی‌توان گفت همه باکتری‌ها یک جایگاه آغاز و یک نقطه پایان همانندسازی دارند [رد ب]. باکتری‌ها فاقد پروتئین هیستون در ساختار ژنوم خود می‌باشند. [رد ج] و همچنین استرپتوکوکوس نومونیا عامل بیماری سینه‌پهلو می‌باشد نه آنفلوانزا (!) [رد د] بنابراین هیچ یک از موارد صحیح نمی‌باشد.

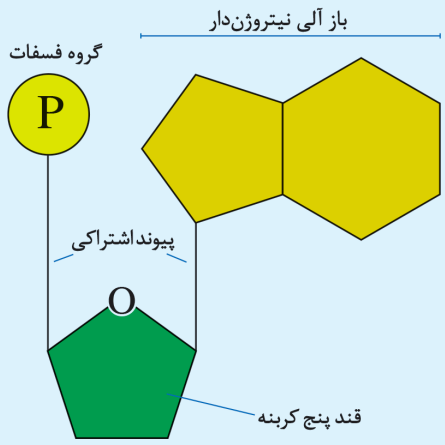
۴ کدام در ساختار DNA وجود دارد؟

۱) dAMP ۲) dATP ۳) dCTP ۴) rUMP

نکته ۲

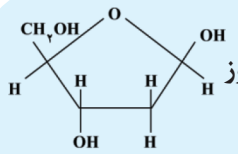
ساختار نوکلئیک اسید

نوکلئیک اسیدها که شامل **دئوکسی ریبونوکلئیک اسید** (دِنا) و **ریبونوکلئیک اسید** (رِنا) هستند، همگی بسپارهایی (پلیمرهایی) از واحدهای تکرارشونده به نام **نوکلئوتید** هستند. هر نوکلئوتید شامل سه بخش است: یک قند پنج کربنه، یک باز آلی نیتروژن‌دار و یک تا سه گروه فسفات. قند پنج کربنه در دِنا، **دئوکسی ریبوز** و در رِنا، **ریبوز** است. دئوکسی ریبوز یک اکسیژن کمتر از ریبوز دارد. **باز آلی نیتروژن‌دار** می‌تواند **پورین** باشد که ساختار دو حلقه‌ای دارد؛ شامل آدنین (A) و گوانین (G) یا می‌تواند **پیریمیدین** باشد که ساختار تک حلقه‌ای دارد و شامل تیمین (T) سیتوزین (C) و یوراسیل (U) است. که باز تیمین به دِنا و باز یوراسیل به رِنا اختصاص دارد و در دیگری دیده نمی‌شود.



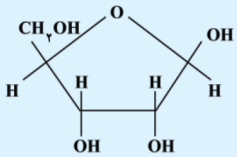
برای تشکیل یک نوکلئوتید، باز آلی نیتروژن‌دار و گروه یا گروه‌های فسفات با پیوند اشتراکی (کووالانسی) به دو سمت قند متصل می‌شوند.

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



نوکلئیک اسیدها

DNA ← (مونومر) دئوکسی ریبونوکلئوتید
- قند ۵ کربنه دئوکسی ریبوز
- یک تا سه گروه فسفات
- باز آلی: آدنین (A)، گوانین (G)، سیتوزین (C)، تیمین (T)

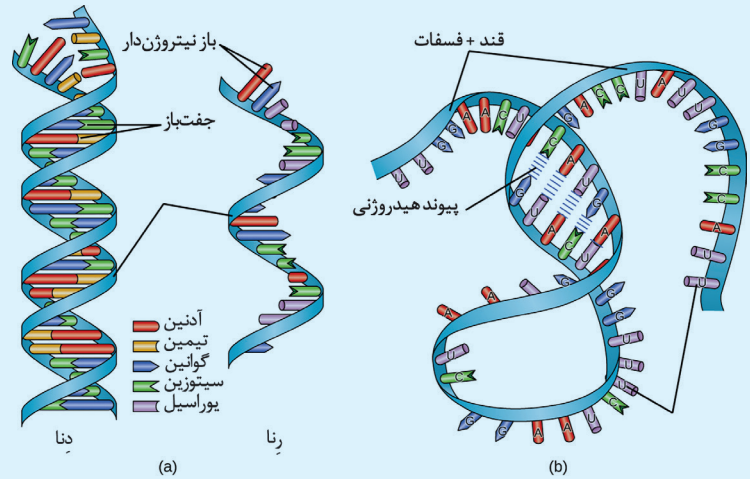


RNA ← (مونومر) ریبونوکلئوتید
- قند ۵ کربنه ریبوز
- یک تا سه گروه فسفات
- باز آلی: آدنین (A)، گوانین (G)، سیتوزین (C)، یوراسیل (U)

و همچنین بازهای آلیِ نوکلئوتیدها را مطابق طرح زیر به دو دسته‌ی پیریمیدینی و پورینی تقسیم می‌کنند:

بازهای آلی
- پیریمیدین (تک حلقه‌ای): C، U، T
- پورین (دو حلقه‌ای): G، A

در بین بازهای آلی پیرها (پیریمیدین‌ها) همیشه تک و تنهااند (تک حلقه‌ای) و دائم در حال سوتی دادن! (C,U,T) و جوان‌ها (پورین‌ها) همیشه زوج هستند (دو حلقه‌ای) و دائم دنبال جا! (G,A) برای زندگی هستند.



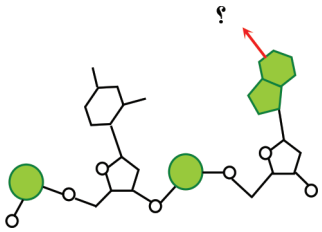
پاسخ: علامت (d) مربوط به قند دئوکسی ریبوز و علامت (r) مربوط به قند ریبوز می‌باشد. بنابراین گزینه‌ی ۴ که قند ریبوز دارد، در ساختار DNA دیده نمی‌شود و dATP و dCTP نیز به دلیل داشتن ۳ گروه فسفات در ساختار DNA وجود ندارند (اگرم داشته باشن ما این‌جا باهاشون کاری نداریم!) پس جواب گزینه‌ی ۱ است.

۵ هر نوکلئوتید با سه حلقه آلی لزوماً ..... .

۱ دارای نوعی باز آلی است که در ساختار هر نوکلئیک اسید مشاهده می‌شود.
۲ دارای یک قند پنج کربنه و سه گروه فسفات می‌باشد.
۳ با نوکلئوتید مکمل خود سه پیوند هیدروژنی برقرار می‌کند.
۴ دارای باز مکمل متفاوت در هنگام رونویسی و همانندسازی است.

پاسخ: منظور از نوکلئوتیدهای سه حلقه‌ای، نوکلئوتیدی دارای باز آدنین یا گوانین می‌باشد که این دو باز می‌توانند هم در ساختار دنا و هم در ساختار رنا مشاهده شوند؛ پس گزینه ۱ صحیح می‌باشد. ضمناً هر نوکلئوتید گر چه قند پنج کربنه را حتماً دارد، اما تعداد گروه‌های فسفات آن بین اعداد یکتا سه متغیّر است. [رد گزینه ۲]. همچنین آدنین با نوکلئوتید مکملش دو پیوند هیدروژنی برقرار می‌کند [رد گزینه ۳]. درسته که باز مکمل آدنین در هنگام رونویسی و همانندسازی فرق دارد اما باز آلی مکمل گوانین همواره سیتوزین می‌باشد [رد گزینه ۴].

۶ در شکل زیر که قسمتی از واحدهای سازنده یک رشته DNA را نشان می‌دهد به جای علامت سؤال کدام باز آلی را باید نوشت؟



۱ تیمین
۲ سیتوزین
۳ گوانین
۴ یوراسیل

پاسخ: همانطور که در شکل مشخص است، علامت سؤال به یک باز آلی دو حلقه‌ای اشاره می‌کند و همانطور که گفتیم، پورین‌ها، شامل بازهای G و A هستند.

۷ چند نوع نوکلئوتید یک فسفاته با باز آلی تک حلقه‌ای در یاخته قابل تصور است؟

۱ ۲ ۲ ۴ ۳ ۸ ۴ ۳

پاسخ: با توجه به بازهای تک حلقه‌ای و نوع قند، مطابق جدول زیر تعداد انواع نوکلئوتیدهای تک فسفاته با باز آلی تک حلقه‌ای برابر است با:

	قند	باز آلی	فسفات	علامت اختصاری
۱	ریبوز(r)	C	۱	rCMP
۲	دئوکسی‌ریبوز(d)	C	۱	dCMP
۳	ریبوز(r)	U	۱	rUMP
۴	دئوکسی‌ریبوز(d)	T	۱	dTMP

۸ چند نوع نوکلئوتید یک فسفاته با باز آلی دو حلقه‌ای، در ساختار DNA قابل تصور است؟

۱ ۲ ۲ ۴ ۳ ۸ ۴ ۱۲

پاسخ: با توجه به بازهای دو حلقه‌ای و نوع قند DNA تعداد انواع نوکلئوتید یک فسفاته با باز آلی دو حلقه‌ای برابر است با:

	قند	باز آلی	فسفات	علامت اختصاری
۱	دئوکسی‌ریبوز (d)	G	۱	dGMP
۲	دئوکسی‌ریبوز (d)	A	۱	dAMP

۹ کشف ..... دنا از نتایج بررسی تصاویر به دست آمده توسط پرتو ایکس، بر روی دنا، نمی‌باشد.

۱) مارپیچی بودن
۲) چند رشته‌ای بودن
۳) برابری تعداد بازهای ۱ و ۲ حلقه‌ای
۴) ابعاد مولکول

نکته ۳

مدل مولکولی دِنا

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

نکات کلیدی مدل واتسون و کریک



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

پیوندهای هیدروژنی بین بازها، دو رشته دِنا را در مقابل هم نگه می‌دارند. این پیوندها بین جفت بازها به صورت اختصاصی تشکیل می‌شوند. آدنین (A) با تیمین (T) روبه‌روی هم قرار می‌گیرند و گوانین (G) با سیتوزین (C) جفت می‌شوند. بین (C) و (G) نسبت به (A) و (T) پیوند هیدروژنی بیشتری تشکیل می‌شود. به این جفت بازها **بازهای مکمل** می‌گویند. مکمل بودن بازهای آلی نتایج آزمایش‌های چارگاف را نیز تأیید می‌کند.

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

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

پاسخ: به کمک نتایج حاصل از بررسی تصاویر به دست آمده توسط پرتو ایکس مشخص شد که دنا حالت مارپیچی دارد و دارای بیش از یک رشته است ضمناً به کمک این روش ابعاد دنا نیز مشخص شد اما برابری تعداد بازهای تک حلقه‌ای و دو حلقه‌ای، حاصل تحقیقات چارگاف بود بنابراین گزینهٔ سه پاسخ مورد نظر است.

۱۰ با توجه به توالی نوکلئوتیدی مقابل، کدام یک توالی رشته‌ی مکمل آن در دنا می‌باشد؟ ACGTAC

۱) TGCTAG
۲) TGCATG
۳) UGCAUG
۴) TCCATG

پاسخ: توالی رشته مکمل عبارتست از:

توالی داده شده: ACGTAC

رشته مقابل: UGCAUG

درضمن گزینه‌ی ۳ هم می‌تواند مکملش باشد اما به هنگام رونویسی برای ساختن رنا نه در دنا!!!

۲

۱۱ اگر مولکول DNA به نردبانی تشبیه شود ..... این نردبان از ..... تشکیل شده است.

۱) پله‌های ـ بازآلی و پیوند هیدروژنی
۲) نرده‌های ـ گروه قند ـ فسفات
۳) پله‌های ـ بازهای آلی و پیوند هیدروژنی
۴) نرده‌های ـ گروه‌های قند ـ فسفات

پاسخ: اگر مولکول DNA به نردبانی تشبیه شود پله‌های آن را بازهای آلی و پیوندهای هیدروژنی تشکیل می‌دهند و نرده‌های آن را گروه‌های قند ـ فسفات تشکیل می‌دهند.

۴

۱۲ گسستگی کدام نوع از پیوندهای زیر موجب ایجاد گسستگی در هر رشته‌ی مولکول دنا می‌شود؟

۱) باز آلی ـ فسفات
۲) فسفات ـ قند
۳) قند ـ باز آلی
۴) هیدروژنی

پاسخ: همانطور که گفتیم نوکلئوتیدهای هر رشته با پیوندهای فسفودی‌استر یا قند ـ فسفات به یکدیگر متصل می‌شوند، پس گسستگی هر رشته مولکول DNA به دنبال گسستگی پیوندهای قند ـ فسفات ایجاد می‌شود.

۲

۱۳ بر طبق یافته‌های چارگاف کدام یک در مولکول DNA صادق نمی‌باشد؟

۱) $\frac{G+T}{C+A}=1$
۲) $A+G=C+T$
۳) $\frac{A+G}{C+T}=1$
۴) $A+T=C+G$

نکته ۴

اروین چارگاف، مقدار بازهای A,T,C,G را در DNA جانداران مختلف اندازه گرفت و مشاهده کرد که در همه‌ی DNA ها، نسبت A به T و C به G برابر ۱ است، بنابراین برطبق این موضوع روابط زیر در هر مولکول DNA صدق می‌کند:

$$\left.\begin{matrix}A=T\\C=G\end{matrix}\right\}\longrightarrow \begin{matrix}۱)\ A+C=G+T & = & \text{نصف کل نوکلئوتیدها}\\ ۲)\ A+G=C+T & = & \text{نصف کل نوکلئوتیدها}\end{matrix}\longrightarrow\begin{cases}۳)\ \frac{A+C}{G+T}=1\\ ۴)\ \frac{A+G}{C+T}=1\end{cases}$$

* جفت شدن بازهای مکمل، اصل چارگاف را توجیه می‌کند.

پاسخ: برای حل این‌گونه سؤال‌ها علاوه بر استفاده از روابط مطرح شده در نکته می‌توانیم از جایگزینی اعداد استفاده کنیم مثلاً اگر A و T را برابر ۵ و C و G را برابر ۱۰ در نظر بگیریم گزینه ۴ به شکل زیر می‌شود: $A+T=C+G$

رابطه نادرست است $\longrightarrow ۵+۵=۱۰+۱۰$

۴

۱۴ کدام رابطه در مقایسه DNA جانداران مختلف صحیح است؟ (کامل‌ترین پاسخ را انتخاب کنید)

۱) $\frac{A}{G}$ در تمام DNA ها یکسان و برابر یک است.
۲) $\frac{A+C}{G+T}$ در تمام DNA ها یکسان و برابر یک است.
۳) $\frac{A+T}{C+G}$ در تمام DNA ها یکسان و برابر یک است.
۴) $\frac{C}{T}$ در تمام DNA ها یکسان و برابر یک است.

پاسخ: در تمام مولکول‌های DNA نسبت $\frac{A+C}{G+T}$ یکسان و برابر یک است. ضمناً اگر دلتان بخواهد، می‌توانید، از جایگزینی اعداد نیز استفاده کنید!

۱۵ کشف برابر بودن تعداد نوکلئوتیدهای معین در مولکول DNA، منجر به بیان کدام فرضیه شد؟

۱) مولکول مارپیچی است.
۲) مولکول نواری است.
۳) هر جفت نوکلئوتید با پیوند هیدروژنی متصلند.
۴) نوکلئوتیدها در مولکول جفت‌اند.

پاسخ: مشاهده‌ی چارگاف، مبنی بر برابر بودن تعداد نوکلئوتیدهای A دار با T دار و برابر بودن تعداد نوکلئوتیدهای C دار با G دار بیانگر این مفهوم است که در مولکول DNA بازهای A با T و C با G پیوند برقرار کرده و با یکدیگر جفت شده‌اند یعنی در مولکول DNA به ازای هر A یک T داریم که با آن جفت شده است. بنابراین برابر بودن تعداد نوکلئوتیدها نقشی در نشان دادن مارپیچی و نواری بودن مولکول DNA یا نوع پیوندهای مولکول DNA ندارد.

۱۶ براساس تصاویری که از مولکول DNA به کمک پرتو ایکس به‌دست آمد معلوم شد که:

۱) در مولکول DNA، $\frac{A+C}{T+G}=1$ است.
۲) پیوندهای هیدروژنی بین بازهای دو رشته وجود دارد.
۳) در مولکول DNA، مقدار A با مقدار T برابر است.
۴) مولکول DNA به صورت مولکول مارپیچی است.

پاسخ: توسط تصاویر حاصل از پراش پرتو X معلوم شد که مولکول DNA به صورت مولکولی مارپیچی، دارای ۲ یا ۳ زنجیره است و سایر نتایج، حاصل آزمایش‌های دیگر هستند.

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

۱) در محیطی حاوی N^{15} ـ دنای باکتری‌ها را در فواصل ۲۰ دقیقه‌ای بررسی نمودند.
۲) در محیطی حاوی N^{14} ـ دنای باکتری‌ها را استخراج و آن را با سرعت بالا سانتریفیوژ کردند.
۳) در محیطی حاوی N^{15} ـ آنها را به محیط کشت حاوی N^{14} منتقل کردند.
۴) در محیطی حاوی N^{14} ـ آنها را به محیط کشت حاوی N^{15} منتقل کردند.

نکته ۵

بعد از اینکه مولکول DNA شناسایی شد هر دانشمندی یه نظری درباره‌ی همانندسازی این مولکول ارائه کرد. یه عده که همینجوری الکی حرف می‌زدن زودی پریدن وسط و گفتن: «همانندسازی DNA غیر حفاظتیه (!) یعنی از یک مولکول DNA دو تا مولکول جدید به‌وجود میاد که هر کدوم، در هر بخششون، بخش‌هایی از مولکول قدیمی و بخش‌های جدیدی رو دارن.» یه عده گفتن «نه آقاجون این چه حرفیه! همانندسازی DNA حفاظتیه(!!)» ازشون پرسیدن «ببخشید حفاظتی یعنی چی؟» اونا گفتن: «مثل اینکه از روی DNA بخوای کپی کنی؛ یعنی همیشه اون مولکول DNA اولیه می‌مونه و یه چیزی از رو اون ساخته می‌شه. مثلاً اگر فرض کنیم مولکول DNA مون آبی رنگ باشه و اونو بذاریم تو محیط قرمز(!) بعد از یک نسل همانندسازی، یه DNA آبی داریم با یه DNA قرمز.» گروه سوم هم گفتن: «نه خیر! هر دو نفر قبلی اشتباه می‌کنن و به نظر ما همانندسازی DNA به شکل نیمه‌حفاظتیه؛ یعنی در هر نسل دو رشته‌ی DNA از هم جدا می‌شن و در برابر هر رشته یک رشته‌ی جدید قرار می‌گیره.» از این گروه پرسیدن: «ببخشید می‌شه با رنگا توضیح بدید منظورتون چیه؟!» اونا هم گفتن «اگر یه مولکول DNA آبی در محیط قرمز همانندسازی کنه بعد از یک نسل همانندسازی ۲ مولکول DNA به‌وجود میاد که در هر کدوم یه رشته آبی و یه رشته قرمزه.»

خلاصه بحث سر اینکه همانندسازی چگونه انجام می‌شه همینطور ادامه داشت تا اینکه دانشمندا تصمیم گرفتن به‌جای رنگای آبی و قرمز که فرضیاتی بیش نیستن از نیتروژن ۱۴ و ۱۵ (N^{14} و N^{15}) استفاده کنن؛ بنابراین یه باکتری اشریشیاکلای رو قرار دادن در محیطی که نوکلئوتیدهاش نیتروژن ۱۵ داره تا چند نسل تکثیر کنه و بعد از چندین نسل باکتری‌هایی به‌وجود اومد که مولکول‌های DNA شون دارای نیتروژن ۱۵ و سنگین بودند؛ بعد این باکتری‌ها رو گذاشتن در محیطی با نیتروژن ۱۴ و اول برو بچه‌های طرفدار طرح حفاظتی رو صدا کردن ازشون پرسیدند که «آقایون طرفدار طرح حفاظتی اگر که ما این باکتری که DNAش سنگینه و نیتروژن ۱۵ داره رو بزاریم تو محیطی که نوکلئوتیداش نیتروژن ۱۴ دارن چی می‌شه؟» اونا گفتن که «خُب!! اگر ۲۰ دقیقه بهشون زمان بدیم ۲ تا باکتری به‌وجود میاد که یکیشون DNA سنگین و او دیگری DNA سبک [با نیتروژن ۱۴] داره» ازشون پرسیدن «ببخشید اونوقت چرا ۲۰ دقیقه؟؟» بروبکس حفاظتی با پوزخندی گفتن: «چون باکتری هر ۲۰ دقیقه یه بار تقسیم می‌شه!» ☺ گفتن: «شمایی که خیلی درست می‌گین... به ما بگین که اگر دو نسل بریم جلو چی؟» بچه‌های حفاظتی گفتن: «خب اینکه معلومه تعداد باکتری‌ها می‌شه چهار تا و از این چهار تا یکیش دارای DNA سنگین و سه‌تاش دارای DNA سبکه» و ادامه دادن، «اینو که همه می‌دونن در هر نسل همانندسازی، تعداد مولکول‌های حاصل، از رابطه‌ی 2^n به‌دست میاد یعنی بعد از ۱ نسل همانندسازی 2^1 و پس از ۲ نسل همانندسازی 2^2 یعنی ۴ مولکول و بعد از ۳ نسل همانندسازی 2^3 یعنی ۸ مولکول DNA خواهیم داشت و الی آخر... و در همانندسازی حفاظتی همیشه ۱ دونه DNA از اون DNAای که داشتیم حفظ می‌شه و بقیه مولکول‌ها جدیدن یعنی بعد از یک نسل، ۲ تا مولکول DNA داریم که یکیش مثل DNA اولیه می‌مونه [یعنی سنگینه] و اون یکی جدیده [یعنی سبکه] و بعد از ۲ نسل همانندسازی، ۴ تا مولکول DNA داریم که دوباره یکیش مثل مولکول اولیه است یعنی سنگینه و سه‌تای دیگه سبک‌اند. اگر بریم نسل سه، 2^3 یعنی ۸ تا مولکول داریم که باز دوباره یکیش مثل اولیه سنگینه و۷ تای دیگه سبکن و...»

بعد نوبت رسید به بچه‌های نیمه‌حفاظتی [ناگفته نماند که کسی هم به غیرحفاظتیا محل نداد چرا که طرحشون خیلی ضایع بود. ☺] از نیمه حفاظتیا پرسیدن اگه باکتری حاوی DNA سنگین رو بزاریم در محیط کشتی که نوکلئوتیدهاش با نیتروژن ۱۴ ساخته شدن، چه اتفاقی میوفته؟ بچه‌های نیمه‌حفاظتی گفتن: «خب دو رشته‌ی دِنای اولیه از هم جدا می‌شن و جلوی هر کدومشون یک رشته‌ی جدید قرار می‌گیره. یعنی دو تا مولکول نیمه سنگین خواهیم داشت و در نسل دوم ۴ تا مولکول DNA داریم که دو تاش نیمه سنگین و ۲ تاش شبیه محیط یعنی سبک خواهد بود و در نسل بعد هم ۲ DNA نیمه سنگین و...» بچه‌های نیمه حفاظتی گفتن: «نظر ما اینه که هر چند نسل همانندسازی که انجام بشه و هر چند تا مولکول که به‌وجود بیاد همیشه ۲ تا از این مولکول‌ها چگالی متوسط، یعنی نیمه سنگین دارند [چون یک رشته با نیتروژن ۱۵ و یک رشته با نیتروژن ۱۴ دارند.] و باقی مولکول‌ها چگالی مرتبط با نیتروژن‌های محیط خواهند داشت و سبک‌اند؛ مثلاً بعد از یک نسل همانندسازی دو DNA داریم که هر دوشون نیمه سنگین‌اند و بعد از ۲ نسل چهار DNA داریم که ۲ تاشون نیمه سنگین و ۲ تاشون سبک‌اند و بعد از ۳ نسل، ۸ تا مولکول DNA داریم که ۲ تاشون نیمه سنگین و ۶ تاشون سبک‌اند و الی آخر...»

خلاصه بحث و جدل ادامه داشت تا اینکه مزلسون و استال اومدن و آزمایشی رو طراحی کردن تا ببینن همانندسازی DNA واقعاً چه شکلیه؟ اونا یک باکتری حاوی DNAای که نیتروژن ۱۵ داشت رو در محیطی حاوی نیتروژن ۱۴ قرار دادن و در دقایق ۰ و ۲۰ و ۴۰ عصاره‌ی باکتری‌ها رو سانتریفیوژ کردن و دیدن که در دقیقه‌ی صفر یک نوار حاوی دنای سنگین، در دقیقه‌ی ۲۰ دو نوار حاوی دنای متوسط (نیمه سنگین) و در دقیقه‌ی ۴۰، دو نوار که یکی حاوی دنای سنگین و دیگری حاوی دنای سبکه به‌وجود میاد [البته از اونجا به بعد هم دو تا نوار باقی می‌مونه و هی به تعداد مولکول‌های سبک اضافه می‌شه.] در نهایت با انجام آزمایش‌های مزلسون و استال مشخص شد که «همانندسازی دنا از نوع نیمه‌حفاظتیه.» اینا روگفتیم تا پیش درآمدی بر همانندسازی دنا داشته باشید تا با خوندن متن زیر یادگیریتون کامل بشه.

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

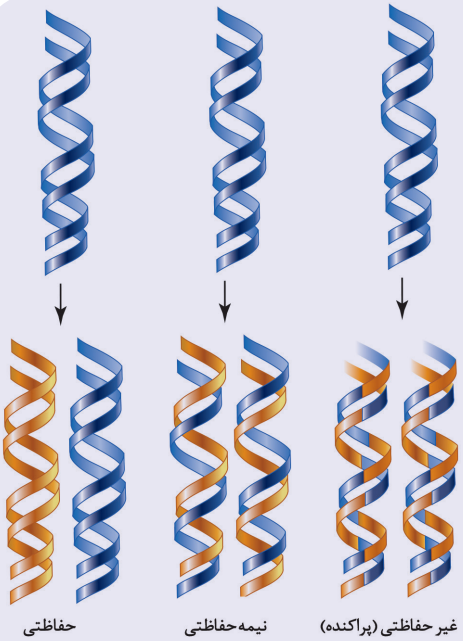
این کار با همانندسازی دِنا انجام می‌شود. به ساخته شدن مولکول دِنای جدید از روی دِنای قدیمی **همانندسازی** گویند.

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.

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

۲- 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.

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



کدام طرح مورد تأیید قرار گرفته است؟

مزلسون و استال با به کارگیری روش علمی پاسخ این پرسش را به‌دست آوردند. آنها فرضیه‌های متعدد ارائه شده را در نظر گرفتند و با توجه به امکانات، آزمایشی را طراحی کردند تا بتوانند به پاسخ قانع‌کننده‌ای برسند. برای شروع کار، آنها باید بتوانند رشته‌های دِنای نوساز را از رشته‌های قدیمی تشخیص دهند. آنها با این هدف دِنا را با استفاده از نوکلئوتیدهایی که ایزوتوپ سنگین نیتروژن (^{15}N) دارند، نشانه‌گذاری کردند. 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 با سرعت بالا) می‌توان آنها را از هم جدا کرد. آنها ابتدا باکتری‌ها را در محیطی حاوی نوکلئوتیدهای ^{15}N کشت دادند. ^{15}N در ساختار بازهای آلی نیتروژن‌دار که در ساخت دِنای باکتری شرکت می‌کنند، وارد شدند. پس از چندین مرحله رشد و تکثیر در این محیط، باکتری‌هایی تولید شدند که دِنای سنگین‌تری نسبت به باکتری‌های اولیه داشتند. سپس این باکتری‌ها را به محیط کشت حاوی نوکلئوتیدهای ^{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. برای سنجش چگالی دِناها در هر فاصلهٔ زمانی، دِنای باکتری‌ها را استخراج و در محلولی از سزیم کلرید 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 این آزمایش نشان داد که همانندسازی دِنا، نیمه‌حفاظتی است. با مشخص شدن اینکه همانندسازی به صورت نیمه‌حفاظتی انجام می‌شود، سؤال دیگری مطرح شد: دو رشته دِنا چگونه از یکدیگر باز می‌شوند؟ آیا هر دو رشته کاملاً از یکدیگر جدا می‌شوند و سپس همانندسازی انجام می‌شود یا جدا شدن دو رشته تدریجی و همراه با آن همانندسازی انجام می‌شود؟ تحقیقات نشان داده است که در محلی که قرار است همانندسازی انجام شود دو رشته از هم بازمی‌شوند. بقیه قسمت‌ها بسته هستند و به تدریج باز می‌شوند.



پاسخ: در این سوال مراحل آزمایشات مزلسون و استال مورد پرسش قرار گرفته است و در این آزمایشات ابتدا تعدادی باکتری معمولی را در محیطی حاوی ^{15}N کشت دادند تا تعدادی باکتری با مولکول‌های دنای حاوی ^{15}N و چگالی سنگین حاصل آید. سپس این باکتری‌ها را به محیط کشت حاوی ^{14}N منتقل کردند تا همانندسازی کنند سپس در فواصل زمانی ۲۰ دقیقه‌ای نتیجه را مورد بررسی قرار دادند بنابراین گزینهٔ سه صحیح می‌باشد.

۱۸ اگر یک باکتری حاوی دنای معمولی با ^{14}N، دو نسل در محیط حاوی ^{15}N تکثیر کند، حاصل تکثیر، ..... مولکول دنا است که ..... .

۱) ۲ ـ یکی چگالی متوسط و یکی چگالی سنگین دارد.
۲) ۴ ـ دو تا چگالی متوسط و دو تا چگالی سبک دارند.
۳) ۲ ـ یکی چگالی متوسط و یکی چگالی سبک دارد.
۴) ۴ ـ دو تا چگالی سنگین و دو تا چگالی متوسط دارند.

پاسخ: بعد از ۲ نسل همانندسازی باکتری حاوی دنای معمولی در محیط حاوی ^{15}N، ۴ مولکول به دست می‌آید که دو تای آنها در هر ۲ رشته، ^{15}N داشته و چگالی سنگین دارند و دو تای دیگر در یک رشته ^{15}N و در رشتهٔ دیگر ^{14}N داشته و چگالی متوسط خواهند داشت یعنی گزینهٔ چهار صحیح است.

۱۹ اگر یک باکتری با دنای حاوی ^{14}N را به محیطی با نوکلئوتیدهای دارای ^{15}N وارد کنیم، پس از ۸۰ دقیقه، شکل فراگریزانه‌ایِ حاصل از استخراج ژنوم چگونه است؟

۱) 
۲) 
۳) 
۴) 

پاسخ: همان‌طور که می‌دانید، هر نسل همانندسازی ۲۰ دقیقه طول می‌کشد؛ بنابراین ۸۰ دقیقه به معنای ۴ نسل همانندسازی است. تعداد مولکول **DNA** حاصل پس از ۴ نسل $۲^۴ = ۱۶$ بوده که ۲ تای آنها نیمه سنگین بوده و در میانه لوله‌ی آزمایش قرار می‌گیرند و ۱۴ تای دیگر سنگین بوده و در انتهای لوله‌ی آزمایش قرار خواهند گرفت و چون تعداد آنها بیشتر است، انتظار می‌رود نوار انتهایی پهن‌تر از نوار میانه باشد.

۲۰ کدام نتیجه‌گیری می‌تواند حاصل از بررسی فراگریزانهٔ مقابل باشد؟



۱) همانندسازی DNA حاوی ^{15}N یک باکتری در محیط ^{14}N بعد از ۴۰ دقیقه
۲) همانندسازی DNA حاوی ^{15}N یک باکتری در محیط ^{14}N بعد از ۶۰ دقیقه
۳) همانندسازی DNA معمولی یک باکتری در محیط ^{15}N بعد از ۶۰ دقیقه
۴) همانندسازی DNA معمولی یک باکتری در محیط ^{15}N بعد از ۴۰ دقیقه

پاسخ: پس از یک نسل همانندسازی، تنها یک نوار در وسط لولهٔ آزمایش دیده می‌شودو پس از دو نسل همانندسازی، دو نوارِ هم‌اندازه، یکی در وسط و یکی بسته به محیط همانندسازی در بالا یا پایین لوله دیده می‌شود و نسل پس از آن باز هم بسته به محیط یکی از نوارها که بالا یا پایین قرار گرفته پهن‌تر می‌شود که چون در شکل مورد سؤال نوار پایین پهن‌تر است؛ همانندسازی در محیط سنگین (^{15}N) و بیش از دو نسل صورت گرفته است.

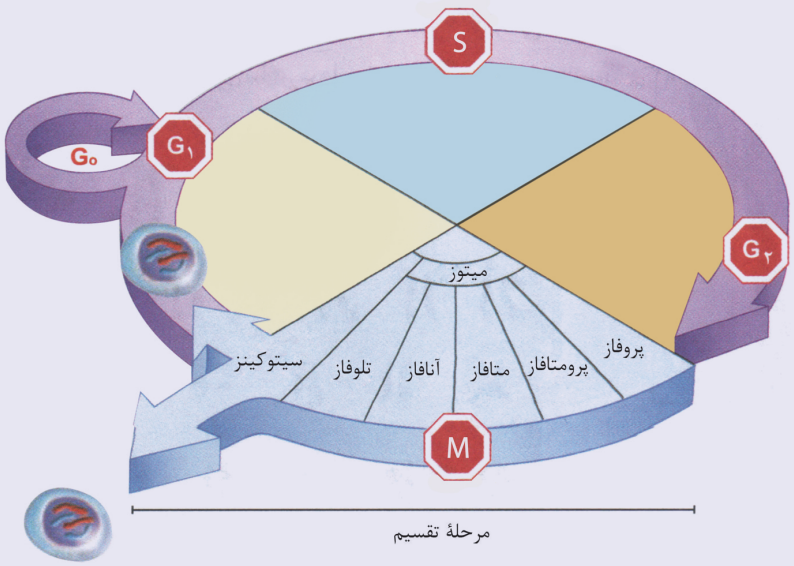
۲۱ کدام مورد معرف چرخه یاخته‌ای است؟

۱) فاصله پایان تقسیم تا آغاز تقسیم بعدی
۲) مجموعه زمان تقسیم و اینترفاز (میان‌چهر)
۳) مجموعه مراحل تقسیم یاخته‌ای
۴) مجموع زمان‌های سنتز و آماده‌سازی

نکته ۶

چرخه یاخته‌ای:

مراحلی که یک یاخته از پایان یک تقسیم تا پایان تقسیم بعدی می‌گذراند را **چرخهٔ یاخته‌ای** می‌گویند. این چرخه، شامل مراحل **میان‌چهر (اینترفاز)** و تقسیم است. در یاخته‌های مختلف، مدت این مراحل متفاوت است.



میان‌چهر (اینترفاز):

یاخته‌ها بیشتر مدت زندگی خود را در این مرحله می‌گذرانند. کارهایی مانند رشد، ساخت مواد مورد نیاز و انجام کارهای معمول یاخته در این مرحله انجام می‌شود.

میان‌چهر شامل مراحل «G_1»، «S» و «G_2» است.

وقفهٔ اوّل یا «G_1» : مرحلهٔ رشد یاخته‌هاست و یاخته‌ها مدت زمان زیادی در این مرحله می‌مانند. یاخته‌هایی که به‌طور موقت یا دائمی تقسیم نمی‌شوند، معمولاً در این مرحله متوقف می‌شوند. این یاخته‌ها به‌طور موقت یا دائم به مرحله‌ای به نام G_0 وارد می‌شوند. نورون نمونهٔ این یاخته‌هاست.

مرحلهٔ «S»: دو برابر شدن دِنای (DNA) هسته، در این مرحله انجام می‌شود که نتیجهٔ همانندسازی است. همانندسازی دِنا فرایندی است که طی آن از یک مولکول دِنا، دو مولکول کاملاً شبیه هم ایجاد می‌شود.

وقفهٔ دوم یا «G_2»: این مرحله نسبت به مراحل قبلی اینترفاز، کوتاه‌تر است و در آن، یاخته‌ها آمادهٔ مرحلهٔ تقسیم می‌شوند. در این مرحله، ساخت پروتئین‌ها و عوامل موردنیاز برای تقسیم یاخته افزایش پیدا می‌کنند.

تقسیم یاخته:

در این مرحله، دو فرایند تقسیم هسته و تقسیم میان‌یاخته انجام می‌شود. با تقسیم میان‌یاخته، در نهایت دو یاختهٔ جدید ایجاد می‌شود.

پاسخ: هم اکنون با توجه به نکته‌ی بالا، سر وقت! گزینه‌ها می‌رویم:

گزینه ۱ یعنی فاصله پایان تقسیم (انتهای سیتوکینز یا ابتدای G_1 یا ابتدای اینترفاز) تا آغاز تقسیم بعدی (ابتدای میتوز یا انتهای G_2 یا انتهای اینترفاز) تنها شامل مراحل اینترفاز می‌شود و چرخه مورد وصف آن فاقد مراحل تقسیم است، گزینه ۳ تنها شامل مراحل تقسیم یاخته‌ای است و اینترفاز را در بر نمی‌گیرد و به نوعی مکمل گزینه ۱ است و گزینه ۴ نیز تنها شامل مراحلی از اینترفاز است ولی طبق تعریفِ چرخه یاخته‌ای، گزینه ۲ همان گمشده‌ی ماست!

۲۲ کدام مورد معرف چرخه یاخته‌ای است؟

۱) مجموع زمان‌های تقسیم یاخته‌ای، اینترفاز و میتوز
۲) فاصله آغاز یک تقسیم تا پایان تقسیم بعدی
۳) مجموع زمان‌های اینترفاز، میتوز و سیتوکینز
۴) فاصله آغاز یک تقسیم تا آغاز تقسیم بعدی

پاسخ: مطابق سؤال قبل، گزینه‌ها را بررسی می‌کنیم:

گزینه ۱، میتوز را یک‌بار به‌طور جداگانه و یک‌بار هم توسط تقسیم یاخته‌ای قید کرده است که در واقع چرخه‌ی گزینه ۱ چرخه یاخته‌ای با یک میتوز اضافه است! گزینه ۲ یعنی فاصله آغاز یک تقسیم (ابتدای رشتمان) تا پایان تقسیم بعدی (انتهای سیتوکینز تقسیم بعد) شامل یک چرخه یاخته‌ای با یک رشتمان و یک سیتوکینز اضافه است که البته این گزینه دارای یک اشکال دیگر نیز هست که در رد گزینه ۴ به آن اشاره می‌کنیم پس هم اکنون متوجه شدید (شده بودید!) که پاسخ گزینه ۳ است؛ زیرا به مجموع مراحل میان‌چهر و تقسیم یاخته‌ای اشاره می‌کند که این همان تعریف چرخه یاخته‌ای است اما چرا گزینه ۴ نادرست است؟

توجه کنید، در بررسی گزینه ۴، نکته مهمی نهفته است! به ظاهر در گزینه ۴ ، یعنی در فاصله آغاز یک تقسیم تا آغاز تقسیم بعدی، یک دایره‌ی کاملِ چرخه یاخته‌ای قرار دارد اما این گزینه با تعریف چرخه یاخته‌ای (مراحل زندگی یک یاخته هوسته‌ای) تفاوت اساسی دارد. اگر بر طبق گزینه ۴، چرخه یاخته‌ای با آغاز تقسیم، شروع شود، یک یاخته ابتدا باید مرحله‌ی تقسیم از چرخه یاخته‌ای را بگذراند و مشخص است که هر یاخته بعد از گذراندن مرحله‌ی تقسیم، به دو یاخته تبدیل می‌شود و ما مجبور هستیم که از این جا به بعد، ۲ یاخته را در چرخه یاخته‌ای بگردانیم! که این مغایر با تعریف چرخه یاخته‌ای است به‌هر حال به این نکته توجه کنید که کتاب درسی تعریفِ از پایان یک تقسیم تا پایان تقسیم بعدی را بی‌جهت به کار نبرده است. و تعریفی برای چرخه یاخته‌ای قابل تصور است که از محل پایان تقسیم (اولِ G_1 ، اولِ میان‌چهر یا آخرِ سیتوکینز هم به عنوان همان محلِ پایان تقسیم، قابل قبول‌اند!) شروع شود و در همان‌جا هم خاتمه یابد.

۲۳ کدام یک پایان G_2 را در چرخه یاخته‌ای اعلام می‌کند؟

۱) ضخیم شدن و دیدنی شدن فام‌تن‌ها
۲) تحلیل میانک‌ها
۳) آغاز مضاعف شدن DNA
۴) آغاز پیدایش هسته‌تن‌ها

پاسخ: علامت پایان هر مرحله‌ای علامت شروع مرحله‌ی بعد است! پس در این سؤال برای یافتن علائم پایان مرحله‌ی G_2 باید علائم شروع رشتمان را در گزینه‌ها پیدا کنیم.

گزینه ۳ همانطور که گفته شد در مرحله‌ی S رخ می‌دهد و جزو علائم پایان G_1 است، گزینه ۲ نیز نادرست است؛ زیرا در پایان مرحله‌ی G_2 ، میانک‌ها (سانتریول‌ها) مضاعف می‌شوند و تحلیل نمی‌روند! و گزینه ۴ نیز نادرست است چون هسته‌تن (نوکلئوزوم) همیشه هست! اما گزینه ۱ صحیح است زیرا کلاً دیدنی شدن کروموزوم‌ها (برای اولین بار) ویژه مرحله پروفاز از تقسیم است که پس از پایان یافتن G_2 اتفاق می‌افتد. حواستان باشد، به‌طور کلی مشاهده هر یک از علائم پروفاز مثل شروع تشکیل دوک تقسیم و یا شروع ناپدید شدن غشای هسته می‌تواند علامت پایان G_2 باشد.

۲۴ چند مورد صحیح است؟

الف) **در بسیاری از موارد پس از پایان رشتمان، سیتوکینز رخ می‌دهد.**
ب) **تمام ماده‌ی ژنتیکی یک یاخته فقط در مرحله‌ی S همانندسازی می‌شود.**
ج) **یاخته‌ها معمولاً مدت کمی در G_1 باقی می‌مانند.**
د) **میزان پروتئین‌سازی در مراحل مختلف میان‌چهر ثابت است.**

۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۲ ۴) ۱

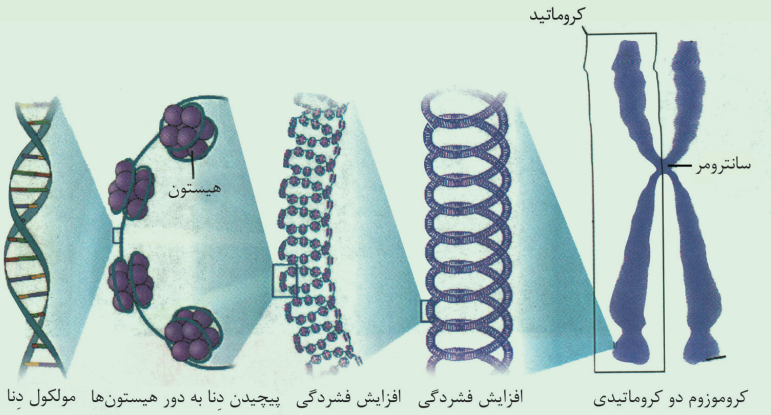
پاسخ: فقط (الف) صحیح است. در مورد بقیه‌ی گزینه‌ها باید بگم، ماده‌ی ژنتیکی یاخته شامل DNA موجود در هسته و DNA موجود در اندامک‌های DNA دار (سبزدیسه (کلروپلاست) گیاهان و بعضی از آغازیان / راکیزه (میتوکندری)) می‌باشد که DNA موجود در هسته در مرحله‌ی S و DNA موجود در اندامک‌های DNA دار در مرحله‌ی G_2 همانندسازی می‌شود (رد ب). یاخته‌ها مدت زمان زیادی در مرحلهٔ G_1 باقی می‌مانند (رد ج). در مرحله‌ی S به دلیل همانندسازی DNA (ساخته شدن هیستون‌ها) و در مرحله‌ی G_2 به دلیل همانندسازی اجزائی مثل میانک، میزان پروتئین‌سازی افزایش می‌یابد.

۲۵ در مرحله‌ی ..... از چرخه‌ی یاخته‌ای، ماده‌ی وراثتی ..... نام دارد و به شکل ..... است.

۱) میان‌چهر ـ کروموزوم ـ مضاعف و غیرمضاعف
۲) تقسیم ـ کروموزوم ـ دو کروماتیدی و تک کروماتیدی
۳) میان‌چهر ـ کروماتین ـ تک کروماتیدی
۴) تقسیم ـ کروماتین ـ غیرمضاعف

نکته ۱۱

فام‌تن (کروموزوم)

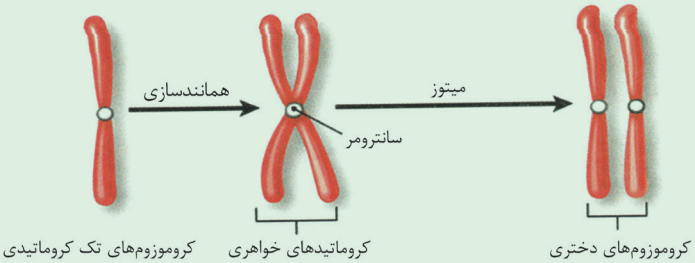


همان‌طور که می‌دانید فام‌تن از دِنا (DNA) و پروتئین تشکیل شده است. زمانی که یاخته در حال تقسیم نیست، فشردگی مادهٔ وراثتی هسته، کمتر و به صورت توده‌ای از رشته‌های درهم است که به آن، **فامینه (کروماتین)** می‌گویند. هر رشتهٔ فامینه از واحدهای تکراری به نام **هسته‌تَن (نوکلئوزوم)** تشکیل می‌شود که در آن، مولکول «دِنا» حدود ۲ دور در اطراف ۸ مولکول پروتئینی به نام **هیستون** پیچیده است. مادّهٔ وراثتی هسته در تمام مراحل زندگی یاخته، به‌جز تقسیم، به صورت فامینه است. پیش از تقسیم یاخته، رشته‌های فامینه‌ای دو برابر می‌شوند و با فشرده شدن، **فام‌تَن (کروموزوم)**ها را ایجاد می‌کنند.

اجزای فام‌تن:



شکل مقابل، تصویر یک فام‌تن را در حداکثر فشردگی نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، هر فام‌تن از دو بخش شبیه به هم به نام **فامینک (کروماتید)** تشکیل شده است. به این فام‌تن‌ها، فام‌تن‌های مضاعف شده می‌گویند. فامینک‌های هر دو فامینکی از نظر نوع ژن‌ها یکسان‌اند و به آن‌ها فامینک‌های خواهری گفته می‌شود. فامینک‌های خواهری در محلی به نام **سانترومر** به هم متصل‌اند.



تقسیم یاخته‌ای: در اواخر G_2 و اوایل تقسیم، رشته‌های دراز و درهم تنیده کروماتین به تدریج فشرده می‌شوند و رشته‌های قطور و کوتاهی به نام کروموزوم را تشکیل می‌دهند. کروموزوم‌ها در مراحل مختلف تقسیم به دو شکل تک کروماتیدی یا دو کروماتیدی دیده می‌شوند که دارای ویژگی‌های زیر هستند:

فام‌تن (کروموزوم)

- کروموزوم تک کروماتیدی یا غیر مضاعف
  دارای ۱ سانترومر، ۱ مولکول DNA و ۲ رشته
- کروموزوم دو کروماتیدی یا مضاعف
  دارای ۱ سانترومر، ۲ مولکول DNA و ۴ رشته

* بچه نکته: توجه داشته باشید که فامینه، تنها از یک مولکول DNA که به دور هیستون‌ها پیچیده شده باشد، تشکیل نشده است، در واقع هر جاندار در هسته‌ی هر یک از یاخته‌های معمولی خود، در مرحله‌ی G_1 به تعداد عدد کروموزومی، مولکول DNA دارد، مثلاً یاخته‌ای با عدد کروموزومی $2n=8$، در مرحله‌ی G_1، ۸ مولکول DNA دارد که به دور هیستون‌ها پیچیده‌اند و در کل، کلافِ در هم فامینه را ایجاد کرده‌اند.

پاسخ: واژه‌ی فامینه مربوط به میان‌چهر (اینترفاز) است که در G_1 به شکل غیرمضاعف و در G_2 و S به شکل مضاعف دیده می‌شود. واژه‌های فام‌تن و فامینک نیز مربوط به مراحل تقسیم یاخته‌ای هستند که در آن تا مرحله‌ی آنافاز رشتمان و آنافاز ۲ کاستمان فام‌تنِ ۲ کروماتیدی (مضاعف) و از آن به بعد تک کروماتیدی (غیرمضاعف) است.

۲۶ چند مورد نادرست است؟

الف) **ماده‌ی وراثتی هسته‌ی یاخته در تمام مراحل چرخه‌ی یاخته‌ای ماهیت نوکلئو پروتئینی دارد.**

ب) **هر هسته‌تن از بخشی از ۲ نوار پلی نوکلئوتیدی که حدود ۲ دور، به دور هر هیستون پیچیده شده است، تشکیل می‌شود.**

ج) **فامینه در مرحله‌ی G_1 به شکل یک رشته‌ی باریک و درهم تنیده دیده می‌شود.**

د) **فشردگی فامینه و تشکیل فام‌تن تنها با تشکیل هسته‌تن صورت می‌گیرد.**

۱) ۴ ۲) ۳ ۳) ۲ ۴) ۱

پاسخ: ماده‌ی وراثتی هسته‌ی یاخته در تمام مراحل چرخه‌ی یاخته‌ای و به هر شکلی که باشد (فام‌تن یا فامینه) ماهیت نوکلئوپروتئینی (اسید نوکلئیک + هیستون‌ها) دارد. [تأیید الف]

در هسته‌تن، DNA (دنا) حدود ۲ دور، به دور همه‌ی ۸ مولکول هیستون می‌پیچد (نه فقط یکی) [رد ب]. فامینه شامل رشته‌های متعدد DNA است [رد ج].

آغاز فشردگی DNA با تشکیل هسته‌تن در مرحله‌ی S صورت می‌گیرد اما فشردگی فامینه و تشکیل فام‌تن طبق کتاب درسی به معنای قرارگیری چندین هسته‌تن در کنار یکدیگر است (*هواستون باشه که هسته‌تن در ساختار فامینه وجود داره*) [رد د].

۲۷ منظور از کروماتیدهای خواهری چیست؟

۱) دو کروماتید از دو کروموزوم هم‌ساخت
۲) دو کروماتید از دو کروموزوم غیر هم‌ساخت
۳) کروماتیدهای سازنده‌ی یک کروموزوم
۴) کروماتیدهای سازنده‌ی یک تتراد

پاسخ: هر کروموزوم مضاعف دارای دو کروماتید خواهری است که کاملاً یکسان هستند و در ناحیه‌ای به نام سانترومر به یکدیگر وصل شده‌اند پس پاسخ صحیح گزینه ۳ است و همچنین دقت کنید که کروماتیدهای دو کروموزوم همتا، کروماتیدهای خواهری نامیده نمی‌شوند زیرا ممکن است دارای دگره‌های متفاوت یک صفت باشند. برای تفهیم بیشتر به شکل توجه کنید:

