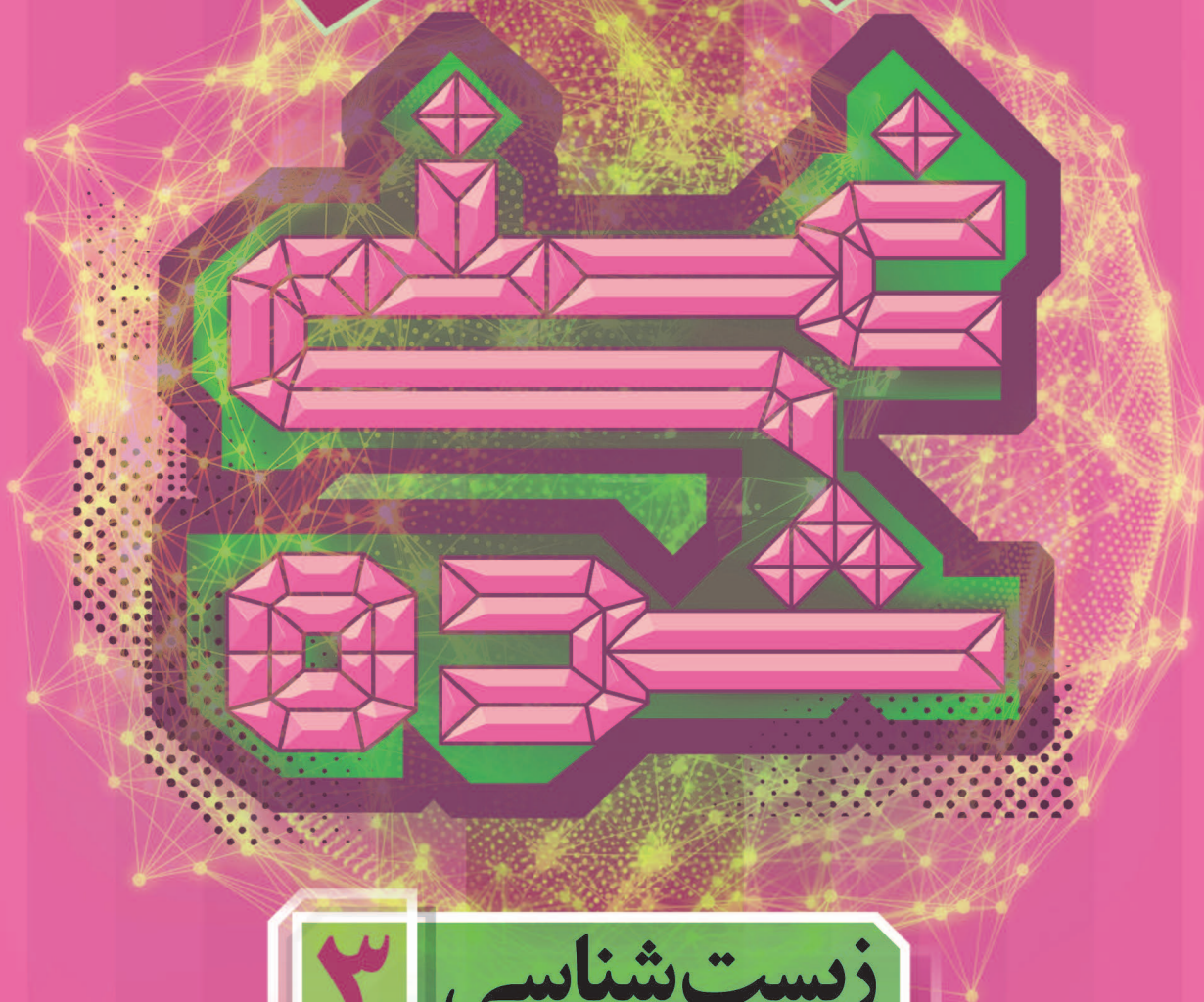




کتاب درسی



۳

زیست شناسی



مؤلفان:
گروه
آموزشی
زیست‌ساز

مقدمه

بعد از استقبال بی نظیر دبیران، مشاوران و دانش‌آموزان سراسر کشور از دو کتاب IQ و میکرو جامع، با درخواست‌های متعدد برای تألیف کتاب‌های پایه به پایه مواجه شدیم. این استقبال گرم شما از تألیفات گروه آموزشی زیستاز، وظیفه و حساسیت ما را دوچندان کرد. یا علی گفتیم و شروع کردیم برای نوشتن. ابتدا سراغ نوشتن کتاب تست خوب برای بچه‌های پایه رفتیم، چون احساس می‌کردیم در این زمینه در بازار منبع مناسبی وجود ندارد. در عرض دو سال جلد تست هر سه پایه (میکروهای قرن جدید دهم، یازدهم و دوازدهم) را منتشر کردیم.

بعد از آن وقت نوشتن درسنامه کامل و کاربردی بود. راستش بیشترین فسفر را اینجا سوزاندیم. چون پیدا کردن روش مناسب برای آموزش درس زیست‌شناسی واقعاً سخت هست. اکثر درسنامه‌های بازار، غیرکاربردی و نامناسب هستند و به جای کمک به دانش‌آموز او را در تله انداخته و تنبل بار می‌آورد! بعد از مشورت‌های فراوان و استفاده از تجربه رتبه‌های برتر به این نتیجه رسیدیم که از خود کتاب درسی برای آموزش مفاهیم و نکات استفاده کنیم. هرچند نمونه‌هایی از این شیوه آموزش (اصطلاحاً کتابنامه‌ای) قبلاً توسط مؤلفان و ناشران دیگر منتشر شده است، اما در این کتاب، این شیوه آموزش به بلوغ کامل و اوج خود رسیده است.

درسنامه

درسنامه‌های این کتاب در قالب کتابنامه آمده است یعنی برشی از صفحه کتاب درسی عیناً آمده و نکات و توضیحات متن و شکل کتاب درسی به آن اضافه شده است. انتخاب این شیوه برای آموزش مفاهیم کتاب درسی به این علت است که ما عمیقاً اعتقاد داریم که خواندن درسنامه‌های طولانی و نکته‌وار، بدون توجه به خود کتاب درسی در درس زیست‌شناسی منسوخ شده است و بهترین روش برای آموزش این درس استفاده از خود کتاب درسی است. اما چرا:

۴. طراحان سؤالات کنکور سراسری و امتحانات نهایی، توجه ویژه‌ای به متن کتاب درسی دارند و از عبارات و جملاتی استفاده می‌کنند که عیناً در کتاب درسی آمده است. به همین دلیل منطقی است که ما هم برای یادگیری از خود کتاب درسی استفاده کنیم.

۵. برای دوران جمع‌بندی نیز کتاب درسی حاشیه‌نویسی شده بهترین منبع برای مرور، جمع‌بندی و تورق سریع درس زیست‌شناسی می‌باشد.

۶. رتبه‌های برتر سال‌های اخیر به اتفاق تأکید دارند که منبع اصلی آن‌ها فقط کتاب درسی بوده است. دقت کنید که گفته آن‌ها برای دل‌خوشی ما و شما نیست! با توجه به گفته‌های بالا می‌توان فهمید گفته آن‌ها کاملاً صادقانه بوده و کتاب درسی نسبت به سایر درسنامه‌ها و جزوه‌ها در اولویت است.

۱. خواندن نکته‌وار و توضیحات طولانی، بدون توجه به متن کتاب درسی، قدرت استنباط و استدلال شما را پایین می‌آورد. از طرفی در درس زیست‌شناسی بی‌نهایت نکته وجود دارد و درسنامه هر چقدر هم غنی از نکات باشد، باز هم احتمال دیدن نکته جدید در کنکور سراسری وجود دارد. کسانی که قدرت استنباط و استدلال پایین دارند قطعاً نمی‌توانند درستی یا نادرستی این نکات را بفهمند و قطعاً متضرر خواهند شد.

۲. مطالب کتاب درسی در خلاصه‌ترین حالت نوشته شده است که با اضافه کردن نکات مهم متن و شکل به آن (حاشیه‌نویسی)، یک منبع کم‌حجم اما مقوی دارید! که می‌توانید بارها و بارها آن را مرور کنید و تعداد دورهای خود را افزایش دهید.

۳. یادگیری مطالب از کتاب درسی به علت ساختار منحصر به فرد، استفاده از تصاویر رنگی و صفحه‌آرایی خاص بسیار راحت‌تر است. همچنین ماندگاری مطالب در ذهن شما نیز به علت درگیر بودن حافظه تصویری بیشتر خواهد بود.

موشکافی متن کتاب درسی

با دو رنگ (قیدها با رنگ نارنجی و کلمات مهم با رنگ سبز) هایلایت کردیم و زیر جملات مهم خط کشیدیم. همچنین هر جا لازم بود، توضیحات کوتاهی به متن اضافه کردیم.

در این قسمت ابتدا متن کتاب درسی کلمه به کلمه موشکافی شده و هر جا لازم بود توضیحاتی به جملات و کلمات آن افزوده شده است. سپس همه نکات مفهومی، استنباطی و ترکیبی آن پاراگراف یا جمله آورده شده است. علاوه بر این در برشی از کتاب درسی، کلمات مهم را

موشکافی شکل کتاب درسی

قابل برداشت از شکل‌های کتاب درسی بودند را آوردیم. همچنین شکل‌های مرتبط فصول دیگر و نکات ترکیبی از شکل را نیز گفتیم تا خیالتان از هر تست شکلی راحت باشد. همچنین در خود شکل کتاب درسی موارد مهم که کتاب درسی نگفته است، نام‌گذاری شده و یا توضیحاتی به آن اضافه شده است.

در انتهای هر مبحث جداول و نمودارهای مختلف آوردیم. با این آپشن‌ها هم مطالب برایتان جمع‌بندی می‌شود و هم مباحثی که قابلیت ترکیب کردن و مقایسه‌شدن دارند را یاد می‌گیرید. با بخش تفکر طراح با نگاه و زاویه دید طراحان آشنا می‌شوید و می‌فهمید که چطور مانند یک طراح به عبارت‌ها و جملات کتاب درسی نگاه کنید.

حتماً شما هم شنیدین که طراحان کنکور سراسری علاقه ویژه‌ای به شکل‌های کتاب درسی دارند و روز به روز هم به این علاقه افزوده می‌شود. به همین دلیل ما هم در این کتاب بخش ویژه‌ای را به بررسی شکل‌ها اختصاص دادیم. در این قسمت ذره‌بین به دست گرفتیم و میلی‌متر به میلی‌متر شکل کتاب را شکافتیم! شک نداریم که بعد از خواندن این قسمت به این باور خواهید رسید که نکات این قسمت بسیار ریزبینانه نوشته شده است.

نکات شکلی که در کنکور سراسری آمده است کاملاً علمی بوده و گاهی از رفرنس‌ها برداشت شده است! بنابراین ما هم یک بار دیگر شکل رفرنس‌ها را به دقت بررسی کردیم و تقریباً همه نکات علمی که

راهنمای مطالعه کتاب

زیده کنکور تألیف کردیم. به جرأت می‌توان گفت به روزترین و با کیفیت‌ترین تست‌ها را بین تمام منابع تستی دارد. اگر این کتاب را تهیه کردید به ترتیب مراحل زیر را برای یادگیری و تمرین این درس در پیش بگیرید:

اگر می‌خواهید بهترین بازدهی را در مطالعه این کتاب و به طور کلی در مطالعه درس زیست‌شناسی داشته باشید، توصیه می‌کنیم که این کتاب را در کنار جلد بانک تست (جلد دوم همین کتاب) استفاده کنید. ما این کتاب تست را با توجه به رویکرد کنکورهای جدید، نیازهای شما و با مشورت با مشاوران و دبیران

مرحله اول

نگاه کلی به شکل‌های کتاب درسی و قسمت‌های نامگذاری‌شده توسط خود کتاب توجه کنید و مفاهیم آن را به خاطر بسپارید. این کار را دو الی سه بار انجام دهید.

در هر گفتار، از برش‌های کتاب درسی، متن کتاب درسی را به دقت بخوانید یعنی به کلمه کلمه کتاب توجه کنید و از کنار هر کدام به سادگی نگذرید. ما کلمات مهم و قیدها را هایلایت کردیم تا توجه شما به آن‌ها جلب شود، همچنین زیر جملات مهم خط کشیدیم. با یک

خط به خط خواندن

مرحله دوم

• این مرحله و مرحله قبل را تا آخر یک گفتار به طور کامل انجام دهید. دقت کنید که در این مرحله لازم نیست قسمت موشکافی متن و شکل را بخوانید. حواستان فقط و فقط به برش‌های کتاب درسی باشد.

• کتاب را ببینید و سعی کنید مفاهیم کلی و جملات آن برش از کتاب درسی را در ذهن خود مرور کنید. در این مرحله لازم نیست دقیقاً جملات کتاب درسی را بیان کنید همین‌که کلیات مفاهیم یادتان باشد کافی است. همچنین کلیات شکل‌ها و نامگذاری قسمت‌های آن را به خاطر بیاورید.

به خاطر سپاری

مرحله سوم

کنید. جواب شما هر چه که باشد حتماً باید پاسخنامه همه گزینه‌ها را به دقت بررسی کنید. همچنین نکات، تله‌های تستی، مشاوره‌ها و.. که در پاسخنامه آمده است را به دقت بخوانید و به خاطر بسپارید.

• سعی کنید همه تست‌های این پله را کار کنید اما اگر فرصتتان کم است اولویت با تست‌های TNT* است. • به سراغ تست‌های خطبه‌خط (پله اول) گفتار مربوط بروید و تست‌ها را به ترتیب حل کنید. بعد از بررسی همه گزینه‌ها و رسیدن به جواب به پاسخنامه رجوع

تست خطبه‌خط

مرحله

چهارم

و همه نکات و قسمت‌های مربوط به آن شماره (به جز نکات ترکیبی) را دقیق مطالعه می‌کنیم.

- این کار را تا پایان گفتار انجام می‌دهیم. برای افزایش یادگیری از جدول، نمودارها و تفکر طراح‌ها که در انتهای هر مبحث آمده کمک می‌گیریم و سعی می‌کنیم آموخته‌های خودمان را به چالش بکشیم.

- دور دوم: همانند دور اول، شروع می‌کنیم متن کتاب درسی را از برش کتاب درسی می‌خوانیم. برخلاف دور اول این بار نکاتی که در قسمت موشکافی متن آمده است را بررسی می‌کنیم. به هر کلمه یا جمله‌ای رسیدیم که روی آن شماره‌ای قرار گرفته است، به سراغ آن در قسمت موشکافی می‌رویم، توضیحات را می‌خوانیم

مفهومی و استنباطی خواندن

مرحله

پنجم

- شکل‌های کتاب درسی را به صورت ساده برای خودتان بکشید و نکات مهم آن را مرور کنید. دقت کنید که نیاز به نقاشی حرفه‌ای عین کتاب درسی نیست، همین که شکل شما شبیه کتاب درسی باشد کافیت!
- اگر همزمان برای امتحانات تشریحی و نهایی هم مطالعه می‌کنید، پس از این مرحله می‌توانید سراغ سؤالات تشریحی کتاب فرمول ۲۰ رفته و آن‌ها را قبل از مرحله بعد کار کنید.

- بعد از خواندن هر مبحث یا گفتار، دوباره کتاب را می‌بندیم و سعی می‌کنیم مفهوم و عصاره آن مبحث را برای خودمان توضیح دهیم. یکی از راه‌های یادگیری توضیح آن به فرد دیگر است. تصور کنید می‌خواهید به یک دانش‌آموز فرضی تدریس کنید؛ سعی کنید مانند یک دبیر کار کشته مطالب را به صورت دسته‌بندی شده و همراه با نکات متن و شکل به دیگری آموزش دهید.

به خاطر سپاری ۲

مرحله

ششم

- گزینه‌ها را بررسی کنید و همه آپشن‌های پاسخنامه را بخوانید.
- در حین حل تست، تست‌های غلط، نزده، مهم و ... را برای خودتان نشان‌دار کنید، مثلاً قرارداد کنید تست‌هایی که از نظر شما مهم هستند را با ستاره، تست غلط را با ضربدر و تست‌های نزده را با منفی کنار شماره تست مشخص کنید. بعد از حل همه تست‌های یک گفتار نکات مهم و پرتکرار را در قسمت درسنامه مشخص کنید و اگر نکته‌ای آورده نشده است، به آن اضافه کنید.

- به سراغ پله دوم یعنی تست‌های مفهومی و استنباطی همان گفتار بروید. همانطور که گفته شد این تست‌ها کمی سخت‌تر و چالشی‌تر از تست‌های پله اول هستند پس باید حسابی حواستان جمع باشد و تک تک گزینه‌ها را با دقت بررسی کنید. برای حل هر تست زمان کافی صرف کنید و سعی کنید خودتان به درستی یا نادرستی گزینه‌ها برسید. اگر بعد از گذشت زمان کافی و استفاده حداکثری از دانش خود به جواب صحیح نرسیدید، ابتدا از درسنامه کمک بگیرید اما اگر باز گزینه درست را پیدا نکرده‌اید به پاسخنامه تشریحی مراجعه کنید. حتی اگر پاسختان صحیح باشد، همه

تست مفهومی و استنباطی

مرحله

هفتم

- در مورد حشرات خواندیم را مرور می‌کنیم.
- ما هم در قسمت موشکافی متن سعی کردیم همه مطالب ترکیبی را برایتان بیاوریم که در باکس‌های خاص مشخص شده است، اما توصیه می‌کنیم ابتدا دانسته‌های خود را به چالش بکشید بعد به باکس‌های ترکیبی مراجعه کنید.

- دور سوم قرار است تمرکزمان روی مطالب ترکیبی باشد. از اول گفتار شروع می‌کنیم برش‌های کتاب درسی را دوباره می‌خوانیم، کلمه به کلمه جلو می‌رویم و سعی می‌کنیم ارتباط هر کلمه را با دانسته‌های قبلی پیدا کنیم، مثلاً وقتی به نام حشره‌ای در فصل هفت کتاب رسیدیم مطالبی که در فصل‌ها و کتاب‌های قبل

ترکیبی خواندن

مرحله

هشتم

- با قبل و بعد با آیکون‌های خاص نشان داده شده است.
- از زدن تست‌های ترکیبی حتی ترکیبی با آینده نترسید. کار کردن تست‌های ترکیبی ذهن شما را خلاق بار می‌آورد و باعث می‌شود در مطالعه‌تان نیز دید ترکیبی پیدا کنید.

- پله سوم تست‌های این کتاب، تست‌های ترکیبی هستند. چیش تست‌ها به این صورت است که از فصل یک دهم شروع می‌شود و تا فصل آخر دوازدهم به ترتیب هر فصلی که مطالب ترکیبی با فصل مربوطه داشته باشد، آمده است. پس در هر فصلی که هستید تست‌ها را به ترتیب حل کنید. در کنار تست‌ها نیز ترکیب

تست ترکیبی

مرحله نهم

تست های کنکور

- در پله چهارم با تست های کنکورهای اخیر روبه رو می شوید. همان طور که گفته شد پاسخ این تست ها صرفاً پاسخ تشریحی گزینه ها نیستند. ما سعی کردیم دید طراح و رفتار او را در هر سال تجزیه و تحلیل کرده و دست او را برایتان رو کنیم!
- ممکن است مشاور یا دبیر شما توصیه کند که بعد از مطالعه و یا تدریس ابتدا تست های کنکور سراسری را کار کنید و بعد سراغ تست های تألیفی بروید. هیچ اشکالی ندارد، در این صورت این پله را در اولین مرحله تست زنی کار کنید.

مرحله دهم

به خاطر سپاری ۳ و جمع بندی

- همه مراحل قبل را گفتار به گفتار تکرار می کنیم تا کل فصل تمام شود. حالا نوبت جمع بندی و مرور کل فصل هست. به قسمت درسنامه مراجعه کنید. یک بار دیگر قسمت های برش کتاب درسی را با دقت بخوانید و نکات مربوط به آن را از موشکافی متن دنبال کنید. برای مرور نکات تصاویر هم از قسمت موشکافی شکل استفاده کنید. اگر در دوره های اول و دوم مطالب را درست و اصولی یاد گرفته باشید، این مرتبه نباید زیاد طول بکشد و کل فصل را می توانید در یک واحد مطالعاتی تمام کنید. هایلایت هایی که ما روی کتاب درسی انجام دادیم و قسمت های مهمی که خودتان مشخص کردید، در این مرحله خیلی به کارتان می آید.

مرحله یازدهم

آزمون های آخر فصل

- حالا وقت آزمون دادن و یادگیری مهارت های مدیریت آزمون است. حداقل دو روز بعد از جمع بندی کل فصل، آزمون انتهای فصل را در شرایط کاملاً آزمون برای خود اجرا کنید. حتماً این آزمون را در زمان مناسب و با رعایت شرایط کامل یک آزمون استاندارد (رعایت زمان پیشنهادی، مکان مناسب و بدون تقلب!) انجام دهید. بعد از پایان آزمون به تحلیل آزمون خود و پاسخنامه تشریحی بپردازید. ما سعی کردیم مطالب مهم و پرتکرار را مورد پرسش قرار دهیم تا با زدن آزمون کل فصل برایتان جمع بندی و مرور شود.
- راهکارهای مختلف مدیریت آزمون، مثل استفاده از تکنیک های ضرب و منها، تکنیک زمان های اضافی و ... را یاد بگیرید و با تمرین زیاد مدیریت آزمون خود را افزایش دهید.
- دقت کنید که مدیریت آزمون یک مهارت هست و با تمرین و تکرار زیاد به دست می آید و ربطی به دانش شما ندارد. پس تا می توانید آزمون های مختلف با سطوح مختلف را کار کنید.

مرحله دوازدهم

آزمون های اینترنتی و مرور

- علاوه بر آزمون چاپی ما سه آزمون اینترنتی با سطوح مختلف برایتان در نظر گرفتیم. توصیه می کنیم این آزمون ها را در فاصله زمانی مناسب از آزمون چاپی برگزار کنید (به ترتیب، یک هفته بعد، یک ماه بعد و سه ماه بعد). همچنین قبل از آزمون حتماً یک بار دیگر فصل مربوطه را مرور کنید.
- فراموش نکنید که تحلیل آزمون یعنی بررسی سؤالات نزده، غلط و حتی صحیح، از خود آزمون دادن هم مهم تر هست. با تحلیل آزمون علت بی دقتی، شک کردن، غلط زدن، افتادن در دام آموزشی و ... را متوجه می شوید. خلاصه با زدن آزمون های فراوان و تحلیل آن ها کار را تمام کنید!

شاید اجرای مراحل بالا در نگاه اول کمی سخت و گیج کننده به نظر برسد. این طبیعی است چون من سعی کردم همه چیز را کامل و با جزئیات به شما توضیح دهم. مطمئن باشید بعد از مطالعه دو سه گفتار راه می افتید و به یک فرد حرفه ای در درس زیست شناسی تبدیل خواهید شد.

تشکر و سپاس فراوان از ...

از همه همکارانمان در گروه آموزشی زیستاز از جمله آقای دکتر سید علی ولی زاده، دکتر سحر زرافشان، علی وصالی، دکتر امیررضا رضانی و دکتر سیدعلی خاتمی که در تولید این اثر ما را یاری کرده اند، کمال تشکر را داریم.

- از همه دبیران عزیز و دانش آموزان می خواهیم، هر پیشنهاد، انتقاد یا ویرایش و ... دارند از طریق راه های زیر به اطلاع ما برسانند. با جان و دل پذیرا هستیم. هم چنین بسیاری از سؤالات مهم و چالشی توسط مؤلفان این کتاب، به صورت رایگان در سایت و شبکه های مجازی زیستاز تدریس خواهد شد. علاوه بر این کلی نکته، فیلم آموزشی، آزمون آنلاین و آفلاین، جزوه و ... رایگان در انتظار شماست.

در پایان

از خانواده هایمان، از مهندس محمد جوکار و از تمام پرسنل عزیز و گرمی گاج تشکر می کنیم و به همشون می گیم که «دمتون گرم، ترکوندید!»

فهرست مطالب

از ماده به انرژی

۱	گفتار ۱: تأمین انرژی	۱۸۲
۲	گفتار ۲: اکسایش بیشتر	۱۹۷
۳	گفتار ۳: زیستن مستقل از اکسیژن	۲۱۰

مولکول‌های اطلاعاتی

۱	گفتار ۱: نوکلئیک اسیدها	۱۰
۲	گفتار ۲: همانندسازی دنا	۲۷
۳	گفتار ۳: پروتئین‌ها	۴۱

از انرژی به ماده

۱	گفتار ۱: فتوسنتز: تبدیل انرژی نور به انرژی شیمیایی	۲۲۰
۲	گفتار ۲: واکنش‌های فتوسنتزی	۲۳۳
۳	گفتار ۳: فتوسنتز در شرایط دشوار	۲۴۷

جریان اطلاعات در یاخته

۱	گفتار ۱: رونویسی	۶۴
۲	گفتار ۲: به سوی پروتئین	۷۹
۳	گفتار ۳: تنظیم بیان ژن	۹۷

فناوری‌های نوین زیستی

۱	گفتار ۱: زیست فناوری و مهندسی ژنتیک	۲۶۲
۲	گفتار ۲: فناوری مهندسی پروتئین و بافت	۲۷۶
۳	گفتار ۳: کاربردهای زیست فناوری	۲۸۷

انتقال اطلاعات در نسل‌ها

۱	گفتار ۱: مفاهیم پایه	۱۰۸
۲	گفتار ۲: انواع صفات	۱۱۸

رفتارهای جانوران

۱	گفتار ۱: اساس رفتار	۳۰۲
۲	گفتار ۲: انتخاب طبیعی و رفتار	۳۱۵
۳	گفتار ۳: ارتباط و زندگی گروهی	۳۲۷

تغییر در اطلاعات وراثتی

۱	گفتار ۱: تغییر در ماده وراثتی جانداران	۱۴۶
۲	گفتار ۲: تغییر در جمعیت‌ها	۱۶۱
۳	گفتار ۳: تغییر در گونه‌ها	۱۷۲



گفتار گفتار گفتار

گفتار گفتار گفتار

گفتار

گفتار	گفتار	گفتار
-------	-------	-------

گفتار گفتار

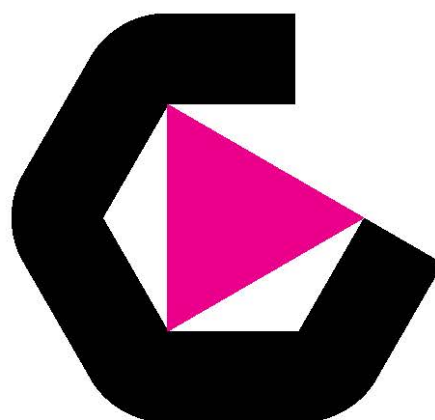
گفتار گفتار گفتار

زیست شناسی ۳

دوره کامل آموزش تصویری در
۴۵ ساعت به صورت گفتار به گفتار



برای مشاهده ویدیوها در سایت gajlive.ir
برچسب را خراش داده و از کد زیر استفاده کنید



پشتیبانی
۰۲۱-۶۴۲۰

www.gajlive.ir

فصل اول

1

مولکول‌های اطلاعاتی

 www.gajmarket.com



تله‌تستی



دقت و هشدار



رفع ابهام



تفکر طراح



سخن مؤلف



مطالب ترکیبی



مثال



ارتباط تصویری



نکته



بیشتر بدانیم



تحلیل



نتیجه



دنا، ساختار مارپیچ دارد! در ادامه فصل زیاد در موردش صحبت خواهیم کرد!

فصل ۱

مولکول‌های اطلاعاتی



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

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

در این فصل مطالب در قالب زنجیره‌ای از آزمایش‌ها توضیح داده می‌شود که نتایج آنها آگاهی ما را از ژن و مولکول‌های مرتبط به آن یعنی دنا (DNA)، رنا (RNA) و پروتئین بیشتر می‌کند. آشنا شدن با ساختار این مولکول‌ها مقدمه‌ای است برای فهم بهتر فصل‌های دیگر این کتاب. همچنین، در کنار این مباحث با سازوکار مولکولی و چگونگی ذخیره و انتقال اطلاعات وراثتی آشنا می‌شویم.



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

گفتار ۱ نوکلئیک اسیدها

هر یک از یاخته‌های بدن ما ویژگی‌هایی مانند شکل و اندازه دارند. این ویژگی‌ها تحت فرمان هسته هستند. ^۱دستورالعمل‌های هسته در حین تقسیم از یاخته‌ای به یاخته دیگر و در حین تولیدمثل از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شود. ^۲اطلاعات و دستورالعمل فعالیت‌های یاخته در چه قسمتی از هسته ذخیره می‌شود؟ قبلاً آموختیم که فام‌تن‌ها در هسته قرار دارند و در ساختار آنها دنا و پروتئین مشارکت می‌کنند. ^۳کدام یک از این دو ماده، ذخیره‌کننده اطلاعات وراثتی است؟ (نه پروتئین)

پاسخ این سؤال مشخص شده است. این ماده دنا است که به عنوان مادهٔ ذخیره‌کننده اطلاعات وراثتی عمل می‌کند. اما دانشمندان چگونه به این پاسخ رسیده‌اند؟

از مادهٔ ژلاتینی / یاخته‌های سازندهٔ غلاف میلین: به حاشیه رانده‌شده در قسمت نزدیک به لایهٔ خارجی غلاف میلین / هستهٔ یاخته‌های استوانه‌ای روده و یاخته‌های کناری و اصلی معده: قاعده‌ای و نزدیک به غشای پایه (در سطح دور از فضای لولهٔ گوارش) و... این لیست رو همیشه باز هم ادامه دادولی دیکه من به همین حد بسنده میکنم! شکلشون رو هم خودتون برو و توی کتاب درسی نگاه بنداز!

 در یاخته‌های یوکاریوتی (جانوری، گیاهی، آغازی و قارچ‌ها) اطلاعات وراثتی درون هسته ذخیره شده‌اند؛ ولی در یاخته‌های پروکاریوتی هسته نداریم و مادهٔ وراثتی در فضای آزاد سیتوپلاسم قرار گرفته است. جلوتر در ادامه فصل با ویژگی‌های پروکاریوت‌ها بیشتر آشنا میشیم؛ نگران نباش!

 در جانداران تک یاخته‌ای، تولیدمثل و تقسیم معادل یکدیگر محسوب می‌شوند و در طی تقسیم یاخته، اطلاعات از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شوند.

 تولیدمثل یکی از ویژگی‌های اصلی حیات است و طی آن، جانداران موجوداتی کم و بیش مشابه خود را به وجود می‌آورند. (دهم - فصل ۱)

 روش‌های انتقال اطلاعات بین یاخته‌های مختلف شامل این موارد است: الف) تقسیم ب) انتقال مادهٔ وراثتی بین یاخته‌های هم‌گونه طی فرایندی مشابه آن چیزی که در مورد آزمایشات گریفیت و ایوری می‌خوانیم. پ) انتقال مادهٔ وراثتی طی فرایندهای مربوط به مهندسی ژنتیک (دوازدهم - فصل ۷)

  کروموزوم‌ها متشکل از پروتئین‌ها و دنا هستند. هر کروموزوم تک کروماتییدی دارای یک مولکول دنا و تعداد زیادی پروتئین (مثل هیستون‌ها و پروتئین‌های سانترومر) می‌باشد. کروموزوم‌های یاخته‌های یوکاریوتی در مراحل غیرتقسیم هسته، درون هسته قرار داشته و از فضای سیتوپلاسم جدا شده‌اند. ضمناً در مورد تفاوت کروماتین و کروموزوم هم در کتاب غنی شده یازدهم صحبت کردیم و دیگه نیازی نیست اینجا خیلی بحثشو باز کنیم!

موشکافی متن:

 **۱** هسته نوعی ساختار دوغشایی و منفذدار است (دارای چهار لایهٔ فسفولیپیدی) که شکل، اندازه و کار یاخته را کنترل می‌کند و عوامل متعددی در فضای درونی آن نظیر پروتئین‌های مختلف (هیستون، آنزیم دنابسپاراز، هلیکاز، رنابسپاراز و پروتئین‌های عوامل رونویسی و ...) و دنا دیده می‌شود. ضمناً غشای خارجی هسته به غشای شبکهٔ آندوپلاسمی زیر متصل است. (دهم - فصل ۱ و دوازدهم - فصل ۲)

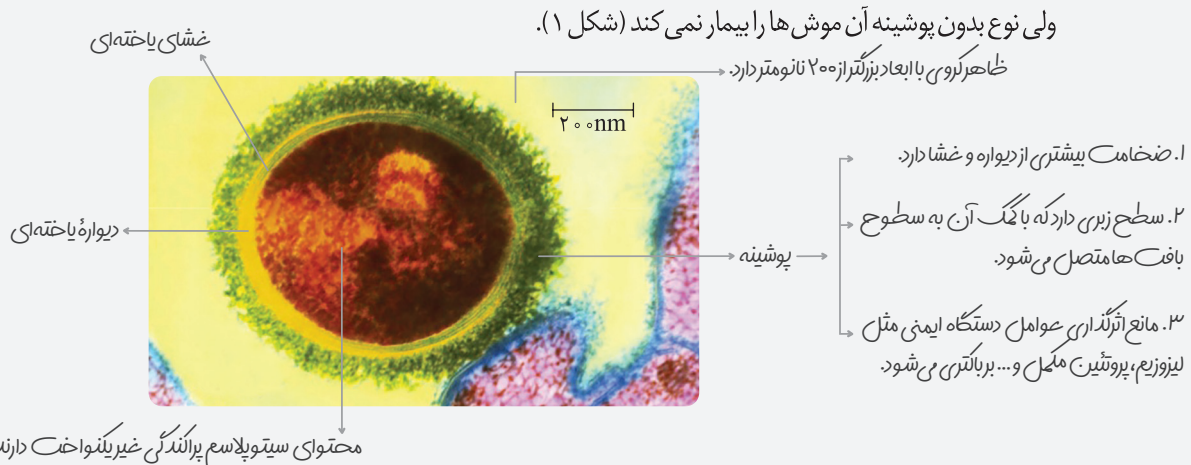
 انواع یاخته‌های یوکاریوتی از نظر تعداد هسته: ۱. یاخته‌های بدون هسته: شامل گویچه‌های قرمز در انسان و بسیاری از پستانداران، یاخته‌های سازندهٔ لوله‌های آوند آبکش ۲. یاخته‌های تک هسته‌ای: اکثر یاخته‌های دنیای زنده ۳. یاخته‌های دو هسته‌ای: یاختهٔ دوهسته‌ای در کیسهٔ رویانی گیاهان نهان‌دانه و برخی یاخته‌های ماهیچه‌ای قلبی انسان ۴. یاخته‌های چند هسته‌ای: یاخته‌های ماهیچه‌ای اسکلتی انسان (دهم و یازدهم)

 هسته در یاخته‌های مختلف شکل‌های متفاوتی دارد که با توجه به کتاب درسی با هم مرورشون کنیم: (دهم و یازدهم)

یاخته‌های چربی: حاشیه‌ای / یاخته‌های ماهیچهٔ اسکلتی: در قسمت محیطی یاخته / یاخته‌های ماهیچه‌ای صاف: کروی در قسمت مرکزی یاخته / یاخته‌های بافت پیوندی سست: به صورت کشیده در قسمت مرکزی یاخته / یاخته‌های نوع اول حبابک: کروی در قسمت مرکزی / یاخته‌های نوع دوم حبابک: کشیده در قسمت مرکزی / بازوفیل‌ها: دو قسمتی و روی هم افتاده / اتوزینوفیل‌ها: دو قسمتی دمبلی / نوتروفیل‌ها: چند قسمتی (معمولاً سه قسمتی و برخی موارد چهار قسمتی) / مونوسیت‌ها: تکی خمیده یا لوبیایی / لنفوسیت‌ها: تکی گرد یا بیضی / گرده‌ها: قطعات یاخته‌ای بدون هسته! / یاخته‌های مکعبی لولهٔ پیچ خوردهٔ نزدیک: کروی و نزدیک به غشای پایه و دور از ریزپرها / یاخته‌های استوانه‌ای پوششی سقف حفرهٔ بینی: کروی و دور از غشای پایه / یاخته‌های پشتیبان و گیرنده در جوانه‌های چشایی: کروی و نزدیک به غشای پایه / گیرنده‌های مکانیکی خط جانبی ماهی و یاخته‌های پشتیبان اطراف آن‌ها: کروی در سطح دور

یادداشت:

اطلاعات اولیه در مورد ماده وراثتی از فعالیت‌ها و آزمایش‌های باکتری‌شناسی انگلیسی به نام گریفیت (نه دنا!) به دست آمد. او سعی داشت واکنشی برای آنفلوانزا تولید کند. در آن زمان تصور می‌شد عامل این بیماری، نوعی باکتری به نام استرپتوکوکوس نومونیا (نه سرم!) است. گریفیت با دو نوع از این باکتری، آزمایش‌هایی را روی موش‌ها انجام داد. نوع بیماری‌زای آن که پوشینه‌دار (کپسول‌دار) است در موش‌ها سبب سینه‌پهلو می‌شود (نه لونه!).



انواع استرپتوکوکوس نومونیا	پوشینه‌دار	بدون پوشینه
باعث بیماری‌زایی موش‌ها...	نمی‌شود	می‌شود
باعث تحریک فعالیت ایمنی موش‌ها...	می‌شود	می‌شود
ضخامت	بیشتر	کمتر
میزان ماندگاری در خون موش	بیشتر	کمتر
انواع محتوای ژنی	بیشتر	کمتر
مراحل استفاده در آزمایشات گریفیت	۱ (به صورت زنده) ۳ (به صورت کشته شده با گِلرما) ۴ (به صورت کشته شده با گِلرما)	۲ (به صورت زنده) ۴ (به صورت زنده)
استفاده در آزمایشات ایوری	بله! به صورت عصا	بله! به صورت زنده!
توانایی دریافت ماده وراثتی و تغییر در ویژگی‌های خود	دارد! اما در کتاب بررسی نشده است!	دارد!

این دو نوع باکتری متعلق به یک گونه هستند!

می‌باشند. (یازدهم - فصل ۵) و ۲. واکسن‌های نو ترکیب که طی فرایندهای مهندسی ژنتیک با انتقال ژن مربوط به پادگن عامل بیماری‌زا به یک باکتری یا ویروس غیربیماری‌زا تولید می‌شوند و احتمال بروز بیماری در صورت خطا در تولید آن وجود ندارد. مثل واکسن نو ترکیب هپاتیت B (دوازدهم - فصل ۷)

واکسن‌ها با تحریک دستگاه ایمنی باعث ایجاد ایمنی فعال در برابر بیماری شده و در واقع نوعی پیشگیری (نه درمان!) برای بیماری‌ها محسوب می‌شوند. ضمناً دقت کن که سرم‌ها حاوی پادتن آماده هستند که فعالیت یاخته‌های خاطره را تحریک نمی‌کنند. (یازدهم - فصل ۵)

موشکافی متن:

۱. گریفیت در پژوهش‌هایش اصلاً حرفی از دنا نمی‌زد و صرفاً در مورد انتقال ماده وراثتی بین یاخته‌ها صحبت می‌کند. بنابراین اگر توی تستی دیدی که در کنار اسم گریفیت کلمه دنا رو آوردند، در لحظه روی اون گزینه به عنوان گزینه غلط خط بکش!

دنا طی پژوهش‌های فردی به اسم میشر کشف شد و گریفیت هیچ نقشی در کشف آن نداشت!

۲. واکسن‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند: ۱. واکسن‌های قدیمی که شامل میکروب ضعیف شده، یاخته کشته شده و یا سم خنثی شده

لاکتیک اسید در بدن - التهاب ریوی و افزایش آزادسازی هیستامین -
افزایش وقوع مکانیسم بافت مردگی در شش ها (دهم - فصل ۳)

عوامل بیماری‌زای متعددی در کتاب‌های درسی مطرح شده‌اند که شامل (باکتری کزاز) - (باکتری سینه‌پهلو) - (ویروس نقص ایمنی اکتسابی مؤثر در بروز AIDS) - (ویروس آنفلوانزا) می‌باشد. (یازدهم - فصل ۵)

۳ این قضیه که باکتری استرپتوکوکوس نومونیا عامل بیماری سینه پهلو است را ما امروزه می دانیم؛ نه اینکه آقای گرفتیت فهمیده باشد!

عواقب احتمالی ابتلا به سینه پهلو؛ اختلال اکسیژن رسانی به بافت‌ها -
 - افزایش ترشح اریثروپوئیتین - کاهش ارتفاع موج‌های اسپیروگرام -
 - افزایش سرعت تنفس - افزایش میزان تقسیم در مغز قرمز استخوان -
 - افزایش میزان وقوع تخمیر در ماهیچه‌های اسکلتی - افزایش تولید

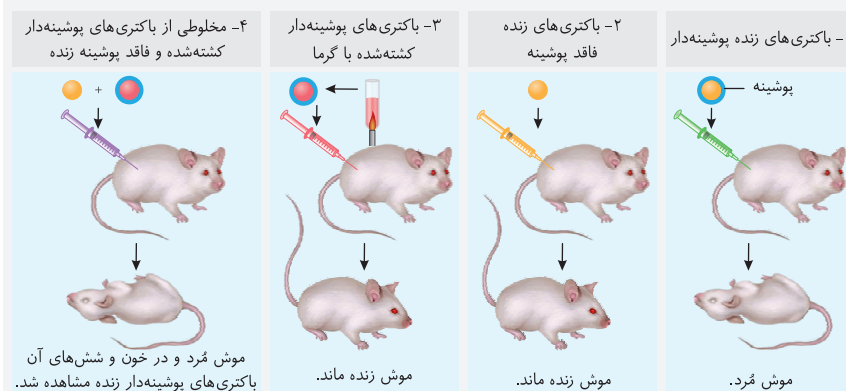
میخوایم توی این قسمت دو بیماری سینه یهلو و آنفلوانزا رو با هم مقایسه کنیم:

سینه پهلو	آنفلوانزا	مورد مقایسه
نوعی باکتری (استرپتوکوکوس نومونیا)	نوعی ویروس (ویروس آنفلوانزا)	عامل
شش‌ها	شش‌ها	اندام هدف عامل بیماری
تنگی نفس و کاهش اکسیژن‌رسانی به بافت‌ها، سرفه و ...	تنگی نفس و کاهش اکسیژن‌رسانی به بافت‌ها، سرفه و ...	علائم بیماری
نقش ندارد	نقش دارد	یاخته‌کشنده طبیعی در مبارزه با آن
نقش دارد	نقش ندارد	پروتئین مکمل در مبارزه با آن
نقش ندارد	نقش دارد	اینترفرون در مبارزه با آن
نقش دارند	نقش دارند	پادتن و لنفوسیت‌های B در مبارزه با آن
نقش ندارد	نقش دارد	لنفوسیت T کشنده در مبارزه با آن
نقش دارد (از طریق اثر بر لنفوسیت‌های B)	نقش دارد	لنفوسیت T کمک‌کننده در مبارزه با آن

یادداشت:

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

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



شکل ۲- آزمایشات گرفیت و نتایج آن

مخلوط ایجادشده در مرحلهٔ سوم می‌تواند به عنوان واکسن‌های نسل قدیمی استفاده گردد.

در پایان مرحلهٔ سوم، گرفیت نتیجه گرفت که پوشینه به تنهایی عامل بیماری‌زایی نیست، نه این‌که اصلاً در بیماری‌زایی نقش ندارد. یعنی چی؟ یعنی این که پوشینه در بیماری‌زایی مؤثر است، اما عوامل دیگری نیز ممکن است وجود داشته باشند که باعث بیماری‌زایی شوند.

در مرحلهٔ چهارم باکتری‌های زنده‌ای که پس از تغییر در بدن موش، از حالت بدون پوشینه به پوشینه‌دار تبدیل شدند، باعث بیماری‌زایی و مرگ موش‌ها شدند. در بررسی درون خون موش‌ها، باکتری‌های پوشینه‌دار زنده مشاهده شد.

در بین این مراحل، تنها در مرحلهٔ چهارم، انتقال مادهٔ وراثتی به یاختهٔ بدون پوشینه و تغییر شکل ظاهری بعضی از باکتری‌ها رخ داد! نتیجهٔ آزمایش چهارم نشان می‌دهد که مادهٔ وراثتی در برابر گرما مقاوم است.

مادهٔ وراثتی می‌تواند از دیواره و غشای یاخته‌ای باکتری عبور کند. در مرحلهٔ چهارم، زن(های) مربوط به تولید پوشینه بین باکتری‌ها منتقل شد؛ نه این‌که خود پوشینه از یک باکتری به باکتری دیگر منتقل گردد!

موشکافی متن:

۱ در مرحلهٔ اول همهٔ موش‌ها بر اثر ابتلا به **سینه‌پهلو** (نه آنفلوآنزا!) فوت شدند و درون خون آن‌ها باکتری‌های پوشینه‌دار زنده مشاهده شد. نتیجهٔ گرفیت از این آزمایش این بود که **باکتری پوشینه‌دار** باعث بروز بیماری در موش‌ها می‌شود.

۲ در مرحلهٔ دوم همهٔ موش‌ها زنده ماندند. در واقع دستگاه ایمنی باکتری‌ها با موفقیت توانست از پس باکتری‌ها بر بیاید و اون‌ها رو از بین بیره! در این مرحله، درون خون موش‌ها باکتری‌های زنده مشاهده نشد! نتیجهٔ این مرحله این بود که **باکتری‌های بدون پوشینه** باعث بروز بیماری نمی‌شوند.

با کنار هم گذاشتن مرحلهٔ اول و دوم، گرفیت نتیجه گرفت که احتمالاً پوشینه عامل بیماری‌زایی باکتری‌هاست!

۳ در مرحلهٔ سوم، همهٔ موش‌ها زنده ماندند و درون خون موش‌ها، باکتری زنده پوشینه‌دار مشاهده نشد! پس باکتری پوشینه‌دار کشته شده با گرما نمی‌تواند باعث بیماری‌زایی شود.

پوشینه دارای ترکیباتی است که بر اثر گرمادادن از بین نمی‌رود.

۵. فقط یک نوع باکتری در خون موش‌ها مشاهده شد ← اول و دوم و سوم
۶. دستگاه ایمنی موش‌ها، همه باکتری‌های زنده را کشتند ← دوم
۷. بعضی از باکتری‌ها محتوای ژنتیکی خود را تغییر دادند ← چهارم
۸. میزان اکسیژن محلول در خون موش‌ها کاهش پیدا کرد ← اول و چهارم
۹. پس از آن نتیجه گرفت که پوشینه در توانایی بیماری‌زایی باکتری نقش دارد ← دوم
۱۰. سیستم ایمنی موش‌ها فعال شده و پادتن ساخته می‌شود ← هر چهار مرحله
۱۱. فقط باکتری‌های پوشینه‌دار در خون موش‌های مرده مشاهده شدند ← اول
۱۲. مخلوط تزریق شده ترکیبی مشابه با واکسن داشت ← سوم

یاخته تراژنی، یاخته‌ای است که با دریافت ماده ژنتیکی از یک گونه دیگر از محیط خارج، دچار تغییر شده است. در نتیجه می‌فهمیم که باکتری استرپتوکوکوس نومونیا که اطلاعات مربوط به تولید پوشینه را دریافت کرد، تراژن محسوب نمی‌شود؛ چون ماده وراثتی که دریافت کرده است مربوط به جاندار هم‌گونه با خودش بوده است! (دوازدهم - فصل ۷)

هر مرحله‌ای از آزمایش گریفیت که هر مرحله

۱. باکتری‌های زنده به موش‌ها تزریق شدند ← اول، دوم و چهارم
۲. باکتری‌های کشته‌شده به موش‌ها تزریق شدند ← سوم و چهارم
۳. باکتری‌های زنده و کشته‌شده به موش‌ها تزریق شدند ← چهارم
۴. باکتری‌های پوشینه‌دار در شش‌های موش‌ها مشاهده شدند ← اول و چهارم

آزمایش‌های گریفیت	اول	دوم	سوم	چهارم
چه چیزی تزریق شد؟	باکتری‌های زنده پوشینه‌دار	باکتری‌های زنده بدون پوشینه	باکتری‌های کشته شده پوشینه‌دار	باکتری‌های کشته شده پوشینه‌دار + باکتری‌های بدون پوشینه زنده
سرنوشت موش‌ها	مردند	زنده ماندند	زنده ماندند	مردند
نتایج مطابق انتظار گریفیت بود؟	✓	✓	✓	✗
ابتلای موش‌ها به سینه پهلوی؟	بله	خیر	خیر	بله
از باکتری‌های پوشینه‌دار استفاده شد؟	✓ (زنده)	✗	✓ (مرده)	✓ (مرده)
از باکتری‌های بدون پوشینه استفاده شد؟	✗	✓	✗	✓
تغییری در ظاهر برخی باکتری‌های استرپتوکوکوس نومونیا صورت گرفت؟	✗	✗	✗	✓
تمام باکتری‌های مشاهده شده در خون موش‌ها، پوشینه‌دار بودند؟	✓ (زنده)	✗	✓ (مرده)	✗ (برخی پوشینه‌دار زنده و برخی پوشینه‌دار مرده و برخی بدون پوشینه)
فعالیت دستگاه ایمنی موش‌ها تحریک شد؟	✓	✓	✓	✓
مشخص شد که وجود پوشینه به تنهایی عامل مرگ موش‌ها نیست؟	✗	✗	✓	✗
باکتری‌های پوشینه‌دار زنده درون شش‌های جانور یافت شد؟	✓	✗	✗	✓
ماهیت عامل مؤثر در انتقال صفات بین یاخته‌ها مشخص گردید؟	✗	✗	✗	✗
از گرما استفاده شد؟	✗	✗	✓	✓

یادداشت:

عامل اصلی انتقال صفات وراثتی، مولکول دنا است — نتیجه تلاش‌های ایوری و همکارانش

عامل مؤثر در انتقال این صفت تا حدود ۱۶ سال بعد از دریافت همچنان ناشناخته ماند. تا اینکه بعضی از دانش‌آموزان عزیز فکر نتایج کارهای دانشمندی به نام ایوری و همکارانش عامل مؤثر در آن را مشخص کرد. آنها ابتدا از عصاره می‌کنند که مباحث دانشمندان اهمیت استخراج شده از باکتری‌های کشته شده پوشینه‌دار استفاده کردند و در آن تمامی پروتئین‌های موجود را (نه بعضی!) (نه دنا!) رو مطالعه می‌کنند؛ اما باید با توجه به تخریب کردند. به نظر شما چگونه این کار انجام شد؟ به کمک پروتئازها

آنها سپس باقی‌مانده محلول را به محیط کشت باکتری فاقد پوشینه اضافه کردند و دیدند که انتقال از آزمایشات گریفیت به این نتیجه صفت صورت می‌گیرد؛ پس می‌توان نتیجه گرفت که پروتئین‌ها ماده وراثتی نیستند. ^{نتیجه:} باید با دقت بخونی!

در آزمایش دیگری عصاره استخراج شده از باکتری‌های کشته شده پوشینه‌دار را در یک گریزانه (سانتریفیوژ) با سرعت بالا قرار دادند و مواد آن را به صورت لایه لایه جدا کردند. با اضافه کردن هریک از لایه‌ها به صورت جداگانه به محیط کشت باکتری فاقد پوشینه مشاهده کردند که انتقال صفت فقط با لایه‌ای که در آن دنا وجود دارد انجام می‌شود.

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

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

۳ ایوری و همکارانش، دنا را برای نخستین بار کشف نکردند، بلکه قبل از آن‌ها دنا کشف شده بود! در واقع ایوری و همکارانش در آزمایش دومشون برای نخستین بار نشون دادند که ماده وراثتی همون دناست! ۴ آزمایش سوم صرفاً برای تثبیت نتیجه آزمایش دوم بود و چیز جدیدی رو کشف نکرد. ایوری و همکارانش چگونگی انتقال ماده وراثتی را کشف نکردند.

در مورد آزمایشات ایوری داریم:

۱. مرحله‌ای که فقط پروتئین تخریب می‌شود — یک
۲. مرحله‌ای که پروتئین‌ها در آن تخریب می‌شوند — یک و سه
۳. مرحله‌ای که در همه محیط‌ها انتقال صفت داشتیم — آزمایش اول
۴. مرحله‌ای که فقط در یک محیط انتقال صفت داشتیم — آزمایش دوم
۵. مرحله‌ای که در تعدادی محیط (اغلب محیط‌ها) انتقال صفت داشتیم — آزمایش سوم
۶. مرحله‌ای که برای اولین بار مشخص شد دنا عامل وراثتی است — آزمایش دوم ایوری

موشکافی متن:

۱ حواست باشه که در مرحله اول، ماهیت ماده وراثتی کشف نشد! صرفاً ایوری و همکارانش نتیجه گرفتند که پروتئین‌ها ماده وراثتی نیستند.

۲ گریزانه یا سانتریفیوژ دستگاهی است که با سرعت بالا دور محوری می‌چرخد و باعث می‌شود تا مواد بر اساس چگالی خود از هم جدا شوند، به نحوی که مواد سنگین‌تر در قسمت‌های پایین‌تر و مواد سبک‌تر در قسمت‌های بالاتر لوله قرار می‌گیرند. از سانتریفیوژ برای جداکردن گویچه‌های خون و پلاسما و یا جداکردن مواد مختلف در آزمایش دوم ایوری و همکارانش و آزمایشات مزلسون و استال استفاده گردید. (دهم - فصل ۴)



مرحله سوم	مرحله دوم	مرحله اول	آزمایشات ایوری و همکارانش	
✓	✗	✓	پروتئین‌ها	تخریب
✗	✗	✓	فقط پروتئین‌ها	
✓	✗	✗	مولکول‌های غیرپروتئینی	
✓	✓	✓	پوشینه‌دار	استفاده از عصارهٔ باکتری‌های
✗	✗	✗	بدون پوشینه	
✗	✗	✗	پوشینه‌دار	استفاده از باکتری زنده
✓	✓	✓	بدون پوشینه	
✗	✗	✓	نقش نداشتن پروتئین‌ها در انتقال صفات (برای نخستین بار)	مشخص شدن
✗	✓	✗	ماهیت و جنس مادهٔ وراثتی برای نخستین بار	
✗	✓	✗	استفاده از سانتریفیوژ	
✓	✓	✓	مشاهده انتقال صفات بین باکتری‌ها	
✓	✓	✗	استفاده از چند نوع یا چند عدد محیط کشت	
دنا قطعاً ماده وراثتی است!	دنا ماده وراثتی است!	پروتئین ماده وراثتی نیست!	نتیجه آزمایش	
✓ (سه تا از محیط‌های کشت)	✓ (یکی از محیط‌های کشت)	✗	ورود باکتری به محیط کشت حاوی پروتئین	
✓	✓	✗	تقسیم کردن عصارهٔ باکتری‌ها به چند قسمت یا چند لایه	

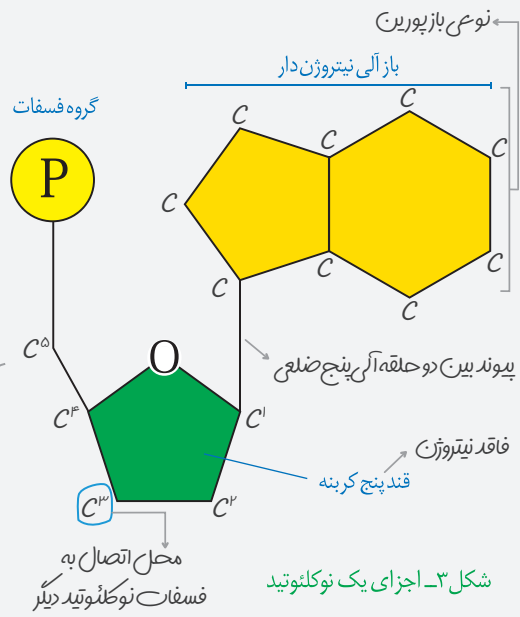
مقایسه آزمایشات گریفیت و ایوری:

مقایسه آزمایشات گریفیت با آزمایشات ایوری و همکارانش		
ایوری و همکارانش	گریفیت	مورد مقایسه
۳ مرحله آزمایش	۴ مرحله آزمایش	تعداد مراحل آزمایش
هر سه مرحله	مراحل ۲ و ۴	استفاده از باکتری فاقد پوشینه
مرحله ۲	×	استفاده از گریزانه
مرحله ۱ و ۳	×	استفاده از آنزیم‌های تخریب‌کنندهٔ مواد آلی
هر سه مرحله	مرحله ۴	انتقال صفات
×	✓	استفاده از موش (جاندار یوکاریوت)
✓	×	استفاده از محیط کشت
بررسی محیط کشت	مرگ موش و سپس بررسی خون و شش‌های موش مرده	نحوه متوجه شدن انتقال صفت؟
کشف عامل مؤثر در انتقال صفت	ساخت واکسن آنفلوانزا	هدف اولیهٔ آزمایش
دنا ماده وراثتی است	صفات می‌توانند به یاخته دیگری منتقل شوند.	نتیجه نهایی آزمایش
هر سه مرحله	مرحله ۴	تغییر ظاهر باکتری‌ها
بله	خیر	کشف ماهیت مادهٔ وراثتی
خیر	خیر	کشف چگونگی انتقال مادهٔ وراثتی
خیر	بله	کشف انتقال صفت بین یاخته‌ها برای اولین بار

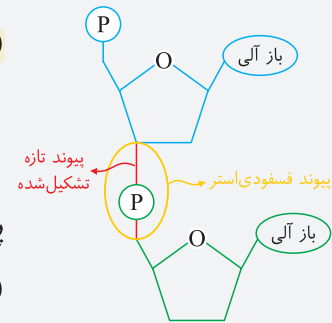
ساختار نوکلئیک اسیدها

نوعی اسید هستند ← pH اسیدی دارند!

نوکلئیک اسیدها که شامل **دئوکسی‌ریبونوکلئیک اسید** (دنا) و **ریبونوکلئیک اسید** (رنا) هستند، همگی بسپارهایی (پلیمرهایی) از واحدهای تکرارشونده به نام **نوکلئوتید** هستند. با توجه به شکل ۳ هر نوکلئوتید شامل سه بخش است: یک قند پنج کربنه، یک باز آلی نیتروژن دار و یک تاسه گروه فسفات. قند پنج کربنه در دنا، **دئوکسی‌ریبوز** و در رنا، **ریبوز** است. دئوکسی‌ریبوز (نه مولکول اسید!) اکسیژن کمتر از ریبوز دارد. **باز آلی نیتروژن دار** می‌تواند **پورین** باشد که ساختار دو حلقه‌ای دارد؛ شامل آدنین (A) و گوانین (G) یا می‌تواند **پیریمیدین** باشد که ساختار تک حلقه‌ای دارد؛ شامل تیمین (T) و سیتوزین (C) و یوراسیل (U). در دنا باز یوراسیل شرکت ندارد و به جای آن تیمین وجود دارد و در رنا به جای تیمین، باز یوراسیل وجود دارد.



برای تشکیل یک نوکلئوتید، باز آلی نیتروژن دار و گروه یا گروه‌های فسفات با پیوند اشتراکی (کووالانسی) به دو سمت قند متصل می‌شوند (شکل ۳).
تعداد انواع کل: ریبونوکلئوتیدها: ۱۲، دئوکسی‌ریبونوکلئوتیدها: ۱۲
نوکلئوتیدها از نظر نوع قند، نوع باز آلی و تعداد گروه‌های فسفات با یکدیگر تفاوت دارند. ۲
نوکلئوتیدها با نوعی پیوند اشتراکی به نام **فسفودی‌استر** به هم متصل می‌شوند و رشته پلی نوکلئوتیدی را می‌سازند. در تشکیل پیوند فسفودی‌استر، فسفات یک نوکلئوتید به گروه هیدروکسیل (OH) از قند مربوط به نوکلئوتید دیگر متصل می‌شود (شکل ۵). رشته‌های پلی نوکلئوتیدی یا به تنهایی نوکلئیک اسید را می‌سازند، مثل رنا، یا به صورت دوتایی مقابل هم قرار می‌گیرند و نوکلئیک اسیدهایی مثل دنا را می‌سازند. ← دنا همواره دو رشته‌ای و رنا همواره تک رشته‌ای است.



موشکافی متن:



تکنیک حفظ کردن: پورین‌ها برخلاف اسمشون که کوچیکه، دو حلقه‌ای هستن و بزرگن؛ اما پیریمیدین برخلاف اسمشون که بزرگه، تک حلقه‌ای هستن و کوچیک!

بازهای آلی دو حلقه‌ای وزن بیشتری نسبت به بازهای آلی تک حلقه‌ای دارند.

تعداد حلقه‌های آلی در نوکلئوتیدهای

پورین دار: سه حلقه آلی متشکل از دو حلقه باز و یک حلقه قند

پیریمیدین دار: دو حلقه آلی متشکل از یک حلقه باز و یک حلقه قند

تعداد نوکلئوتیدهای ساختار دنا با تعداد حلقه‌های آلی ۶ ضلعی برابر است. (چون هر نوکلئوتید یک حلقه ۶ ضلعی دارد).

سؤال ؟ درستی یا نادرستی عبارت زیر را مشخص کنید.

هر نوکلئوتید فاقد یوراسیل، می‌تواند در ساختار دنا شرکت کند ← نادرست! ریبونوکلئوتید آدنین دار یا سیتوزین دار نمی‌تواند در ساختار دنا شرکت کند!

۱ در قندهای ریبوز و دئوکسی‌ریبوز، یک حلقه پنج ضلعی دیده می‌شود که چهار کربن دارد! یک کربن در داخل حلقه پنج ضلعی به باز آلی متصل است و یک کربن در خارج از حلقه پنج ضلعی قند، به گروه فسفات اتصال دارد.

هر جا لفظ حلقه پنج کربنی برای قندهای ریبوز و دئوکسی‌ریبوز به کار بردند، درجا روش خط بکش و ردش کن!

۲ بازهای آلی دو حلقه‌ای، یک حلقه ۶ ضلعی و یک حلقه ۵ ضلعی دارند و از طریق حلقه پنج ضلعی خود به قند متصل می‌شوند. بازهای آلی تک حلقه‌ای، تنها یک حلقه ۶ ضلعی دارند و از طریق همین حلقه ۶ ضلعی به قند متصل می‌شوند.

۴ برای تشکیل پیوند فسفودی‌استر، P یک نوکلئوتید به OH نوکلئوتید مجاور، از طریق یک پیوند اشتراکی متصل میشه. دقت کن که پیوند فسفودی‌استر خودش متشکل از دو پیوند است: ۱. پیوند تازه تشکیل شده بین P و OH (بین نوکلئوتید) + ۲. پیوند قدیمی بین P و C شماره ۵ قند همان نوکلئوتید (درون نوکلئوتید)! به عبارت دیگر پیوند فسفودی‌استر متشکل از دو پیوند قند-فسفات است.

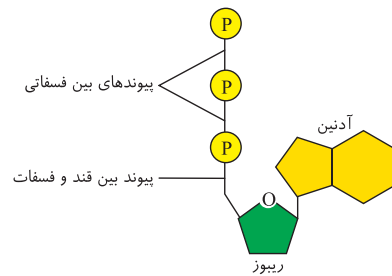
وقتی پیوند فسفودی‌استر تشکیل شد، اصطلاحاً گفته میشه پیوند فسفودی‌استر بین قند یک نوکلئوتید و قند نوکلئوتید مجاور برقرار است. آقا یه سوال؛ تشکیل پیوند فسفودی‌استر رو ما سنتز آبدی بگیریم یا نه؟ خیلی خلاصه و سربسته میگم خدمتون، تشکیل پیوند فسفودی‌استر در رنا از نوع سنتز آبدی است؛ اما در دنا خیر! (داستان هم برمیگرده به اون (OH) اضافه‌ای که نوکلئوتیدهای به کار رفته در ساختار رنا داره) البته بعضی طراحان محترم همچنان تشکیل پیوند فسفودی‌استر بین نوکلئوتیدهای دنا رو سنتز آبدی در نظر میگیرن ولی خب ریکه الان تو میدونی که اصل قضیه چیه و مناسب با دیدگاه طراح باید به موضوع نگاه کنی!

هر بخشی از ساختار نوکلئوتید که

۱. در نتیجه سوختن آن ماده دفعی نیتروژن دار تولید می‌شود ← باز آلی
۲. از نظر تعداد، بین نوکلئوتیدهای مختلف، متفاوت است ← گروه فسفات
۳. دارای حلقه آلی است ← باز آلی + قند
۴. در تشکیل پیوند فسفودی‌استر شرکت ندارد ← باز آلی
۵. در تشکیل پیوند هیدروژنی با نوکلئوتید مکمل شرکت دارد ← باز آلی
۶. حلقه آلی پنج ضلعی دارد ← قند + باز پورین
۷. حلقه آلی شش ضلعی دارد ← باز آلی

۳ گروه (های) فسفات بخش معدنی نوکلئوتیدها محسوب می‌شوند. نوکلئوتیدهای مختلف از نظر تعداد فسفات با هم متفاوت‌اند و همه نوکلئوتیدها یک نوع فسفات دارند. (آخه مگه فسفات‌های متفاوت داریم؟! ضمناً یادت باشه که نوکلئوتید در ساختار رشته پلی‌نوکلئوتیدی تنها به صورت تک فسفات قرار می‌گیرد.

در ساختار نوکلئوتیدها پیوند بین باز آلی و فسفات نداریم! در هر نوکلئوتید تنها یک پیوند بین فسفات و قند داریم و فسفات‌های بعدی که به ساختار نوکلئوتید اضافه می‌شوند، پیوند بین فسفاتی تشکیل می‌دهند. مثلاً در شکل زیر یک ریبونوکلئوتید سه فسفات رو می‌بینیم (ATP) که دو پیوند بین فسفاتی و یک پیوند قند-فسفات دارد.

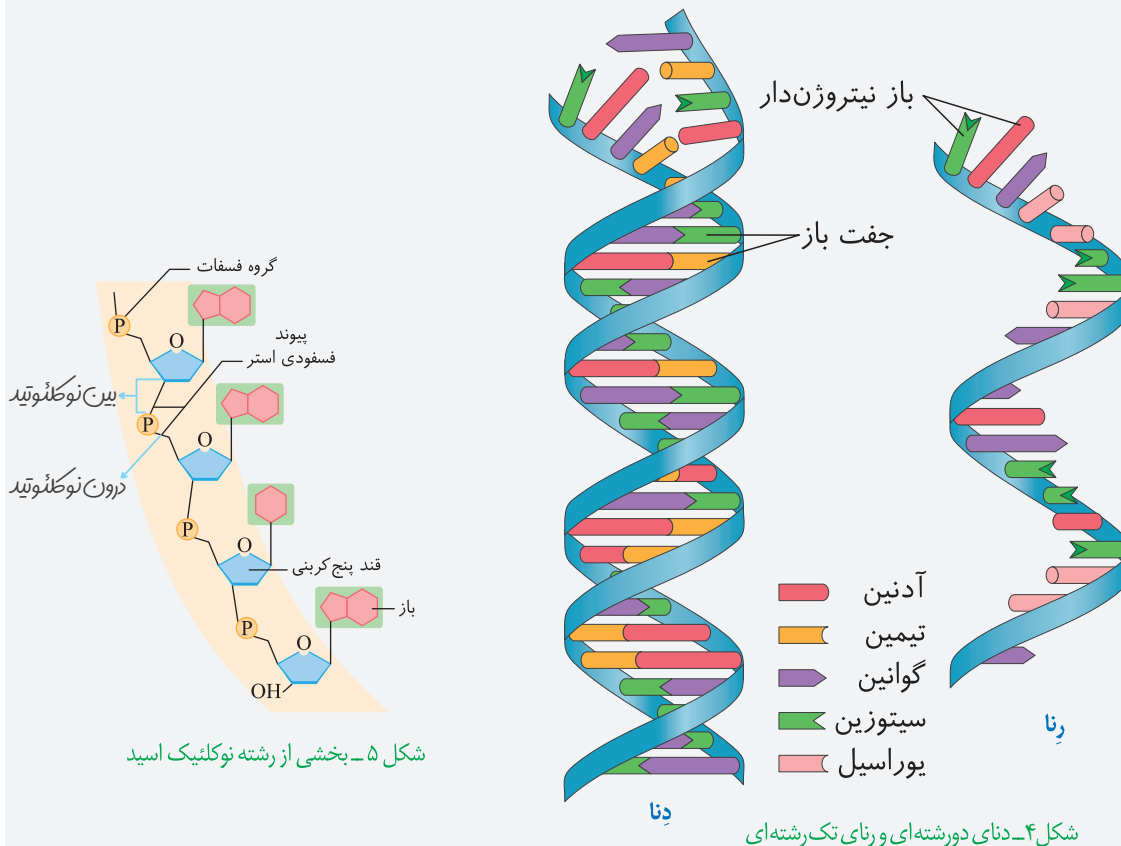


فسفات در ساختار فسفولیپیدها، نوکلئیک اسیدها، کراتین فسفات و برخی ترکیبات درگیر در فتوسنتز و تنفس یاخته‌ای (ریبولوز بیس فسفات و ریبولوز فسفات در فتوسنتز و فروکتوز فسفات، اسید فسفات و قند دو فسفات در تنفس یاخته‌ای) و همچنین به صورت ترکیب با کلسیم در ساختار ماده زمینه‌ای استخوان انسان مشاهده می‌شود. همینطور توی کتاب درسی دهم می‌خونیم که فسفر مورد نیاز گیاهان به صورت فسفات جذب می‌شود. (ترکیبی سه پایه)

کمبود فسفر در گیاهان باعث محدودیت رشد می‌شود و برای همین منظور گیاهان برای جذب بیشتر فسفر یک سری سازوکار دارند که شامل ۱. افزایش تولید تارهای کشنده و افزایش میزان گستردگی ریشه ۲. تشکیل همزیستی با قارچ‌ها می‌باشد. (دهم - فصل ۷)

یادداشت:

بنابراین مولکول‌های دنا از دو رشته پلی‌نوکلئوتید و مولکول‌های رنا از یک رشته پلی‌نوکلئوتید تشکیل می‌شوند (شکل ۴).^۱



شکل ۴- دنا و رشته‌ای و رنا و تک رشته‌ای

دو انتهای رشته‌های پلی‌نوکلئوتید نیز می‌توانند با پیوند فسفودی استر به هم متصل شوند و

نوکلئیک اسید **حلقوی** را ایجاد کنند؛ برای مثال دنا در باکتری‌ها به صورت حلقوی است.^۲

در نوکلئیک اسیدهای **خطی** (نه حلقوی) گروه فسفات در یک انتها و گروه هیدروکسیل در انتهای دیگر آزاد

است؛ بنابراین هر رشته دنا و رنا خطی همیشه دو سر متفاوت دارد (شکل ۵).^۳

۲ دنا و حلقوی مولکولی متشکل از دو رشته است که دو سر آن در انتها به یک دیگر وصل می‌شوند. در واقع در هنگام تشکیل دنا حلقوی، پس از آن که رشته‌های پلی‌نوکلئوتیدی تشکیل می‌شوند، دو سر هر رشته به هم متصل می‌گردند و از حالت خطی به حلقوی تبدیل می‌شوند.

در مقایسه دنا و حلقوی داریم:

الف) دنا حلقوی: هر نوکلئوتید در دوتا پیوند فسفودی استر شرکت دارند. ← در دنا حلقوی، تعداد پیوندهای فسفودی استر و تعداد نوکلئوتیدها با هم برابر است.

ب) دنا خطی: چهار تا نوکلئوتید، در یک پیوند فسفودی استر شرکت دارند، بقیه در دو پیوند فسفودی استر. ← تعداد پیوندهای فسفودی استر در هر رشته خطی دنا یک عدد کمتر از تعداد نوکلئوتیدهاست و تعداد پیوندهای فسفودی استر در هر مولکول دنا دو عدد کمتر از تعداد نوکلئوتیدهاست.

موشکافی متن:

۱ نوکلئوتیدها بعد از این که با پیوند فسفودی استر به نوکلئوتید مجاورشون متصل می‌شوند، نهایتاً یک رشته پلی‌نوکلئوتیدی رو می‌سازند. این رشته پلی‌نوکلئوتیدی اگر ...

الف) متشکل از ریبونوکلئوتیدها باشد؛ خودش به تنهایی در تشکیل یک مولکول رنا شرکت می‌کند که به صورت خطی است. این مولکول در یک انتها به گروه فسفات منتهی شده و از سوی دیگر به گروه هیدروکسیل قند منتهی می‌گردد.

ب) متشکل از دئوکسی ریبونوکلئوتیدها باشد؛ باید با یک رشته دیگر از جنس دئوکسی ریبونوکلئوتیدها، پیوند هیدروژنی برقرار کند تا یک مولکول دنا و دو رشته‌ای بسازد. این مولکول دنا ممکن است در نهایت شکل خطی یا حلقوی پیوند کند. (لازم به ذکره که توی فصل بعدی به طور مفصل مقایسه دنا و رنا رو با هم بررسی خواهیم کرد!)



۱. دنا دورشته‌ای و رنا تک‌رشته است. دنا در ساختار خود دارای شیراهای عمیق و کم‌عمق است که به صورت یک در میان تکرار می‌شوند. اما رنا در ساختار خود تنها یک نوع شیراز نوع عمیق دارد.

۲. قطر دنا در طول آن ثابت است، اما قطر رنا می‌تواند متناسب با نوع باز آلی نوکلئوتیدهایش تغییر کند.

۳. در هر بیج کامل، دنا تقریباً ۱۰ جفت باز مشاهده می‌شود.



۱. در نوکلئوتیدهای واجد باز پورین، بین حلقهٔ پنج ضلعی قند و حلقهٔ پنج ضلعی باز آلی پیوند دیده می‌شود. اما در نوکلئوتیدهای واجد باز پیریمیدین، بین حلقهٔ پنج ضلعی قند و حلقهٔ شش ضلعی باز آلی پیوند وجود دارد.

۲. هم بازهای آلی پورین و هم بازهای آلی پیریمیدین، از سمت حلقهٔ شش ضلعی خود با باز آلی مکملشان پیوند هیدروژنی تشکیل می‌دهند.

۳. در ساختار نوکلئوتیدها و دنا:

(الف) پیوندهای بین حلقه‌های پنج ضلعی: پیوند اشتراکی بین باز پورین و قند

(ب) پیوندهای بین حلقه‌های شش ضلعی: پیوند هیدروژنی بین بازهای مکمل

(پ) پیوندهای بین حلقهٔ پنج ضلعی و شش ضلعی: پیوند بین حلقهٔ پنج ضلعی و شش ضلعی باز پورین + پیوند بین قند و باز پیریمیدین

۴. در هر رشتهٔ خطی دنا، در یک انتها گروه OH قند قرار می‌گیرد و در انتهای دیگر، گروه فسفات دیده می‌شود.



۳ هر رشته دنا و رنا خطی همیشه دو سر متفاوت دارد؛ اگر به جای «رشته» بگیم «مولکول» کاملاً جمله غلط میشه! چرا؟ چون مولکول دنا از دو رشته برعکس دئوریونوکلئیک اسیدی کنار یکدیگر تشکیل شده است که اگر در یک رشته، هیدروکسیل در یک سمت باشد، در رشته مقابل فسفات در همان سمت قرار دارد. همین طور در سمت دیگر مولکول دنا نیز یک رشته داری فسفات و رشته مقابل دارای هیدروکسیل است. درواقع یعنی مولکول دنا در هر سمت خود دارای یک فسفات و یک هیدروکسیل می باشد؛ بنابراین مولکول دنا، دو انتهای مشابه دارد.



آیا **رنای حلقوی** داریم یا خیر؟
خب بحث مفصلی هست! از نظر علمی که بله داریم (مثلا در گروهی از پستانداران مثل موش)؛ اما باید از نظر کتاب درسی و کنکور بررسی کنیم!
خب کتاب دو جا خیلی ریز داره اشاره میکنه! توی همین صفحه میگه که «نوکلئیک اسید حلقوی را ایجاد می‌کنند» و در قسمت دیگری در همین صفحه میگه که «هر رشتهٔ دنا و رنای خطی ...»!
خب موضوع اینه که اگه فقط دنا میتونه حلقوی باشه، پس چه لزومی داشته که بگه «نوکلئیک اسید حلقوی»، به جاش میگفت «دناي حلقوی»! یا چه لزومی داره بگه «رنای خطی»؛
خب اگه رنا فقط حالت خطی داره! میگفت «رنا»! بنابراین با استنباط خیلی عمیق در متن کتاب درسی می‌فهمیم که رنای حلقوی نیز داریم! حالا اینکه طراح مورد نظر این مسئله رو در نظر بگیره یا نه، بستگی به تفکرش داره دیگه! چون جزء موارد جالبشیه.

یادداشت:

تلاش برای کشف ساختار مولکولی دنا

در ابتدا تصور می‌شد که چهار نوع نوکلئوتید موجود در دنا به نسبت مساوی در سراسر مولکول توزیع شده‌اند. بر این اساس دانشمندان انتظار داشتند که مقدار ۴ نوع باز آلی در تمامی مولکول‌های دنا از هر

جانداری که به دست آمده باشد بایکدیگر برابر باشد. $A = T = C = G$ (تصور قدیمی (نادرست))

اما مشاهدات و تحقیقات چارگاف^۱ روی دناهای جانداران نشان داد که مقدار آدنین در دنا با مقدار تیمین برابر است و مقدار گوانین در آن با مقدار سیتوزین برابری می‌کند. تحقیقات بعدی دانشمندان دلیل

این برابری نوکلئوتیدها را مشخص کرد.^۱

موشکافی متن:



۱ با توجه به متن کتاب درسی، درست یا نادرست بودن عبارات زیر رو با هم بررسی کنیم:

● مقدار باز آدنین با تیمین در هر رشته دنا برابر است ← **نادرست!**

علت: تعداد این بازها در هر مولکول دنا با هم برابر است؛ نه هر رشته!

● مقدار باز پورین با پیریمیدین در هر مولکول دنا برابر است ← **درست!**

● بر اساس قانون چارگاف، هنگام تولید هر رشته دنا تعداد بازهای سیتوزین و گوانین برابری مصرف می‌شود ← **نادرست!**

علت: برای تولید یک مولکول دنا (نه هر رشته) تعداد مصرف این بازها برابر است!

● براساس قانون چارگاف، در هر نوکلئیک اسید تعداد باز پورین با پیریمیدین برابر است ← **نادرست!**

یادداشت:

علت: قانون چارگاف در مورد دناها درست است، ولی در مورد رناها نه!

● چارگاف دلیل برابری بازهای سیتوزین و گوانین را مشخص کرد ← **نادرست!**

علت: دانشمندان بعدی دلیل این برابری را فهمیدند.

● طبق نظر چارگاف در یک یاخته تعداد نوکلئوتیدهای آدنین دار و تیمین دار برابر است ← **نادرست!**

علت: درون یاخته نوکلئوتیدهای آزاد و رنا هم وجود دارند که قوانین چارگاف در مورد آن‌ها صدق نمی‌کند.

🚫 در زمان چارگاف نمی‌دانستند که دنا دورشته دارد، از حالت مارپیچی بودن دنا خبر نداشتند و اطلاعی از پیوند هیدروژنی بین بازها نداشتند.

همچنین این دانشمند چیزی در مورد جفت بازها، مدل نردبانی، بازهای مکمل و... نمی‌دانست.

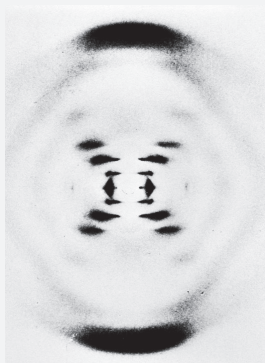
استفاده از پرتو ایکس برای تهیه تصویر از دنا

ویلکینز^۱ و فرانکلین^۲ با استفاده از پرتو ایکس از مولکول‌های دنا تصاویری تهیه کردند (شکل ۶). با بررسی این تصاویر در مورد ساختار دنا نتایجی را به دست آوردند از جمله اینکه دنا حالت مارپیچی و بیش از یک رشته دارد. البته با استفاده از این روش ابعاد مولکول‌ها را نیز تشخیص دادند.^۱

(نه این که دو رشته‌ای باشد!)

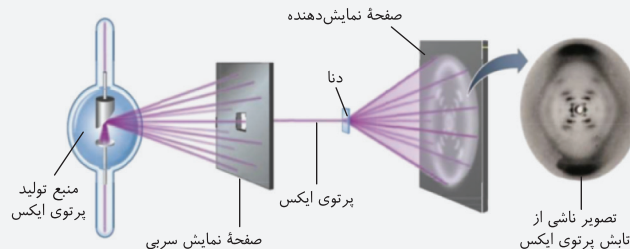


فرانکلین



ویلکینز

شکل ۶- تصویر تهیه شده با پرتو ایکس از مولکول دنا توسط ویلکینز و فرانکلین



شکل مکمل:

موشکافی شکل ۶:



۱. خطوط تیره در شکل دنا الزاماً هم‌راستا نیستند.
۲. برخی از خطوط تیره، اندازه‌های متفاوتی دارند.
۳. در قسمت مرکزی تصویر تهیه شده از دنا فضای خالی وجود دارد و سفیدرنگ دیده می‌شود.
۴. بخش‌هایی که رشته‌های DNA وجود دارند، به صورت تیره دیده می‌شوند.

موشکافی متن:



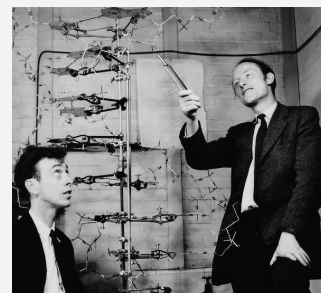
۱. نتایج آزمایشات ویلکینز و فرانکلین: ۱. دنا مارپیچی است.
۲. دنا بیش از یک رشته دارد. ۳. تشخیص ابعاد دنا
- اولین کسی که در مورد مارپیچی بودن دنا صحبت کرد: ویلکینز و فرانکلین
- دقت کنید که ویلکینز و فرانکلین دقیقاً تعداد رشته‌های دنا را مشخص نکردند و صرفاً گفتند دنا بیش از یک رشته دارد!

مدل مولکولی دنا

منظور ویلکینز و فرانکلین

واتسون^۳ و کریک^۴ با استفاده از نتایج آزمایش‌های چارگاف و داده‌های حاصل از تصاویر تهیه شده با پرتو ایکس و با استفاده از یافته‌های خود، مدل مولکولی نردبان مارپیچ را ساختند که باعث شد در سال ۱۹۶۲ جایزه نوبل را دریافت کنند.^۱ نتایج حاصل از این تحقیقات با پژوهش‌های امروزی مورد تأیید قرار گرفته‌اند.

شکل ۷- واتسون و کریک و مدل پیشنهادی آنها برای دنا

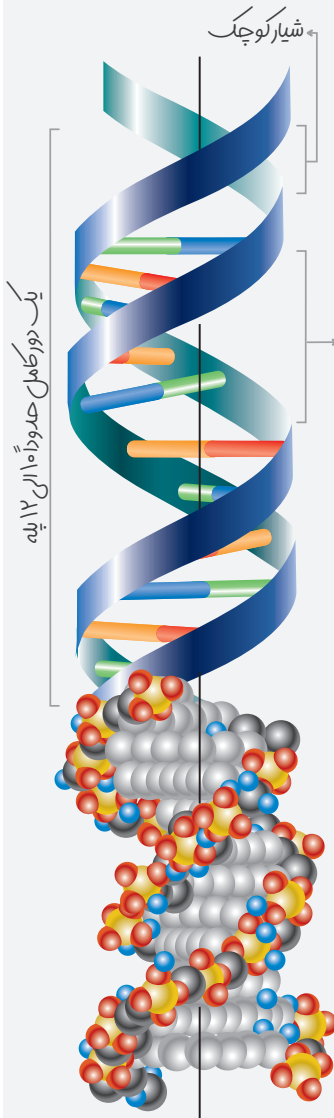


موشکافی متن:



۱. ساختارهای مارپیچی: ۱. دنا ۲. ساختار دوم مارپیچی پروتئین‌ها ۳. پروتئین‌های میوزین و اکترین ۴. لوله‌های مارپیچی و پیچ‌خورده در بیضه‌ها و ...

نکات کلیدی مدل واتسون و کریک



شکل ۸- مدل مارپیچ دورشته‌ای دنا

هر مولکول دنا 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 پیچ خورده مقایسه می‌شود. ستون‌های این نردبان را قند و فسفات و پله‌ها را بازهای آلی تشکیل می‌دهند. بین قند یک نوکلئوتید و قند نوکلئوتید مجاور پیوند فسفودی‌استر، و بین بازهای روبه‌روی هم پیوند هیدروژنی برقرار است (شکل ۸).^۱

پیوندهای هیدروژنی بین بازها، دو رشته دنا را در مقابل هم نگه می‌دارد. 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. به این جفت بازها بازهای مکمل می‌گویند. بین C و G نسبت به A و T پیوند هیدروژنی بیشتری تشکیل می‌شود.^۲

قرارگیری جفت بازها به این شکل باعث می‌شود که قطر مولکول دنا در سراسر آن یکسان باشد؛ زیرا یک باز تک حلقه‌ای در مقابل یک باز دو حلقه‌ای قرار می‌گیرد و باعث پایداری مولکول دنا می‌شود.^۳ نتیجه دیگر جفت شدن بازهای مکمل این است که اگرچه دو رشته یک مولکول دنا یکسان نیستند، ولی شناسایی ترتیب نوکلئوتیدهای هر کدام می‌تواند ترتیب نوکلئوتیدهای رشته دیگر را هم مشخص کند؛ مثلاً اگر ترتیب نوکلئوتیدها در یک رشته ATGC باشد ترتیب نوکلئوتیدها در رشته 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 دنا حالت پایداری می‌دهد. در عین حال، دو رشته دنا در موقع نیاز هم می‌توانند در بعضی نقاط از هم جدا شوند، بدون اینکه پایداری آنها به هم بخورد.^۴

وجود رابطه مکملی بین جفت‌بازها تأییدی است بر یافته‌های آقای چارگاف!

بین بازهای سیتوزین و گوانین سه پیوند هیدروژنی و بین بازهای آدنین و تیمین دو پیوند هیدروژنی برقرار می‌شود.

در ارتباط با پیوندهای هیدروژنی و فسفودی‌استر بین نوکلئوتیدها در مولکول دنا می‌توان گفت هر پیوندی که

۱. بین بازهای آلی مکمل برقرار است ← پیوند هیدروژنی

۲. بین نوکلئوتیدهای مجاور در یک رشته برقرار است ← پیوند فسفودی‌استر

۳. بین نوکلئوتیدها با باز مکمل می‌تواند برقرار شود ← پیوند هیدروژنی و پیوند فسفودی‌استر

۴. توسط آنزیم هلیکاز تجزیه می‌شود ← پیوند هیدروژنی

۵. در ستون‌های نردبان مارپیچ وجود دارد ← پیوند فسفودی‌استر

۶. در پله‌های نردبان مارپیچ وجود دارد ← پیوند هیدروژنی

موشکافی متن:

۱ در ساختار نردبان مانند دنا:

- ستون‌ها ← متشکل از قند و فسفات است ← دارای پیوندهای فسفودی‌استر + پیوندهای اشتراکی درون ساختار نوکلئوتیدها
- پله‌ها ← متشکل از باز آلی است ← دارای پیوندهای هیدروژنی بین دو باز آلی مکمل + پیوندهای اشتراکی درون ساختار نوکلئوتیدها (پیوند بین باز و قند و پیوندهای درون بازهای آلی)

با توجه به نحوه قرارگیری بازهای آلی می‌توان نتیجه گرفت که پیوندهای هیدروژنی بین نوکلئوتیدهای مکمل، بین حلقه شش ضلعی باز آلی پیریمیدین با حلقه شش ضلعی باز آلی پورین تشکیل می‌شوند.

۲ پیوندی که دو رشته دنا را مقابل هم نگه می‌دارد ← پیوند هیدروژنی

● تعداد حلقه‌های شش ضلعی مولکول دنا: n

توضیح فرمول: هر نوکلئوتید یک حلقه شش ضلعی دارد.

● تعداد حلقه‌های پنج ضلعی مولکول دنا: $\frac{n}{3} \times 3$

توضیح فرمول: هر جفت نوکلئوتید مکمل هم که روبه‌روی هم قرار دارند، مجموعاً دو حلقه پنج ضلعی قند و یک حلقه پنج ضلعی باز آلی دارند.

(ب) در یک دنا ی حلقوی اگر تعداد نوکلئوتیدها را n در نظر بگیریم:

● تعداد پیوندهای فسفودی استر در هر رشته دنا: $\frac{n}{2}$ ● تعداد پیوندهای فسفودی استر در هر مولکول دنا: n

بقیه موارد در دنا ی خطی و حلقوی مشابه است!

● عوامل ایجادکننده پایداری در دنا: الف) برقراری پیوندهای

هیدروژنی بین نوکلئوتیدها (ب) قطر یکسان دنا

● نتایج قرارگیری جفت‌بازها به شکل مکمل: الف) قطر یکسان

مولکول دنا در سراسر آن (ب) تعیین ترتیب نوکلئوتیدهای یک رشته از روی رشته مقابل (پ) حالت پایدارتر به مولکول دنا به دلیل برقراری میلیون‌ها

پیوند هیدروژنی

انرژی هر پیوند هیدروژنی کمتر از انرژی هر پیوند فسفودی استر است.

در مواقع ضروری مثل رونویسی یا همانندسازی پیوندهای هیدروژنی

بین دو رشته دنا توسط آنزیم‌هایی شکسته می‌شود و پس از انجام این

فرایندها، در صورت نیاز مجدداً پیوندهای هیدروژنی تشکیل می‌شوند.

دقت کنید که در زمان شکستن این پیوندها، پایداری دنا کم نمی‌شود!

● سؤال ؟ اگر ترتیب نوکلئوتیدهای یک رشته در دنا به صورت

ATCGATACC باشد، ترتیب نوکلئوتیدهای رشته مکمل آن چیست؟

جواب ✓ TAGCTATGG

۷. به‌طور خودبه‌خودی تشکیل می‌شود ← پیوند هیدروژنی

۸. انرژی پیوند کمی دارد ← پیوند هیدروژنی

۹. بین قندهای نوکلئوتیدها برقرار می‌شود ← پیوند فسفودی استر

۳. یک زمانی در کنکورهای نظام قدیم، طراحان علاقه زیادی به مقایسه تعداد نوکلئوتیدها و پیوندها داشتند و یک سری فرمول برای خودشون اختراع کرده بودند، حالا ما می‌خواهیم این موارد رو با هم بررسی کنیم:

الف) در یک دنا ی خطی اگر تعداد نوکلئوتیدها را n در نظر بگیریم:

● تعداد پیوندهای فسفودی استر در هر رشته دنا: $\frac{n}{2} - 1$

توضیح فرمول: در یک رشته نصف تعداد کل دنا، نوکلئوتید داریم! از طرفی در یک رشته خطی تعداد پیوندهای فسفودی استر یکی کمتر از تعداد نوکلئوتیدهای آن رشته است. اگه شک داری با اعداد کوچک مثال بزن برای خودت!

● تعداد پیوندهای فسفودی استر در هر مولکول دنا: $n - 2$

توضیح فرمول: فرمول قسمت قبلی رو ضربدر دو کردیم! به همین سادگی...

● تعداد حلقه‌های نیتروژن دار در یک مولکول دنا: $\frac{n}{3} \times 3$

توضیح فرمول: در هر پله در ساختار دنا، سه حلقه نیتروژن دار دیده می‌شود (دوتا مربوط به باز پورین و یکی مربوط به باز پیریمیدین!) بنابراین، اگه تعداد پله‌های ساختار دنا رو به دست بیاریم (که با تقسیم تعداد نوکلئوتیدها بر ۲ به دست میاد!) و این پله‌ها رو ضربدر ۳ کنیم، تعداد حلقه‌های نیتروژن در مولکول دنا به دست میاد!

● تعداد حلقه‌های آلی در یک مولکول دنا: $\frac{n}{3} \times 5$

توضیح فرمول: اگه بیایم و به تعداد حلقه‌های نیتروژن دار مولکول دنا، حلقه‌های قند رو اضافه کنیم، تعداد کل حلقه‌های آلی به دست میاد! به ازای هر نوکلئوتید در ساختار دنا یک حلقه قند داریم! بنابراین به عدد $(\frac{n}{3} \times 3)$ باید عدد (n) رو اضافه کنیم و جواب میشه $(\frac{n}{3} \times 5)$

یادداشت:

رنا و انواع آن

گفتیم که نوع دیگری از نوکلئیک اسیدها، رنا است. مولکول رنا تک رشته‌ای است و از روی بخشی از یکی از رشته‌های دنا ساخته می‌شود. رناها نقش‌های متعددی دارند که به بعضی از آنها اشاره می‌کنیم:

رنا پیک (mRNA): اطلاعات را از دنا به رناتن‌ها می‌رساند. رناتن با استفاده از اطلاعات رنا پیک، پروتئین‌سازی می‌کند که در فصل بعد با آن آشنا خواهید شد.

رنا ناقل (tRNA): آمینواسیدها را برای استفاده در پروتئین‌سازی به سمت رناتن‌ها می‌برد.

رنا رناتنی (rRNA): در ساختار رناتن‌ها علاوه بر پروتئین، رنا رناتنی نیز شرکت دارد.

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

ژن چیست؟

جنس آنزیم‌ها
RNA پروتئین

در طی این گفتار با ساختار دنا آشنا شدید. طبق آزمایش‌های ایوری و همکارانش، اطلاعات وراثتی در دنا قرار دارد و از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شوند. این اطلاعات در واحدهایی به نام ژن سازماندهی شده‌اند. (ژن بخشی از مولکول دنا است که بیان آن می‌تواند به تولید رنا یا پلی‌پپتید بینجامد.) اینک رنا

چگونه دستورالعمل‌های دنا را اجرا می‌کند، در فصل‌های آینده با آن آشنا خواهید شد. متابولیسم شامل واکنش‌های تجزیه و ترکیب مواد

دخالت نوکلئوتیدها در واکنش‌های سوخت و سازی

سه گروه فسفات + باز آدنین + قدر ریبوز آدنوزین

نوکلئوتیدها علاوه بر شرکت در ساختار دنا و رنا نقش‌های اساسی دیگری نیز در یاخته برعهده دارند. برای مثال نوکلئوتید آدنین دار ATP (آدنوزین تری فسفات) به عنوان منبع رایج انرژی در یاخته است و یاخته در فعالیت‌های مختلف از آن استفاده می‌کند.

همچنین نوکلئوتیدها در ساختار مولکول‌هایی وارد می‌شوند که در فرایندهای فتوسنتز و تنفس یاخته‌ای نقش حامل الکترون را برعهده دارند. با این مولکول‌ها در فصل‌های آینده آشنا خواهید شد.

موشکافی متن:



- ۳ با توجه به متن کتاب درسی داریم: (مناسب برای امتحان نهایی!)
 - طبق آزمایشات گریفیت: اطلاعات وراثتی می‌تواند از یاخته‌ای به یاخته دیگری منتقل شود.
 - طبق آزمایشات ایوری: اطلاعات وراثتی می‌تواند از نسلی به نسل دیگر منتقل شود.
 - ۴ در طول یک مولکول دنا تعداد زیادی ژن وجود دارد. بیان هر ژن باعث تولید رنا می‌شود، اما بیان برخی ژن‌ها باعث تولید پلی‌پپتید نمی‌شود!
 - ۵ مولکولی که دستورالعمل‌های دنا را اجرا می‌کند: رنا

۶ ATP شکل معمول انرژی در یاخته است و در برخی فرایندها ممکن است از انرژی ترکیبات دیگری برای انجام فرایندهای یاخته‌ای استفاده شود. از جمله فرایندهایی که با مصرف ATP انجام می‌شوند، می‌توان به انتقال فعال، آگروسیتوز و آندوسیتوز، انقباض ماهیچه‌ها و جداسدن رشته‌های اکتین و میوزین، فعالیت پمپ سدیم پتاسیم، برداشتن کلسیم از سیتوپلاسم یاخته‌های ماهیچه‌ای، آزادسازی ناقل عصبی، بازجذب و ترشح بعضی از مواد در کلیه، بیگانه‌خواری ذرات خارجی و ... اشاره کرد.

۷ حامل‌های الکترونی نوکلئوتیددار، همگی نوکلئوتیدهای آدنین‌دار دارند: در فتوسنتز: NADPH / در تنفس یاخته‌ای: FADH₂ + NADH (دوازدهم - فصل ۵ و ۶)

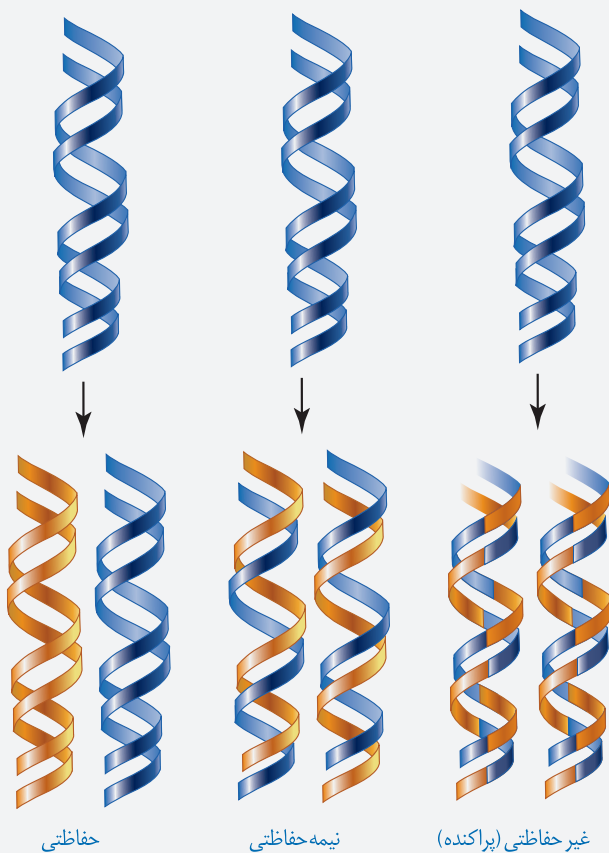
۱ فرایندی که باعث تولید رنا می‌شود، رونویسی نام دارد. طی رونویسی تنها یک رشته در یک بخش از دنا الگو قرار می‌گیرد و در نهایت هم یک رشته رنا تولید می‌شود که از رشته الگو در دنا جدا می‌گردد. با مفاهیم مربوط به رونویسی توی فصل بعد بیشتر آشنا میشی! (دوازدهم - فصل ۲)

۲ هر سه نوع رنا می‌توانند در پروتئین‌سازی نقش داشته باشند.

پیک‌های شیمیایی کوتاه‌برد و دوربرد در انتقال پیام بین یاخته‌های بدن نقش دارند. ولی رناهای پیک در انتقال پیام درون یاخته‌ها نقش دارند. رناهای کوچک مکمل که به رنا پیک متصل می‌شوند، قادر هستند تا ترجمه را متوقف کنند و از این طریق در تنظیم بیان ژن مؤثر باشند. (دوازدهم - فصل ۲)

علی‌رغم این که رناها تک رشته‌ای هستند، اما برخی رناها (رنا ناقل) می‌توانند بین نوکلئوتیدهای خود پیوند هیدروژنی تشکیل دهند. (دوازدهم - فصل ۲)

گفتار ۲ همانندسازی دنا



شکل ۹- طرح‌های مختلف برای
همانندسازی

با توجه به اینکه دنا 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؟
تعریف همانندسازی دنا: این کار با همانندسازی دنا انجام می‌شود. (به ساخته شدن مولکول

دنا جدید از روی دنا قدیمی همانندسازی می‌گویند).
(با توجه به مدل واتسون و کریک و وجود رابطه مکملی بین بازها (الف) و (ب))
تا حد زیادی همانندسازی دنا قابل توضیح است؛ گرچه طرح‌های مختلفی برای همانندسازی دنا پیشنهاد شده بود (شکل ۹).

۱- همانندسازی حفاظتی: در این طرح هر دو رشته دنا قبلی (اولیه) به صورت دست نخورده باقی مانده، وارد یکی از یاخته‌های حاصل از تقسیم می‌شوند، دو رشته دنا جدید هم وارد یاخته دیگر می‌شوند. چون دنا اولیه به صورت دست نخورده در یکی از یاخته‌ها حفظ شده است به آن همانندسازی حفاظتی می‌گویند.^۲

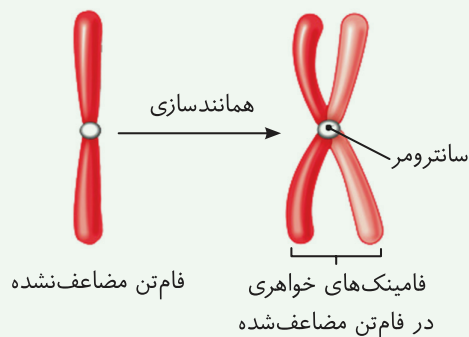
۲- همانندسازی نیمه حفاظتی: در این طرح در هر یاخته یکی از دو رشته دنا مربوط به دنا اولیه است و رشته دیگر با نوکلئوتیدهای جدید ساخته شده است. چون در هر یاخته حاصل، فقط یکی از دو رشته دنا قبلی وجود دارد، به آن نیمه حفاظتی می‌گویند.^۳

۳- همانندسازی غیر حفاظتی (پراکنده): در این طرح هر کدام از دناهای حاصل، قطعاتی از رشته‌های قبلی و رشته‌های جدید را به صورت پراکنده در خود دارند.^۴

موشکافی متن:

۱ همانندسازی باعث تولید دو مولکول دنا با توالی یکسان و با ترتیب و تعداد نوکلئوتیدهای یکسان با دنا اولیه می‌شود.

همانندسازی دنا در یاخته‌های یوکاریوتی در مرحله S چرخه یاخته‌ای انجام می‌شود و در نتیجه آن، تعداد مولکول‌های دنا درون یاخته دوبرابر می‌شود. در نتیجه این اتفاق، کروموزوم‌ها دوکروماتیدی شده اما تعداد کروموزوم‌ها ثابت می‌ماند. (یازدهم - فصل ۶)



از رشته یا مولکول دناست! دوم این که به وضعیت نوکلئوتیدهای جدید و قدیمی و پیوندهای که بینشون تشکیل میشه یا شکسته میشه هم توجه کن. با در نظر گرفتن همین دو تا مورد اکثر تست‌های این قسمت رو به راحتی آب خوردن میتونی حل کنی.

 هر نوع طرح پیشنهادشده برای همانندسازی مولکول دنا که

.....

۱. در هر مولکول دنا حاصل، هم بخش‌های جدید و هم بخش‌های قدیمی یافت می‌شوند ← نیمه حفاظتی، غیرحفاظتی

۲. در هر نسلی، نوکلئوتیدهای جدید و اولیه با هم در یک رشته وجود دارند ← غیرحفاظتی

۳. در هر رشته، بین نوکلئوتیدهای جدید و قدیمی پیوند فسفودی‌استر تشکیل می‌شود ← غیرحفاظتی

۴. بین نوکلئوتیدهای جدید و قدیمی در مولکول‌های دنا حاصل، پیوند هیدروژنی برقرار می‌شود ← نیمه حفاظتی، غیرحفاظتی

۵. پس از یک نسل همانندسازی در آزمایش مزلسون و استال رد شد ← حفاظتی

۶. پس از دو نسل همانندسازی در آزمایش مزلسون و استال رد شد ← غیرحفاظتی

۲ طرح همانندسازی حفاظتی رو مثل دستگاه کپی برگه در نظر بگیر! توی این طرح، دنا اولیه دچار هیچ تغییری نمیشه و صرفاً از روی آن یک نسخه دنا مشابه ساخته می‌شود. بنابراین در صورت بروز جهش در این طرح، جهش تنها به یک یاخته منتقل می‌شود. (نکات اضافی در مورد این طرح و دو طرح بعدی رو به صورت متمرکز توی جدول و تفکر طرح جمع‌کردم تا همه نکات رو کنار هم دیدگی ببینی!)

۳ طرح همانندسازی نیمه حفاظتی طرحی است که با همانندسازی واقعی در یاخته‌ها سازگار است. در این طرح، رشته‌های دنا اولیه الگو قرار می‌گیرند و در مقابل آن‌ها رشته جدید ساخته می‌شود. در این طرح، هر مولکول دنا جدید یک رشته قدیمی و یک رشته جدید دارد. بنابراین در صورت بروز جهش در این طرح، به هر دو یاخته حاصل منتقل می‌شود.

۴ طرح همانندسازی غیرحفاظتی یا پراکنده: در این طرح قطعاتی از دنا جدید و قدیمی در هر دنا دیده می‌شود. بنابراین در صورت بروز جهش، به هر دو یاخته حاصل منتقل می‌شود.

 زمانی که سوالات مربوط به طرح‌های همانندسازی رو دارم میخونی باید به چند تا چیز توجه کنی! یک این که حتماً به این دقت کن که هرگز زینه حرف

مقایسه سه نوع همانندسازی			
مورد مقایسه‌ای	همانندسازی حفاظتی	همانندسازی نیمه حفاظتی	همانندسازی غیرحفاظتی
شکسته شدن پیوند فسفودی‌استر دنا اولیه	×	×	✓
شکسته شدن پیوندهای هیدروژنی دنا اولیه	×	✓	✓
تشکیل پیوند هیدروژنی بین نوکلئوتیدهای جدید و قدیم	×	✓	✓
تشکیل پیوند فسفودی‌استر بین نوکلئوتیدهای جدید و قدیم	×	×	✓
دست نخورده ماندن مولکول دنا	✓	×	×
دست نخورده ماندن رشته‌های دنا اولیه	✓	✓	×
وجود نوکلئوتید قدیمی و جدید در یک رشته دنا	×	×	✓
وجود نوکلئوتیدهای قدیمی و جدید در یک مولکول دنا	×	✓	✓
مشابه بودن ترتیب بازهای آلی در هر دو دنا جدید	✓	✓	✓

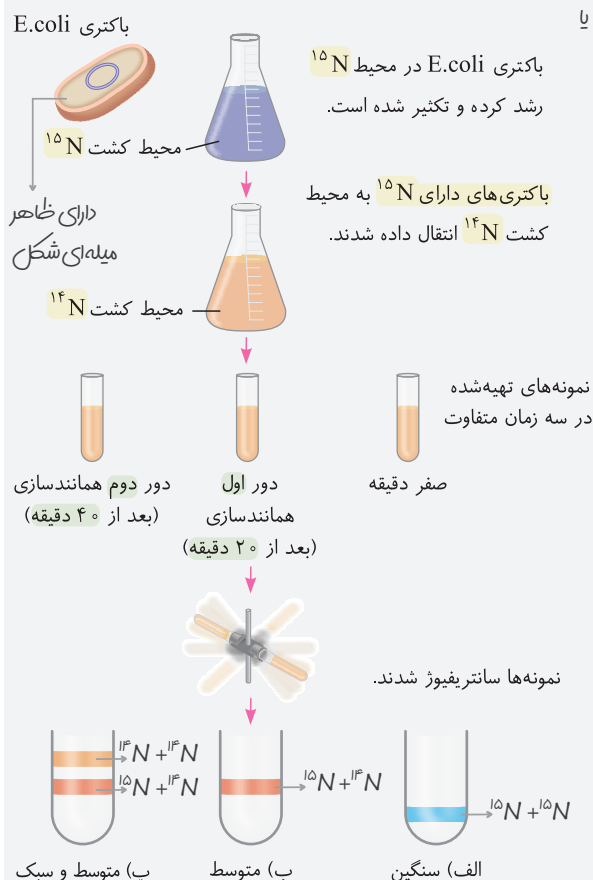
کدام طرح مورد تأیید قرار گرفته است؟

باکتری‌های اولیه‌ای که استفاده کردند ^{14}N داشتند ولی بعد از چند نسل همانندسازی، باکتری‌هایی با ^{15}N تولید شدند.

مزلسون و استال^۲ با به‌کارگیری روش علمی پاسخ این پرسش را به‌دست آوردند. آنها فرضیه‌های متعدد ارائه شده را در نظر گرفتند و با توجه به امکانات، آزمایشی را طراحی کردند تا بتوانند به پاسخ قانع‌کننده‌ای برسند. برای شروع کار، آنها باید بتوانند رشته‌های دناي نوساز را از رشته‌های قدیمی تشخیص دهند. آنها با این هدف دنا را با استفاده از نوکلئوتیدهایی که ایزوتوپ سنگین نیتروژن (^{15}N) دارند، نشانه‌گذاری کردند.

دناهایی که با ^{15}N ساخته می‌شوند نسبت به دناي معمولی که در نوکلئوتیدهای خود ^{14}N دارد چگالی بیشتری دارند. بنابراین، به‌وسیلهٔ گریزان به سرعت بسیار بالا^۱ می‌توان آنها را از هم جدا کرد. آنها ابتدا باکتری‌ها را در محیط دارای ^{15}N کشت دادند. در ساختار بازهای آلی نیتروژن دار که در ساخت دناي باکتری شرکت می‌کنند، وارد شدند. پس از چندین مرحله رشد و تکثیر در این محیط، باکتری‌هایی تولید شدند که دناي سنگین تری نسبت به باکتری‌های اولیه داشتند.^۲ سپس این باکتری‌ها را به محیط کشت دارای ^{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 دناها در هر فاصله زمانی، دناي باکتری را استخراج و در شیبی از محلول سزیم کلرید^۳ با غلظت‌های متفاوت و در سرعتی بسیار بالا گریز دادند؛ در نتیجه مواد بر اساس چگالی در بخش‌های متفاوتی از محلول در لوله قرار گرفتند. مراحل آزمایش مزلسون و استال و نتایج آن را در شکل ۱۰ می‌بینید.

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

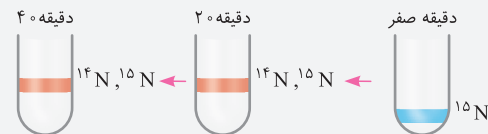


در بعضی سوالات طراح ذکر میکند که با فرض درست بودن طرح‌های حفاظتی یا غیرحفاظتی، محتویات لوله‌های آزمایش مزلسون و استال رو بنویس!

با فرض درست بودن طرح همانندسازی غیرحفاظتی در آزمایش مزلسون و استال:



با فرض درست بودن طرح همانندسازی غیرحفاظتی در آزمایش مزلسون و استال:



شکل ۱۰-۱. آزمایش‌های مزلسون و استال و نتایج به‌دست آمده:

- الف) دناي باکتری‌های اولیه پس از گریز دادن، یک نوار در انتهای لوله تشکیل دادند چون هر دو رشته دناي آنها ^{15}N و چگالی سنگینی داشت.^۴
- ب) دناي باکتری‌های حاصل از دور اول همانندسازی در محیط کشت حاوی ^{14}N (بعد از ۲۰ دقیقه) پس از گریز دادن، نواي در میانه لوله تشکیل دادند. پس دناي آنها چگالی متوسط داشت.^۵ (نه دونوار)
- پ) دناي 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.^۶

چرا؟

موشکافی متن:



۱ دقت بفرما که نوکلئوتید معمولی، ^{14}N دارد و نوکلئوتید نشانه‌گذاری شده در آزمایش مزلسون و استال، ^{15}N دارد!

خیلی مهم نیست ولی بد نیست بدونی که ایوری در آزمایشش از سانتریفیوژ با سرعت بالا استفاده کرد و مزلسون و استال در آزمایشاتشون از سانتریفیوژ با سرعت بسیار بالا استفاده کردند!

۲ برای این که دنا بکتری‌های اشرشیاکلا رو نشانه‌گذاری بکنند، اومدند و چندین نسل پشت سر هم این باکتری رو در محیط کشت حاوی نیتروژن سنگین (^{15}N) قرار دادند. در چنین حالتی، پس از چند نسل همانندسازی دنا و استفاده از نیتروژن سنگین در محیط کشت، نهایتاً باکتری‌ها دارای دنا بکتری سنگین شدند! (هدف کشت باکتری‌ها در محیط دارای ^{15}N ، تولید باکتری‌هایی با دنا سنگین‌تر نسبت به باکتری‌های اولیه بود.)

۳ مدت لازم برای تقسیم باکتری‌ها کمتر از یاخته‌های یوکاریوتی است. برای مثال باکتری اشرشیاکلا برای تقسیم خود به زمان ۲۰ دقیقه نیاز دارد. ضمناً یادت باشه که الفاظی نظیر چرخه یاخته‌ای برای پروکاریوت‌ها صدق نمی‌کند و هر جا چنین کلماتی دیدی روش خط بکش!

۴ در دقیقه صفر، یک نوار در انتهای لوله تشکیل شد؛ چون فرصتی برای همانندسازی وجود نداشت و همه مولکول‌های دنا دارای نوکلئوتیدهای سنگین بودند. در این مرحله، هیچ طرحی رد نشد. حالا اصلاً چرا این مرحله، انجام گرفت؟ هدف این بود که مطمئن بشن آیا واقعاً روند سنگین شدن در محیط ^{15}N به خوبی انجام گرفته است یا خیر!

۵ در دقیقه ۲۰، یک نسل همانندسازی دنا صورت گرفت و یک نوار در میانه لوله تشکیل شد. بنابراین هر مولکول دنا نوکلئوتید سنگین و سبک دارد. در این مرحله، طرح همانندسازی حفاظتی رد شد! چرا؟ چون اگر حفاظتی درست می‌بود، در این مرحله باید دو نوار تشکیل می‌شد که شامل یک نوار در بالای لوله (شامل دنا سبک) و یک نوار در پایین لوله (شامل دنا سنگین) می‌باشد. ولی خب دیدیم که چنین اتفاقی رخ نداد!

این مرحله در آزمون‌های مختلف، مرحله دوم آزمایش مزلسون و استال، در نظر گرفته می‌شود و باکتری‌های آن، باکتری‌های حاصل از دور اول همانندسازی در محیط ^{14}N نامیده می‌شوند.

۶ پس از ۴۰ دقیقه، دو نسل همانندسازی دنا صورت گرفت و در این حالت، پس از سانتریفیوژ نمونه، یک نوار در بالای لوله و یک نوار در میانه لوله تشکیل شد.

با توجه به این نوارها، مزلسون و استال نتیجه گرفتند که طرح همانندسازی غیرحفاظتی رد شد! چرا؟ چون اگر طرح همانندسازی غیرحفاظتی درست می‌بود، در این مرحله باید یک نوار در قسمت میانی لوله تشکیل می‌شد؛ ولی دیدیم که در این زمان، یک نوار در بالا و یک نوار در قسمت میانی تشکیل شد. نوار در قسمت بالایی تنها از نوکلئوتیدهای سبک تشکیل شده بود که مغایر با طرح غیرحفاظتی است!

این مرحله در آزمون‌های مختلف، مرحله سوم آزمایش مزلسون و استال، در نظر گرفته می‌شود و باکتری‌های آن، باکتری‌های حاصل از دور دوم همانندسازی در محیط ^{14}N نامیده می‌شوند.

مقایسه ضخامت نوارهای تشکیل شده در سه مرحله:
ضخامت نوار پایین لوله در دقیقه صفر > ضخامت نوار در قسمت میانی لوله در دقیقه ۲۰ = ضخامت نوار در قسمت میانی لوله در دقیقه ۴۰ = ضخامت نوار در قسمت بالایی لوله در دقیقه ۴۰
اگر آزمایش مزلسون و استال چندین نسل دیگر هم ادامه پیدا کند، تعداد نوارها در لوله آزمایش دو عدد باقی می‌ماند. تنها اتفاقی که رخ می‌دهد، افزوده شدن به ضخامت نوار بالایی در لوله آزمایش است. (یعنی تعداد دناهایی که تنها نیتروژن سبک دارند، زیاد می‌شود.)

به هنگام حل سوالات مربوط به آزمایش مزلسون و استال و طرح‌های همانندسازی، حتماً به تفاوت رشته و مولکول دنا توجه کن!

هر زمان از آزمایش مزلسون و استال که (دقیقه صفر =

مرحله اول / دقیقه ۲۰ = مرحله دوم / دقیقه ۴۰ = مرحله سوم)

۱. تشکیل نوار با چگالی سنگین نداریم ← دقیقه ۲۰ + دقیقه ۴۰

۲. تشکیل دنا با چگالی متوسط داریم ← دقیقه ۲۰ + دقیقه ۴۰

۳. تنها تشکیل دنا با چگالی متوسط داریم ← دقیقه ۲۰

۴. تشکیل دنا با چگالی متوسط برای نخستین بار داریم ← دقیقه ۲۰

۵. تشکیل دنا فاقد نوکلئوتیدهای سنگین داریم ← دقیقه ۴۰

۶. دنا با دو رشته یکسان از نظر چگالی مشاهده می‌شود ← صفر دقیقه + دقیقه ۴۰

۷. دنا با دو رشته متفاوت از نظر چگالی مشاهده می‌شود ← دقیقه ۲۰ + دقیقه ۴۰

۸. در کل لوله آزمایش تنها یک نوع مولکول از نظر چگالی دیده می‌شود ← دقیقه صفر + دقیقه ۲۰

۹. همه مولکول‌های دنا تشکیل شده نوکلئوتید سبک دارند ← دقیقه ۲۰ + دقیقه ۴۰



حالا که به انتهای مبحث مربوط به مزلسون و استال رسیدیم، دانشمندان این فصل رو با هم مقایسه کنیم:

دانشمند (یا دانشمندانی) که

۱. سعی داشت واکسنی برای آنفلوانزا تولید کند ← گرفتیت
۲. اطلاعات اولیه در مورد مادهٔ وراثتی را به دست آورد ← گرفتیت
۳. با استفاده از دو نوع باکتری، آزمایش‌هایی را روی موش‌ها انجام داد ← گرفتیت
۴. نشان داد مادهٔ وراثتی می‌تواند به یاختهٔ دیگری منتقل شود ← گرفتیت / ایوری
۵. ماهیت عامل اصلی انتقال صفات وراثتی را مشخص کرد ← ایوری
۶. از باکتری‌های استرپتوکوکوس نومونیا استفاده کرد ← گرفتیت / ایوری
۷. در آزمایشات خود از آنزیم تخریب‌کنندهٔ مولکول‌های زیستی (پروتئین، لیپید، کربوهیدرات، نوکلئیک اسید) استفاده کرد ← ایوری
۸. در آزمایش خود پروتئین‌ها (فراوان‌ترین و متنوع‌ترین گروه مولکول زیستی) را تخریب کرد ← گرفتیت / ایوری
۹. در آزمایشات خود از سانتریفیوژ استفاده کردند ← ایوری / مزلسون و استال
۱۰. تعداد بازهای آلی در دنا جانداران مختلف را اندازه‌گیری کرد ← چارگاف
۱۱. نشان داد تعداد آدنین با تیمین (و تعداد گوانین با سیتوزین) در دنا برابر است ← چارگاف / واتسون و کریک
۱۲. با استفاده از پرتو ایکس تصاویری از دنا برای نخستین بار تهیه کردند ← ویلکینز و فرانکلین
۱۳. از داده‌های حاصل از تصاویر تهیه‌شده از دنا با پرتو ایکس استفاده کردند ← ویلکینز و فرانکلین / واتسون و کریک
۱۴. با استفاده از پرتو ایکس ابعاد مولکول دنا را تشخیص دادند ← ویلکینز و فرانکلین
۱۵. می‌دانستند مولکول دنا دارای بیش از یک رشته است ← ویلکینز و فرانکلین / واتسون و کریک
۱۶. می‌دانستند مولکول دنا دارای دو رشته است ← واتسون و کریک / مزلسون و استال
۱۷. از نتایج آزمایش‌های چارگاف استفاده کردند ← واتسون و کریک
۱۸. مدل مولکولی نردبان مارپیچ را ساختند ← واتسون و کریک
۱۹. به خاطر مدل مولکولی خود در سال ۱۹۶۲ جایزهٔ نوبل دریافت کردند ← واتسون و کریک
۲۰. شیوهٔ همانندسازی مولکول دنا را مشخص کردند ← مزلسون و استال

مقایسه مراحل آزمایش مزلسون و استال			
مورد مقایسه‌ای	صفر دقیقه	دور اول همانندسازی (بعد از ۲۰ دقیقه)	دور دوم همانندسازی (بعد از ۴۰ دقیقه)
تعداد نوار تشکیل شده	یک	یک	دو
چگالی نوار(های) تشکیل شده	سنگین	متوسط	متوسط و سبک
استفاده از سانتریفیوژ	بله	بله	بله
مشاهدهٔ نوار حاوی نیتروژن سبک	خیر	بله (یک نوار)	بله (دو نوار)
مشاهدهٔ نوار حاوی نیتروژن سنگین	بله	بله (یک نوار)	بله (یک نوار)
مشاهدهٔ رشتهٔ دنا با نوکلئوتیدهای سبک و سنگین	خیر	خیر	خیر
مشاهدهٔ مولکول دنا با نوکلئوتیدهای سبک و سنگین	خیر	بله	بله
مشاهدهٔ مولکول دنا با نوکلئوتیدهای فقط سنگین	خیر	خیر	بله
چند نوع مولکول دنا از نظر چگالی داریم؟	یک (سنگین)	یک (متوسط)	دو (سبک و متوسط)
چند نوع رشته دنا از نظر چگالی داریم؟	یک (سنگین)	دو (سبک و سنگین)	دو (سبک و سنگین)
وجود پیوند هیدروژنی بین نوکلئوتیدهای واجد نیتروژن سبک	خیر	خیر	بله (در نوار بالایی)
نتیجه	-	طرح همانندسازی حفاظتی رد شد.	طرح همانندسازی پراکنده رد و نیمه حفاظتی تأیید شد.

یادداشت:

با مشخص شدن اینکه همانندسازی به صورت نیمه حفاظتی انجام می‌شود، سؤال دیگری مطرح شد: دو رشته دنا 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؟ تدریجی (ناشمن‌دار بعدی)
تحقیقات نشان داده است در محلی که قرار است همانندسازی انجام شود دو رشته از هم باز می‌شوند. بقیه قسمت‌ها بسته هستند و به تدریج باز می‌شوند. (نه زنجاری!)

در همانندسازی و رونویسی دو رشته دنا از هم جدا می‌شوند، اما پایدار آن به هم نمی‌خورد.

عوامل و مراحل همانندسازی

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

A - مولکول دنا به عنوان الگو

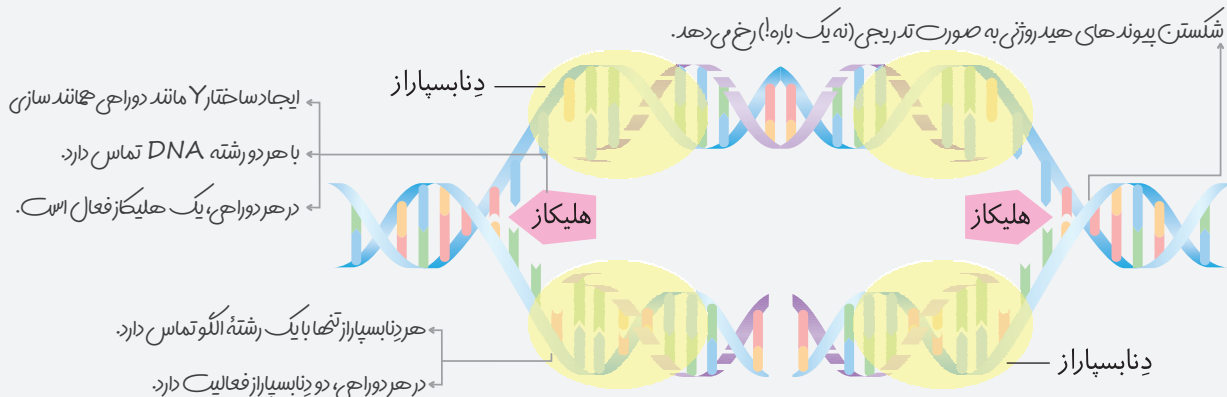
B - واحدهای سازنده دنا که بتوانند در کنار هم نسخه مکمل الگو را بسازند. این واحدها نوکلئوتیدهای آزاد داخل یاخته و سه فسفات هستند که در لحظه اتصال به رشته پلی نوکلئوتید در حال ساخت، دو فسفات خود را از دست می‌دهند. (نه مشابه) (نه بعد از آن!)

C - آنزیم‌های لازم برای همانندسازی که ضمن بازکردن دو رشته نوکلئوتیدها را به صورت مکمل روبه‌روی هم قرار می‌دهد و با پیوند فسفودی استر به هم وصل می‌کند. (نه حیرت‌انگیز!)

مخصوصاً یوکاریوت‌ها (نه حیرت‌انگیز!)

مرحله همانندسازی: قبل از همانندسازی دنا باید پیچ و تاب فامینه، باز و پروتئین‌های همراه آن یعنی هیستون‌ها از آن جدا شوند تا همانندسازی بتواند انجام شود. این کارها با کمک آنزیم‌هایی انجام می‌شود. (نه یک آنزیم!)

سپس آنزیم هلیکاز مارپیچ دنا و دو رشته آن را از هم باز می‌کند (شکل ۱۱). (نه پیچ و تاب فامینه!)



شکل ۱۱ - همانندسازی دنا

به نظر شما برای باز شدن دو رشته دنا آنزیم هلیکاز چه پیوندهایی را از هم باز می‌کند؟ پیوندهای هیدروژنی (نه فقط یک آنزیم!)

انواع دیگری از آنزیم‌ها با همدیگر فعالیت می‌کنند تا یک رشته دنا در مقابل رشته الگو ساخته شود. (نه فقط یک آنزیم!)

یکی از مهم‌ترین آنها که نوکلئوتیدهای مکمل را با نوکلئوتیدهای رشته الگو جفت می‌کند دنا بسپاراز (نه مشابه!)

(DNA پلی‌مراز) است. با توجه به اینکه در محل همانندسازی، همانندسازی در دو جهت انجام می‌شود؛ به آن همانندسازی دو جهتی نیز می‌گویند.

با توجه به این که بین بازهای C و G پیوندهای هیدروژنی بیشتری نسبت به بازهای A و T تشکیل می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که هر جا که C و G بیشتر است، مصرف انرژی توسط هلیکاز بیشتر و سرعت حرکت هلیکاز کمتر است.

هلیکاز هر دو رشته دنا را در بر می‌گیرد؛ اما هیچ رشته‌ای از دنا را در بر نمی‌گیرد.

شکسته شدن پیوند هیدروژنی هیدرولیز نیست، پس آب مصرف نمی‌شود.

علاوه بر دنابسپاراز آنزیم‌های دیگری نیز در تشکیل رشته جدید در مقابل رشته الگو نقش دارند.

دناابسپاراز دیرتر از هلیکاز شروع به فعالیت می‌کند و فعالیت آن دیرتر از هلیکاز نیز به اتمام می‌رسد. در مورد دنابسپاراز جلوتر بیشتر حرف می‌زنیم!

همانندسازی در یک جایگاه آغاز همانندسازی به دو صورت می‌تواند رخ دهد:

الف) تک جهتی: در برخی پروکاریوت‌ها دیده می‌شود. در این حالت، در جایگاه آغاز همانندسازی یک هلیکاز و دو دنابسپاراز فعالیت دارند و همانندسازی از یک جهت شروع می‌شود تا در سمت دیگر پایان یابد.

ب) دو جهتی: در اکثر پروکاریوت‌ها و همه یوکاریوت‌ها دیده می‌شود. در این حالت در یک جایگاه آغاز همانندسازی دو هلیکاز فعالیت داشته و دو دوراهی همانندسازی ایجاد شده و چهار دنابسپاراز فعالیت دارند. سرعت همانندسازی دو جهتی بیشتر از تک جهتی است!

از جمله آنزیم‌های دیگری که بر روی دنا اثرگذار هستند شامل موارد زیر می‌باشد:

۱. رناابسپاراز: در رونویسی شرکت دارد و باعث شکسته شدن پیوند هیدروژنی و تشکیل پیوند فسفودی استر می‌شود. (دوازدهم - فصل ۲)

۲. آنزیم لیگاز: نوعی آنزیم مورد استفاده در مهندسی ژنتیک است که باعث تشکیل پیوند فسفودی استر بین نوکلئوتیدها می‌شود. این آنزیم اثری بر پیوندهای هیدروژنی ندارد. (دوازدهم - فصل ۷)

۳. آنزیم برش دهنده: نوعی آنزیم مورد استفاده در مهندسی ژنتیک که باعث شکستن پیوندهای فسفودی استر (نوکلئازی) می‌شود، ولی نقشی در ویرایش ندارد. این آنزیم نوعی آنزیم مربوط به سامانه دفاعی باکتری‌ها می‌باشد. (دوازدهم - فصل ۷)

موشکافی متن:

۱ در همانندسازی تمامی طول (نه بخشی از آن) هر دو رشته دنا به عنوان الگو قرار می‌گیرد. ضمناً برای این که دنا الگو قرارگیرد، باید دو رشته دنا از هم جدا شوند. (به صورت تدریجی)

۲ دئوکسی‌ریبونوکلئوتیدهای آزاد سه فسفات می‌باشند و در ساختار آن‌ها دو پیوند پرانرژی بین فسفاتی و یک پیوند قند-فسفات دیده می‌شود. در زمانی که نوکلئوتیدها به رشته در حال ساخت اضافه می‌شوند، پیوند بین فسفاتی (بین فسفات اول و دوم) ساختار آن‌ها شکسته شده و دو فسفات آزاد می‌گردند. (انرژی این فرایند برای تشکیل پیوند فسفودی استر مصرف می‌گردد.)

در ساختار نوکلئوتیدهای درون رشته دنا، هیچ پیوند بین فسفاتی دیده نمی‌شود.

۳ انواعی از آنزیم‌ها در همانندسازی نقش دارند که شامل هلیکاز، دنابسپاراز و تعدادی آنزیم دیگر است که اسمشان مطرح نشده است. این آنزیم‌ها در شکستن پیوندهای هیدروژنی دنا اولیه، بازکردن دو رشته دنا و قرارداد نوکلئوتیدهای مکمل در مقابل نوکلئوتیدهای رشته الگو و ایجاد پیوند فسفودی استر بین نوکلئوتیدهای کنار هم نقش دارند.

در زمان تشکیل رشته جدید دنا، ابتدا پیوند هیدروژنی بین دو نوکلئوتید مقابل هم برقرار می‌شود و سپس نوکلئوتید جدید با نوکلئوتید انتهای رشته در حال ساخت، پیوند اشتراکی فسفودی استر تشکیل می‌دهند.

۴ بین مارپیچ دنا و پیچ و تاب فامینه فرق هست! مارپیچ مختص دناست و توسط هلیکاز باز می‌شود؛ درحالی که پیچ و تاب مخصوص فامینه می‌باشد و توسط آنزیم‌هایی قبل از شروع همانندسازی از بین می‌رود.

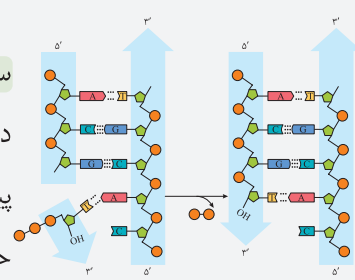
پروکاریوت‌ها هیستون ندارند، البته پروتئین‌های دیگری به دنا پروکاریوتی متصل هستند. در نتیجه، در زمان همانندسازی پروکاریوت‌ها لازم است تا این پروتئین‌ها از دنا جدا شوند.

اتفاقات مربوط به پیش از همانندسازی: بازشدن پیچ و تاب فامینه - جداسدن پروتئین‌ها (نظیر هیستون) از دنا

بازشدن پیچ و تاب فامینه و جداسدن هیستون‌ها از آن، با کاهش فشردگی کروموزوم و افزایش طول آن همراه است. بنابراین در مرحله S چرخه یاخته‌ای در یاخته‌های یوکاریوتی، بیشترین طول کروموزوم‌ها و کمترین فشردگی آن‌ها دیده می‌شود. (یازدهم - فصل ۶)

۵ آنزیمی که همانندسازی را شروع می‌کند، هلیکاز است. هلیکاز جایگاه(های) آغاز همانندسازی (محل شروع همانندسازی) را شناسایی کرده و ابتدا مارپیچ دنا و سپس دو رشته آن را از هم باز می‌کند.

دوراهی همانندسازی: در شکل ۱۱ می‌بینید در محلی که دو رشته دنا از هم جدا می‌شوند، دو ساختار Y مانند به وجود می‌آید که به هریک از آنها دوراهی همانندسازی^۱ می‌گویند. در فاصله بین این دو ساختار، پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته از هم گسیخته و دو رشته از یکدیگر باز شده‌اند. همچنین پیوندهای فسفودی‌استر جدیدی در حال تشکیل هستند. دنا بسیار از نوکلئوتیدها را به انتهای^(نه ابتدای!) رشته در حال تشکیل اضافه می‌کند. اضافه شدن یک نوکلئوتید به نوع بازی بستگی دارد که در نوکلئوتید رشته الگو قرار دارد. هر نوکلئوتید باید با نوکلئوتید روی رشته الگو مکمل^(نه مشابه!) باشد. هنگام اضافه شدن هر نوکلئوتید سه فسفات^(نه ابتدای!) به انتهای^(نه ابتدای!) رشته پلی‌نوکلئوتید دو تا از فسفات‌های آن از مولکول جدا می‌شوند و نوکلئوتید به صورت تک فسفات به رشته متصل می‌شود (شکل ۱۲).^۲



شکل ۱۲ - همانندسازی دنا

موشکافی متن:

بین فسفاتی در ساختار نوکلئوتید شده و نوکلئوتید جدید را از محل گروه فسفاتش به قند نوکلئوتید قبلی متصل می‌کند. در نتیجه پیوند فسفودی‌استر شکل می‌گیرد.

در زمان تشکیل پیوند فسفودی‌استر، بر میزان فسفات‌های آزاد درون یاخته افزوده می‌شود.

انرژی حاصل از آزاد شدن گروه‌های فسفات نوکلئوتیدهای سه فسفاته، صرف تشکیل پیوند فسفودی‌استر بین نوکلئوتیدها می‌شود.

درون جایگاه فعال دنا بسیار از، دو رشته دنا، یکی رشته الگو (اولیه یا مادری) و دیگری رشته جدید یا دختری دیده می‌شود.

تشکیل دایمر تیمین در یک مولکول دنا (تحت تأثیر پرتوهای فرابنفش) موجب اختلال در عملکرد دنا بسیار می‌شود. (دوازدهم - فصل ۴)

موشکافی شکل ۱۲:

همانطور که در شکل نیز مشخص است، بین محل فعالیت دنا بسیار از و هلیکاز، چندین نوکلئوتید فاصله وجود دارد.

رشته‌های در حال تشکیل، همزمان که تشکیل می‌شوند، دچار پیچ‌خوردگی نیز می‌شوند. (نخستین سطح فشردگی کروموزوم)

توالی رشته A و C مشابه هم بوده و توالی رشته B و D نیز مشابه یکدیگر است.

توالی رشته A و B و توالی رشته A و D مکمل یکدیگر است. توالی رشته C و D و توالی رشته B و C نیز با هم مکمل است.

۱ برای راحتی کار حضرت عالی، تمام ویژگی‌های دوراهی همانندسازی رو یکجا جمع کردم:

الف) هر دوراهی همانندسازی توسط هلیکاز ایجاد می‌شود. ضمناً در هر دوراهی همانندسازی، یک هلیکاز و دو دنا بسیار از فعالیت دارند.

ب) در هر دوراهی همانندسازی، پیوندهای هیدروژنی دو رشته اولیه شکسته شده و بین دو رشته الگو فاصله ایجاد شده است.

پ) در هر دوراهی همانندسازی، در مجاورت دو رشته الگو دنا پیوند فسفودی‌استر در حال تشکیل است.

ت) در هر دوراهی همانندسازی، دو رشته در حال ساخت نسبت به فاصله دو رشته اولیه و الگو از یکدیگر، فاصله کمتری از هم دارند.

باتوجه به اندازه کروموزوم‌ها، تعداد دوراهی‌های همانندسازی موجود در آن متفاوت است. برای مثال کروموزوم شماره ۱ در مقایسه با کروموزوم ۲، تعداد بیشتری دوراهی همانندسازی دارد. (یازدهم - فصل ۶)

۲ فعالیت بسیار از دنا بسیار از: طی این فعالیت، این آنزیم نوکلئوتیدهای مکمل را با هم جفت می‌کند و به طور غیرمستقیم باعث تشکیل پیوند هیدروژنی می‌شود. (در تست‌ها باید اینجوری در نظر بگیرید که دنا بسیار از پیوند هیدروژنی ایجاد نمی‌کند و این پیوندها به صورت خودبه‌خودی تشکیل می‌شوند). بعد از این اتفاق، دنا بسیار از، باعث شکسته شدن پیوند

فعالیت‌های آنزیم دنا بسپاراز

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

وجه مقایسه	هلیکاز	دنا بسپاراز
تشکیل پیوند هیدروژنی	×	×
شکستن پیوند هیدروژنی	✓	×
تشکیل پیوند کووالانسی	×	✓
شکستن پیوند کووالانسی	×	✓
تشکیل پیوند فسفودی استر	×	(بسپارازی) ✓
شکستن پیوند فسفودی استر	×	(نوکلئازی) ✓
تماس با چند رشته دنا اولیه	دو رشته	یک رشته
توانایی حرکت بر روی دنا	(یک طرفه) ✓	(دو طرفه) ✓
تعداد هر دو واحد همانندسازی	یک	دو
دارای فعالیت نوکلئازی	×	✓

فعالیت نوکلئازی شامل شکستن پیوند فسفودی استر است و باید دقت کنی که چک کردن رابطه مکملی بین نوکلئوتیدها جزء فعالیت نوکلئازی دنا بسپاراز نیست!

در صورتی که اشتباه حین فعالیت دنا بسپاراز اصلاح نشود، تغییر ایجاد شده در دنا نوعی جهش می‌باشد. با انواع جهش در فصل ۴ آشنا خواهیم شد! (دوازدهم - فصل ۴)

فعالیت‌های آنزیم دنا بسپاراز را در این قسمت جمع بندی می‌کنیم:

الف) تشکیل پیوند فسفودی استر با کمک رابطه مکملی بین نوکلئوتیدها!

ب) شکستن پیوند بین فسفات‌ها در زمان افزودن نوکلئوتیدهای سه فسفات به انتهای رشته در حال ساخت!

پ) شکستن پیوندهای فسفودی استر در رشته در حال ساخت (نه رشته الگو)؛ در صورت اشتباه بودن رابطه مکملی بین نوکلئوتیدها، نوکلئوتید اشتباهی را از دنا جدا کرده و پیوند فسفودی استر بین نوکلئوتیدها را می‌شکند.

دنا بسپاراز حین فعالیت نوکلئازی، پیوند قند - فسفات بین دو نوکلئوتید را می‌شکند؛ ولی با پیوند قند - فسفات درون یک نوکلئوتید کاری ندارد.

آنزیم دنا بسپاراز و هلیکاز در یاخته‌های انسان، درون هسته فعالیت دارند و توسط ریبوزوم‌های آزاد سیتوپلاسم تولید می‌شوند.

موشکافی متن:

کتاب درسی عنوان می‌کند که دقت زیاد در همانندسازی تا حدود زیادی (نه کاملاً) مربوط به رابطه مکملی بین نوکلئوتیدهاست؛ سوالی که پیش میاد اینه که اون بخش دیگش به خاطر چیه؟ بخش دیگه دقت برمیگرده به جایگاه فعال آنزیم دنا بسپاراز که هر نوکلئوتیدی نمیتونه اونجا قرار بگیره؛ مثلاً نوکلئوتید با قند ریبوز نمیتونه در جایگاه فعال این آنزیم به درستی قرار بگیره!

سوالی که اینجا پیش میاد اینه که آنزیم دنا بسپاراز پس از بازگشت، چه نوع پیوندی را بررسی می‌کند؟ هیدروژنی یا فسفودی استر؟ خب کتاب درسی میگه دنا بسپاراز پس از تشکیل پیوند، رابطه مکملی رو چک میکنه. معنی رابطه مکملی میشه پیوندهای هیدروژنی! در واقع این آنزیم، پیوندهای هیدروژنی و رابطه مکملی رو چک میکنه و اگر رابطه مکملی درست نباشد، در آن صورت پیوند فسفودی استر را می‌شکند و نوکلئوتید صحیح را جایگزین می‌کند.

دنا بسپاراز پس از برقراری هر پیوند فسفودی استر همواره برمی‌گردد (برگشت به عقب به اندازه یک نوکلئوتید!) و رابطه مکملی را چک می‌کند، اما فعالیت ویرایش، نوکلئازی و شکستن پیوندهای فسفودی استر تنها در صورت اشتباه بودن رابطه مکملی (نه همواره!) رخ می‌دهد!

(بخش نازنجی رنگ مربوط به پیش از همانندسازی است و بخش سبزرنگ مربوط به فعالیت ویرایش است)

🧪 ترتیب اتفاقات مربوط به همانندسازی و فرایندهای پیش از آن، به صورت زیر است:

🧢 آنزیمی مؤثر در همانندسازی و فرایندهای پیش از آن که
.....

۱. پیوندهای موجود در مولکول دناى اولیه را می‌شکند ← هلیکاز (شکستن پیوندهای هیدروژنی دناى اولیه)

۲. پیوندهای موجود در رشته دناى در حال ساخت را می‌شکند ← دنباسپاراز (فعالیت نوکلئازی)

۳. دقت زیادی دارد و اشتباه‌های حین همانندسازی را اصلاح می‌کند ← دنباسپاراز

۴. پیوندی را که خودش ایجاد کرده است، می‌تواند بشکند ← دنباسپاراز
۵. باعث بازشدن مارپیچ دنا می‌شود ← هلیکاز

۶. دو رشته دناى اولیه را از هم جدا می‌کند و باعث افزایش فاصله بین این دو رشته می‌شود ← هلیکاز

۷. پیچ و تاب فامینه را باز می‌کند ← آنزیم‌های مؤثر در جداسدن هیستون‌ها از مولکول دنا

۸. در یاخته‌های یوکاریوتی در مرحله S چرخه یاخته‌ای فعالیت شدیدی دارد ← همه آنزیم‌های مؤثر در همانندسازی دناى خطی

۹. باعث ایجاد ساختار Y مانند می‌شود ← هلیکاز

۱۰. مهمترین آنزیم در جفت شدن نوکلئوتیدهای مکمل در مقابل نوکلئوتیدهای رشته الگوی دنا است ← دنباسپاراز

۱۱. همانندسازی را شروع می‌کند ← هلیکاز



یادداشت:

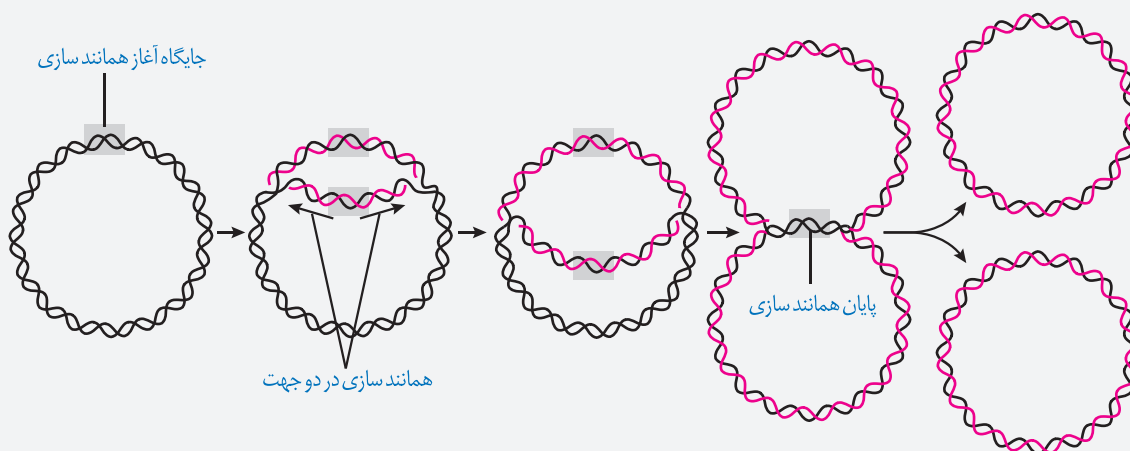
همانند سازی در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها

در پروکاریوت‌ها که شامل همهٔ باکتری‌ها می‌شوند، مولکول‌های وراثتی در غشا محصور نشده و فام‌تن اصلی دارای یک مولکول دناى حلقوی است که در سیتوپلاسم قرار دارد و به غشای یاخته متصل است. پروکاریوت‌ها علاوه بر دناى اصلی ممکن است مولکول‌هایی از دناى دیگر به نام **دیسک (پلازمید)** داشته باشند. اطلاعات این مولکول‌ها می‌تواند ویژگی‌های دیگری را به باکتری بدهد مانند

۲. افزایش مقاومت باکتری در برابر پادزیست (آنتی بیوتیک)‌ها.

اغلب پروکاریوت‌ها فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در دناى خود دارند. در این جایگاه دو رشته دنا از هم باز می‌شوند. همانند یوکاریوت‌ها، همانندسازی دو جهتی در باکتری‌ها نیز وجود دارد؛ یعنی از یک نقطه همانندسازی شروع و در دو جهت ادامه می‌یابد تا به همدیگر رسیده و همانندسازی پایان یابد

(شکل ۱۳). ۵



شکل ۱۳- همانندسازی دو جهتی دنا
در پروکاریوت‌ها با یک نقطه آغاز

۲. دیسک یا پلازمید، کروموزوم کمکی باکتری‌هاست که دارای چند ویژگی

زیر است:

الف) عدم اتصال به غشای یاخته؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در باکتری‌ها نیز امکان مشاهدهٔ دناى وجود دارد که به غشای یاخته متصل نیست؛
ب) ابعاد کوچک‌تر و تعداد نوکلئوتیدهای کمتری از کروموزوم اصلی باکتری دارد.
پ) تعداد آن در باکتری متغیر است، ممکن است در بعضی باکتری‌ها وجود نداشته باشد و در بعضی باکتری‌ها چندین عدد از آن دیده شود.
ت) حاوی ژن‌های جدیدی است که در کروموزوم اصلی وجود ندارند و ویژگی‌های جدیدی به باکتری می‌دهند. مثلاً اطلاعات مربوط به افزایش مقاومت به پادزیست‌ها! ضمناً یادت باشه که با اضافه شدن دیسک به نوعی پروکاریوت، جاندار ممکن است ویژگی‌های جدیدی پیدا کند.
ث) دیسک ویژگی‌های مربوط به دناى حلقوی را نیز دارد؛ یعنی انتهای آزاد ندارد، تعداد پیوندهای فسفودی استر و تعداد نوکلئوتیدهای آن با هم برابر است و ...

موشکافی متن:

۱. فام‌تن اصلی باکتری شامل دناى حلقوی است که چند ویژگی

زیر را دارد:

الف) به غشای یاخته متصل بوده و در تماس با سیتوپلاسم است.
ب) از نوع حلقوی است؛ بنابراین سر آزاد ندارد! ضمناً تعداد پیوندهای فسفودی استر و تعداد نوکلئوتیدهای آن با هم برابر است.
پ) فاقد هیستون است، ولی به پروتئین‌های دیگری متصل است.
ت) حاوی اطلاعات اساسی باکتری است. بنابراین ژن‌های مهمی مثل ژن مربوط به ساخت دنایسپاراز، هلیکاز و رنایسپاراز و سایر عوامل مهمی که برای فعالیت یاخته ضروری هستند، در کروموزوم اصلی باکتری قرار دارند.
درون باکتری‌ها نوکلئیک اسید خطی داریم؛ اما این نوکلئیک اسید از نوع رنا می‌باشد.

موشکافی شکل ۱۳:



۱. در همانندسازی تک جایگاهی دوجتهی، جایگاه آغاز

همانندسازی در مقابل جایگاه پایان همانندسازی قرار دارد.

۲. در این فرایند، دو هلیکاز نقش دارند که هر یک تقریباً نیمی از

طول دناى اولیه را طی می‌کنند و تقریباً نیمی از پیوندهای هیدروژنی

آن را می‌شکنند. ضمناً در این شکل، چهار آنزیم دنباسپاراز فعالیت

دارند که هر کدام نیمی از یک رشته جدید را می‌سازند.

۳. هنگام همانندسازی در این شکل، هلیکازها ابتدا از هم دور شده و

زمانی که نیمه راه خود را طی کردند، دوباره به هم نزدیک می‌شوند

تا در نهایت به هم برسند! (ابتدا دور سپس نزدیک!) بنابراین در

نیمه مسیر، بیشترین فاصله دوراهی‌ها و بیشترین فاصله هلیکازها

از هم دیده می‌شود.

۴. همزمان با همانندسازی دناى حلقوی، می‌توان در محل

همانندسازی، رشته‌های خطی دنا (نه مولکول خطی!) را نیز مشاهده

کرد. (رشته‌های قرمز رنگ در شکل‌های وسطی رو ببین!)

۵. در آخرین مرحله از همانندسازی دناى حلقوی، پس از آن که

آخرین نوکلئوتید در ساختار رشته در حال ساخت قرار گرفت، باید

دو ابتدا و انتهای رشته ساخته‌شده به یکدیگر متصل شود. (چون

هنوز رشته جدید خطی است و حلقوی نشده!) در این زمان، آخرین

پیوند فسفودی استر (بین نوکلئوتید اول و نوکلئوتید آخر) تشکیل

می‌شود ولی هیچ نوکلئوتید جدیدی مصرف نمی‌گردد.

۶. در کنکور ۱۴۰۲ برای فرایند همانندسازی سه مرحله در نظر گرفته

شد؛ اما از متن کتاب درسی قابل برداشت نیست و بر اساس شکل

می‌توان گفت:

الف) مرحله آغاز: شناسایی جایگاه آغاز همانندسازی و بازکردن دو

رشته دنا توسط هلیکاز و شروع فعالیت دنباسپاراز!

ب) مرحله طویل‌شدن: حرکت هلیکازها و دنباسپارازها در طول مسیر

خود که منجر به تشکیل رشته‌های جدید دنا در مقابل رشته‌های

الگو می‌شود. بخش اعظم رشته‌های جدید در این مرحله تشکیل

می‌شود.

پ) مرحله پایان: با همانندسازی جایگاه پایان همانندسازی همراه

است که در نهایت باعث جداشدن دو مولکول دنا به طول کامل از

هم شده و همانندسازی پایان می‌یابد.

ج) دیسک ممکن است در برخی قارچ‌ها مثل مخمرها دیده شود. (دوازدهم - فصل ۷)



وقتی کتاب می‌گه دیسک باعث افزایش مقاومت باکتری نسبت

به پادزیست می‌شود؛ یعنی باکتری بدون دیسک نیز در برابر آنتی‌بیوتیک

مقاومت (هر چقدر کم!) دارد و دیسک به نحوی یک مقاومت جدید را نیز

به باکتری اضافه می‌کند.



دیسک یک مولکول دورشته‌ای خارج فام‌تنی است که معمولاً درون

باکتری‌ها و بعضی قارچ‌ها (مثل مخمرها) وجود دارد و می‌تواند مستقل از

ژنوم میزبان تکثیر شود. دیسک‌ها را فام‌تن‌های کمکی نیز می‌نامند چون

حاوی ژن‌هایی هستند که در فام‌تن اصلی باکتری وجود ندارند. دیسک‌ها

در فرایند مهندسی ژنتیک به عنوان ناقل همسانه‌سازی استفاده

می‌شوند. (دوازدهم - فصل ۷)



مقاومت باکتری‌ها به پادزیست‌ها صفتی است که توسط انتخاب

طبیعی برگزیده می‌شود و به مرور زمان باعث افزایش باکتری‌های مقاوم

به پادزیست‌ها می‌شود. بنابراین به مرور زمان، جمعیت باکتری‌های

دارای دیسک حاوی اطلاعات مربوط به افزایش مقاومت به پادزیست‌ها

بیشتر می‌شوند. (دوازدهم - فصل ۴)



۳. در برخی موارد در پروکاریوت‌ها ممکن است بیش از یک جایگاه

آغاز همانندسازی دیده شود!



۴. همانندسازی دوجتهی هم در باکتری‌ها و هم در یوکاریوت‌ها

دیده می‌شود، ولی همانندسازی تک‌جتهی در پروکاریوت‌ها دیده می‌شود.



۵. در همانندسازی تک جایگاهی دوجتهی در دناى حلقوی، یک جایگاه

آغاز و یک جایگاه پایان دیده می‌شود. (در مقابل هم قرار دارند.)



گاهی اوقات توی بعضی تست‌ها به جای ذکر نام (باکتری) یا (یاخته

پروکاریوتی) از اسامی باکتری‌هایی که توی کتاب‌های درسی ذکر شده

استفاده می‌کنند. این اسامی شامل (اشرشیاکلا - استرپتوکوکوس

نومونیا - سیانوباکتری یا یاخته همزیست با گیاه گونا و آزولا - ریزوبیوم -

عامل بیماری کزاز و ...) می‌باشد.



همانندسازی تک جایگاهی تک‌جتهی رو توی کتاب مستقیماً

ازش اسم برده نشده ولی به صورت مفهومی ممکنه توی آزمون‌ها ازش

سوال بیاد! این نوع از همانندسازی در پروکاریوت‌ها دیده می‌شود. در

همانندسازی تک‌جتهی تک جایگاهی، یک هلیکاز و دو دنباسپاراز فعالیت

دارند و جایگاه آغاز همانندسازی در مجاورت جایگاه پایان همانندسازی

قرار گرفته است. (همانندسازی در جایی تمام می‌شود که در آن شروع شده

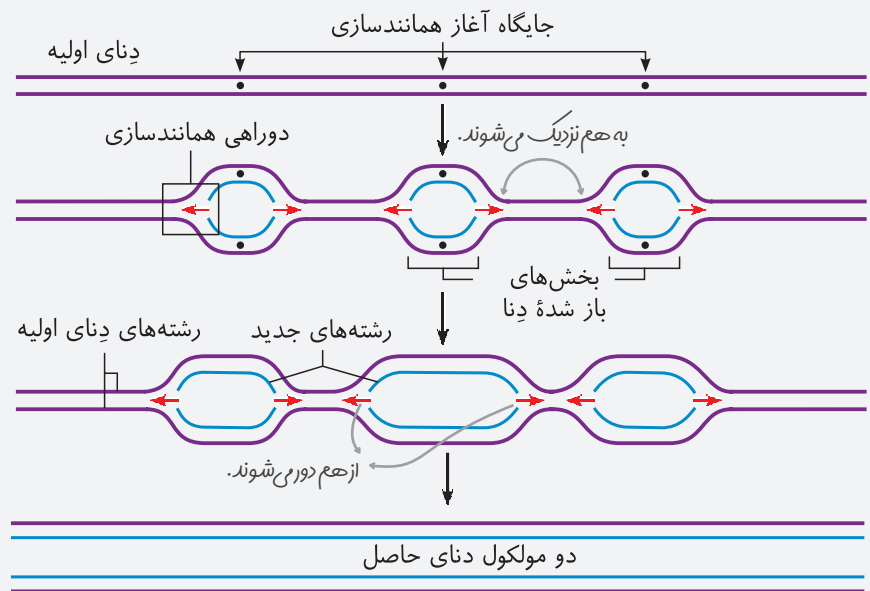
است!) قاعدتاً سرعت این نوع از همانندسازی نسبت به همانندسازی

دوجتهی کمتر است!

در یوکاریوت‌ها که بقیه موجودات زنده یعنی آغازیان، قارچ‌ها، گیاهان و جانوران را شامل می‌شوند دنا در هر فام‌تن به صورت خطی است و مجموعه‌ای از پروتئین‌ها که مهم‌ترین آنها هیستون‌ها هستند همراه آن قرار دارند. بیشتر دنا درون هسته قرار دارد که به آن **دناي هسته‌ای** می‌گویند. در یوکاریوت‌ها علاوه بر هسته در سیتوپلاسم نیز مقداری دنا وجود دارد که به آن **دناي سیتوپلاسمی** می‌گویند. این نوع از دنا که حالت حلقوی دارد در راکیزه (میتوکندری) و دیسه (پلاست) دیده می‌شود. ^(۲)

دناي اصلي	یوکاریوتی	پروکاریوتی
تعداد جایگاه آغاز همانندسازی	چند تا	اغلب یک
تغییر تعداد جایگاه	متغیر	ثابت
همانندسازی دنا	پیچیده‌تر	ساده‌تر
مقدار دنا	بیشتر	کمتر
جهت	دو جهتی	اغلب دو جهتی و گاهی تک جهتی
آزیرم‌ها	هلیکاز + دنا بپیاز و انواع دیگر	هلیکاز + دنا بپیاز و انواع دیگر
جدا شدن هیستون	دارد	ندارد
باز شدن پیچ و تاب دنا	توسط هلیکاز	توسط هلیکاز
محل همانندسازی	هسته	سیتوپلاسم
متصل به غشا	نیست	هست

چرا؟ همانندسازی در یوکاریوت‌ها بسیار پیچیده‌تر از پروکاریوت‌ها است؛ علت این مسئله وجود مقدار زیاد دنا و قرار داشتن در چندین فام‌تن است که هر کدام از آنها چندین برابر دناي باکتری هستند. بنابراین اگر فقط یک جایگاه آغاز همانندسازی در هر فام‌تن داشته باشند مدت زمان زیادی برای همانندسازی لازم است. به همین علت در یوکاریوت‌ها، **آغاز همانندسازی در چندین نقطه در هر فام‌تن انجام می‌شود** (شکل ۱۴).^(۳) تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی در یوکاریوت‌ها حتی می‌تواند بسته به مراحل رشد و نمو تنظیم شود؛ مثلاً در دوران جنینی در مراحل مورولا و بلاستولا (مرحله تشکیل بلاستوسیست) سرعت تقسیم زیاد و تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی هم زیاد است ولی پس از تشکیل اندام‌ها، سرعت تقسیم و تعداد جایگاه‌های آغاز کم می‌شوند. ^(۴)



شکل ۱۴ - همانندسازی در یوکاریوت‌ها

موشکافی متن:

۱ به دناي یوکاریوتی، علاوه بر هیستون، پروتئین‌های دیگری نظیر پروتئین‌های اتصالی سانترومر نیز متصل است. درون هسته یوکاریوت‌ها دناي خطی و رناي خطی دیده می‌شود. (دو نوع نوکلئیک اسید خطی)

۲ همانندسازی دناي حلقوی میتوکندری و کلروپلاست می‌تواند در مراحل از چرخه یاخته‌ای غیر از S انجام شود. برای مثال در مرحله G_۲ همانندسازی دناي حلقوی این اندامک‌ها زیاد است. (یازدهم - فصل ۶)

دناي سیتوپلاسمی در انسان، تماماً از محتویات تخمک مادر منشأ می‌گیرد. بنابراین اگر زن نوعی بیماری درون میتوکندری باشد، قطعاً این بیماری از مادر به فرزند منتقل شده است. (یازدهم - فصل ۷)

دناي هسته‌ای یوکاریوت‌ها در زمان تقسیم هسته در مراحل مختلف نظیر متافاز و آنافاز، در تماس با محتویات سیتوپلاسمی قرار می‌گیرد. (یازدهم - فصل ۶)



وقتی در سؤالات بحث از همانندسازی در یاخته‌های یوکاریوتی است و به نوع دناي آن (سیتوپلاسمی یا هسته‌ای) اشاره نشده است، شما طبق تجربه لگوری باید صرفاً دناي هسته‌ای رو در نظر بگیرید! پس کلاً شما در تست‌های مربوط به فصل یک دناي هسته‌ای رو در نظر می‌گیرید، مگر این‌که خود تست برای یاخته یوکاریوتی، از عباراتی هدایت‌کننده استفاده کند تا شما مجبور بشی دناي سیتوپلاسمی را هم در نظر بگیرید!

۳ همانندسازی در دناي اصلی یوکاریوت‌ها در چند نقطه صورت می‌گیرد و در تمام نقاط به صورت دوجهتی است! (تعداد جایگاه‌ها همیشه کمتر از تعداد دوراهی‌هاست!)

۴ تغییر تعداد جایگاه‌های همانندسازی بسته به رشد و نمو، مخصوص یوکاریوت‌هاست.



عوامل مؤثر بر تغییر تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی:

(الف) در مرحله مورولا و در مرحله بلاستولا ← سرعت تقسیم و تعداد جایگاه آغاز همانندسازی زیاد است. (پس از پیدایش اندام‌ها سرعت همانندسازی و تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی کم می‌شود.)

(ب) بافت مریستمی گیاه (مریستم نخستین و مریستم‌های پسین) ← تعداد جایگاه آغاز و سرعت تقسیم زیاد ← فعالیت هلیکاز و دنا بسپاراز بیشتر

(پ) یاخته‌های مغز قرمز استخوان در شرایط ترشح زیاد اریتروپویتین ← تعداد جایگاه آغاز و سرعت تقسیم زیاد ← فعالیت هلیکاز و دنا بسپاراز بیشتر! بنابراین هورمون اریتروپویتین می‌تواند سبب افزایش تعداد جایگاه آغاز و سرعت تقسیم شود.

(ت) هورمون رشد با اثر بر یاخته‌های غضروفی صفحات رشد موجب افزایش تعداد جایگاه آغاز و سرعت تقسیم می‌شود.

(ث) یاخته‌های سرطانی ← سرعت تقسیم زیاد ← تعداد نقاط آغاز زیاد (ج) یاخته‌های توده ملانوما با سرعت زیادی تکثیر می‌شوند ← تعداد جایگاه آغاز افزایش می‌یابد.

(چ) هورمون FSH باعث افزایش تقسیمات در یاخته‌های انبانکی می‌شود ← افزایش سرعت چرخه و تعداد جایگاه آغاز

(ح) هورمون LH باعث افزایش تقسیمات در یاخته‌های باقی مانده انبانکی می‌شود ← افزایش تعداد جایگاه آغاز
(خ) هورمون استروژن و پروژسترون باعث افزایش سرعت تقسیم یاخته‌های لایه داخلی رحم می‌شود ← افزایش تعداد جایگاه آغاز
(د) سیتوکینین و جیبرلین ← تحریک تقسیم یاخته‌ای و تحریک افزایش تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی
(ذ) ترشح نوعی عامل محرک رشد در زیر محل زخم، باعث افزایش تقسیم یاخته‌ای و افزایش تعداد جایگاه‌های آغاز همانندسازی در یاخته‌های محل زیر زخم می‌شود.

موشکافی شکل ۱۴:



۱. در این شکل، سه نقطه آغاز همانندسازی مشاهده می‌شود و در هر سه نقطه، همانندسازی دوجهته رخ داده است که نتیجه آن ایجاد شش دوراهی همانندسازی می‌باشد.

۲. اندازه‌های حباب‌ها در شکل سوم با یکدیگر برابر نیست و حباب میانی از حباب‌های کناری بزرگ‌تر است! این مسئله، به دلیل سرعت‌های متفاوت همانندسازی در این سه حباب می‌باشد که در حباب میانی نسبت به حباب‌های جانبی، سرعت همانندسازی بیشتر است. علت چیست؟ ممکن است به دلیل کم‌تر بودن بازهای C و G در حباب میانی نسبت به حباب‌های کناری (که سرعت بیشتر هلیکاز و دنا بسپارازها را ممکن می‌کند) باشد و یا ممکن است به دلیل فعالیت ویرایشی کمتر در حباب میانی نسبت به حباب‌های کناری باشد.

۳. در زمانی که چندین جایگاه آغاز داریم، برای اتصال رشته‌های ایجادشده به یک‌دیگر لازم است تا پیوندهای فسفودی‌استری تشکیل شوند که بدون نیاز به مصرف نوکلئوتید جدید است. (اتصال تیکه‌های هر رشته)

۴. در این شکل، هلیکازهای مجاور در دو حباب مجاور هم، به هم نزدیک می‌شوند؛ اما هلیکازهای درون یک حباب از هم دور می‌شوند.

یادداشت: