۳ کتاب در یک کتاب!

بله، درست خوندین! شما یه کتاب نخریدین، بلکه سه تا کتاب خریدین. شما در این کتاب، می‌تونین با توجه به هدف و نیاز خودتون، انتخاب کنین که چه بخش‌هایی از کتاب رو بخونین و چه بخش‌هایی رو نخونین. برای اینکه بتونیم به شما در این زمینه کمک کنیم، جدول زیر رو براتون آماده کردیم که بر اساس ۳ نیاز اصلی دانش‌آموزان در سال کنکور پر شده است: ۱- امتحان نهایی (۳۰ درصد کنکور)، ۲- کنکور و آزمون‌های آزمایشی و ۳- جمع‌بندی. بر اساس جدول زیر، می‌تونین الگوی مطالعهٔ خودتون رو تعیین کنین.

هدف مطالعاتی	متن اصلی درسنامه	آیکون‌ها						کادرهای اصلی				صفحات طلایی				
		نکته	ترکیب *	تمرین و سؤال	مثال	یادآوری	مقایسه	همه‌چیز دربارهٔ	فعالیت کتاب درسی	جمع‌بندی	مقایسه	شکل	عبارت‌نامه	قیدنامه	تایم‌لاین	واژه‌نامه
نهایی	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓
کنکور	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓
جمع‌بندی	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
درصد حجمی	۴۵ درصد	۱۰ درصد						۲۰ درصد				۲۵ درصد				

* منظور از ترکیب در جدول بالا، *آن‌چه گذشت* و *آن‌چه خواهیم خواند* است.

همانطور که مشاهده می‌کنین، حدود ۵۰ درصد مطالب این کتاب به جمع‌بندی و ترکیب اختصاص دارن. اما چرا اینجوریه؟ چون مباحث کتاب دوازدهم نسبت به کتاب پیش‌دانشگاهی نظام قدیم، بسیار ساده‌تر و کم‌تر هست و بنابراین، اهمیت اون نسبت به کتاب‌های دهم و یازدهم کم‌تر هست. در واقع، خیلی بهتره که شما در این سال توجه زیادی به مباحث پایه داشته باشین؛ برای همین هم ما کلی مطلب ترکیبی براتون آوردیم. علاوه‌بر این، برای اینکه مطالب دوازدهم رو بتونین سریع‌تر و کاربردی‌تر بخونین، کادرهای زیادی با هدف جمع‌بندی براتون آماده کردیم.

تذکر: الگوی مطالعاتی ذکر شده در جدول بالا، فقط یک پیشنهاد می‌باشد و شما می‌توانید با توجه به نیاز، هدف و زمان، الگوی مطالعاتی خود را تعیین کنین. برای اینکه بتونین خودتون این الگو رو تعیین کنین، ما جدول زیر رو براتون قرار دادیم که می‌تونین خودتون تکمیلش کنین:

هدف مطالعاتی	متن اصلی درسنامه	آیکون‌ها						کادرهای اصلی				صفحات طلایی				
		نکته	ترکیب	تمرین و سؤال	مثال	یادآوری	مقایسه	همه‌چیز دربارهٔ	فعالیت کتاب درسی	جمع‌بندی	مقایسه	شکل	عبارت‌نامه	قیدنامه	تایم‌لاین	واژه‌نامه
نهایی																
کنکور																
جمع‌بندی																

مشاوره‌نامهٔ زیستی فصل ۲

تذکر قبل از شروع مطالعه این فصل، اگر راهنمای مطالعه کتاب را نخوانده‌اید، ابتدا آن را بخوانید.

از نظر ما، این فصل، مهم‌ترین فصل کتاب دوازدهم هست. سهم این فصل در کنکور زیاد می‌باشد، مباحث آن نسبت به اغلب فصل‌های این کتاب دشوارتر است و یادگیری آن نیز نیازمند تمرین بیشتر است. علاوه‌بر این، نکات ترکیبی این فصل هم اهمیت بالایی دارند و در کنکور مطرح می‌شوند.

چقدر سؤال میاد؟

در کنکورهای نظام **قدیم**، از معادل این فصل، به‌طور میانگین **۲/۱۶ سؤال** در هر کنکور مطرح می‌شد و پیش‌بینی می‌شود که در کنکور نظام **جدید**، به‌طور میانگین، **۳ سؤال** از این فصل در هر کنکور مطرح شود.

چجوری سؤال میاد؟

مراحل و تنظیم! این دو کلمه، خلاصه‌ای از سؤالاتی هستند که بیشترین احتمال را برای مطرح‌شدن در کنکور دارند. اصولاً، طراحان کنکور علاقه زیادی به فرایندهای مرحله‌ای دارند و سعی می‌کنند از ترتیب زمانی این مراحل و وقایع رخ‌داده در هر مرحله سؤالی مطرح کنند و چه چیزی بهتر از فرایندهای رونویسی، ترجمه و تنظیم بیان ژن. در سال‌های گذشته، همیشه یک سؤال از مبحث تنظیم بیان ژن، به‌خصوص تنظیم بیان ژن پروکاریوت‌ها، در کنکور مطرح شده است و با توجه به تغییرات این مبحث، پیش‌بینی می‌کنیم توجه به این مبحث بیشتر هم شود. همچنین مبحث ترجمه و رونویسی به شکلی جدید و کامل‌تر مطرح شده‌اند و ایده‌های بیشتری را برای طرح سؤال دارند. در نهایت، در انتهای هر گفتار صحبتی در ارتباط با تنظیم فرایندها صورت گرفته است که بسیار مهم است و البته، سؤالات آن بیشتر به‌صورت ترکیبی با سایر مباحث فصل مطرح می‌شوند.

چجوری بخونیم؟

دربارهٔ فرایندهای مرحله‌ای، سعی کنید که خودتان ترتیب مراحل و فرایندهای رخ داده در هر مرحله را بنویسید، به‌خصوص به‌صورت نموداری. البته، می‌توانید از تایم‌لاین‌های این فصل هم استفاده کنید. حتماً به مقایسه بین وقایع هر مرحله توجه داشته باشید و تفاوت‌ها و شباهت‌های هر مرحله را در نظر بگیرید. هنگام مطالعه این فصل، مراحل را از روی شکل‌های کتاب (و البته شکل‌های سیر تا پیاز) دنبال کنید تا حافظه‌ای تصویری از مراحل نیز در ذهن داشته باشید. همچنین، به تنظیم فرایندهای رونویسی و ترجمه و ارتباط آن‌ها با یکدیگر توجه کنید. این فرایندهای تنظیمی را باید در ارتباط با سایر مباحث کتاب‌های درسی، مثل تنظیم هورمونی، تنظیم عصبی، تنظیم تنفس یاخته‌ای و ... نیز بلد باشید. در نهایت، دربارهٔ تنظیم بیان ژن باید بدانید که هر نوع تنظیم بیان ژن به چه صورت انجام می‌شود. مثلاً، طراح از شما انتظار دارد که بدانید در حضور لاکتوز در محیط اطراف باکتری چه اتفاقی می‌افتد و اگر لاکتوز حضور نداشته باشد، چه تغییری ایجاد می‌شود. در این فصل هم مقایسه یاخته‌های یوکاریوتی و پروکاریوتی اهمیت زیادی دارد و همچنین، مقایسه انواع روش‌های تنظیم بیان ژن در هر جاندار.

چقدر و کِی بخونیم؟

زمان اولین مطالعه	زمان‌های کلیدی مرور	نیاز به مرور	اهمیت مطالعاتی	رتبه در کتاب دوازدهم
آبان و آذر	دی، فروردین، خرداد	زیاد	زیاد	۱ (مهم‌ترین)

چی بخونیم؟

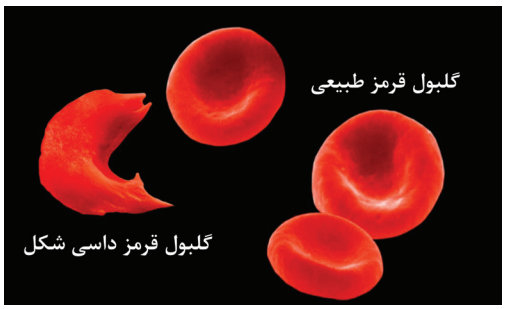
تذکر با توجه به ماهیت ترکیبی بالای درس زیست‌شناسی، امکان حذف هیچ مبحثی در درس زیست وجود ندارد و باید به تمامی مباحث کتاب توجه شود. اما اگر به هر دلیلی، از جمله کمبود زمان، مجبور به حذف یا اولویت‌بندی مباحث هستید، می‌توانید از جدول زیر کمک بگیرید.

اهمیت مبحث	درسنامه‌ها
حتماً بخوانید	درسنامه ۲، درسنامه ۷، درسنامه ۸، درسنامه ۹، درسنامه ۱۲، درسنامه ۱۳، درسنامه ۱۴
بهتر است بخوانید	درسنامه ٤، درسنامه ۵، درسنامه ۶، درسنامه ۱۰، درسنامه ۱۵
می‌توانید نخوانید	درسنامه ۱، درسنامه ۳، درسنامه ۱۱
ترتیب گفتارها (به‌ترتیب اهمیت)	گفتار ۲ ← گفتار ۳ ← گفتار ۱
۵ مبحث مهم (به‌ترتیب اهمیت)	۱- مراحل ترجمه، ۲- تنظیم بیان ژن در پروکاریوت‌ها، ۳- تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها، ٤- مراحل رونویسی، ۵- محل ساخت پروتئین‌ها در یاخته
۵ شکل مهم (به‌ترتیب اهمیت)	شکل ۱٤ ← شکل ۲ ← شکل ۳ ← شکل ۱۵ ← شکل ۱۹

درسنامهٔ ۱ از DNA تا پروتئین

خُب، فصل قبل تا اونجایی فهمیدیم که DNA، اطلاعات لازم برای کنترل فعالیت‌های یافته رو داره و کلاً، هرایت یافته توسط دستورالعمل‌های DNA انجام می‌شه. هم‌چنین با ساختار DNA هم آشنا شدیم. بعد متوجه شدیم که DNA خودش به‌تنهایی کاری نمی‌تونه بکنه و کارهای یافته توسط پروتئین‌ها انجام می‌شن. کلی هم راجع به ساختار و عملکرد پروتئین‌ها صحبت کردیم. حالا می‌خوایم بفهمیم که چه رابطه‌ای بین DNA و پروتئین وجود داره؟ چه‌طوری از روی DNA ما پروتئین ساخته می‌شه؟ تازه اونم وقتی که جنس DNA از نوکلئوتید هست و پروتئین، از آمینواسید. آیا اصلاً این دو تا مولکول با هم ارتباطی دارن؟ بذارین با یه مثال شروع کنیم که نشون میده DNA و پروتئین با هم ارتباط دارن؛ بیماری کم‌خونی داسی‌شکل[1].

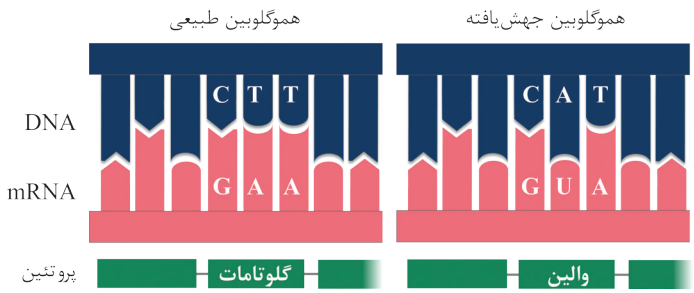
کم‌خونی داسی‌شکل



کم‌خونی داسی‌شکل، نوعی بیماری **وراثتی** است که به دلیل **نقص در ساختار هموگلوبین** ایجاد می‌شود. در این بیماری، **نوعی تغییر ژنی** باعث می‌شود که **شکل ساختاری هموگلوبین تغییر می‌کند** که نتیجهٔ آن، تغییر شکل گلبول قرمز می‌باشد. تغییر ژنی که در این بیماری رخ می‌دهد، به صورت **تغییر یک جفت نوکلئوتید** در ساختار ژن هموگلوبین می‌باشد.

آن‌چه خواهیم خواند [گفتار ۱- فصل ۴ دوازدهم] دانشمندان با مقایسهٔ آمینواسیدهای هموگلوبین سالم و تغییرشکل‌یافته، دریافتند که تفاوت این دو پروتئین **فقط در یک آمینواسید** می‌باشد.

آن‌چه خواهیم خواند [گفتار ۱- فصل ۴ دوازدهم] مقایسهٔ ژن‌های هموگلوبین در بیماران و افراد سالم نشان می‌دهد که در رمز مربوط به یک آمینواسید هموگلوبین، **نوکلئوتید A به جای نوکلئوتید T** قرار گرفته است که نتیجهٔ آن، ایجاد بیماری کم‌خونی داسی‌شکل است. این جهش، یک جهش **جانشینی دگرمعنا (کوچک)** است.



شاید براتون یه سؤال پیش بیاد اونم این‌که گلبول قرمز که هسته و DNA نداره؛ پس چه‌جوری یک جهش در DNA می‌تونه بر گلبول قرمز تأثیر بذاره؟ در مغز استخوان از تقسیم یاخته‌های بنیادی میلوئیدی، پیش‌ساز گلبول‌های قرمز (گلبول‌های قرمز نابالغ) تولید می‌شوند. این یاخته‌ها، هسته دارند و محل تولید هموگلوبین هستند. در واقع، در گلبول‌های قرمز نابالغ، هموگلوبین و سایر مواد مورد نیاز گلبول قرمز ساخته می‌شود و سپس، یاخته هسته و سایر اجزای درونی خود را از دست می‌دهد و به گلبول قرمز بالغ تبدیل می‌شود.

از این موضوع که **تغییر در اطلاعات وراثتی سبب تغییر در ساختار پروتئین شده است**، متوجه می‌شویم که بین ژن و پروتئین ارتباطی وجود دارد. *قبل از این‌که بریم سراغ بحث اصلی این فصل، یه نکتهٔ ترکیبی دیگه راجع به بیماری کم‌خونی داسی‌شکل بگیم. موافقین؟*

آن‌چه خواهیم خواند [گفتار ۲- فصل ۴ دوازدهم] افراد دارای ژنوتیپ خالص مغلوب بیماری کم‌خونی داسی‌شکل (Hb^SHb^S)، **معمولاً در سنین پایین می‌میرند**. گویچه‌های قرمز افراد ناخالص (Hb^AHb^S)، فقط زمانی داسی‌شکل می‌شوند که مقدار اکسیژن محیط کم باشد. اما افراد خالص غالب (Hb^AHb^A) مشکلی ندارند. **انگل مالاریا نیز فقط در گویچه‌های قرمز افراد سالم می‌تواند رشد کند.** این انگل نمی‌تواند در گویچه‌های قرمز افراد ناخالص تکثیر شود؛ چون وقتی این گویچه‌ها را آلوده می‌کند، شکل آن‌ها داسی‌شکل می‌شود و انگل می‌میرد. بنابراین، **افراد ناخالص نسبت به بیماری مالاریا مقاوم هستند**[2].

۱- Sickle Cell Anemia؛ هموگلوبین طبیعی صاف و گرد است و به سلول اجازه عبور آسان از مویرگ‌های خونی را می‌دهد. سلول‌های هموگلوبین داسی‌شکل، سفت و به شکل داس می‌باشند. این سلول‌ها تمایل دارند به شکل خوشه‌ای و در کنار یک‌دیگر قرار گیرند، بنابراین به راحتی از مویرگ‌های خونی عبور نمی‌کنند. این خوشه‌ها منجر به توقف جریان خون حمل‌کننده اکسیژن می‌گردند.

۲- افراد مبتلا به تالاسمی مینور و هم‌چنین افراد ناخالص (هتروزیگوت) از نظر کم‌خونی داسی‌شکل، نسبت به بیماری مالاریا مقاوم هستند.

دستور ساخت پروتئین، در DNA قرار دارد.

گفتیم که دستورالعمل‌های لازم برای هدایت یاخته، مثل دستورهای مربوط به ساخت پروتئین، در DNA قرار دارند. اما جنس DNA از نوکلئوتید است و جنس پروتئین، از آمینواسید. بنابراین، لازم است که **ارتباطی بین نوکلئوتیدهای DNA و آمینواسیدهای پروتئین برقرار شود.**

❑ تعیین آمینواسیدهای پروتئین توسط نوکلئوتیدهای DNA

در فصل قبل فهمیدیم که در ساختار مولکول DNA، **۴ نوع نوکلئوتید** وجود دارد اما در ساختار پروتئین‌ها، **۲۰ نوع آمینواسید** دیده می‌شود. *چه‌جوری ۴ تا نوکلئوتید، می‌تونن رمز ۲۰ نوع آمینواسید رو ایجاد کنن؟* اگر هر نوکلئوتید، رمز یک آمینواسید باشد، حداکثر ۴ نوع رمز در مولکول DNA وجود خواهد داشت.

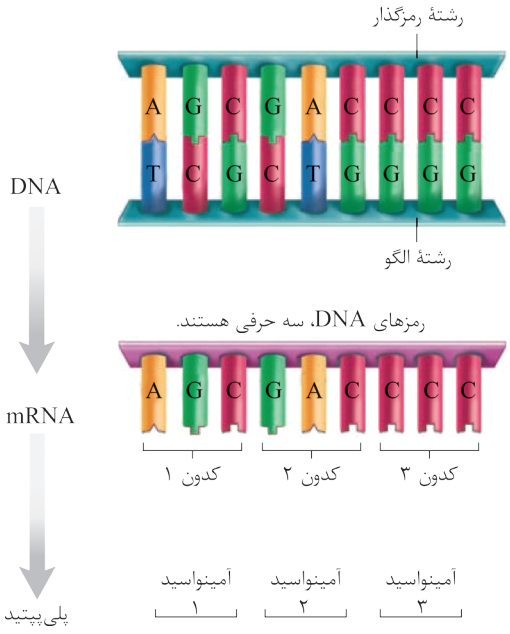
انواع آمینواسید → ۴ = ۴ ← کدون تک نوکلئوتیدی

اگر ترکیبات دوتایی نوکلئوتیدها رمز آمینواسیدها را ایجاد کنند، با توجه به این‌که حداکثر ۱۶ حالت مختلف برای قرارگیری ۲ نوکلئوتید وجود دارد، ۱۶ رمز ایجاد می‌شود. *اینا همش بر اساس ترکیبیات ریاضی به سادگی قابل‌محاسبه است.*

انواع آمینواسید → ۱۶ = ۴ × ۴ ← کدون دو نوکلئوتیدی

اما اگر توالی‌های ۳تایی از نوکلئوتیدهای DNA، بیانگر رمز آمینواسیدها باشند، ۶۴ توالی سه‌نوکلئوتیدی مختلف ایجاد می‌شود.

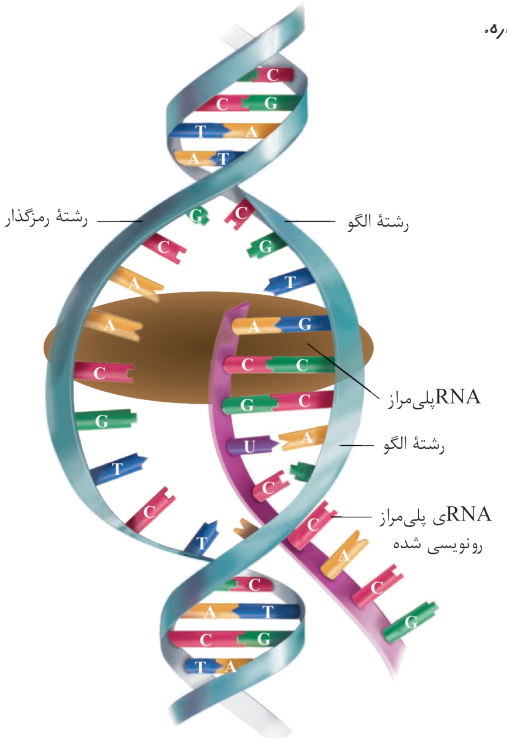
انواع آمینواسید → ۶۴ = ۴ × ۴ × ۴ ← کدون سه نوکلئوتیدی



مشخص شده است که **توالی‌های سه‌تایی نوکلئوتیدها، بیانگر رمز آمینواسیدها هستند.** مثلاً توالی نوکلئوتید CGA، مربوط به یک نوع آمینواسید هست و ACC مربوط به یک آمینواسید دیگر. بدین‌ترتیب، **۶۴ نوع رمز مختلف وجود دارد** که رمز مربوط به ۲۰ نوع آمینواسید را دارند. *البته در ادامهٔ فصل می‌فهمیم که از این ۶۴ رمز، ۳تاش مربوط به آمینواسید نیستن. در واقع، ۶۱ رمز برای ۲۰ آمینواسید وجود داره.*

RNA، بین DNA و پروتئین میانجی‌گری می‌کند.

می‌دانیم که در یاخته‌های یوکاریوتی، بخش اصلی DNA درون هسته قرار دارد. ساخت پلی‌پپتیدها نیز **براساس اطلاعات DNA** انجام می‌شود. اما **محل تولید رشته‌های پلی‌پپتیدی، درون سیتوپلاسم است؛** جایی که ریبوزوم‌ها حضور دارند و می‌توانند پلی‌پپتیدها را بسازند. *متوجه شدین چه مشکلی وجود داره؟ DNA درون هسته هست و اطلاعاتشم برای ساخت پلی‌پپتید لازمه. از طرفی ریبوزوم هم که مسئول ساخت پلی‌پپتیدها هست، خارج هسته قرار داره و داخل سیتوپلاسم فعالیت می‌کنه. یعنی، یه‌جوری باید ارتباط بین DNA و ریبوزوم برقرار بشه.* بنابراین، **لازم است که اطلاعات لازم برای ساخت پلی‌پپتیدها از هسته به سیتوپلاسم منتقل شوند.** این کار توسط RNA (رِنا) انجام می‌شود.



در فصل قبل دیدیم که انواع مختلفی RNA در یاخته وجود دارند که در پروتئین‌سازی نقش دارند. **RNAها در فرایندی به نام رونویسی[1] ساخته می‌شوند.** در این فرایند، از روی بخشی از یک رشتهٔ DNA، مولکول RNA ساخته می‌شود.

نکته مولکول DNA در فرایند همانندسازی و RNA در رونویسی تولید می‌شود.

نکته در همانندسازی، همهٔ بخش‌های هر دو رشتهٔ DNA مورد استفاده قرار می‌گیرند اما در رونویسی، فقط بخشی از یک رشتهٔ DNA استفاده می‌شود.

رونویسی چگونه انجام می‌شود؟ رونویسی نیز مانند همانندسازی، **بر اساس رابطهٔ مکملی بین بازها انجام می‌شود.** در این فرایند، **آنزیم RNAپلی‌مراز**، در مقابل نوکلئوتیدهای رشتهٔ الگوی DNA، نوکلئوتیدهای مکمل را قرار می‌دهد.

۱- Transcription

زمان انجام رونویسی: دقت داشته باشید که در هر بار چرخهٔ یاختهای، همانندسازی فقط یک بار و در مرحلهٔ S انجام میشود اما **رونویسی یک ژن، میتواند بارها در طول هر چرخه تکرار شود.**

نکته در هر بار چرخهٔ یاختهای، از روی ژن هر کروموزوم، فقط یک بار همانندسازی انجام میشود. اما یک ژن در کروموزوم، ممکن است چندین بار در طول چرخهٔ یاختهای، رونویسی شود.

نکته در هر بار چرخهٔ یاختهای، همانندسازی از روی کل ژنهای DNA انجام میشود اما رونویسی، فقط از روی بعضی از ژنها انجام میشود.

نکته همانندسازی در مرحلهٔ S چرخهٔ یاختهای انجام میشود اما رونویسی در مراحل G_1 و G_2 انجام میشود[1].

حالا که این همه راجع به همانندسازی و رونویسی صحبت کردیم، نظرتون چیه که مقایسهای راجع به این دو فرایند داشته باشیم؟

مقایسه

همانندسازی و رونویسی

نام فرایند	همانندسازی	رونویسی
زمان انجام در یاختههای یوکاریوتی	مرحلهٔ S	مرحلهٔ G_1 و G_2
محل انجام در یاختههای یوکاریوتی	هسته	هسته
	در میتوکندری و کلروپلاست هم میتوانند انجام شوند.	
آنزیمهای مؤثر	آنزیمهای مختلف از جمله هلیکاز و DNAپلیمراز	RNAپلیمراز
پیشمادهٔ آنزیم پلیمراز	دئوکسیریبونوکلئوتید	ریبونوکلئوتید
محل شروع فعالیت پلیمراز	جایگاه آغاز همانندسازی	جایگاه شروع رونویسی (در نزدیکی راهانداز)
رشتهٔ الگو	کل هر دو رشتهٔ DNA	بخشی از یک رشتهٔ DNA
محصول تولیدشده	DNAی کاملاً مشابه DNAی اولیه	RNAی مکمل با رشتهٔ الگو

درسنامهٔ ۲ رونویسی و مراحل آن

تا اینجا فهمیدیم که برای این‌که پروتئین‌سازی انجام بشه، لازمه که اطلاعات DNA از هسته به سیتوپلاسم منتقل بشن. این کار، توسط مولکول‌های RNA انجام میشه. هم‌چنین فهمیدیم که RNA در رونویسی تولید میشه. در این درسنامه، می‌خوایم ببینیم که رونویسی چه‌جوری انجام میشه.

آنزیم‌های رونویسی‌کننده

عمل رونویسی توسط آنزیمی به نام **RNAپلیمراز**[2] **(رنابسپاراز)** انجام میشود. البته باید دقت داشته باشید که انواع مختلفی آنزیم RNAپلیمراز در یاختهها وجود دارد:

الف) یاختههای پروکاریوتی؛ باکتریها: در باکتریها، فقط یک **نوع آنزیم RNAپلیمراز** وجود دارد. آنزیم RNAپلیمراز پروکاریوتی، انواع RNAهای یاخته را تولید میکند.

ب) یاختههای یوکاریوتی: در یوکاریوتها، **چند نوع آنزیم RNAپلیمراز مختلف وجود دارند** که RNAهای مختلف را میسازند:

۱- **آنزیم RNAپلیمراز ۱،** rRNA (رنای رناتنی) را میسازد.

۲- **آنزیم RNAپلیمراز ۲،** mRNA (رنای پیک) را میسازد.

۳- **آنزیم RNAپلیمراز ۳،** tRNA (رنای ناقل) را میسازد.

نوع RNA	یاختهٔ یوکاریوتی	یاختهٔ پروکاریوتی
rRNA	RNA پلیمراز ۱	RNA پلیمراز پروکاریوتی
mRNA	RNA پلیمراز ۲	
tRNA	RNA پلیمراز ۳	

نکته علاوه بر ۳ نوع اصلی RNA، انواعی از RNAهای کوچک نیز در یاختهها وجود دارند. کتاب درسی دربارهٔ روش تولید این RNA و آنزیم سازندهٔ آنها صحبتی نکرده است.

مراحل رونویسی

رونویسی، فرایندی پیوسته است. *میدونین که زیست‌شناسان هم کلاً علاقه دارن که فرایندهای پیوسته رو به چند مرحله تقسیم کنن، مثل تقسیم میتوز.* میتوان گفت که رونویسی در سه مرحلهٔ **آغاز، طویلشدن و پایان** انجام میشود. طی این مراحل، آنزیم RNAپلیمراز عمل رونویسی را انجام میدهد و **از روی بخشی از DNA، مولکول RNA** را میسازد.

۱- در بخشهایی از مرحلهٔ S ممکن است رونویسی نیز رخ دهد ولی بهطور معمول، همانندسازی و رونویسی در یک زمان انجام نمیشوند.

۲- RNA Polymerase

❑ مرحلهٔ آغاز[1]

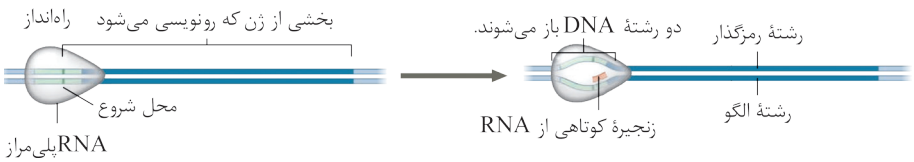
خلاصه: اتصال آنزیم RNAپلی‌مراز به راه‌انداز ← باز کردن بخش کوچکی دو رشتهٔ DNA ← ساخت زنجیرهٔ کوتاهی از RNA

راه‌انداز چیست؟ *آنزیم RNA پلی‌مراز از کجا می‌فهمه که ژن کجا هست؟ از کجا می‌فهمه که از کجا باید رونویسی رو شروع کنه؟ با کمک راه‌انداز.* در مولکول DNA، **توالی‌های نوکلئوتیدی ویژه‌ای** وجود دارند که توسط آنزیم RNAپلی‌مراز شناسایی می‌شوند. این توالی‌ها به RNAپلی‌مراز کمک می‌کنند که رونویسی از محل صحیح آغاز شود.

نکته در ادامهٔ فصل می‌خوانیم که در یوکاریوت‌ها، آنزیم RNAپلی‌مراز به تنهایی نمی‌تواند راه‌انداز را شناسایی کند و این کار با کمک عوامل رونویسی متصل به راه‌انداز انجام می‌شود.

همان‌طور که در شکل مشاهده می‌کنید، هر ژن از بخش‌های مختلفی تشکیل شده است. **راه‌انداز، بخشی است که در ابتدای ژن قرار دارد** و قبل از محل شروع رونویسی می‌باشد. این توالی، مشخص می‌کند RNAپلی‌مراز رونویسی را از کجا آغاز شود.

باز شدن دو رشتهٔ DNA و تشکیل زنجیرهٔ کوتاه RNA: راه‌انداز به RNAپلی‌مراز کمک می‌کند که **اولین نوکلئوتید مناسب (محل آغاز رونویسی) را به‌طور دقیق پیدا و رونویسی را از آن‌جا آغاز کند.** وقتی که RNAپلی‌مراز توانست محل صحیح آغاز رونویسی را پیدا کند، **ابتدا بخش کوچکی از مولکول DNA را باز می‌کند.** برای این کار، پیوندهای هیدروژنی **بین بازهای آلی شکسته می‌شوند** تا دو رشتهٔ DNA از یک‌دیگر جدا شوند. سپس، **زنجیرهٔ کوتاهی از RNA ساخته می‌شود.**



نکته در مرحلهٔ آغاز رونویسی، فقط **زنجیرهٔ کوتاهی از RNA** ساخته می‌شود. طویل شدن RNA، در دومین مرحلهٔ رونویسی انجام می‌شود.

چگونه از روی DNA، مولکول RNA ساخته می‌شود؟ گفتیم که اساس رونویسی مشابه همانندسازی است. آنزیم RNAپلی‌مراز نیز با توجه به نوکلئوتیدهای رشتهٔ الگو، **نوکلئوتید مکمل** را در برابر آن قرار می‌دهد. سپس، پیوند فسفودی‌استر بین نوکلئوتید جدید و نوکلئوتید قبلی رشتهٔ RNA تشکیل می‌شود.

نکته دقت داشته باشید که **در مولکول RNA، نوکلئوتید تیمین‌دار وجود ندارد** و به جای آن، نوکلئوتید یوراسیل‌دار در مقابل نوکلئوتید دارای باز آلی آدنین قرار می‌گیرد.

نکته آنزیم RNA پلی‌مراز، همانند آنزیم DNAپلی‌مراز، توانایی تشکیل پیوند فسفودی‌استر را دارد.

نکته آنزیم RNA پلی‌مراز، برخلاف آنزیم DNAپلی‌مراز، **فعالیت نوکلئازی ندارد** و نمی‌تواند عمل ویرایش را انجام دهد.

نکته آنزیم RNA پلی‌مراز، برخلاف آنزیم DNAپلی‌مراز و همانند آنزیم هلیکاز، توانایی شکستن پیوند هیدروژنی را دارد.

باز هم مقایسه؛ این‌بار در مورد آنزیم‌های شرکت‌کننده در همانندسازی و رونویسی.

مقایسه

آنزیم‌های شرکت‌کننده در همانندسازی و رونویسی

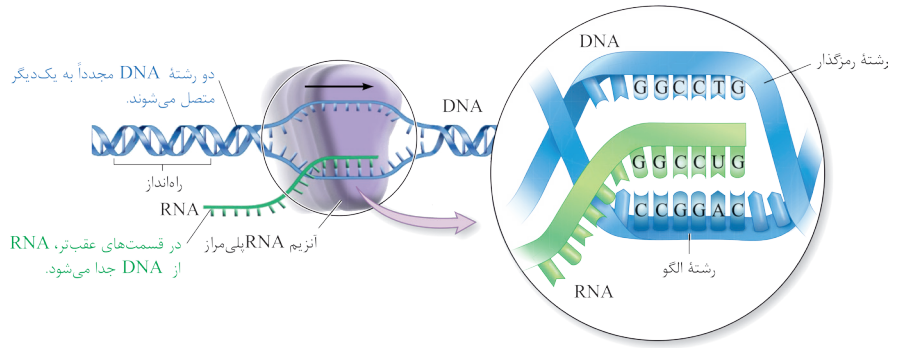
نام آنزیم	هلیکاز	DNAپلی‌مراز	RNAپلی‌مراز
فرایند مؤثر	همانندسازی	همانندسازی	رونویسی
شکستن پیوند هیدروژنی	+	–	+
تشکیل پیوند هیدروژنی	–	–	–
شکستن پیوند فسفودی‌استر (فعالیت نوکلئازی)	–	+	–
تشکیل پیوند فسفودی‌استر (فعالیت پلی‌مرازی)	–	+	+
پیش‌ماده	–	دئوکسی‌ریبونوکلئوتید	ریبونوکلئوتید
عملکرد کلی	باز کردن دو رشتهٔ DNA	تشکیل رشتهٔ جدید DNA و ویرایش	باز کردن دو رشتهٔ DNA و تشکیل RNA

۱- Intiation

❑ مرحلهٔ طویل‌شدن[۱]

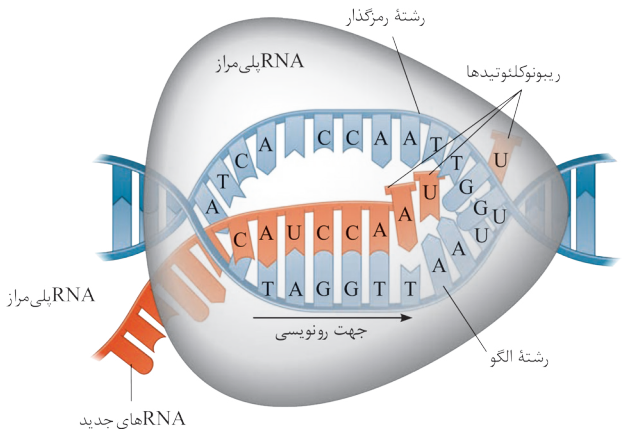
خلاصه: ادامهٔ ساخت RNA ← طویل‌شدن رشتهٔ RNA ← بسته‌شدن مولکول DNA در قسمت‌های قبلی

پیش‌روی RNA پلی‌مراز در طول DNA: در این مرحله، **آنزیم RNAپلی‌مراز در طول DNA حرکت می‌کند.** هم‌زمان با حرکت آنزیم، RNAپلی‌مراز دو رشتهٔ DNA در جلوی خود را باز می‌کند و در مقابل هر نوکلئوتید رشتهٔ الگو، نوکلئوتید ممکل را قرار می‌دهد. در همین زمان، در **قسمت‌های عقب‌تر، RNA از DNA جدا می‌شود** و دو رشتهٔ DNA مجدداً به یک‌دیگر متصل می‌شوند.



نکته همان‌طور که دربارهٔ فرایند همانندسازی گفتیم، شکستن پیوند هیدروژنی توسط آنزیم انجام می‌شود اما **تشکیل پیوند هیدروژنی بین نوکلئوتیدهای DNA، به صورت خودبه‌خودی می‌باشد.**

حباب رونویسی: همان‌طور که در شکل مشخص است، در **محل قرارگیری آنزیم RNAپلی‌مراز (محل رونویسی) و نواحی مجاور آن**، ساختاری حباب‌مانند ایجاد می‌شود. در این ساختار، RNAپلی‌مراز رونویسی را انجام می‌دهد. دو رشتهٔ DNA در جلوی حباب باز می‌شوند و در قسمت عقبی حباب نیز دو رشتهٔ DNA به یک‌دیگر می‌پیوندند. بدین‌ترتیب، **حباب رونویسی به سمت انتهای ژن حرکت می‌کند.**



نکته در هر حباب رونویسی، برخلاف حباب همانندسازی، فقط یک آنزیم (پلی‌مراز) وجود دارد.

نکته در حباب رونویسی، هم رشتهٔ ریبونوکلئوتیدی (RNA) دیده می‌شود و هم رشتهٔ دئوکسی‌ریبونوکلئوتیدی (DNA).

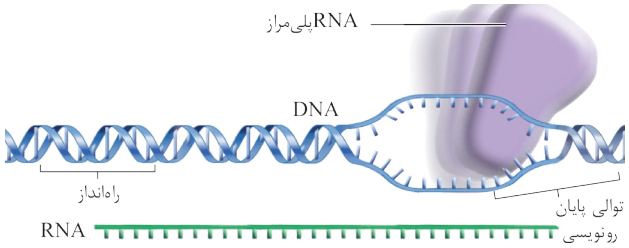
نکته بر اساس توالی نوکلئوتیدی، سه نوع رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی متفاوت در هر حباب رونویسی دیده می‌شود.

نکته در هر حباب رونویسی، دو رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی مکمل رشتهٔ الگو هستند: ۱- رشتهٔ رمزگذار DNA و ۲- RNAی جدید.

❑ مرحلهٔ پایان[۲]

خلاصه: رسیدن آنزیم DNA پلی‌مراز به توالی پایان رونویسی ← جدا شدن آنزیم، RNAی جدید و مولکول DNA از یک‌دیگر ← بسته‌شدن DNA

گفتیم که راه‌انداز، توالی ویژه‌ای در DNA است که محل شروع همانندسازی را مشخص می‌کند. در DNA، **توالی‌های ویژه‌ای هم وجود دارند که موجب پایان رونویسی می‌شوند.** وقتی که RNAپلی‌مراز به توالی پایان رونویسی می‌رسد، آنزیم، RNAی جدید و مولکول DNA، از یک‌دیگر جدا می‌شوند. دو رشتهٔ DNA نیز مجدداً به یک‌دیگر متصل می‌شوند و بدین‌ترتیب، رونویسی پایان می‌یابد.



۱- Elongation
۲- Termination

جمع‌بندی

رونویسی

در رونویسی، از روی بخشی از یک رشتهٔ DNA، یک مولکول RNA ساخته می‌شود. این فرایند، توسط آنزیم RNAپلی‌مراز انجام می‌شود. اساس رونویسی مشابه همانندسازی است؛ یعنی، در مقابل هر نوکلئوتید، نوکلئوتید مکمل قرار می‌گیرد. فرایند رونویسی طی سه مرحله انجام می‌شود:

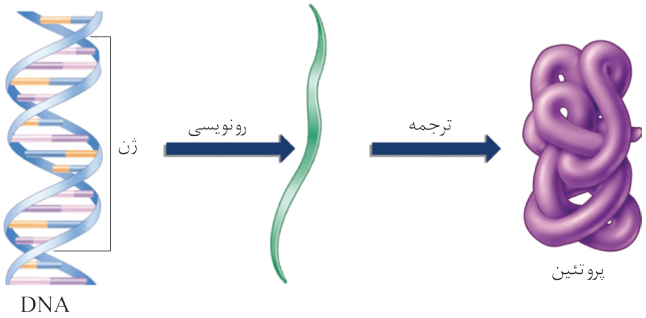
۱- **مرحلهٔ آغاز:** آنزیم RNAپلی‌مراز، با کمک راه‌انداز ژن، محل شروع رونویسی را تشخیص می‌دهد. در این مرحله، بخش کوتاهی از DNA توسط آنزیم باز می‌شود و سپس، زنجیرهٔ کوتاهی از RNA ساخته می‌شود.

۲- **مرحلهٔ طویل‌شدن:** در این مرحله، آنزیم RNAپلی‌مراز در طول DNA حرکت می‌کند و رشتهٔ RNA را می‌سازد. در این مرحله، ساختاری حباب‌مانند تشکیل می‌شود. در جلوی حباب رونویسی، دو رشتهٔ DNA باز می‌شوند و رونویسی صورت می‌گیرد. در عقب حباب، RNAی ساخته‌شده آزاد می‌شود و دو رشتهٔ DNA مجدداً به هم می‌رسند.

۳- **مرحلهٔ پایان:** در انتهای ژن، توالی نوکلئوتیدی ویژه‌ای وجود دارد که وقتی RNAپلی‌مراز به آن می‌رسد، رونویسی پایان می‌یابد. در این زمان، RNA پلی‌مراز از DNA جدا می‌شود، RNAی تشکیل‌شده آزاد می‌شود و دو رشتهٔ DNA مجدداً به یک‌دیگر می‌پیوندند.

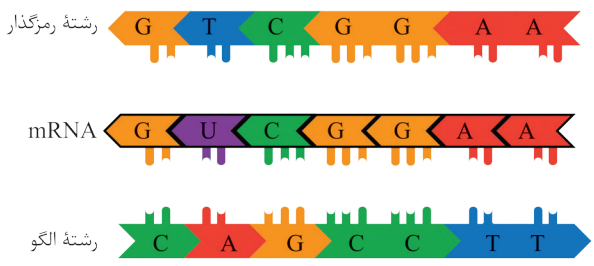
درسنامهٔ ۳ الگوی رونویسی

در فصل قبل گفتیم که **ژن، بخشی از مولکول DNA است که از روی آن RNA ساخته می‌شود.** اما همان‌طور که در فرایند رونویسی دیدیم، **رونویسی فقط از روی یکی از رشته‌های مولکول DNA انجام می‌شود** و هر دو رشته رونویسی نمی‌شوند. *فرض کنین در ژن هموگلوبین، هر دو رشتهٔ DNA رونویسی می‌شد. با توجه به این‌که توالی نوکلئوتیدی دو رشتهٔ DNA یکسان نیست و مکمل می‌باشد، دو نوع RNAی مختلف ایجاد می‌شد. طبیعتاً از روی دو نوع RNAی مختلف، دو نوع پروتئین متفاوت هم ساخته می‌شد که یکی از اونا، عملکرد و ساختاری کاملاً متفاوت با پروتئین طبیعی داشت. بدین ترتیب، در هر ژن لازمه که فقط از روی یکی از رشته‌های ژن رونویسی انجام بشه.*

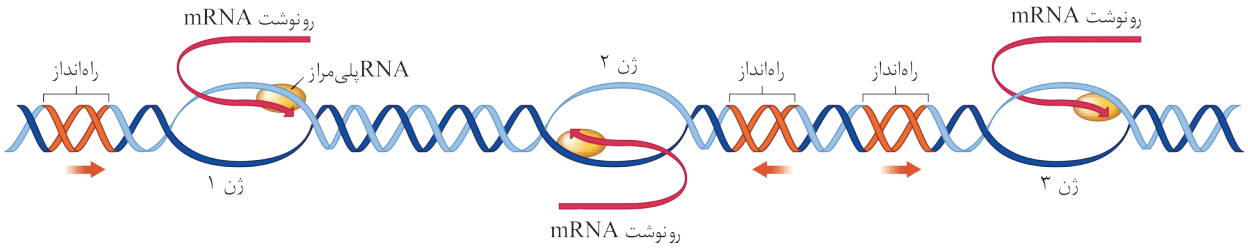


رشتهٔ الگو: در یک ژن، به رشته‌ای از مولکول DNA که به عنوان **الگوی رونویسی** استفاده می‌شود و توالی آن مکمل RNAی ساخته‌شده است، رشتهٔ الگو گفته می‌شود.

رشتهٔ رمزگذار: گفتیم که رشتهٔ الگو، مکمل RNAی تازه ساخته‌شده است. رشتهٔ مقابل رشتهٔ الگو در مولکول DNA نیز مکمل رشتهٔ الگو می‌باشد. بدین‌ترتیب، انتظار داریم که **توالی نوکلئوتیدی رشتهٔ مقابل رشتهٔ الگو نیز مشابه RNA باشد.** به این رشته، رشتهٔ رمزگذار گفته می‌شود. **توالی رشتهٔ رمزگذار، مشابه RNA و مکمل رشتهٔ الگو است.** البته دقت داشته باشید که در توالی رشتهٔ رمزگذار، برخلاف RNA، **نوکلئوتید تیمین‌دار** وجود دارد. *یعنی اگه ما به جای نوکلئوتیدی‌های T در رشتهٔ رمزگذار، نوکلئوتید U قرار بدیم، توالی RNA ایجاد می‌شه.*



نکته دقت داشته باشید که در ژن‌های مختلف، رشتهٔ الگو و رمزگذار متفاوت هستند. مثلاً، ممکن است در یک ژن، رشتهٔ بالایی به عنوان الگو قرار بگیرد و در ژنی دیگر، رشتهٔ پایینی[۱]. اما در هر صورت، در هر ژن فقط یکی از رشته‌ها به عنوان الگو مورد استفاده قرار می‌گیرند.

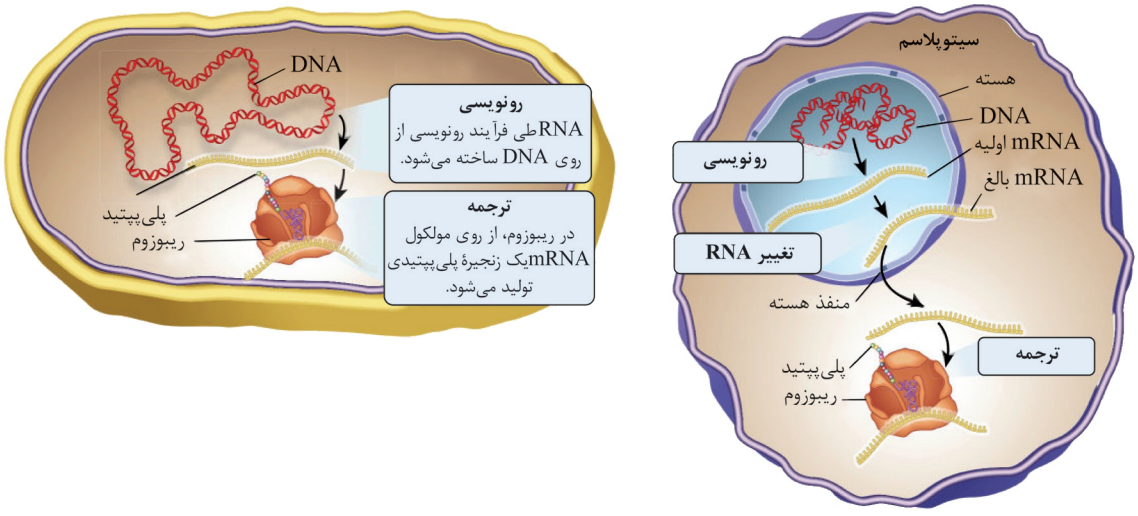


نکته همان‌طور که در شکل مشخص است، جهت رونویسی در ژن‌های مختلف، فرق می‌کند. مثلاً، در یک ژن رونویسی از چپ به راست انجام می‌شود و در ژنی دیگر، از راست به چپ.

۱- منظور از بالا و پایین در این نکته، بر اساس شکل درسنامه و کتاب درسی است.

درسنامه ۴ تغییرات RNA

در فصل قبل خواندیم که در باکتری‌ها، هسته وجود ندارد و DNA در سیتوپلاسم قرار دارد. بنابراین، **محل رونویسی و پروتئین‌سازی در باکتری‌ها، یکسان است** و هر دو فرایند، در سیتوپلاسم انجام می‌شوند. در نتیجه، **RNAهای تولیدشده، بلافاصله وارد فرایند پروتئین‌سازی می‌شوند.** اما در یاخته‌های یوکاریوتی، DNA درون هسته قرار دارد و پروتئین‌سازی در سیتوپلاسم انجام می‌شود.



مشخص شده است که در یاخته‌های یوکاریوتی، **RNAها قبل از این‌که مورد استفاده قرار بگیرند، ابتدا دچار تغییراتی می‌شوند.** در نتیجه، **RNAهای موجود در سیتوپلاسم با RNAهای رونویسی‌شده متفاوت هستند.** *در این درسنامه، می‌خوایم راجع به تغییرات mRNAها صحبت کنیم.*

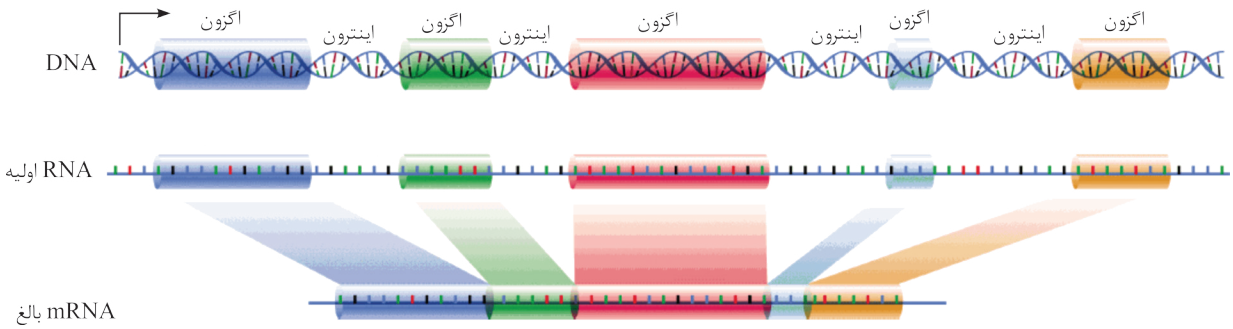
تغییرات mRNA

در یاخته‌های یوکاریوتی، ممکن است که mRNA در **حین رونویسی یا پس از آن** دچار تغییر شود. یکی از تغییرات mRNA که پس از رونویسی انجام می‌شود، **پیرایش** نام دارد.

پیرایش mRNA

برای بعضی از ژن‌ها، فرایند پیرایش انجام می‌شود. در فرایند پیرایش، **توالی‌های معینی از مولکول mRNA حذف می‌شوند** و سپس، سایر بخش‌ها به یک‌دیگر متصل می‌شوند تا مولکول mRNAی بالغ تشکیل شود. *چه بخش‌هایی حذف می‌شن و چه بخش‌هایی می‌مونن؟*

اینترون (میانه) و اگزون (بیانه): به **بخش‌هایی از مولکول DNA** که رونوشت آن‌ها در مولکول mRNAی بالغ نیز باقی می‌ماند، **اگزون** گفته می‌شود. اما **بخش‌هایی از DNA** نیز وجود دارند که در mRNAی اولیه، رونوشت آن‌ها وجود دارد ولی در فرایند پیرایش، حذف می‌شوند. به بخش‌هایی از DNA که رونوشت آن‌ها از mRNA حذف می‌شود، **اینترون** گفته می‌شود.



نکته دقت داشته باشید که اینترون و اگزون، بخش‌هایی از مولکول DNA هستند و رونوشت آن‌ها (نه خود آن‌ها) در mRNA وجود دارد.

نکته در مولکول mRNAی بالغ، فقط رونوشت اگزون‌ها وجود دارد و رونوشت اینترون‌ها حذف شده است.

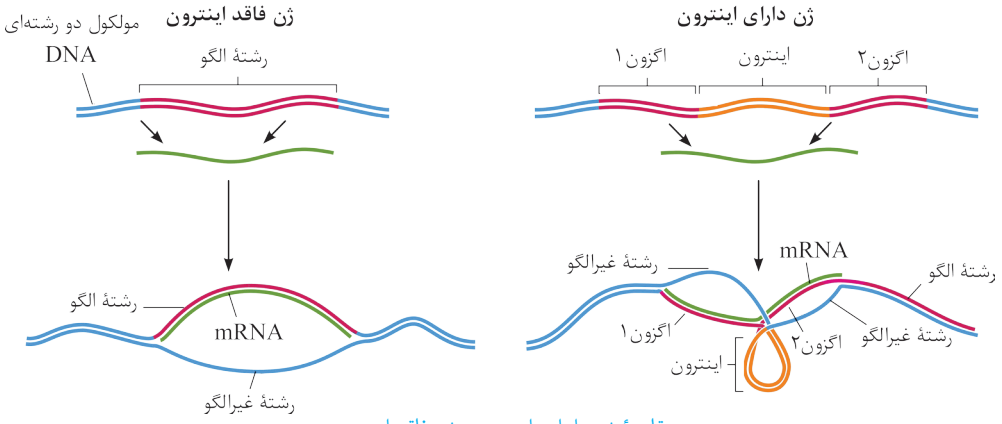
نکته فقط رونوشت اگزون‌ها در فرایند پروتئین‌سازی (ترجمه) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

mRNAی بالغ و نابالغ: به مولکول mRNAی که **مستقیماً از روی DNA رونویسی می‌شود** و دارای رونوشت‌های اینترون است، **mRNAی نابالغ** (mRNAی اولیه) گفته می‌شود. mRNAی بالغ، مولکولی است که در پایان فرایند پیرایش ایجاد می‌شود؛ طی این فرایند، رونوشت‌های اینترون حذف می‌شوند و بخش‌های باقی‌مانده به یک‌دیگر متصل می‌شوند.

نکته برای جدا شدن رونوشت اینترون از توالی mRNA، ۲پیوند فسفودی‌استر شکسته می‌شود. ۱پیوند در هر سمت رونوشت اینترون.

نکته برای اتصال اگزون‌ها به یک‌دیگر، یک پیوند فسفودی‌استر بین دو اگزون مجاور تشکیل می‌شود.

کشف اینترون‌ها و اگزون‌ها: زمانی که mRNAی بالغ (RNAی درون سیتوپلاسم) در مجاورت رشتهٔ الگوی ژن آن در DNA قرار می‌گیرد، مشاهده می‌شود که بخش‌هایی از رشته‌های رشتهٔ الگوی DNA، توالی مکمل در **mRNAی بالغ** ندارد. در واقع، در بخش‌هایی از ژن DNA، رابطهٔ مکملی بین mRNA و DNA برقرار می‌شود. اما بخش‌هایی در DNA نیز وجود دارد که توالی مکمل آن‌ها در mRNA وجود ندارد. این بخش‌ها، همان اینترون‌ها هستند. **هر اینترون، به صورت حلقه‌ای به سمت بیرون مولکول دورشته‌ای قرار می‌گیرد** تا اگزون‌های DNA در مجاورت یک‌دیگر قرار بگیرند و بدین‌ترتیب، رابطهٔ مکملی بین mRNA و رشتهٔ الگوی ژن تشکیل شود.

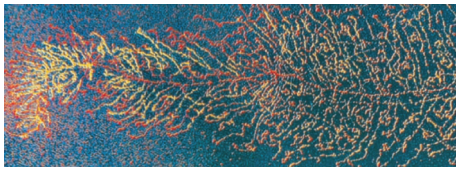


مقایسهٔ ژن دارای اینترون و ژن فاقد اینترون

راستی، ما در مولکول tRNA هم به‌سری تغییرات داریم که بعداً بیشتر راجع بهش صحبت می‌کنیم.

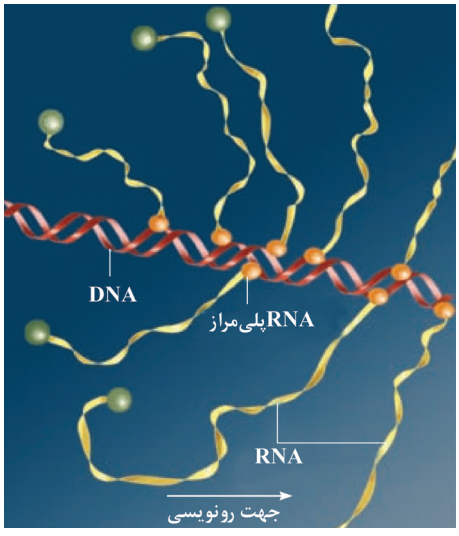
در tRNAها، تا خوردن مولکول بر روی خود باعث ایجاد بخش‌های دورشته‌ای می‌شود که ساختار نهایی tRNA است. با تا خوردن بیشتر مولکول، ساختار سه‌بعدی و فعال tRNA به وجود می‌آید.

درسنامه ۵ شدت و میزان رونویسی



میزان رونویسی از یک ژن، به **مقدار نیاز یاخته به محصول آن ژن** بستگی دارد. *زمانی که نیاز به محصول یک ژن افزایش یابد، رونویسی از آن ژن نیز بیشتر می‌شود. در گفتار (۳)، بیشتر راجع به این موضوع صحبت می‌کنیم.*

مثال **در یاختهٔ تازه تقسیم‌شده، نیاز به ریبوزوم و rRNA زیاد است؛** زیرا، یاخته باید بتواند پروتئین‌های موردنیاز خود را بسازد و برای این کار، نیاز به ریبوزوم و rRNA دارد. برای این‌که سرعت رونویسی از روی این ژن افزایش یابد، **تعداد زیادی آنزیم RNAپلی‌مراز به‌طور هم‌زمان رونویسی از ژن را انجام می‌دهند.** *مشخصه که این آنزیم‌های مختلف، در یک نقطه از DNA و یک مرحله از رونویسی نیستن.*



به همین خاطر، اگر DNA را با میکروسکوپ الکترونی مشاهده کنیم، **RNAهایی با طول مختلف را روی مولکول DNA می‌بینیم.** RNAهای کوتاه‌تر، RNAهایی هستند که رونویسی آن‌ها تازه شروع شده است و بنابراین، به ابتدای ژن نزدیک‌تر هستند. هر چقدر آنزیم RNAپلی‌مراز به انتهای ژن نزدیک‌تر می‌شود، طول مولکول RNA نیز بیشتر می‌شود و در نتیجه، **RNAهای بلندتر به انتهای ژن نزدیک‌تر می‌باشند.** بر این اساس، می‌توانیم جهت رونویسی را نیز مشخص کنیم. **رونویسی از سمت RNAهای کوتاه‌تر شروع می‌شود** و به سمت RNAهای بلندتر ادامه می‌یابد.

نکته امکان رونویسی هم‌زمان چند آنزیم RNAپلی‌مراز از روی یک ژن وجود دارد.

نکته در صورت رونویسی هم‌زمان از روی یک ژن، چند نوع RNAی مختلف مشاهده می‌شود؛ چون نوع RNA به تعداد و توالی نوکلئوتیدها نیز بستگی دارد و بنابراین، بلندترین و کوچک‌ترین RNA، یک نوع محسوب نمی‌شوند.

نکته زمانی که چند آنزیم RNAپلی‌مراز به‌طور هم‌زمان رونویسی یک ژن را انجام می‌دهند، DNA در نقاط مختلفی از ژن باز می‌شود.

نکته جهت رونویسی از سمت کوتاه‌ترین RNA به سمت بلندترین RNA است. مثلاً در شکل نشان داده‌شده، جهت رونویسی از چپ به راست است.

صفحات طلایی گفتار ۱

شکل‌های گفتار ۱

طرح ساده‌ای از فرایند رونویسی

- ✓ رونویسی از روی فقط یک رشتهٔ DNA انجام می‌شود.
- ✓ ساختار بازهای آلی G، C و A، در RNA و DNA مشابه است.
- ✓ در هر حباب رونویسی، فقط یک آنزیم RNAپلی‌مراز فعالیت می‌کند.
- ✓ در هر حباب رونویسی، ۳ رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی متفاوت دیده می‌شود.
- ✓ توالی RNAی در حال ساخت و رشتهٔ غیرالگو، مشابه یک‌دیگر می‌باشد.
- ✓ در RNA به جای نوکلئوتیدی تیمین‌دار، نوکلئوتید یوراسیل‌دار وجود دارد.
- ✓ جهت خروج RNA از حباب رونویسی، در خلاف جهت حرکت رونویسی (حرکت آنزیم RNAپلی‌مراز) است.

مراحل مختلف رونویسی

- ✓ توالی پایان برخلاف توالی راه‌انداز، رونویسی می‌شود و رونوشت آن در مولکول RNA وجود دارد.
- ✓ در مرحلهٔ آغاز، زنجیرهٔ کوتاهی از RNA از روی بخشی از ژن که کمی بعد از راه‌انداز قرار دارد، ساخته می‌شود.
- ✓ هم‌زمان با حرکت RNAپلی‌مراز بر روی مولکول DNA، دو رشتهٔ DNA در جلوی حباب رونویسی باز و در عقب آن، بسته می‌شوند.
- ✓ در مرحلهٔ پایان رونویسی، پس از خروج کامل مولکول RNA از حباب رونویسی، RNAپلی‌مراز از DNA جدا و DNA بسته می‌شود.

رونویسی از یک رشتهٔ هر ژن

- ✓ فقط یکی از دو رشتهٔ هر ژن رونویسی می‌شود.
- ✓ جهت رونویسی، هم‌جهت با حرکت RNAپلی‌مراز و از سمت راه‌انداز به سمت توالی پایان می‌باشد.
- ✓ رشتهٔ مورد رونویسی یک ژن ممکن است با رشتهٔ مورد رونویسی ژن مجاور خود یکسان یا متفاوت باشد.
- ✓ جهت رونویسی از روی ژن‌های مختلف، می‌تواند متفاوت باشد. مثلاً، از روی یک ژن به سمت راست و از روی ژن دیگری به سمت چپ باشد.
- ✓ برای ژن‌هایی که یک رشتهٔ مشابه آن‌ها رونویسی می‌شود، جهت رونویسی یکسان است و با جهت رونویسی از روی رشتهٔ مقابل DNA، متفاوت است.

یعنی، مثلاً اگه جهت رونویسی از روی رشتهٔ بالایی DNA به سمت راست باشه، جهت رونویسی از روی رشتهٔ پایینی DNA به سمت چپ است. در ضمن، این موضوع کاملاً اساس علمی داره!

پیرایش در بخشی از RNAی یک ژن

- ✓ اینترون و اگزون فقط در DNA وجود دارند و رونوشت آن‌ها در RNA دیده می‌شود.
- ✓ اینترون و اگزون، دو رشته‌ای می‌باشند ولی رونوشت اینترون و اگزون، تک‌رشته‌ای است.
- ✓ هر اینترون DNA، حداقل با یک اگزون دیگر در تماس است. هر اگزون نیز حداقل با یک اینترون در تماس است.
- ✓ طول اینترون‌های DNA و طول اگزون‌های DNA می‌تواند متفاوت باشد. به‌طور معمول، اینترون‌ها کوتاه‌تر از اگزون‌ها هستند.
- ✓ در یک ژن، اینترون‌ها و اگزون‌ها به صورت یک در میان (متناوب) قرار می‌گیرند و دو اینترون یا دو اگزون متوالی در DNA وجود ندارد.

طرح ساده‌ای از رشتهٔ الگوی مولکول DNA و RNAی بالغ حاصل از آن

- ✓ زمانی که رشتهٔ الگوی DNA و RNAی بالغ حاصل از آن در کنار یک‌دیگر قرار می‌گیرند، بخش‌های مکمل دو رشته در کنار یک‌دیگر قرار می‌گیرند. بخش‌های فاقد توالی مکملی هم در ساختار DNA وجود دارند که به صورت حلقه‌هایی به سمت بیرون مولکول قرار می‌گیرند. این بخش‌های حلقوی، همان اینترون‌های مولکول DNA هستند.
- ✓ دقت داشته باشید که طول mRNAی بالغ از طول بخش الگوی ژن کوتاه‌تر است. زیرا، رونوشت‌های اینترون‌ها از mRNA حذف شده‌اند.

ساخته‌شدن هم‌زمان چندین RNA از روی ژن

- ✓ بین ژن‌های مختلف، توالی‌های بین‌ژنی وجود دارند.
- ✓ جهت رونویسی از روی یک ژن، از سمت RNAهای کوتاه‌تر به سمت RNAهای بلندتر می‌باشد.
- ✓ با فعالیت هم‌زمان چند RNAپلی‌مراز بر روی یک ژن، ساختاری مثلث‌شکل (پر مانند) ایجاد می‌شود. قاعدهٔ مثلث، به سمت توالی پایان و رأس آن به سمت راه‌انداز قرار دارد.

عبارت‌نامهٔ گفتار ۱

۱. علت بیماری کم‌خونی داسی‌شکل ← نوعی تغییر ژنی ← تغییر پروتئین هموگلوبین حاصل از آن ← تغییر شکل گویچهٔ قرمز از حالت گرد به داسی‌شکل

۲. واحد سازندهٔ مولکول DNA ← نوکلئوتید

۳. واحد سازندهٔ پلی‌پپتیدها ← آمینواسید

۴. محل قرارگیری دستورالعمل ساخت پلی‌پپتیدها ← مولکول DNA

۵. تفاوت ۴ نوع نوکلئوتید موجود در مولکول DNA ← نوع بازهای آلی

۶. محل تولید پلی‌پپتیدها ← توسط ریبوزوم‌ها (رِناتن‌ها) در سیتوپلاسم

۷. ساخته‌شدن مولکول RNA از روی بخشی از یک رشتهٔ DNA ← رونویسی

۸. مولکول میانجی بین DNA و ریبوزوم ← RNA

۹. اساس رونویسی ← شبیه همانندسازی؛ با توجه به نوکلئوتیدهای رشتهٔ DNA، نوکلئوتیدهای مکمل در زنجیرهٔ RNA قرار می‌گیرد و به هم متصل می‌شوند.

۱۰. مولکول‌هایی که رونویسی را تسهیل می‌کنند ← آنزیم‌های ویژهٔ رونویسی (آنزیم رونویسی‌کننده: RNAپلی‌مراز)

۱۱. آنزیم‌هایی که عمل رونویسی به کمک آن‌ها انجام می‌شود ← آنزیم‌های RNAپلی‌مراز

۱۲. انواع RNAپلی‌مراز در پروکاریوت‌ها ← ۱ نوع: RNAپلی‌مراز پروکاریوتی ← ساخت انواع RNAها

۱۳. انواع RNAپلی‌مراز در یوکاریوت‌ها ← ۳ نوع: ۱- RNAپلی‌مراز ۱ ← rRNA، ۲- RNAپلی‌مراز ۲ ← mRNA، ۳- RNAپلی‌مراز ۳ ← tRNA.

۱۴. مراحل رونویسی ← ۱- آغاز، ۲- طویل‌شدن، ۳- پایان

۱۵. مرحله‌ای از رونویسی که RNAپلی‌مراز به مولکول DNA متصل می‌شود ← مرحلهٔ آغاز

۱۶. مرحله‌ای از رونویسی که برای نخستین بار، دو رشتهٔ DNA از یک‌دیگر باز می‌شوند ← مرحلهٔ آغاز

۱۷. نوع پیوندهای شکسته‌شده در مرحلهٔ آغاز رونویسی برای باز شدن دو رشتهٔ DNA ← پیوند هیدروژنی

۱۸. آنزیم شکنندهٔ پیوندهای هیدروژنی در رونویسی ← RNAپلی‌مراز

۱۹. توالی نوکلئوتیدی ویژه‌ای که باعث می‌شود که رونویسی از محل صحیح خود شروع شود ← راه‌انداز

۲۰. نوع توالی نوکلئوتیدی که باعث می‌شود RNAپلی‌مراز اولین نوکلئوتید مناسب را به‌طور دقیق پیدا کند ← راه‌انداز

۲۱. مرحله‌ای از رونویسی که در آن زنجیرهٔ کوتاهی از RNA ساخته می‌شود ← مرحلهٔ آغاز

۲۲. مرحله‌ای از رونویسی که در آن ساخت RNA توسط آنزیم RNAپلی‌مراز ادامه می‌یابد ← مرحلهٔ طویل‌شدن

۲۳. بخشی از مولکول DNA که مکمل رشتهٔ RNAی رونویسی‌شده است ← رشتهٔ الگو

۲۴. بخش مکمل رشتهٔ الگو در مولکول DNA ← رشتهٔ رمزگذار

۲۵. بخشی از مولکول DNA که توالی نوکلئوتیدی آن شبیه RNAی ساخته‌شده از روی ژن است ← رشتهٔ رمزگذار

۲۶. تفاوت توالی رشتهٔ رمزگذار و RNAی ساخته‌شده از روی رشتهٔ الگو ← قرارگیری U به‌جای T در ساختار RNA

۲۷. زمان‌هایی که mRNA ممکن است دچار تغییر شود ← در حین رونویسی و یا پس از آن

۲۸. یکی از تغییرات mRNA که در یوکاریوت‌ها و پس از رونویسی متداول است ← حذف بخش‌هایی از مولکول mRNA

۲۹. فرایندی که در آن، توالی‌های معینی از RNAی ساخته‌شده، جدا و حذف می‌شود و سایر بخش‌های آن، به یک‌دیگر متصل می‌شوند و یک mRNAی یکپارچه می‌سازند ← پیرایش

۳۰. بخش‌هایی از رشتهٔ الگوی DNA که پس از قرارگیری در مجاورت mRNAی بالغ، به صورت حلقه‌هایی بیرون از مولکول دو رشته‌ای قرار می‌گیرند ← اینترون

۳۱. ناحیه‌هایی از مولکول DNA که رونوشت آن در mRNAی سیتوپلاسمی حذف شده است ← اینترون

۳۲. بخش‌هایی از مولکول DNA که رونوشت آن‌ها از mRNAی بالغ حذف نمی‌شود ← اگزون

۳۳. نوعی مولکول mRNA که دارای رونوشت‌های اینترون است ← mRNAی نابالغ (اولیه)

۳۴. نوعی مولکول mRNA که با حذف رونوشت‌های اینترون از RNAی اولیه و پیوستن بخش‌های باقی‌مانده به هم ساخته می‌شود ← mRNAی بالغ

۳۵. عامل تعیین‌کنندهٔ میزان رونویسی ← مقدار نیاز یاخته به فراورده‌های ژن

۳۶. علت متفاوت دیده‌شدن اندازهٔ RNAهای در حال ساخت در زیر میکروسکوپ الکترونی ← در هر زمان، RNAپلی‌مرازها در مراحل مختلفی از رونویسی هستند.

قیدنامهٔ گفتار ۱

الف) هر / همهٔ / قطعاً / هیچ‌کدام / هرگز / ...

۱ برخلاف همانندسازی که در **هر** بار چرخهٔ یاخته‌ای یک بار انجام می‌شود، رونویسی یک ژن می‌تواند در **هر** چرخه بارها انجام شود و چندین رشتهٔ RNA ساخته شود.

۲ چون هنگام ساخته‌شدن **هم‌زمان** چندین RNA از روی ژن، در **هر** زمان، RNAپلی‌مرازها در مراحل مختلفی از رونویسی هستند، در زیر میکروسکوپ الکترونی، اندازهٔ RNAهای ساخته‌شده متفاوت دیده می‌شود.

ب) بعضی / برخی / تعدادی از / گروهی از / گاهی / به‌ندرت ...

۳ **بعضی** از ژن‌ها، فقط در یاخته‌های **خاصی** بیان می‌شوند؛ مثل ژن سازندهٔ هموگلوبین. **بعضی** دیگر از ژن‌ها، در **همهٔ** یاخته‌های بدن بیان می‌شوند؛ مثل ژن سازندهٔ rRNA.

۴ در **بعضی** ژن‌ها، توالی‌های معینی از RNAی ساخته‌شده، جدا و حذف می‌شود و سایر بخش‌ها به هم متصل می‌شوند و یک mRNAی یکپارچه می‌سازند.

۵ **بعضی** ژن‌ها، مانند ژن‌های سازندهٔ rRNA در یاخته‌های تازه تقسیم‌شده **بسیار** فعال هستند.

ج) ممکن است / می‌تواند / ممکن نیست / نمی‌تواند / ...

۶. رشتهٔ مورد رونویسی یک ژن **ممکن است** با رشتهٔ مورد رونویسی ژن مجاور خود یکسان یا متفاوت باشد.

د) سایر قیدها

۷. تغییر ژنی در بیماری کم‌خونی داسی‌شکل، **بسیار جزئی** است و در آن، **تنها** یک جفت از صدها جفت نوکلئوتید DNA در افراد بیمار تغییر یافته است.

۸. در مولکول DNA، چهار نوع نوکلئوتید وجود دارد که **فقط** در نوع بازهای آلی تفاوت دارند.

۹ به ساخته‌شدن مولکول RNA از روی **بخشی از** یک رشتهٔ DNA، رونویسی گفته می‌شود.

۱۰. رونویسی فرایندی **پیوسته** است. در این فرایند، آنزیم RNAپلی‌مراز، عمل رونویسی را از **بخشی از** یک رشتهٔ DNA انجام می‌دهد.

۱۱. برای اینکه رونویسی ژن از محل صحیح خود شروع شود، توالی‌های نوکلئوتیدی **ویژه‌ای** در DNA وجود دارد که RNAپلی‌مراز آن را شناسایی می‌کند. به این توالی‌ها، راه‌انداز گفته می‌شود. راه‌انداز موجب می‌شود RNAپلی‌مراز **اولین** نوکلئوتید مناسب را **به‌طور دقیق** پیدا و رونویسی را از آنجا آغاز کند.

۱۲ در مرحلهٔ آغاز رونویسی، **بخش کوچکی** از مولکول DNA باز و زنجیرهٔ **کوتاهی** از RNA ساخته می‌شود.

۱۳. در DNA، توالی‌های **ویژه‌ای** وجود دارد که موجب پایان رونویسی توسط آنزیم RNAپلی‌مراز می‌شوند.

۱۴. ژن **بخشی از** مولکول DNAی دو رشته‌ای است ولی رونویسی از روی **هر** دو رشتهٔ یک ژن انجام نمی‌شود. **فقط** یکی از دو رشتهٔ DNA در **هر** ژن رونویسی می‌شود.

۱۵. پس از مجاورت دادن mRNAی بالغ سیتوپلاسم با رشتهٔ الگوی DNA، **بخش‌هایی از** DNAی الگو با RNA، دو رشتهٔ مکمل را تشکیل دادند ولی بخش‌هایی نیز فاقد مکمل باقی می‌مانند. این بخش‌ها به صورت حلقه‌هایی بیرون از مولکول دو رشته‌ای قرار می‌گیرند.

تایم لاین گفتار ۱

مراحل ساخت پروتئین

ذخیره و انتقال اطلاعات ضروری برای ساخت پلی‌پپتید توسط DNA ← انتقال اطلاعات DNA توسط mRNA به ریبوزوم واقع در سیتوپلاسم ← استفاده از اطلاعات mRNA برای تولید پلی‌پپتید

مراحل رونویسی

۱- **مرحلهٔ آغاز:** اتصال آنزیم RNAپلی‌مراز به راه‌انداز ← باز کردن دو رشتهٔ DNA ← ساخت زنجیرهٔ کوتاهی از RNA

۲- **مرحلهٔ طویل‌شدن:** ادامهٔ ساخت RNA ← طویل‌شدن رشتهٔ RNA ← بسته‌شدن مولکول DNA در قسمت‌های قبلی

۳- **مرحلهٔ پایان:** رسیدن آنزیم RNAپلی‌مراز به توالی پایان رونویسی ← جدا شدن آنزیم، RNAی جدید و مولکول DNA از یک‌دیگر ← بسته‌شدن DNA

تغییرات mRNA

پیرایش mRNA (حذف بخش‌هایی از مولکول mRNA): جدا شدن و حذف توالی‌های معینی از mRNA (رونوشت‌های اینترون) ← اتصال سایر بخش‌های mRNAی اولیه به یک‌دیگر ← mRNAی بالغ

کشف فرایند پیرایش

مجاورت دادن رشتهٔ الگوی ژن و mRNAی درون سیتوپلاسم ← بدون توالی مکمل باقی‌ماندن بخش‌هایی از رشتهٔ الگو ← بیرون از مولکول دو رشته‌ای قرار گرفتن این بخش‌ها (اینترون‌ها) به صورت تعدادی حلقه

تغییر شدت و میزان رونویسی

یاختهٔ تازه تقسیم‌شده ← نیاز زیاد به rRNA ← نیاز به بیان زیاد ژن rRNA ← رونویسی هم‌زمان چند RNAپلی‌مراز از روی ژن ← قرار داشتن RNAپلی‌مرازها در مراحل مختلف رونویسی ← مشاهدهٔ RNAهایی با اندازه‌های متفاوت در زیر میکروسکوپ الکترونی