

## مراحل رونویسی:

رونویسی یعنی ساخته شدن مولکول RNA از روی مولکول DNA که این عمل توسط آنزیمی به نام آنزیم RNA پلی مرز انجام می شود.

**نکته مهم:** به قول کتاب درسی رونویسی اولین قدم برای ساخت پروتئین هست. خیلی از بچه ها این جمله رو بدون درک کردنش همینجوری حفظش می کنند.

این جمله یعنی چی؟ بچه ها ببینید پروتئین ها از روی اطلاعاتی که در مولکول DNA ذخیره شده ساخته می شن. خوب از اونجایی که مولکول DNA سلول ها خیلی مهمه و به عبارتی حساس ترین و استراتژیک ترین بخش یک سلول محسوب میشه، اگه قرار بشه مستقیماً از روی مولکول DNA پروتئین ساخته بشه خطرناکه! چون حین کار ممکنه که مولکول DNA آسیب ببینه و آسیب به مولکول همان! و از بین رفتن سلول همان! واسه همین سلول میاد زرنگی می کنه و بدل! اطلاعات رو درست می کنه تا از رو اون پروتئین سازی انجام بشه. خوب این بدل کیه؟ مولکول RNA هستش. به ساخت مولکول RNA چی می گفتیم؟ رو نویسی! پس اولین قدمی که برای پروتئین سازی انجام میشه رونویسی هستش. خوب حالا بریم ببینیم رونویسی چجوری انجام میشه. در اینجا مراحل رونویسی در یک سلول پروکاریوتی را بررسی می کنیم.

## مرحله ی اول:

ژنی که (بخشی از مولکول DNA) قرار است آنزیم RNA پلی مرز از روی آن مولکول RNA را بسازد، یک قسمتی دارد بنام راه انداز ژن! که در واقع یک توالی نوکلئوتیدی خاص می باشد. در مرحله ی اول برای اینکه آنزیم RNA پلی مرز ما گیج نزنه! و به بیراهه نرنه! با شناسایی کردن توالی راه انداز، به ژن متصل می شود. بچه ها حواستون باشه که مولکول DNA انواع و اقسام ژن ها رو داره و آنزیم RNA پلی مرز پروکاریوتی با توجه به توالی راه انداز هر ژن که خاص خودش هستش به اون ژن متصل میشه. یک فایده ی دیگری هم این راه انداز ژن دارد و اتم اینکه باعث میشه تا آنزیم RNA پلی مرز رونویسی رو از محل صحیح و درست شروع کنه! یعنی از ابتدای ژن شروع کنه تا انتهاش! و نه از وسط! و یا از آخر!

**نکته مهم:** راه انداز جنس مولکول DNA می باشد پس ما در آن چیزی که به اسم ریپونوکلئوتید نمی توانیم ببینیم پس چیزی که به اسم قند ریپوزو باز آن یوراسیل نمی توان یافت! راه انداز یک توالی نوکلئوتیدی می باشد پس بین نوکلئوتیدهای آن پیوند ففوردی استری می توان یافت!

**نکته مهم:** در مرحله ی اول هیچ رونویسی (یعنی ساخته شدن مولکول RNA از روی DNA) انجام نمی شود.

## مرحله ی دوم رونویسی:

آنزیم RNA پلی مرز برای اینکه بتواند از روی مولکول DNA، مولکول RNA را بسازد باید دو رشته ی DNA را باز کند. برای همین مولکول DNA پیوندهای هیدروژنی اش توسط آنزیم RNA پلی مرز شکسته می شوند! و در نتیجه دو رشته ی مولکول DNA در آن قسمت (منظور قسمت مربوط به ژنی که می خواهد رونویسی شود) باز می شود.

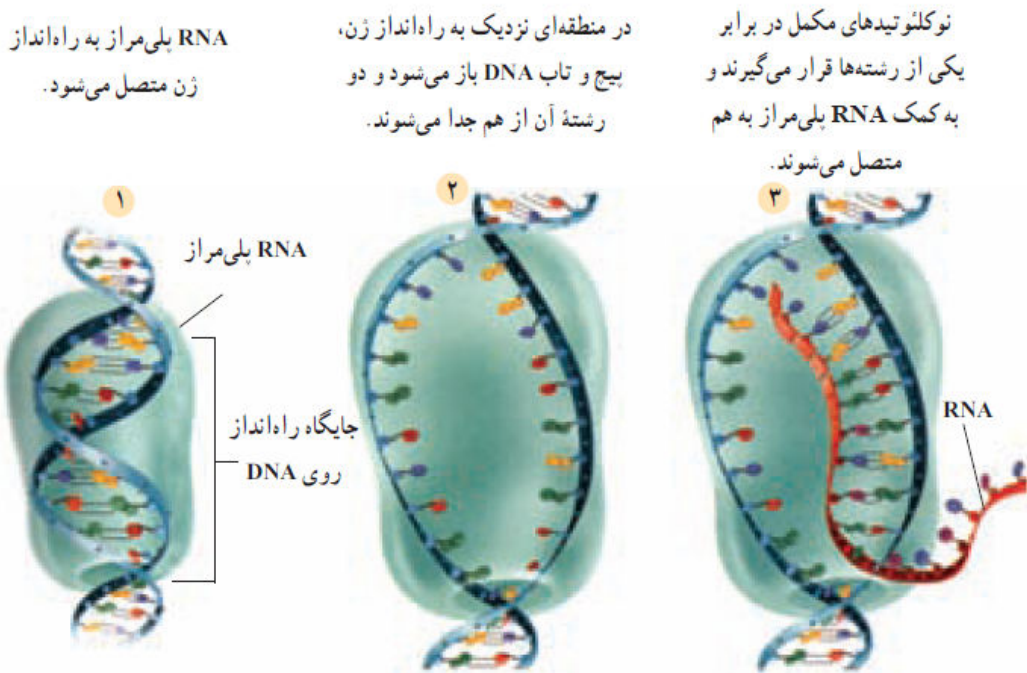
**نکته مهم:** آنزیم RNA پلی مرز برای شکستن پیوند هیدروژنی بین نوکلئوتیدهای مولکول DNA در ژن مربوطه (ژنی که می خواهد رونویسی بشه) از مولکول های آب استفاده نمی کنه! رقت داشته باشید که برای شکستن پیوندهای کوالان از مولکول آب استفاده می کنیم!.

با توجه به شکل کتاب درسی وقتی دو رشته ی DNA از هم جدا می شوند یک حالت حباب مانند ایجاد می شود! به این منظره ی حباب مانند می گویند حباب رونویسی!

نکته مهم: در مرحله ی دوم رونویسی همانند مرحله ی اول، هیچ گونه رونویسی (ساخته شدن مولکول RNA از روی مولکول DNA) صورت نمی گیرد.

### مرحله ی سوم:

بعد از اینکه در مراحل اول و دوم آنزیم RNA پلی مراز جای خودش را فیکس کرد! میاد شروع می کنه به رونویسی کردن! یعنی رونویسی به معنای واقعی کلمه تازه از این جا شروع میشه! به این صورت که میاد از روی یکی از رشته های (نه هر دو!) نوکلئوتیدهاش رو می خونه! و در مقابل اون نوکلئوتیدی که خوند، یک ریبونوکلئوتید مکمل میزاره! یعنی وقتی یک دئوکسی ریبونوکلئوتید (نوکلئوتید DNA) را خواند و شد مثلا دئوکسی ریبونوکلئوتید گوانین دار! در این صورت آنزیم RNA پلی مراز در مقابل این دئوکسی ریبونوکلئوتید، یک ریبونوکلئوتید سیتوزین دار قرار میده. یعنی مکملش رو میزاره جلوش! منتهی از نوع ریبوز دارش! چرا؟ چون مولکول RNA نوکلئوتیدهاش دارای قند ریبوز هستند (به عبارتی ریبونوکلئوتیدن و نه دئوکسی ریبونوکلئوتیدن). در نتیجه بین این دو تا نوکلئوتید مکمل (بین ریبونوکلئوتید جدید با دئوکسی ریبونوکلئوتید DNA) پیوندهای هیدروژنی میسازه و این رو به هم دیگه می چسبونه.



شکل ۱-۳- رونویسی. ساخته شدن mRNA براساس قسمتی از DNA. RNA پلی مراز نوکلئوتیدهای مکمل را از روی الگوی ژن، در RNA جای می دهد.

### یادآوری:

از بین نوکلئوتیدها، نوکلئوتیدهای گوانین دار و نوکلئوتیدهای سیتوزین دار مکمل هم می باشند و به هنگام قرار گیری در روبروی یکدیگر (نه کنار هم!) ۳ عدد پیوند هیدروژنی بین بازهای آلی شان ایجاد می شود. نوکلئوتیدهای T دار و آدنین دار (A دار) نیز با یکدیگر مکمل می باشند و وقتی در روبروی یکدیگر قرار می گیرند ۲ تا پیوند هیدروژنی بین شان تولید می شود. دقت داشته باشید که در ساختار مولکول DNA در مقابل باز آلی آدنین (A)، باز آلی تیمین (T) قرار میگیرد اما در ساختار مولکول RNA در مقابل باز آلی آدنین (A)، باز یوراسیل (U) قرار می گیرد و نه تیمین!

بچه‌ها آنزیم RNA پلی‌مراز همینطوری جلو میره و دونه به دونه نوکلئوتیدهای یکی از رشته‌های DNA رو می‌خونه و مقابلشون ریبونوکلئوتیدهای مکمل رو قرار میده. (همونطور که گفتیم ما تو RNA نوکلئوتیدهای تیمین دار نداریم پس حواستون باشه که موقع جاگذاری، آنزیم RNA پلی‌مراز جلوی دئوکسی ریبونوکلئوتید آدنین دار، ریبونوکلئوتید یوراسیل دار میزاره!).

بچه‌ها آنزیم RNA پلی‌مراز بنده خدا خیلی زحمت کشه! علاوه بر این کارایی که گفتیم همزمان! (خیلی مهمه!) میاد ریبونوکلئوتیدهایی رو که جلوی یکی از رشته‌های DNA ریدف کرده بود رو به هم دیگه متصل می‌کنه! یعنی بین ریبونوکلئوتیدها پیوند فسفودی‌استر ایجاد می‌کنه.

**نکته مهم:** ردت داشته باشید که آنزیم RNA پلی‌مراز فقط و فقط از روی یکی از! (نه هر دو!) رشته‌ها رونویسی می‌کند. به این رشته رشته از مولکول DNA که از روی آن رونویسی می‌شود می‌گویند رشته الی!

**نکته مهم:** به اولین نوکلئوتیدی که (یعنی فقط بدون نوکلئوتید!) رونویسی می‌شود می‌گویند جایگاه آغاز رونویسی که به قول کتاب درسی (که عشق خودمه) راه انداز در نزدیکی آن (نه بلافاصله چسبیده به آن!) قرار دارد.

بچه‌ها انتهای ژن یک بخشی وجود داره به اسم جایگاه پایان رونویسی! که این قسمت از ژن، یک توالی خاص داره! وقتی آنزیم RNA پلی‌مراز به اون توالی خاص در انتهای ژن رسید، متوجه میشه که ژن به پایان رسیده و باید دست از رونویسی برداره و به قول امروزی‌ها از رونویسی بکشه بیرون! برای همین بعد از اینکه جایگاه پایان رونویسی رو، رونویسی کرد (یعنی نوکلئوتیدهای اون توالی رو هم خوند و جلوش نوکلئوتیدهای مکمل رو قرار داد)، آنزیم مرز، مولکول RNA و DNA از هم دیگه جدا میشن. یعنی پیوند هیدروژنی بین رشته‌ی الگوی DNA و RNA ساخته شده شکسته می‌شود و هر کسی می‌رود سی خودش! اینجاست که می‌گن کیش کیش هر که رود خانه‌ی خویش!

**نکته مهم:** ردت داشته باشید که جایگاه پایان رونویسی برخلاف جایگاه آغاز رونویسی از چند عدد نوکلئوتید تشکیل شده است و در ساختار آن می‌توان پیوند فسفودی‌استر یافت! راستی بچه‌ها هر دو تا جایگاه همانند هم (رنگاً) رونویسی می‌شوند.

**نکته مهم:** بچه‌ها حواستون باشه که این مراحل مربوط به یک سلول پروکاریوتی بود! در سلول‌های یوکاریوتی هم تقریباً همین مدلیما منتهی آنزیم RNA پلی‌مراز در پروکاریوت‌ها خودش به تنهایی عرضه‌ی پیدا کردن راه انداز رو داره! اما متأسفانه آنزیم‌های RNA پلی‌مراز یوکاریوتی بجز عرضه از آب در اومدن و در نتیجه به کمک عوامل رونویسی (که جلوتر آشنا می‌شین باهاشون) راه انداز رو شناسایی می‌کنن.

نتیجه‌گیری مهم: RNA پلی‌مراز پروکاریوتی به صورت مستقیم! اما RNA پلی‌مرازهای یوکاریوتی به صورت غیرمستقیم! راه انداز را شناسایی می‌کنند.

## توضیح و بررسی موشکافانه:

همونطور که مستحضر هستید! (ابنو خود عرب‌ها هم نمی‌دونن یعنی چی! یعنی من عاشق این کسی‌ام که این جمله‌ها رو میسازه) بارها تاکید کردم که عاغا! در رونویسی فقط از یک رشته‌ی مولکول DNA استفاده میشه! بچه‌ها حواستون باشه که وقتی یک ژن می‌خواد برای پروتئین‌سازی مورد استفاده قرار بگیره فقط یکی از رشته‌هاش برای ساخت پلی‌پپتید مورد استفاده قرار میگیره. به عبارت بهتر یکی از رشته‌های اون ژن برای تولید mRNA بکار برده میشه. از این مولکول mRNA هم برای ساخت پروتئین استفاده میشه. ما تقریباً ژنی رو نداریم که هر دو تا رشته‌هاش به عنوان رشته‌ی الگو قرار بگیرن! یعنی از هر دو تا رشته‌ش برای ساخت پروتئین استفاده بشه! اگر این اتفاق برای یک ژن بیافته در این صورت ما دو نوع mRNA خواهیم داشت. و در نتیجه از روی هر mRNA یک نوع پلی‌پپتید متفاوت ساخته خواهد شد به عبارتی در اثر رونویسی یک ژن از هر دو تا رشته‌ش! دو نوع پلی‌پپتید

متفاوت ساخته خواهد شد. اما طبق متن کتاب درسی (که بازم خیلی عاشقشم!) مطابق با نظریه ی یک ژن – یک رشته ی پلی پپتیدی از روی هر ژن فقط یک نوع پلی پپتید ساخته می شود و ما هم تابع کتاب جونم هستیم! پس آغا جان! متن کتاب درسی رو خوب خون!

**نتیجه گیری مهم:** از یک زن فقط یک نوع (رشته) ی پلی پپتیدی ساخته می شود بنابراین باید در (رونویسی فقط از یکی از رشته ها به عنوان رشته) ی الگو استفاده شود.

خوب اینجا واسه بچه های رو مخ! یه سوالی پیش میاد اونم اینکه آغا! مگه نمیگید از رو یکی از رشته های ژن رونویسی انجام میشه؟ خواتریم RNA پلی مرز چجوری این رشته رو تشخیص میده؟ یعنی از کجا می فهمه که کدوم رشته رو باید رونویسی کنه؟ ده بیست سی چهل می کنه؟ نه جونم! این کار رو راه انداز انجام میده یعنی راه انداز به طریقی! که خارج از حوصله ی کنکور هستش (دارم می پیچونم!) میاد به راه انداز نشون میده! و میگه که عموجون باید از اینجا شروع کنی و این رشته رو رونویسی کنی. پس می تونیم بگیم که راه انداز ۳ تا وظیفه ی مهم داره:

الف) نشان دادن محل صحیح رونویسی! (rna پلی مرز هی به راه انداز میگه اونو به من نشان بده اولاً شوماپی!!)

ب) نشان دادن جهت حرکت رونویسی

ج) نشان دادن رشته ی الگو

**نکته مهم:** بچه ها حواستون باشه که راه انداز جزئی از ژن محسوب میشه اما رونویسی نمیشه جایگاه پایان رونویسی هم جزئی از ژن هست اما رونویسی نمیشه

## توضیح و بررسی موشکافانه:

بچه ها وقتی RNA پلی مرز روی مولکول DNA میشینه، برای باز شدن دو رشته از هم پیوندهای هیدروژنی رو می شکونه از طرف دیگه وقتی ریبونوکلئوتیدها رو روبروی دئوکسی ریبونوکلئوتیدها قرار میده پیوند هیدروژنی بین اونها برقرار می کنه! پس هم پیوند هیدروژنی می شکونه و هم تشکیل میده! از طرفی بین ریبونوکلئوتیدها هم پیوند فسفودی استر تولید می کنه! اما یادمون باشه که عرضه ی شکوندن این نوع پیوند ها رو نداره!

**نتیجه گیری مهم ۱:** آنزیم RNA پلی مرز هم پیوند هیدروژنی می سازد و هم می شکند! اما فقط و فقط پیوند فسفو دی استر تولید می کنه! آنزیم هلیکاز آنزیمی می باشد که در هنگامند سازی نقش دارد و پیوند هیدروژنی بین دو رشته ی مولکول DNA را می شکند پس عمل RNA پلی مرز مشابه عمل هلیکاز می باشد.

**نتیجه گیری مهم ۲:** آنزیم rna پلی مرز فقط و فقط پیوند فسفو دی استر را تشکیل می دهد اما آنزیم dna پلی مرز (آنزیم دفیل در فرآیند همانند سازی) هم می تواند فسفو دی استر را تشکیل بدهد هم می تواند بشکند! (عمل ویرایش)

خوب بچه ها اگه بخوایم آنزیم هایی که تو کار شکوندن و تشکیل پیوند هستن مقایسه ای بین شون انجام بدیم اینجوری میشه:

آنزیم DNA پلی مرز ← هم فسفو دی استر می شکند و هم فسفو دی استر تشکیل می دهد

آنزیم RNA پلی مرز ← فسفو دی استر را فقط تشکیل می دهد اما پیوند هیدروژنی را هم می سازد و هم می شکند!

آنزیم محدود کننده ← کارش فقط شکستن است! هم هیدروژنی و هم فسفو دی استر را می شکند!

آنزیم هلیکاز ← فقط هیدروژنی را می شکند.

آنزیم لیگاز ← کارش فقط ساختن است و فقط فسفو دی استر را می سازد.

**نکته مهم:** رتت داشته باشید که فرآیند رونویسی (یعنی ساخته شدن مولکول RNA از روی مولکول DNA) در یوکاریوت ها هم در هسته انجام می شود و هم در سیتوپلازم (داخل اندامک های کربولاست و میتوکندری ها) اما در پروکاریوت ها فقط و فقط در سیتوپلازم صورت می گیرد.

**نکته مهم:** رتت داشته باشید که در یک فرآیند رونویسی دو بار پیوندهای هیدروژنی شگته می شوند و دو بار تشکیل می شوند! به این صورت که:

**جاهایی که می شگته:**

(الف) در آغاز رونویسی به هنگام باز شدن دو رشته ی DNA از هم آنزیم RNA پلی مرز پیوندهای هیدروژنی را می شگند. (این شد یک بار!)

(ب) در پایان رونویسی وقتی که اجزاء رونویسی می خواهند از هم دیگر جدا شوند (جدا شدن RNA پلی مرز، RNA ساخته شده و مولکول DNA)، پیوندهای هیدروژنی بین RNA جدید ساخته شده و رشته ی الگو شکسته می شود. (این شد ۲ بار!)

**جاهایی که تشکیل می شه:**

(الف) در روند رونویسی وقتی که ریبونوکلئوتیدها مقابل دئوکسی ریبونوکلئوتیدها قرار میگیرند بین شان پیوند های هیدروژنی برقرار می شود. (این شد ۱ بار!)

**نکته مهم:** در تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته ی الگو و RNA در حال ساخت آنزیم RNA پلی مرز دخیل است! (به صورت غیر متقیم باعث ایجاد پیوند هیدروژنی بین این مولکول ها می شه.)

(ب) وقتی رونویسی تمام شد و اجزاء رونویسی از هم جدا شدند دوباره پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته ی DNA تشکیل می شود! (این شد ۲ بار!)

**نکته مهم:** رتت داشته باشید که در اینجا (یعنی تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین دو رشته مولکول DNA) آنزیم RNA پلی مرز دخیل نم باشد.

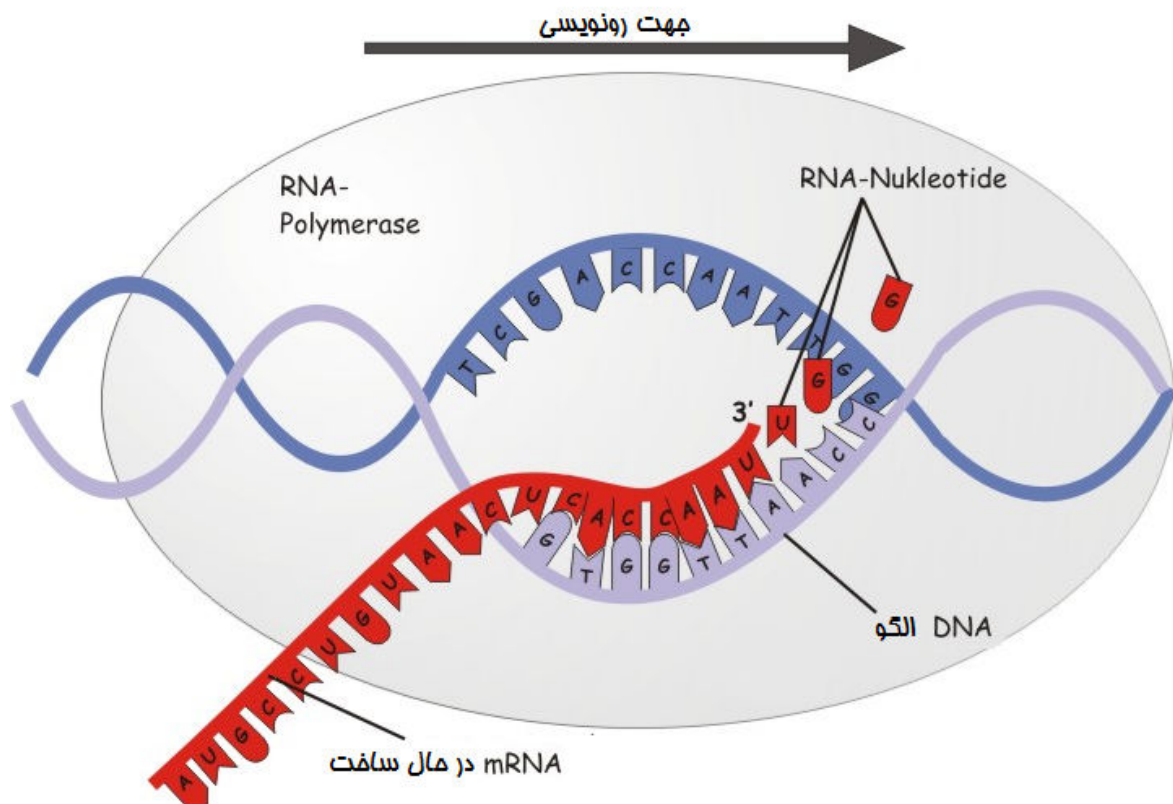
**یک جدول مقایسه ای خیلی مهم!:**

مرحله ی سوم	مرحله ی دوم	مرحله ی اول	
آغاز رونویسی	باز کردن دو رشته ی dna	شناسایی راه انداز	فعالیت آنزیم RNA پلی مرز
بله دیده میشود.	بله	خیر	حباب رونویسی
بله بین دو رشته ی مولکول DNA	بله	خیر	شکسته شدن پیوند هیدروژنی
بله - بین رشته ی الگو با رشته مولکول RNA در حال ساخت	خیر	خیر	تشکیل پیوند هیدروژنی
خیر	خیر	خیر	شکسته شدن پیوند فسفو دی استر
بله - بین ریبونوکلئوتیدهای مولکول RNA در حال ساخت	خیر	خیر	تشکیل پیوند فسفو دی استر



## توضیح و بررسی موشکافانه:

بچه‌ها یک شکل خیلی مهم رو براتون آوردم که خارج از کتابه ولی می‌تونید استفاده قرار بگیرید چون حالت ابتدایی تر این شکل توی کتابتون وجود داره. شکلی که می‌بینید یک حباب رونویسی رو داره نشون میده. توی این شکل یک آنزیم RNA پلی‌مراز داره از روی مولکول DNA مولکول RNA رو می‌سازه. اول از همه این شکل مربوط به کدام مرحله از رونویسیه؟ مرحله سوم! خوب همونطور که یادتون ما در ساختار یک مولکول DNA اگر بخوایم انواع نوکلئوتیدها رو از نظر باز بسنجیم می‌گفتیم حداکثر ۴ نوع نوکلئوتید در ساختار مولکول DNA بکار میره. یعنی دئوکسی ریبونوکلئوتیدهای دارای بازهای آدنین، گوانین، تیمین و سیتوزین دارن! که قند همه شون از نوع دئوکسی ریبوز هستش. خوب تو ساختار یک مولکول RNA هم مثل مولکول DNA ما حداکثر ۴ نوع نوکلئوتید از نظر انواع باز آلی بکار رفته در ساختار نوکلئوتیدها خواهیم داشت. که شامل ریبونوکلئوتیدهای آدنین، یوراسیل، گوانین و سیتوزین دارن! که قند همه شون از نوع ریبوز هستش. حالا من از شما چند تا سوال دارم!



سوال اول: عاغا! تو شکلی که تو شکلی که می‌بینی حداکثر چند نوع نوکلئوتید از نظر باز آلی و نوع قند بکار رفته وجود داره؟

خوب چون گفته حداکثر! پس ما ۴ نوع نوکلئوتید توی DNA داریم و ۴ نوع هم توی مولکول RNA در حال ساخت!

پس جمعاً ۸ نوع نوکلئوتید می‌توان یافت (حداکثر!) اونم از نظر انواع باز آلی و نوع قند بکار رفته!

سوال دوم: حداکثر چند نوع نوکلئوتید از نظر باز آلی بکار رفته می‌تونیم ببینیم؟

چون فقط از نظر نوع باز آلی خواسته می‌گیم ۵ نوع! یعنی نوکلئوتیدهای آدنین، گوانین، سیتوزین، تیمین و یوراسیل دارن!

سوال سوم: چند نوع نوکلئوتید از نظر نوع قند بکار رفته می‌توان یافت؟

اینجا ریله حداقل و حداکثر نداریم! به سرت از نوکلئوتیدها ریبوز دارن به سرت هم دئوکسی ریبوز! پس میشه کلاً ۲ نوع!

سوال چهارم: در این شکل حداکثر چند مونومر می‌توان یافت؟

خوب بچه‌ها گفتیم که حد اکثر ۸ نوع نوکلئوتید می‌تونیم پیدا کنیم (از نظر انواع باز آلنی و قند بکار رفتی) اما اینجا از انواع مونومرها رو خواستیم خوب آنگه شکل رو نگاه کنی ما تو این شکل فقط نوکلئوتید که نداریم! بلکه آنزیم RNA پلی‌مراز رو هم داریم! این آنزیم از جنس چیه؟ آباریکر! از جنس آمینواسید! خوب آمینواسیدها حد اکثر چند نوع اند؟ ۲۰ نوع! (در حد کتاب درسی) پس می‌تونیم بگیم توی این شکل ما حد اکثر ۲۸ نوع (۲۰ تا ش مال آمینواسیدها و ۸ تا ش مال نوکلئوتیدها) مونومر می‌تونیم پیدا کنیم.



## مقایسه‌ی مهم فرآیند رونویسی با همانند سازی:

خوب بچه‌ها حالا می‌خوام فرآیند رونویسی رو با فرآیند همانند سازی مقایسه کنم و تفاوت‌ها و تشابهاتشون رو بگم:

**(الف) ممل واکتاش:**

هم رونویسی و هم همانند سازی در یوکاریوت‌ها در شیره‌ی هسته انجام می‌شود و در سلول‌های پروکاریوت در سیتوپلاسم!

### (ب) ممل استقرار و فعالیت موصول پس از تولید:

محصول فرآیند رونویسی (RNA) در یوکاریوت‌ها از منافذ هسته عبور می‌کند و به سیتوپلاسم می‌رود اما محصول فرآیند همانند (مولکول DNA جدید) در همان هسته باقی می‌ماند. در پروکاریوت‌ها کلاً همون جا تولید می‌شن و همونجا هم می‌مونن یعنی سیتوپلاسم!

### (ج) در مرحله‌ای از چرخه‌ی سلولی که انجام می‌شوند:

رونویسی در مرحله‌ی Gap1 (نخستین رشد سلولی) و Gap2 (دومین رشد سلولی) از چرخه‌ی سلولی صورت می‌گیرد. اما همانند سازی در مرحله‌ی سنتز یا همان S صورت می‌گیرد.

### (د) آنزیم‌هایی که این فرآیند را انجام می‌دهند:

فرآیند رونویسی ← آنزیم RNA پلی‌مراز  
این آنزیم پیوند فسفو دی استر تشکیل می‌دهد اما قادر به شکستن آن نیست! این آنزیم در تشکیل پیوند هیدروژنی دخیل می‌باشد و همینطور در شکستن پیوند هیدروژنی!  
فرآیند همانند سازی ← آنزیم‌های هلیکاز + DNA پلی‌مراز  
آنزیم هلیکاز کارش شکستن پیوندهای هیدروژنی بین دورشته‌ی مولکول DNA می‌باشد.

آنزیم DNA پلی‌مراز کارش ایجاد پیوند فسفو دی استر بین نوکلئوتیدها و همچنین شکستن آنها می‌باشد (عمل ویرایش)

**نکته مهم:** رقت داشته باشید که فعالیت آنزیم هلیکاز (یعنی شکستن پیوند هیدروژنی دورشته‌ی مولکول DNA) همانند فعالیت آنزیم RNA پلی‌مراز می‌باشد.

**نکته مهم:** رقت داشته باشید که فعالیت سنتز RNA (ساخت پیوند فسفو دی استر) RNA پلی‌مراز همانند فعالیت سنتز DNA آنزیم DNA پلی‌مراز می‌باشد.

**نکته مهم:** رقت داشته باشید که در فرآیند رونویسی فقط بخشی از RNA رونویسی می‌شود که در آن منطقه فقط یک نوع! و آن هم یک عدد یا چندین عدد! آنزیم RNA پلی‌مراز فعالیت می‌کنند اما در فرآیند همانند سازی کل مولکول DNA همانند سازی می‌شود و در هر حباب همانند سازی ۲ تا آنزیم هلیکاز و ۴ تا آنزیم DNA پلی‌مراز وجود دارد.

**توجه!! توجه!!**

در فرآیند همانند سازی ما ۲ نوع آنزیم داریم (هلیکاز + DNA پلی مراز) اما در فرآیند رونویسی فقط ۱ نوع آنزیم داریم! (RNA پلی مراز). در ضمن تعداد آنزیم ها در فرآیند همانند سازی خیلیییی بیشتر از تعداد آنزیم ها در فرآیند رونویسی می باشد!

**ه) رشته ی الگو:**

در فرآیند رونویسی فقط یک رشته ی پلی نوکلئوتیدی از مولکول DNA به عنوان رشته ی الگو استفاده می شود اما در فرآیند همانند سازی هر دو تا رشته به عنوان رشته ی الگو استفاده می شوند.

نکته مهم: دقت داشته باشید که در فرآیند همانند سازی دو رشته ی الگو برای همیشه! از همدیگر جدا می شوند اما در فرآیند رونویسی ابتدا قسمتی از مولکول DNA دو رشته اش از هم جدا می شوند و سپس به هم دیگر وصل می شوند.

**ت) جهت فرآیند:**

در همانند سازی جهت حرکت انجام فرآیند معمولا دو طرفه می باشد! اما در رونویسی فقط یک طرفه می باشد! نکته مهم: در برخی از باکتری ها جهت همانند سازی یک طرفه می باشد. در یوکاریوت ها تماما ۲ طرفه می باشد.

**جدول مقایسه ای مهم:**

فرآیند رونویسی	فرآیند همانند سازی	
یوکاریوت ها: هسته پروکاریوت ها: سیتوپلاسم	یوکاریوت ها: هسته پروکاریوت ها: سیتوپلاسم	محل انجام
RNA پلی مراز	هلیکاز و DNA پلی مراز	آنزیم های دخیل
RNA پلی مراز	هلیکاز	شکسته شدن پیوند هیدروژنی توسط
توسط RNA پلی مراز (بین RNA در حال ساخت و رشته ی الگو)	خود به خود (بین دو رشته ی DNA)	تشکیل پیوند هیدروژنی توسط
مگه داریم؟! (نداریم عشقم!)	آنزیم DNA پلی مراز در عمل ویرایش	شکسته شدن پیوند فسفو دی استر توسط
RNA پلی مراز	DNA پلی مراز	تشکیل پیوند فسفو دی استر توسط
یکی از رشته های مولکول DNA	هر دو رشته ی DNA	تعداد رشته الگو
ریبونوکلئوتید	دئوکسی ریبونوکلئوتید	جنس محصول
ممکن است پیوند هیدروژنی داشته باشد! ممکن است نداشته باشد! **	قطعا پیوند هیدروژنی دارد!	وجود پیوند هیدروژنی در محصول
در یوکاریوت ها: سیتوپلاسم در پروکاریوت ها: سیتوپلاسم	در یوکاریوت ها: هسته در پروکاریوت ها: سیتوپلاسم	محل فعالیت محصول
همواره ۱ جهته	معمولا ۲ جهتی	جهت انجام فرآیند
ریبو نوکلئوتید	دئوکسی ریبونوکلئوتید	جنس ماده ای که آنزیم های دخیل روی آن کار می کنند.

**نکته ی خیلی مهم اما تکراری!:** بچه ها حواستون باشه که راه انداز تحت هیچ شرایطی رونویسی نمی شود بلکه فقط

شما یی می شود! (توان افزایشده که بخشی از DNA می باشد هم رونویسی نمی شود)

**نکته مهم:** رقت داشته باشید که یک مولکول DNA هزاران ژن دارد! (طبق متن کتاب درسی در فصل ماده ی

ژنتیک) که از این تعداد فقط تعداد خاصی رونویسی می شوند! نه همه ی ژن ها!



**نکته مهم:** دقت داشته باشید که تمامی ژن‌ها در یک مولکول DNA وقتی همانند سازی می‌شوند به یک مقدار مادی همانند سازی می‌شوند و همگی توسط ۲ نوع آنزیم (هلیکاز + DNA پلیمرز) تمت همی‌ژن‌ها به یک مقدار رونویسی نمی‌شوند! بلکه سلول بر اساس نیزش‌ژن‌ها را رونویسی می‌کند یکسری از ژن‌ها را زیاد! و یکسری را کم و حتی یکسری‌ها را هیچ‌وقت! برای مثال سلول‌های کبدی که به آنزیم پراکسید هیدروژناز نیز فراوانی دارند، (آنزیم کاتالاز) ززش را نسبت به سایر سلول‌ها بیشتر رونویسی می‌کنند تا پروتئین‌های بیشتری از این ژن تولید کنند.

نتیجه‌گیری مهم: ژن‌ها به یک نسبت همانند سازی می‌شوند اما رونویسی‌شان بر اساس نیاز سلول می‌باشد! بعضی از ژن‌ها زیاد! بعضی‌ها کم! و بعضی‌ها در گروهی از سلول‌ها اصلاً! رونویسی نمی‌شوند.

**نکته مهم:** هر ژن برای خودش یک راه‌انداز دارد و اینطور نیست که ما برای همه‌ی ژن‌ها فقط یک راه‌انداز داشته باشیم!

**نکته مهم:** آنزیم‌های rna پلی‌مرز چون از نوع آنزیم‌های درون‌سلولی هستند پس توسط ریبوزوم‌های آزاد در سیتوسل سنتز می‌شوند و توسط ریبوزوم‌های روی شبکه‌ی آندوپلازمی زیر ساخته نمی‌شوند.