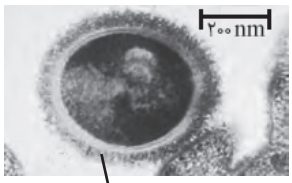
اطلاعات وراثتی هسته

- ویژگی‌های چون اندازه و شکل در یاخته‌های بدن انسان، تحت تأثیر مولکول **دِنای هسته** می‌باشد.
- اطلاعات وراثتی می‌تواند از یاخته به یاخته‌ای دیگر و یا از نسل به نسلی دیگری منتقل شود.
- اطلاعات وراثتی در **بخشی** (نه همه!) از کروموزوم به‌نام **دِنا** (DNA) ذخیره شده است.

چند نکته راجع به گریفیت

- قبل از گریفیت، مولکول DNA توسط دانشمند **دیگری** [میشر] کشف شده بود، اما کسی از وظیفهٔ آن اطلاعی نداشت.
- اطلاعات **اولیه** در مورد **ماهیت** مادهٔ وراثتی، از فعالیت‌ها و آزمایش‌های باکتری‌شناسی به نام **گریفیت** به دست آمد.
- گریفیت سعی داشت، واکنسی علیه نوعی بیماری **ویروسی** به نام **آنفلوانزا** تولید کند. در **زمان** گریفیت تصور می‌شد که عامل این بیماری ویروسی، **نوعی باکتری به نام استرپتوکوکوس نومونیا** است. این باکتری، در **حقیقت** سبب بیماری سینه‌پهلو (ذات‌الریه) می‌شود که علایم آن همانند بیماری ویروسی آنفلوانزا است. ولی گریفیت می‌گفت که این باکتری سبب آنلفوانزا می‌شود.



پوشینه

- گریفیت با **دو نوع** (سویه) از **یک گونهٔ** باکتری به‌نام استرپتوکوکوس نومونیا، آزمایش‌هایی را بر روی موش‌ها انجام داد. نوع بیماری‌زا، دارای پوشینه (کپسول) است و در موش‌ها سبب **سینه‌پهلو** می‌شود ولی نوع بدون پوشینه، بیماری‌زایی ایجاد نمی‌کند. کپسول، پوششی از جنس **پلی‌ساکارید** (نوعی کربوهیدرات) بوده که اطراف **دیوارهٔ باکتری** را فرا می‌گیرد. پس در نوع بیماری‌زا، قطعاً دیواره وجود دارد. کپسول به باکتری کمک می‌کند تا در برابر دستگاه ایمنی محافظت گردد و یا به سطوح مختلف بدن بچسبد. نوع بدون کپسول، توسط دستگاه ایمنی بدن از بین می‌رود.
- در آنفلوانزا همانند سینه‌پهلو (ذات‌الریه)، بافت‌های شش و حبابک‌ها آسیب می‌بینند.
- آنفلوانزای پرندگان، توسط **ویروسی** پدید می‌آید که می‌تواند سایر گونه‌ها از جمله انسان را نیز آلوده کند. این ویروس به شش‌ها حمله کرده و باعث می‌شود که دستگاه ایمنی بیش از حد معمول فعالیت کند و به تولید انبوه و بیش از اندازهٔ لنفوسیت‌های T بینجامد. حملهٔ لنفوسیت‌های T به یاخته‌های ششی و ایجاد آسیب بافتی، می‌تواند نهایتاً منجر به مرگ شود.
- گریفیت در نهایت **نتوانست** واکسنی علیه بیماری تهیه کند.

مرحله	محتویات تزریقی	وضعیت موش	یافته‌های نمونهٔ خون	نتیجه‌گیری
۱	پوشینه‌دار (زنده)	مُرد ☠	پوشینه‌دار (زنده)	نوع پوشینه‌دار، عامل بیماری است
۲	فاقد پوشینه (زنده)	زنده ماند ☺	-	نوع بدون پوشینه، بیماری‌زایی ندارد
۳	پوشینه‌دار (مُرده)	زنده ماند ☺	-	کپسول، عامل بیماری نیست
۴	پوشینه‌دار (مُرده) + فاقد پوشینه (زنده)	مُرد ☠	پوشینه‌دار (زنده) + فاقد پوشینهٔ (زنده)	**تعدادی** از فاقد پوشینه، پوشینه‌دار شدند (انتقال صفت رخ داد)

نکات تستی آزمایش گریفیت

- در آزمایش **دوم و سوم** که موش زنده ماند، هیچ باکتری **زنده‌ای** در خون و شش‌های موش یافت نشد.
- در مورد آزمایش **چهارم** دقت کنید که **الزاماً همهٔ باکتری‌های بدون کپسول زنده، کپسول‌دار نشدند.** بلکه **تعدادی** از باکتری‌های فاقد کپسول، کپسول‌دار شدند و موش را کشتند و چون موش مُرد، سایر باکتری‌های بدون کپسول زنده نیز توانستند زنده بمانند؛ زیرا، دستگاه ایمنی موش از کار افتاده بود. بنابراین می‌توان گفت که **در آزمایش چهارم، در خون و شش‌های موش، باکتری زندهٔ فاقد کپسول نیز دیده شد.**
- علت بیماری‌زایی، مولکول DNAی باکتری کپسول‌دار بود **نه خود کپسول**. دنای این باکتری کپسول‌دار، حاوی ژن‌های فعالی است که از آن برای تولید مواد بیماری‌زا و **آنزیم‌های پروتئینی** برای ساخت کپسول پلی‌ساکاریدی استفاده می‌شود. **این ژن‌ها در باکتری‌های فاقد کپسول نیز وجود دارند ولی غیرفعال و خاموش هستند.**
- هر دو نوع باکتری کپسول‌دار و فاقد کپسول استرپتوکوکوس نومونیا مربوط به **یک گونه** هستند. لذا باکتری فاقد کپسول که مادهٔ ژنتیک باکتری دارای پوشینه دریافت کرده است را تراژن **نمی‌نامند**؛ زیرا جاندار تراژن، به جانداری گفته می‌شود که ژن **گونهٔ دیگر** را دریافت کرده باشد نه ژن هم‌گونهٔ خود. انتقال صفات ژنتیکی در باکتری‌ها می‌تواند از طریق **تقسیم دوتایی** (از یاختهٔ مادر به یاخته‌های دختری حاصل از تقسیم) و یا **محیطی** صورت گیرد. یعنی باکتری از محیط بیرون، مادهٔ ژنتیکی دریافت کند و با استفاده از اطلاعات آن، آنزیم‌های لازم برای مواد مختلف مانند کپسول را تولید کند.
- **گریفیت از ماهیت مادهٔ وراثتی و نحوهٔ انتقال آن اطلاعی نداشت.**

در فصل بعد می‌خوانید که فقط اطلاعات ساخت مولکول‌های پروتئین و RNA بر روی ژن‌های DNA قرار دارد و مولکول‌های کربوهیدرات (قندی) و لیپید هیچ رمزی را روی DNA ندارند. برای ساخت مولکول‌های قندی و تجزیهٔ آنها، آنزیم پروتئینی لازم است. برای ساخت پروتئین ابتدا RNA مستقیماً از روی DNA ساخته می‌شود و بعد به پروتئین ترجمه می‌شود.

- **نکته :** دنای باکتری پوشینه‌دار در مرحلهٔ ۳ و ۴، نسبت به حرارت و گرما مقاوم است.

۶ آزمایش ایوری و همکاران

عامل مؤثر در انتقال صفت تا حدود ۱۶ سال بعد از گریفیت همچنان ناشناخته ماند تا اینکه نتایج آزمایشات دانشمندی به نام ایوِری و همکارانش، عامل مؤثر در انتقال صفت را مشخص کرد. ایوری سه آزمایش انجام داد.

آزمایش	شرح آزمایش و نکات	نتیجه‌گیری
۱	**گام ۱ :** ابتدا عصارهٔ (همهٔ مواد درونی) باکتری‌های کپسول‌دار کشته‌شده را تهیه کردند. **گام ۲ :** توسط آنزیم‌های **پروتئاز**، **همهٔ پروتئین‌های** موجود در عصارهٔ تهیه‌شده را تخریب کردند. **گام ۳ :** سپس باقی‌ماندهٔ مخلوط را به محیط کشت باکتری‌های زندهٔ بدون کپسول اضافه کردند و دیدند که همهٔ باکتری‌های فاقد پوشینه، پوشینه‌دار شدند. **نکته :** در این آزمایش مشخص **نشد** که چه مولکولی، مادهٔ وراثتی است.	با اینکه پروتئین را تخریب کردند، ولی بازهم انتقال صفت رخ داد و این یعنی **پروتئین‌ها نمی‌توانند مادهٔ وراثتی باشند.**
۲	**گام ۱ :** همانند آزمایش اول، عصارهٔ باکتری‌های کپسول‌دار کشته‌شده را تهیه و همهٔ پروتئین‌های موجود در عصاره را با آنزیم پروتئاز تخریب کردند. **گام ۲ :** مخلوط به دست آمده را در یک سانتریفیوژ (گریزانه) با سرعت بالا قرار دادند. **گام ۳ :** توسط گریزانه، مواد موجود در مخلوط به صورت **لایه‌لایه** جدا شد. (مثلاً در یک لایهٔ دیگر **فقط** لیپید بود، در لایهٔ دیگر **فقط** دنا بود، در لایهٔ دیگر، **فقط** کربوهیدرات بود و ...) **گام ۴ :** مواد موجود در هر لایه، به صورت جداگانه به محیط کشت باکتری‌های بدون کپسول اضافه شد. مثلاً لایهٔ دنا را در یک لوله‌ای که حاوی محیط کشت باکتری زندهٔ بدون کپسول بود، قرار دادند. هم‌چنین لایهٔ حاوی مولکول رنا را از مخلوط جدا و در یک لوله‌ای که حاوی محیط کشت باکتری زندهٔ بدون کپسول بود، قرار دادند. **مشاهده کردند که انتقال صفت، فقط در لوله‌ای صورت می‌گیرد که حاوی مولکول دِنا (DNA) باشد.** **نکتهٔ مهم :** دقت داشته باشید که **در این آزمایش پروتئین وجود نداشت** که بتوانند در لوله‌ای قرار دهند. موادی که جدا کرده بودند، شامل **دنا، رنا، کربوهیدرات و لیپیدها** بود.	**در آزمایش دوم، مشخص شد که مادهٔ وراثتی، دنا است.**
۳	**نکته :** ایوری و همکاران باور داشتند که مادهٔ وراثتی، همان دنا است و پروتئین نمی‌تواند باشد ولی چون در آن زمان، بسیاری از دانشمندان معتقد بودند که پروتئین‌ها، مادهٔ وراثتی هستند و ایوری نباید پروتئین را تخریب کند، پس ایوری آزمایشی دیگری انجام داد تا پروتئینی‌نبودن مادهٔ وراثتی را رد کند. **گام ۱ :** ابتدا عصارهٔ باکتری‌های کپسول‌دار کشته‌شده را استخراج کردند **ولی برخلاف دو آزمایش قبلی، پروتئین‌ها را تخریب نکردند.** **گام ۲ :** عصارهٔ استخراج شده را به چند قسمت تقسیم کردند. **در هر قسمت جدا شده همهٔ مواد آلی (دنا + رنا+ لیپید + پروتئین و کربوهیدرات) وجود داشت.** **گام ۳ :** به هر قسمت جدا شده که حاوی عصارهٔ باکتری بود، **یک نوع (نه انواعی) آنزیم تخریب‌کنندهٔ مادهٔ آلی** اضافه کردند. **گام ۴ :** هر قسمت به همراه آنزیم آن، به یک لولهٔ جداگانه که حاوی محیط کشت باکتری زندهٔ بدون کپسول بود انتقال دادند و صبر کردند تا باکتری، فرصت رشد و تکثیر داشته باشد. سپس دیدند که **در همهٔ لوله‌ها (ظروف) انتقال صفت صورت گرفته است به جز ظرفی که دنا ندارد و تخریب شده است.** **لولهٔ ۱** ⟸ حاوی پروتئین + دنا + رنا + لیپید + کربوهیدرات + **آنزیم پروتئاز** + باکتری زنده فاقد کپسول ⟸ فقط پروتئین توسط پروتئاز تخریب شد و بقیه مواد سالم ماندند ⟸ باکتری‌ها، کپسول‌دار شدند ⟸ انتقال صفت رخ داد. **لولهٔ ۲** ⟸ حاوی پروتئین + دنا + رنا + لیپید + کربوهیدرات + **آنزیم تجزیه‌کنندهٔ رنا** + باکتری زنده فاقد کپسول ⟸ RNA تخریب شد و بقیه مواد سالم ماندند ⟸ باکتری‌ها، کپسول‌دار شدند ⟸ انتقال صفت رخ داد. **لولهٔ ۳** ⟸ حاوی پروتئین + دنا + رنا + لیپید + کربوهیدرات + **آنزیم تجزیه‌کنندهٔ لیپید** + باکتری زنده فاقد کپسول ⟸ لیپید تخریب شد و بقیه مواد سالم ماندند ⟸ باکتری‌ها، کپسول‌دار شدند ⟸ انتقال صفت رخ داد. **لولهٔ ۴** ⟸ حاوی پروتئین + دنا + رنا + لیپید + کربوهیدرات + **آنزیم تجزیه‌کنندهٔ دنا** + باکتری زنده فاقد کپسول ⟸ DNA تخریب شد و باکتری‌های زنده، کپسول‌دار نشدند و **انتقال صفتی رخ نداد.** **نکته : در این آزمایش، برخلاف آزمایشی قبلی، مولکول دنا تخریب شد.** یعنی در ظرف مولکول دنای آزمایش سوم، باکتری پوشینه‌دار وجود نداشت، درحالی که در ظرف مولکول دنای آزمایش دوم، وجود داشت.	**انتقال صفت، زمانی رخ می‌دهد که مولکول دنا (DNA)، سالم باشد.**

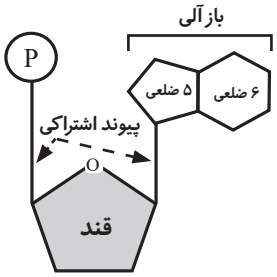
انواع نوکلئیک‌اسید

- **۱- دئوکسی ریبوز نوکلئیک‌اسید (دِنا ، DNA) :** نوعی نوکلئیک‌اسید **دو رشته‌ای** که به عنوان مادهٔ وراثتی **اصلی** یاخته شناخته می‌شود.
- **۲- ریبونوکلئیک‌اسید (رِنا ، RNA) :** نوعی نوکلئیک‌اسید **تک‌رشته‌ای** که **اغلب** در پروتئین‌سازی شرکت دارد.

اجزای نوکلئوتید

هر نوکلئیک‌اسید ، پلی‌مری از واحدهای تکرارشونده (مونومر) به نام نوکلئوتید می‌باشد.

هر نوکلئوتید ، شامل ۳ بخش است : یک قند پنج‌کربنه + یک بازآلی نیتروژن‌دار + یک تا سه گروه فسفات.



انواع نوکلئیک‌اسید

قند(مولکول پنج‌کربنه)

- **نکته :** در DNA از نوع دئوکسی ریبوز و در RNA از نوع ریبوز است.
- **نکته :** دئوکسی‌ریبوز، یک اکسیژن کمتر از ریبوز دارد. یعنی قند دنا دارای یک گروه هیدروکسیل (OH) و قند رنا دارای دو گروه هیدروکسیل می‌باشد.

بازآلی نیتروژن‌دار

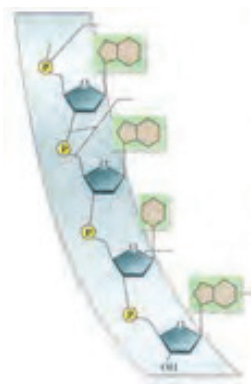
- **نکته :** بازآلی ، از نظر داشتن تعداد حلقه دو نوع است : پورین و پیریمیدین.
- **نکته :** پورین ، ساختار دو حلقه‌ای دارد که شامل آدنین (A) و گوانین (G) است.
- **نکته :** پیریمیدین ، ساختار تک‌حلقه‌ای دارد که شامل تیمین (T) ، سیتوزین (C) و یوراسیل (U) است.
- **نکته :** در دِنا، ۴ نوع بازآلی A ،T ،C و G وجود دارد. از این میان ، A و G پورینی و C و T پیریمیدینی هستند.
- **نکته :** در رِنا، ۴ نوع بازآلی A ،U ،C و G وجود دارد. از این میان ، A و G پورینی و C و U پیریمیدینی هستند.
- **نکته :** توجه کنید که در RNA، به‌جای تیمین (T) ، باز یوراسیل (U) به‌کار رفته است.
- **نکته :** در دنا ، U و در رنا T وجود ندارد.

گروه فسفات

- **نکته :** نوکلئوتید به‌کار رفته در ساختار نوکلئیک اسید ، دارای **یک گروه فسفات** است.
- **نکته :** نوکلئوتیدِ آزاد سیتوپلاسمی می‌تواند **یک تا سه گروه فسفات** داشته باشد.
- **نکته :** نوکلئوتیدها از نظر نوع قند ، نوع بازآلی و تعداد گروه‌های فسفات با یک‌دیگر تفاوت دارند. مثلاً نوکلئوتید آدنین‌داری که در DNA است ، با نوکلئوتید آدنین‌داری که در RNA است فرق دارد. زیرا قند DNA، دئوکسی ریبوز و قند RNA ریبوز است ، اما بازآلی در هر دو آدنین است.

نکات نوکلئوتید

- مولکول‌های ADP ،ATP و AMP، نوعی نوکلئوتید دارای قند **ریبوز**محسوب می‌شوند و **بازآلی آدنین** دارند. البته تنها تفاوت هر سه آنها در تعداد گروه‌های فسفات است. AMP دارای یک گروه فسفات و است و هیچ پیوند پرانرژی ندارد. ADP، دو فسفات دارد و یک پیوند پرانرژی و ATP دارای سه فسفات و دو پیوند پرانرژی می‌باشد.



- برای تشکیل یک نوکلئوتید ، بازآلی نیروژن‌دار به کمک پیوند اشتراکی (کووالانسی) به یک سمت قند و گروه یا گروه‌های فسفات به کمک پیوند اشتراکی دیگر (معروف به پیوند قند – فسفات) به سمت دیگر قند متصل می‌شوند.
- دقت داشته باشید که بازهای پورینی (A،G) ، **دو حلقه دارند : حلقهٔ پنج‌ضلعی و حلقهٔ شش‌ضلعی.** این بازهای پورینی توسط حلقهٔ **پنج‌ضلعی** خود و بازهای پیریمیدنی (T,C,U) توسط **تنها حلقهٔ شش‌ضلعی** خود به قند پنج‌کربنه (پنج‌ضلعی) متصل هستند.
- دقت داشته باشید که حلقهٔ پنج‌ضلعی در پورین‌ها، ۵ کربنی نیست و حلقهٔ شش‌ضلعی نیز، ۶ کربنی نیست.
- **نوکلئوتیدها با نوعی پیوند اشتراکی (کووالانسی) به‌نام فسفودی‌استر، به هم متصل می‌شوند** و رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی را می‌سازند. این رشته می‌تواند DNA یا RNA باشد.

در پیوند فسفودی‌استر، گروه فسفاتِ یک نوکلئوتید به گروه هیدروکسیل (OH) از قند یک نوکلئوتید دیگر متصل می‌شود.

نوکلئیک اسید حلقوی: در این نوع نوکلئیک اسید ، **دو انتهای رشته‌های پلی‌نوکلئوتید با پیوند فسفودی‌استر به هم متصل شده است.** در نتیجه ، نوکلئیک‌اسید انتهای آزاد نداشته و به‌شکل یک حلقه مشاهده می‌شود. مانند **دنای باکتری‌ها، دنای حلقوی میتوکندری و دنای حلقوی کلروپلاست.**

نوکلئیک اسید خطی: در نوکلئیک اسید خطی ، **دو انتهای رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی آزاد است و به یک‌دیگر متصل نیست.** ضمن اینکه دو انتهای رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی یکسان نیست و **در یک انتهای رشته ، گروه فسفات و در انتهای دیگر، گروه هیدروکسیل آزاد شده است.**

هر رشتهٔ دنا و هر رنای خطی، همیشه دو سر متفاوت دارد. دقت کنید که این نکته برای یک عدد رشتهٔ خطی است که همواره دو سر آن متفاوت است. ولی در یک مولکول DNA که دو رشته دارد ، هر سر آن با سر دیگری مشابه است.

ادامهٔ نکات نوکلئوتید

- در DNA، دو رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی مقابل هم قرار گرفته است. در واقع، نوکلئوتیدهای مکمل توسط پیوند **هیدروژنی** روبروی هم قرار گرفته‌اند. در دنا، آدنین (A) مکمل تیمین (T) می‌باشد. هم‌چنین سیتوزین (C) مکمل گوانین (G) می‌باشد. همانطورکه می‌دانید در دنا، یوراسیل وجود ندارد.
- تعداد پیوندهای هیدروژنی آدنین مقابل تیمین ۲ عدد و سیتوزین مقابل گوانین ۳ عدد می‌باشد.
- در دنا (DNA) همواره، یک بازآلی نیتروژن‌دار پورینی (دو حلقه‌ای) **مکملِ** یک بازآلی پیریمیدنی (تک‌حلقه‌ای) است. مثلاً آدنین (پورینی) مکمل تیمین (پیریمیدنی) است یا سیتوزین (پیریمیدنی) مکمل گوانین (پورینی) است.
- در RNA که یک نوکلئیک‌اسید تک‌رشته‌ای است، **معمولاً پیوند هیدروژنی وجود ندارد.** زیرا نوکلئوتیدها، روبروی هم قرار نگرفته‌اند. البته در فصل بعد می‌خوانید که در tRNA (نوعی RNA)، بخش‌هایی از رشتهٔ روی بخش دیگری از رشته تا خورده و مکمل شده است.

اطلاعات اولیه دربارهٔ ساختار مولکول دنا

تصورات اولیه

- در ابتدا تصور می‌شد که چهار نوع نوکلئوتید موجود در DNA، به نسبت مساوی در سراسر مولکول توزیع شده‌اند. یعنی ۲۵ درصد (یک چهام) از هر نوع در DNA وجود دارد. بر این اساس، دانشمندان انتظار داشتند که مقدار ۴ نوع بازآلی در تمامی بخش‌های مولکول DNA از هر جانداری با یک‌دیگر برابر باشد. *این جمله یعنی اگه بیاییم دنای انسان رو با دنای گیاه یا باکتری رو کنار هم قرار بدیم، مقدار هر نوع باز آلی مثلاً باز آلی A در هر دو DNA یکسانه و برابر با ۲۵ درصده.*

مشاهدات چارگاف

- مشاهدات و تحقیقات دانشمندی به نام چارگاف روی دناهای جانداران نشان داد که تصورات اولیه از ساختار دنا، **ناقص** است و در واقع بیان داشت که در DNA، مقدار آدنین (A) با تیمین (T) برابر است و مقدار گوانین (G) نیز با سیتوزین (C) برابر است.
- **نکته : چارگاف نتوانست پی ببرد که علت برابری نوکلئوتیدها چیست ! بنابراین، تحقیقات دانشمندان بعد از او، دلایل این برابری را مشخص کرد.**

$$A = T, C = G \qquad \frac{A}{T} = \frac{G}{C} = ۱ \qquad A + G = T + C \Rightarrow \frac{A + G}{T + C} = ۱$$

ویلکینز و فرانکلین

- ویلکینز و فرانکلین با کمک پرتو X (نه فرابنفش!) از مولکول‌های دنا تصاویری تهیه کردند. نتایجی که آنها از تصویربرداری دنا به‌دست آوردند :

۱- مولکول دنا، حالت **مارپیچی** دارد. **۲-** در دنا، **بیش از یک رشته** وجود دارد. **۳-** ابعاد مولکول دنا نیز قابل تشخیص است.

- **نکته:** در این آزمایش، مشخص نشد که مولکول دنا، دقیقاً دو رشته‌ای است.
- **نکته:** دقت کنید که ویلکینز و فرانکلین **نگفتند که دنا حداقل یک رشته دارد**؛ بلکه گفتند از بیش از یک رشته تشکیل شده است، یعنی دنا، **حداقل دورشته‌ای** است و می‌تواند حتی سه‌رشته‌ای باشد.
- **ترکیب :** در دهم خواندید که بررسی و ردیابی محتویات یاخته مربوط به فناوری‌های مشاهدهٔ سامانه‌های زیستی زنده و حاصل نگرش بین رشته‌ای است.

واتسون و کریک

- واتسون و کریک (دو دانشمند)، به‌منظور بررسی ساختار مولکولی دنا، مدلی برای DNA درنظر گرفتند که برای ارائهٔ آن از **۱-** نتایج آزمایش‌های چارگاف، **۲-** داده‌های حاصل از تصاویر تهیه شده با پرتوهای ایکس و **۳-** یافته‌های خود استفاده کردند.
- واتسون و کریک می‌دانستند که ایوری و همکارانش، نقش دنا را به‌عنوان مادهٔ وراثتی اثبات کرده‌اند. **ولی بررسی ساختار مولکولی نهایی توسط واتسون و کریک انجام گرفت. نکات کلیدی که این دو دانشمند بیان داشتند به شرح زیر است :**
- **نکته :** هر مولکول دنا، در حقیقت از ۲ رشتهٔ پلی‌نوکلئوتیدی ساخته شده است که هر دو رشته به دور محوری فرضی می‌پیچند و ساختار مارپیچی دو رشته‌ای را ایجاد می‌کنند.
- **نکته :** مارپیچ دنا، را **اغلب** به یک نردبان پیچ‌خورده تشبیه می‌کنند که دارای دو ستون و تعدادی پله در بین آنهاست.
- **نکته : ستون‌های نردبان** ⇐ قند و فسفات هستند که با پیوند فسفودی‌استر به یک‌دیگر متصل می‌شوند.
- **نکته : پله‌های نردبان** ⇐ بازهای آلی نیتروژن‌دار متصل به قند هستند که از طریق پیوند هیدروژنی، به بازآلی مقابل خود در رشتهٔ دیگر متصل می‌شوند.
- **نکته :** پیوند هیدروژنی بین یک جفت بازآلی، به‌طور اختصاصی تشکیل می‌شود. بازآدنین (A) با تیمین (T) پیوند هیدروژنی تشکیل می‌دهد و بازگوانین (G) نیز با سیتوزین (C). **به این جفت‌بازها، بازهای مکمل گفته می‌شود. یعنی باز A مکمل T است و باز G نیز مکمل C.**
- **نکته :** بیشترین تعداد پیوند هیدروژنی، بین بازهای آلی C و G تشکیل می‌شود. بین بازآلی A و T پیوند هیدروژنی کمتری نسبت به C و G برقرار است.
- **نکته : مکمل بودن بازهای آلی، نتایج آزمایشات چارگاف را تأیید می‌کند.** چارگاف بیان داشت که مقدار A با T برابر است، **ولی واتسون و کریک به رابطهٔ مکملی بین A و T پی بردند.** این موضوع برای باز C و G نیز صادق است. پس **دقت کنید که چارگاف به رابطهٔ مکملی بین جفت‌بازها پی نبرد.**
- **نکته :** قرارگیری جفت‌بازها به صورت مکمل در مقابل یک‌دیگر، باعث می‌شود که **قطر دو رشتهٔ دنا در همهٔ قسمت‌های آن برابر باشد**؛ زیرا در سراسر مولکول دنا، یک باز تک‌حلقه‌ای (پیریمیدینی) در مقابل یک باز دو حلقه‌ای (پورینی) قرار می‌گیرد.
- **نکته : در هر جفت باز مکمل، مجموعاً ۳ حلقه در بازهای آلی وجود دارد.** *گفتیم که یک باز پورینی (دو حلقه‌ای) مقابل یک باز پیریمیدینی (یک‌حلقه‌ای) قرار می‌گیره. مجموعاً می‌شه ۳ حلقه.*

ادامهٔ نکات واتسون و کریک

- **نکته : در یک جفت نوکلئوتید مکمل، به‌طور کلی ۵ حلقهٔ آلی وجود دارد.** *نوکلئوتید* **A** *و* **G** *دارای سه حلقه و نوکلئوتید* **T، C، G** *و* **U** *دو حلقه دارند. در یک جفت نوکلئوتید مکمل مثلا* (**A=T**)*، پنج حلقه وجود دارد. بشمارید ببینم!!*
- اگرچه دو رشتهٔ مولکول دنا یکسان نیستند، ولی شناسایی ترتیب توکلئوتیدهای هر رشته، می‌تواند ترتیب نوکلئوتیدهای رشتهٔ دیگر را مشخص کند. این علت مربوط به **قانون «جفت‌شدن بازهای مکمل»** است. مثلاً اگر ترتیب نوکلئوتیدهای یک رشتهٔ دنا به‌صورت «GATACTG» باشد، ترتیب نوکلئوتیدهای رشتهٔ دیگر به‌صورت «CTATGAC» است.
- **نکته : پیوند هیدروژنی نسبت به پیوند کووالانسی (اشتراکی) ضعیف‌تر است و شکستن و تشکیل آن به راحتی صورت می‌گیرد .** به‌طور کلی، مولکول دنا پایداری زیادی دارد. *اما چرا با وجود این پیوندهای هیدروژنی ضعیف، پایداری دنا همچنان زیاده ؟* وجود هزاران یا میلیون‌ها نوکلئوتید و برقراری پیوند هیدروژنی بین آنها سبب پایداری مولکول دنا شده است. در **مواقع لزوم** مانند همانندسازی یا رونویسی، دو رشتهٔ دنا می‌توانند در برخی نقاط از هم جدا شوند بدون اینکه پایداری آنها به هم بخورد و در این حالت دنا **همچنان** می‌تواند به وظایف خود عمل کند. البته در فصل چهارم دوازدهم می‌خوانید که دنا به‌طور محدود تغییرپذیر است و این باعث ایجاد گوناگونی و افزایش توان بقای جمعیت در شرایط متغیر محیطی و فراهم‌آمدن زمینهٔ تغییر گونه می‌شود.
- **نکته :** تشکیل پیوند هیدروژنی نیاز به آنزیم ندارد، اما برای شکستن آن نیاز به آنزیم و انرژی کمی می‌باشد. **هلیکاز، RNA پلی‌مراز و آنزیم‌های برش‌دهنده** که در آینده می‌خوانید، پیوند هیدروژنی را می‌شکنند. DNA پلی‌مراز به طور **غیرمستقیم** در شکستن پیوند هیدروژنی نقش دارد.

وظایف دیگر نوکلئوتیدها

- **نکته :** نوکلئوتیدها علاوه‌برشرکت در ساختار نوکلئیک‌اسیدها (دنا و ذنا) به عنوان واحد سازندهٔ آنها، می‌توانند نقش‌های اساسی دیگری نیز داشته باشند.
- **نکته :** مولکول ATP، نوعی نوکلئوتید است که دارای **باز آلی نیتروژن آدنین، قند ریبوز و سه گروه فسفات** می‌باشد و ضمن اینکه می‌تواند به عنوان واحد سازندهٔ RNA باشد ، می‌تواند انرژی زیادی را ذخیره و آزاد کند. از ATP به‌عنوان **منبع رایج انرژی در یاخته** استفاده می‌شود. یاخته برای انجام فعالیت‌های انرژی‌خواه خود از آن استفاده می‌کند .
- **ترکیب :** یاخته می‌تواند از مولکول‌های زیستی مانند پروتئین، اسیدنوکلئیک، کربوهیدرات و لیپید، انرژی مانند **ATP** بسازد.
- **نکته :** نوکلئوتیدها می‌توانند در ساختار مولکول‌های **ناقل الکترون** وجود داشته باشند. ناقل‌های الکترون، می‌توانند الکترون را حمل کرده و به مولکول‌های دیگر انتقال دهند. ناقل‌های الکترون در فرایندهای یاخته‌ای (سوخت‌وساز) مانند **فتوسنتز و تنفس یاخته‌ای** شرکت دارند. ناقل‌های الکترونی که در سطح کتاب درسی می‌خوانیم : $N\underline{A}DP^+$ و $N\underline{A}D^+$ و $F\underline{A}D$.
- **نکته :** در همهٔ مولکول‌های ناقل انرژی و الکرون، باز آلی آدنین (A) وجود دارد.

ژن چیست ؟

- **نکته :** ایوری و همکارانش ثابت کردند که اطلاعات وراثتی در مولکول DNA ذخیره شده‌اند و می‌توانند از نسل به نسلی دیگر منتقل شود. در فصل بعد می‌خوانیم که **دنا از بخش‌های مختلفی تشکیل شده که البته هر بخش توالی‌های نوکلئوتیدی خاصی دارد.** مثلاً **راه‌انداز، افزاینده، ژن و توالی بین ژنی** بخش‌هایی از مولکول دنا هستند. اطلاعات ژنتیکی در بخشی به‌نام **ژن** ذخیره شده است که حاوی دستورالعمل‌های لازم برای تولید RNA و پروتئین می‌باشد. در فصل بعد می‌خوانیم که RNA دستورالعمل‌های DNA را اجرا می‌کند.
- **ترکیب :** پروتئین‌ها، تنظیم‌کنندهٔ چرخهٔ یاخته و مرگ آن هستند. پروتئین‌ها، محصول عملکرد ژن‌ها می‌باشند. در ایجاد سرطان، ژن‌ها نقش دارند. تا کنون ژن‌های زیادی شناسایی شده که در بروز سرطان نقش دارند.

مولکول رنا و انواع آن

- **نکته :** مولکول RNA، نوعی اسیدنوکلئیک **تک‌رشته‌ای** است که از روی بخشی از مولکول DNA طی فرایند رونویسی ساخته می‌شود و **عمدتاً** در پروتئین‌سازی نقش دارند.
- انواع متعددی RNA با نقش‌های متفاوت در یاخته وجود دارند.

۱- mRNA (رنای پیک) ⟵ این نوع رنا، اطلاعات را از DNA گرفته و به ریبوزوم برای ساخت رشتهٔ پلی‌پپتید (پروتئین‌سازی) می‌برد.

۲- tRNA (رنای ناقل) ⟵ این نوع ذنا، آمینواسیدها را برای استفاده در پروتئین‌سازی به سمت ریبوزوم‌ها می‌برد.

۳- rRNA (رنای ریبوزومی) ⟵ در ساختار ریبوزوم‌ها، پروتئین و rRNAها وجود دارد.

۴- سایر نقش‌های RNAها : به جز سه نوع رنای فوق، رناهای دیگری نیز وجود دارند که بعضی دارای فعالیت آنزیمی و بعضی دیگر نیز در تنظیم بیان ژن نقش دارند.

- **ترکیب :** در فصل ۲ می‌خوانید که **اتصال بعضی از رناهای کوچک مکمل به رنای پیک، مثالی از تنظیم بیان ژن پس از رونویسی است.** با اتصال این رناها، از کار ریبوزوم (رناتن) جلوگیری می‌شود. در نتیجه، عمل ترجمه متوقف و رنای ساخته شده پس از مدتی تجزیه می‌شود.
- **نکته :** بیشتر آنزیم‌ها از جنس پروتئین و برخی نیز از جنس RNA هستند.
- **نکته :** رنای پیک، ناقل و ریبوزومی هر سه در پروتئین‌سازی نقش دارند.

همانندسازی مولکول DNA

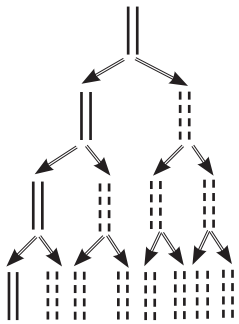
تعریف همانندسازی : به ساخته‌شدن مولکول دنای جدید از روی دنای قدیمی، همانندسازی گویند. (طی همانندسازی، دو مولکول DNA کاملاً شبیه به هم ساخته می‌شود).

با توجه به مدل **واتسون و کریک** و وجود رابطهٔ مکملی بین بازها تا حد زیادی همانندسازی دنا قابل توضیح است.

سه مدل برای همانندسازی دنا پیشنهاد شده بود : **۱-** همانندسازی حفاظتی **۲-** همانندسازی نیمه‌حفاظتی **۳-** همانندسازی غیرحفاظتی (پراکنده)

قدیم (^{15}N)
جدید (^{14}N)

همانندسازی حفاظتی



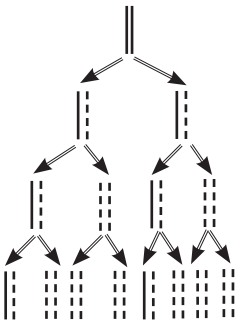
توضیح : در این طرح، از روی **هر رشتهٔ دنای قدیمی، یک رشتهٔ دنای جدید ساخته می‌شود.** اکنون دو رشتهٔ جدید به عنوان یک دنای جدید و دو رشتهٔ قدیمی به عنوان همان دنای قدیمی و دست‌نخورده وجود دارد. دنای جدید، وارد یک یاختهٔ حاصل از تقسیم و دنای قدیم نیز وارد یک یاختهٔ دیگر می‌شود. چون دنای اولیه و قدیمی، به‌صورت دست‌نخورده در یکی از یاخته‌ها حفظ شده به آن **همانندسازی حفاظتی** می‌گویند.

نکته: در هر بار همانندسازی (هر نسل) به روش حفاظتی، از بین دناهای جدید، فقط یک مولکول دنا، کاملاً قدیم است (هر دو رشتهٔ قدیم را دارد) و بقیه جدید هستند.

نکته: برای اینکه بدانیم در هر نسل و هر بار همانندسازی به روش حفاظتی، چند مولکول دنای کاملاً جدید (هر دو رشته جدید باشد) ساخته می‌شود، می‌توانیم از فرمول ($۱-۲^{\text{تعداد نسل}}$) استفاده کنیم. مثلاً در نسل اول همانندسازی حفاظتی، فقط یک مولکل دنای کاملاً جدید وجود دارد ($۱-۲^{۱}=۱$). در نسل دوم به روش حفاظتی، ۳ مولکول دنای کاملاً جدید وجود دارد ($۳=۱-۲^{۲}$). در نسل سوم، ۷ مولکول دنای جدید وجود دارد ($۷=۱-۲^{۳}$) و الی آخر.

نکته : اگر هر نسل را سانتریفیوژ کنیم، دو نوار (سبک در سطح و سنگین در انتها) در لوله تشکیل می‌شود.

همانندسازی نیمه‌حفاظتی



توضیح : در این طرح نیز همانند همانندسازی حفاظتی، از روی هر دو رشتهٔ قدیمی، دو رشتهٔ جدید ساخته می‌شود. اکنون چهار رشته داریم (دوتا قدیمی و دوتا جدید). طبیعتاً باید دو مولکول دنا از این چهار رشته ساخته شود. در این طرح **در هر مولکول دنای جدید، یک رشته قدیمی و یک رشته جدید قرار می‌گیرد.** اکنون یک مولکول دنای جدید (که حاوی رشتهٔ قدیمی و جدید است) وارد یک یاختهٔ حاصل از تقسیم و مولکول دنای جدید دیگر (که بازهم یک رشتهٔ قدیمی و یک رشتهٔ جدید دارد) وارد یک یاختهٔ دیگر می‌شود. چون در هر یاخته، فقط یکی از دو رشتهٔ دنای قبلی وجود دارد به آن **نیمه‌حفاظتی** می‌گویند.

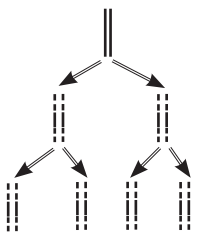
نکته : از نسل **دوم** همانندسازی (هر نسل) به روش نیمه‌حفاظتی، از بین دناهای جدید، ۲ مولکول دنا کاملاً قدیمی است و بقیه جدید هستند.

نکته: برای اینکه بدانیم در هر نسل (هر بار همانندسازی) به روش نیمه‌حفاظتی، چند مولکول دنای کاملاً جدید ساخته می‌شود، می‌توانیم از فرمول خاص پلکان ($۲-۲^{\text{تعداد نسل}}$) استفاده کنیم. مثلاً در نسل اول همانندسازی نیمه‌حفاظتی، هیچ مولکول دنای کاملاً جدیدی وجود ندارد ($۰=۲-۲^{۱}$). در نسل دوم، ۲ مولکول دنای کاملاً جدید وجود دارد ($۲=۲-۲^{۲}$). در نسل سوم، ۶ مولکول دنای جدید وجود دارد ($۶=۲-۲^{۳}$) و الی آخر.

نکته : اگر نسل اول را سانتریفیوژ کنیم، یک نوار **متوسط** در **میانهٔ** لوله تشکیل خواهد شد.

نکته : اگر از نسل دوم به بعد سانتریفیوژ کنیم، ۲ نوار (سبک در سطح و متوسط در میانهٔ) لوله تشکیل خواهد شد.

همانندسازی غیرحفاظتی (پراکنده)



توضیح : در این طرح، **هر کدام از دناهای حاصل و در هر رشته، قطعاتی از رشته‌های قبلی و رشته‌های جدید را به‌صورت پراکنده در خود دارند.**

نکته : در هر بار همانندسازی به روش غیرحفاظتی، هیچ مولکول دنایی نداریم که کاملاً جدید یا قدیمی باشد.

نکته : اگر هر نسل را سانتریفیوژ کنیم، فقط یک نوار متوسط در **میانهٔ** لوله تشکیل خواهد شد.