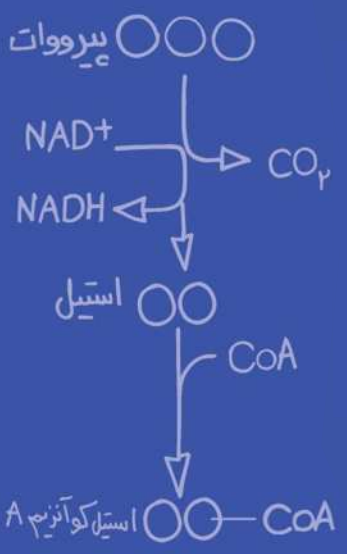
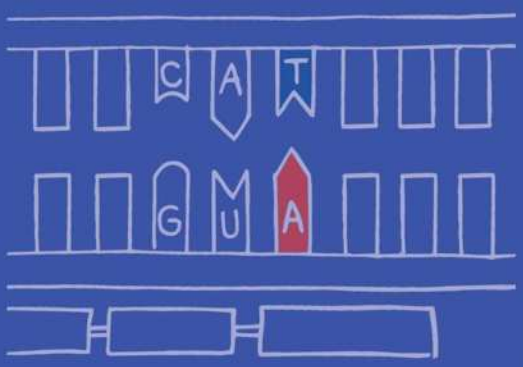
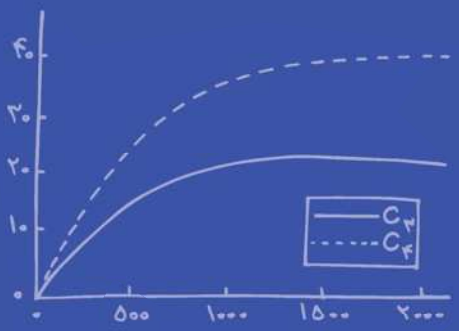




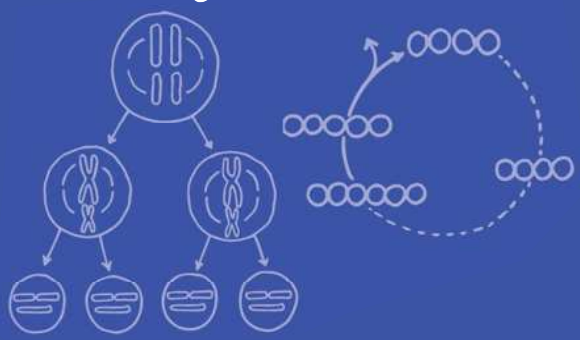


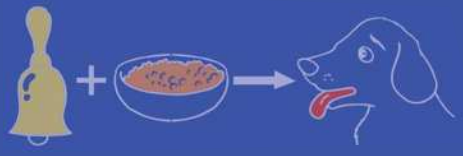
جزوهٔ کلاس کنکور

دوازدهم

زیست‌شناسی

تألیف: حسام حاجی‌یوسف





سرشناسه : حاجی‌یوسف، حسام، ۱۳۷۳ -
عنوان و نام پدیدآور : جزوه کلاس کنکور زیست‌شناسی دوازدهم/ تألیف حسام حاجی‌یوسف؛ مدیر تألیف احمد مصلایی.
مشخصات نشر : تهران: کتب آموزشی پیشرو، ۱۴۰۱.
مشخصات ظاهری : ۵۲۴ ص.؛ ۲۲ ×۲۹ س‌م.
شابک : ۴-۲-۹۲۶۰۵-۶۲۲-۹۷۸ - ۴۳۰۰۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست نویسی : فیپای مختصر
شماره کتابشناسی ملی : ۸۹۵۴۲۵۵
اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیپا

کتب آموزشی پیشرو

نام کتاب : جزوهٔ کلاس کنکور زیست‌شناسی دوازدهم
ناشر : کتب آموزشی پیشرو (کاپ)
عنوان پروژه : جزوهٔ کلاس کنکور
تألیف : حسام حاجی‌یوسف
مدیر تألیف : احمد مصلایی
ناظر فنی : سیما رائفی‌نیا
صفحه‌بندی : نازنین احمدی شفق
حروف‌چینی : جواد جعفریان
ویراستار علمی : هاله ایثاری، یگانه پیشگو، مریم حسین‌پور، مبینا رادمند، فربناز عزیزی، سبحان علی‌اکبرزاده، مهشید غریب مطلق، امیرعلی فراهانی، آیدا فراهانی، موبین کاشانیان، پردیتا نوروزی، صبا سید متین، دنیا سید متین
رسام : زهرا عسگری؛ سارا شکری‌کیا
ویراستار فنی : مریم مجاور
ایده طرح جلد : احمد مصلایی
تصویرسازی جلد : امیرحامد پاژتار
طراحی جلد : گروه گرافیک کاپ
لیتوگرافی و چاپ : گلپا گرافیک/ نگار نقش
سال و نوبت چاپ : ۱۴۰۱/ اول
شابک : ۴-۲-۹۲۶۰۵-۶۲۲-۹۷۸
شمارگان : ۱۰۰۰ نسخه
قیمت : ۴۳۰۰۰۰ تومان

مرکز فروش: میدان انقلاب- خیابان فخررازی- خیابان وحیدنظری غربی- پلاک ۸۳
۰۲۱-۶۶۴۹۳۴۹۰ ۰۲۱-۶۶۹۶۱۰۷۹ ۰۲۱-۶۶۹۶۴۷۲۳ -۵ فروشگاه: ۰۲۱-۶۶۹۵۳۵۱۷-۱۸
صندوق پستی: ۱۳۱۴۵-۱۱۳۹ آدرس سایت زیرزره‌بین: www.zirezarebinpub.ir
سایت نشر کاپ: www.cup-book.com
cupbook.pub

سخن ناشر

معرفی انتشارات کاپ

انتشارات کاپ در سال ۱۳۹۸ با هدف «تولید محتوای آموزشی» اعلام موجودیت کرد. در قدم اول، اقدام به انتشار مجموعه کتاب‌های فاخر و مرجع «بیولوژی کمپبل» کردیم. در قدم دوم، مجموعه کتاب‌های «کتاب درسی زیرذره‌بین» را با هدف درک کتاب درسی، تولید کردیم و در قدم سوم، به تولید کتاب‌هایی که نمونه‌ای از آن‌ها را در دستان خود دارید (جزوهٔ کلاس کنکور) پرداختیم.

با مطالعهٔ کتاب‌های «جزوهٔ کلاس کنکور» به چه نتایجی می‌رسید؟

در این کتاب‌ها، یک دبیر با سابقه و حرفه‌ای، تمام مطالب، نکات و مهارت‌هایی که برای آمادگی در کنکور به آن‌ها نیاز دارید، با ساده‌ترین، روان‌ترین و گاهی خلاقانه‌ترین روش ممکن و با استفاده از انواع ترفندها (مانند رسم شکل‌های کمکی، تصویرسازی‌های ذهنی و انواع تکنیک‌های آموزشی) به شما آموزش می‌دهد. خلاصه این‌که مؤلف هر آن‌چه را در کلاس‌های درسی خود عنوان می‌کند، بی‌کم‌وکاست با شما در میان می‌گذارد. کتاب‌ها کاملاً در راستای کنکور هستند و از بیان مطالبی خارج از چارچوب کنکور یا پرداختن بیش از حد به مطالب کم‌اهمیت، صرف‌نظر شده است.

مهم‌ترین ویژگی این کتاب‌ها سبک نوشتاری آن‌هاست که آن‌ها را هم از کتاب‌های متداول کنکور و هم از جزوه‌های مرسوم متمایز می‌کند. خواننده با کتابی مواجه می‌شود که هم ویژگی‌های جزوه را دارد هم ویژگی‌های کلاس را (به‌خصوص در بخش پاسخ تست‌ها که با گفتار غیررسمی و توضیح تفصیلی یا گفتگو با دانش‌آموزان فرضی سعی شده فضای کلاس درس به داخل کتاب منتقل شود).

یک زبان‌آموز برای یادگیری زبان باید حداقل‌هایی (به اصطلاح بعضی‌ها، بیسی!) داشته باشد؛ مثلا الگوهای اصلی جمله‌بندی و لغات متداول را بلد باشد. هر دانش‌آموزی هم برای موفقیت در یک درس باید به مطالب و مفاهیم کتاب درسی مسلط باشد. کتاب‌های ما این پایه را در اختیار شما می‌گذارند.

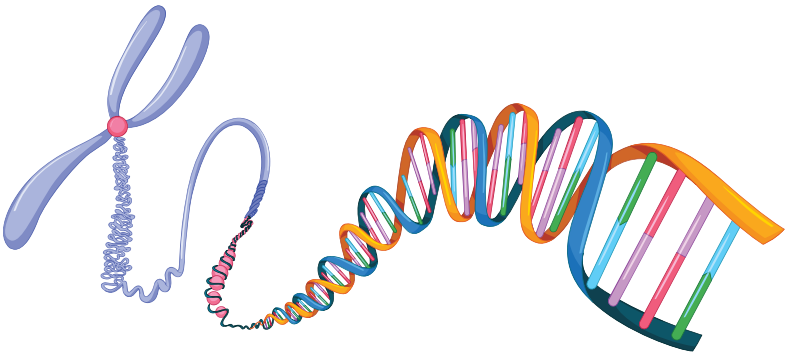
دربارهٔ این کتاب

تألیف این کتاب از سال ۱۴۰۰ شروع شد و تا سال ۱۴۰۲ با هدف دست‌یابی به بهترین کتاب در زمینهٔ آموزش تست‌زنی، دو بار به طور کامل بازنویسی و ویرایش شد و بالاخره شد اونی که باید بشه! دانش‌آموزانی که کتاب را قبل از چاپ خواندند به اتفاق اقرار کردند که این کتاب کامل‌ترین و مفیدترین کتابی است که در زمینهٔ آموزش زیست‌شناسی دوازدهم خوانده‌اند!

یک هدیه ارزشمند

جزوهٔ کلاس کنکور زیست دوازدهم به کتابی که دستتونه خلاصه نمی‌شه! کتاب شامل مرورنامهٔ فوق‌العاده، فوق‌العاده، فوق‌العاده و باز هم فوق‌العاده‌ایه که برای کاهش حجم و همچنین هزینه چاپ کتاب، اون رو به شکل مجازی و رایگان در کانال تلگرامی بارگذاری کرده‌ایم.

classkonkurnote
@classkonkurnote



فهرست

فصل۱: مولکول‌های اطلاعاتی
خلاصه ۵
پیش‌گفتار: نگاهی به گذشته و آینده ۸
گفتار ۱: نوکلئیک اسیدها ۱۱
گفتار ۲: همانندسازی DNA ۳۳
گفتار ۳: پروتئین‌ها ۴۸

فصل۲: جریان اطلاعاتی در یاخته
خلاصه ۷۶
پیش‌گفتار: جریان اطلاعاتی در یاخته ۷۸
گفتار ۱: رونویسی ۸۰
گفتار ۲: به سوی پروتئین ۱۰۴
گفتار ۳: تنظیم بیان ژن ۱۳۲

فصل۳: انتقال اطلاعات در نسل‌ها
خلاصه ۱۶۴
گفتار ۱: الفبای ژنتیک ۱۶۵
گفتار ۲: حل مسائل فصل ژنتیک ۱۷۵

فصل۴: تغییر در ماده وراثتی
خلاصه ۲۴۳
گفتار ۱: تغییر در ماده وراثتی جانوران ۲۴۶
گفتار ۲: تغییر در جمعیت‌ها ۲۶۱
گفتار ۳: تغییر در گونه‌ها ۲۸۰

فصل۵: از ماده به انرژی
خلاصه ۳۰۴
گفتار ۱: تنفس هوازی ۳۰۵
گفتار ۲: تنفس بی هوازی(تخمیر) ۳۳۷

فصل۶: از انرژی به ماده
خلاصه ۳۶۶
گفتار ۱: فتوسنتز و شیمیوسنتز ۳۶۸
گفتار ۲: فتوسنتز در جانداران دیگر ۳۹۷

فصل۷: فناوری نوین زیستی
خلاصه ۴۳۲
گفتار ۱: زیست فناوری و مهندسی ژنتیک ۴۳۴
گفتار ۲: فناوری مهندسی پروتئین و بافت ۴۵۲
گفتار ۳: کاربردهای زیست فناوری ۴۶۱

فصل۸: رفتارهای جانوران
خلاصه ۴۸۳
گفتار ۱: اساس رفتار ۴۸۵
گفتار ۲: انتخاب طبیعی و رفتار ۴۹۸
گفتار ۳: ارتباط و زندگی گروهی ۵۰۸

فصل

۱

مولکول‌های اطلاعاتی

۱ کشف ماهیت مادهٔ وراثتی

الف) آزمایش گریفیت ← انتقال صفات و ماده وراثتی؛ ماهیت ماده وراثتی مشخص نشد.

۱) جانداران مورد آزمایش: پروکاریوت و یوکاریوت؛ پروکاریوت: باکتری استرپتوکوکوس نومونیا پوشینه‌دار و بدون پوشینه، یوکاریوت: موش.

۲) مراحل:

۱ـ تزریق باکتری پوشینه‌دار به موش ← مرگ موش

۲ـ تزریق باکتری بدون پوشینه به موش ← بی تأثیر

۳ـ تزریق باکتری پوشینه‌دار کشته شده با حرارت به موش ← بی‌تأثیر

۴ـ تزریق مخلوط باکتری‌های کشته شده پوشینه‌دار و زنده بدون پوشینه ← بیماری سینه‌پهلو و مرگ موش

ب) آزمایش ایوری نتیجه: کشف عامل انتقال صفت (نوکلئیک اسید - نه پروتئین).

۱) عصاره باکتری پوشینه‌دار کشته شده با گرما + آنزیم تخریب‌کننده PRO + محیط کشت = انتقال صفت

۲) لایه‌لایه جدا کردن عصارهٔ باکتری کشته شده پوشینه‌دار + محیط کشت = انتقال صفت فقط با لایه‌ای که در آن دنا وجود دارد انجام می‌شود

۳) تقسیم کردن عصاره باکتری پوشینه‌دار کشته شده به چهار قسمت + به هر قسمت آنزیم تخریب‌کننده یه گروه مواد آلی اضافه شده = تنها در ظرفی که حاوی آنزیم تخریب‌کننده دنا است انتقال صفت صورت نمی‌گیرد

۲ انواع اسید هسته‌ای

بخش اول: ساختار DNA

۱) ساختار شیمیایی

الف) واحدهای تکرارشونده به نام نوکلئوتید

ب) هر نوکلئوتید:

۱) قند پنج کربنی

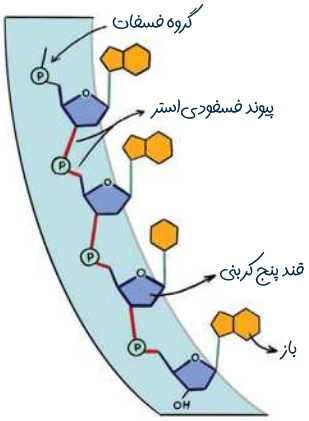
۲) باز آلی نیتروژن‌دار

۳) یک تا سه گروه فسفات

پ) انواع باز آلی:

۱) پورین = (A و G) ← دوحلقه‌ای

۲) پیریمیدین = (RNA: C – U / DNA: C – T) ← تک‌حلقه‌ای



۲) نحوهٔ تشکیل = اتصال نوکلئوتیدها با نوعی پیوند اشتراکی به نام فسفودی‌استر

۳) انواع

الف) خطی = در هسته یاخته‌های یوکاریوتی

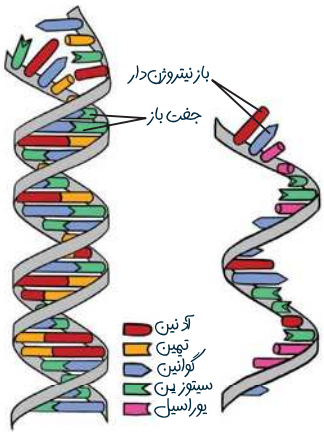
ب) حلقوی = در باکتری، راکیزه و سبزدیسه

۴) کشف ساختار مولکول DNA

الف) تحقیقات چارگاف در DNA جانوران ← $C = G / A = T$

ب) تهیه تصاویر DNA با کمک پرتو X (ویلکینز و فرانکلین)

پ) ارائه مدل مولکولی DNA (واتسون و کریک)



بخش دوم: RNA

۱) ساختار مولکولی تک‌رشته‌ای که از روی بخشی از یک رشته DNA ساخته می‌شود.

۲) انواع:

الف) رنای پیک (mRNA) = اطلاعات دنا را به رناتن منتقل می‌کند.

ب) رنای ناقل (tRNA) = آمینواسیدها را به سمت رناتن می‌برد.

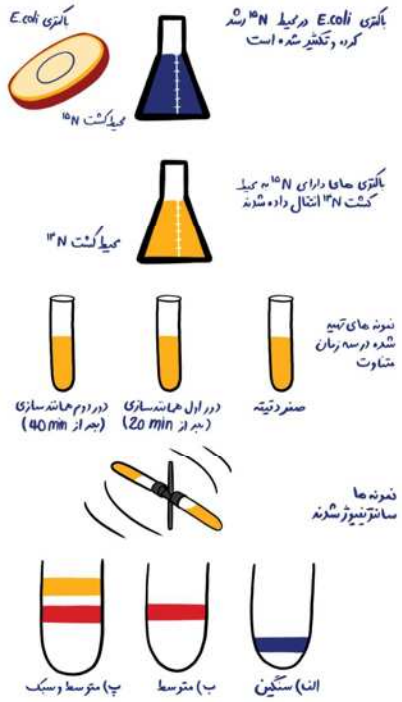
پ) رنای رناتنی (rRNA) = در ساختار رناتن

۳ همانندسازی

انواع همانندسازی

- حفاظتی ← همانندسازی
- نیمه‌حفاظتی ← همانندسازی
- غیرحفاظتی ← همانندسازی

۴ آزمایش استال و مزلسون



۱ـ کشت باکتری در محیط N^{15} ← به دست آوردن باکتری اولیه

۲ـ باکتری دارای DNA سنگین + محیط دارای N^{14} ← نتیجه همانندسازی DNA = رد مدل حفاظتی

استخراج و اندازه‌گیری چگالی DNAها در هر فاصله زمانی تکثیر (همانندسازی)

۳ـ باکتری دارای DNA:۱۴-۱۵ در محیط N^{14} ← نتیجه رد مدل غیرحفاظتی

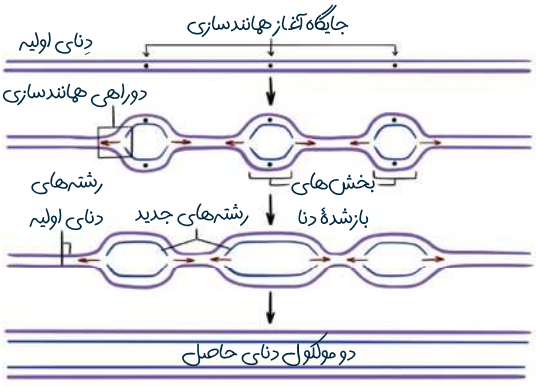
۵ عوامل و مراحل همانندسازی

عوامل

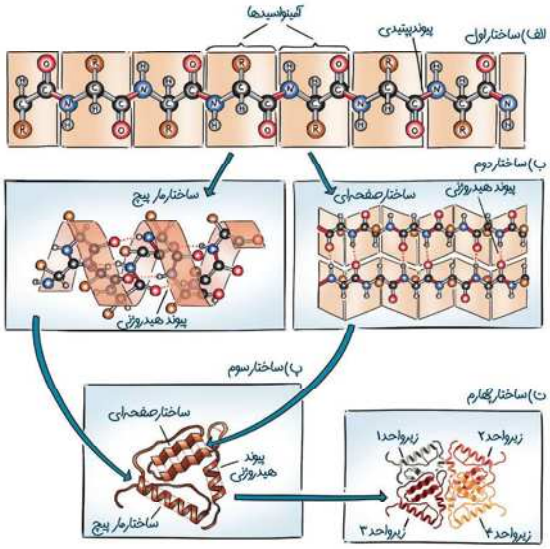
- DNA به عنوان الگو
- نوکلئوتیدهای سه فسفاته
- آنزیم‌هایی از قبیل هلیکاز و دنابسپاراز و ...

مراحل

- آنزیم هلیکاز
- باز کردن مارپیچ دنا
- باز کردن ۲ رشته DNA
- شکستن پیوند هیدروژنی بین بازها
- آنزیم دنابسپاراز
- فعالیت بسپارازی
- تشکیل پیوند بین بازها { A و T / C و G }
- فعالیت نوکلئازی ← عملیات ویرایش



۶ ساختار پروتئین‌ها

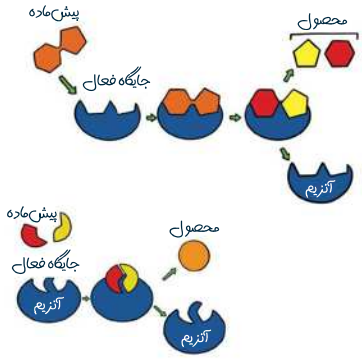


- **اول** = پیوند پپتیدی بین گروه آمین و کربوکسیل
- **دوم** = برقراری پیوند هیدروژنی بین گروه آمین و کربوکسیل
  - مارپیچ
  - صفحه‌ای
  - ساختارهای دیگر
- **سوم** = نزدیک شدن گروه‌های R آمینواسیدهایی که آبگریزند به یک
  - تثبیت با انواع پیوندهای یونی، هیدروژنی و اشتراکی
  - گروه R = ویژگی منحصربه‌فرد هر aa آمینواسید
  - ساختار نهایی پروتئین تک‌زنجیره‌ای
- **چهارم** = ساختار نهایی پروتئین چندزنجیره‌ای ← مثال ← هموگلوبین

۷ فعالیت‌های پروتئین

- **آنزیمی** ← مثال ← آمیلاز و ...
- **گیرنده سطحی** ← مثال ← گیرنده آنتی‌ژن در سطح لنفوسیت [ترکیبی با ۵ یازدهم]
- **انتقال گازهای تنفسی** ← مثال ← انتقال گازهای تنفسی توسط هموگلوبین و ... [ترکیبی با ۳ دهم]
- **نقش در انتقال مواد از عرض غشا** ← مثال ← پمپ سدیم ـ پتاسیم [ترکیبی با ۱ یازدهم]
- **استحکام بافتی** ← مثال ← کلاژن ـ زردپی ـ رباط [ترکیبی با ۲ دهم]
- **انقباض** ← مثال ← حرکت لغزشی اکتین و میوزین در انقباض ماهیچه [ترکیبی با ۳ یازدهم]
- **نقش هورمونی** ← مثال ← اکسی‌توسین و انسولین [ترکیبی با ۴ یازدهم]
- **نقش تنظیم بیان ژن** ← مثال ← مهارکننده، فعال کننده [ترکیبی با ۲ دوازدهم]

۸ تعریف آنزیم



- افزایش امکان برخورد مناسب مولکول‌ها و کاهش انرژی فعال‌سازی واکنش
- بیشتر پروتئینی ← مثال نقض ← rRNA
- دارای بخش اختصاصی جایگاه فعال
- نیاز به یون‌های فلزی [آهن و مس ...] و یا مواد آلی [ویتامین] ← برخی‌ها نیاز دارند (کوآنزیم)
- وجود بعضی از مواد سمی [سیانید و آرسنیک] مانع فعالیت
- روی یک یا چند پیش مادهٔ خاص اثر می‌کنند.

۹ عوامل مؤثر بر فعالیت آنزیم

- **pH** ← pH بهینه :مثال پپسین که در pH ۲ فعالیت می‌کند.
- **دما** ← برخی که خارج بدن فعالیت می‌کنند، دمای بهینه پایین‌تر و یا بالاتری دارند.
  - دمای بالاتر = شکل غیرفعال یا برگشت‌ناپذیر (می‌تواند)
  - دمای پایین‌تر = غیرفعال شده تا دما به حالت اولیه برگردد. (می‌تواند)
- **غلظت** ← افزایش غلظت پیش‌ماده ← باعث ← افزایش سرعت واکنش

پیش‌گفتار: نگاهی به گذشته و آینده

یادآوری

از سال یازدهم و دهم می‌دانیم که بدن موجودات زنده از سلول‌های گوناگونی تشکیل شده است. هریک از سلول‌های بدن موجودات زنده دارای ویژگی‌هایی مانند **شکل** و **اندازه** می‌باشند که اطلاعات ساخت آن‌ها در واحدهایی به نام ژن در **مولکول DNA** ذخیره شده است. یعنی این که ویژگی‌های سلول‌ها و در نهایت ویژگی ظاهری موجودات به‌وسیلهٔ دنای موجود در هسته و سیتوپلاسم به دست می‌آید. پس دنای موجود درون سلول‌ها دارای اطلاعات زیستی می‌باشد.

ویژگی‌های مادهٔ وراثتی DNA:
- قابل انتقال بودن
- پایدار بودن (به‌طور محدود تغییرپذیر است)
- مقاومت در برابر گرما
- حاوی اطلاعات سلول

کروموزوم

به مجموع **دنا** و **پروتئین**، کروموزوم می‌گویند، در حقیقت DNA به‌وسیله پروتئین فعال و یا فشرده می‌شود. کروموزوم ← DNA + Pro

انواع pro در کروموزوم‌ها:
- برای فعال‌سازی ← پروتئین ساختاری DNA
- فشرده کردن
- پیچ دادن DNA
- آنزیم

نکات
- **تعداد کروموزوم** در جانداران **مشخص** است؛ به‌عنوان‌مثال انسان و زیتون ۴۶ کروموزوم دارند.
- باکتری‌ها می‌توانند دارای ۱ عدد کروموزوم باشند. (در صورت داشتن کروموزوم کمکی بیش از ۱ عدد دارند)
- تعداد کروموزوم در یوکاریوت‌ها از ۲ عدد به بالا است.
- **تعداد** کروموزوم **نوع گونه** را مشخص نمی‌کند (انسان و درخت زیتون).
- **تعداد** کروموزوم **پیچیدگی** موجودات را مشخص نمی‌کند (تعداد کروموزوم در **گروهی** از سرخس‌ها بیش از ۱۰۰۰ عدد است).
- دنای موجود در **میتوکندری** و **کلروپلاست** را **کروموزوم اصلی** در یوکاریوت‌ها حساب نکنید. **(در محدوده کنکور کروموزوم نگیرید)**

بالاتر از خطر: دقت داشته باشید که همهٔ دنای موجود در باکتری‌ها را کروموزوم حساب می‌کنند.

انواع کروموزوم در باکتری‌ها:
- اصلی ← چسبیده به غشا
- پلازمید ← کمکی و نچسبیده به غشا

بالاتر از خطر: و بازهم دقت کنید که فقط دنای موجود در هستهٔ سلول‌های یوکاریوت را کروموزوم بگیرید. تنها دنایی که کروموزوم محسوب نمی‌شود دنای میتوکندری و پلاست‌ها است.

خوراک بچه خفن‌ها: دقت داشته باشید که کروموزوم به‌صورت بخش‌های رنگی است، این یعنی هر بخش از کروموزوم رنگ مخصوص به خود را دارا است. (فصل ۶ سال یازدهم)

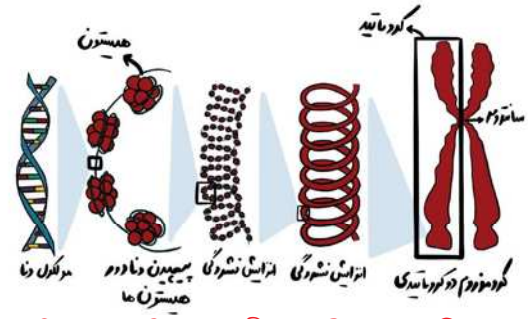
هیستون

نوعی پروتئین برای **فشرده‌سازی DNA** است. به‌وسیلهٔ هیستون‌ها و نیز پروتئین‌های دیگر می‌توان دنا را طوری فشرده کرد که بتواند درون هسته سلول جای گیرد.

پروتئین‌های فشرده‌کنندهٔ DNA:
- هیستون ← فقط در یوکاریوت‌ها
- Proهای دیگر ← هم در یوکاریوت و هم باکتری

نکات
- به‌غیراز هیستون، برای فشرده کردن دنا، پروتئین‌های دیگری نیز وجود دارند.
- **هیستون‌ها** تنها **برای یوکاریوت‌ها** هستند و **باکتری‌ها** هیستون ندارند اما پروتئین‌های دیگری برای فشرده‌سازی دارند.

کالبد شکافی دقیق شکل: انواع کروموزوم



در این شکل مراحل فشرده‌سازی دنای سلول یوکاریوتی نشان‌داده‌شده است. (به ترتیب به شماره‌ها دقت کنید)

۱) در ابتدا مولکول دنا به‌صورت ۲ رشته مارپیچ می‌باشد. این شکل مولکول دنا را به‌صورت ۲ رشته نشان می‌دهد که شکلی شبیه به نردبان دارد و حول یک محور فرضی پیچ‌خورده است. دقت داشته باشید که به هریک از رشته‌ها، رشتهٔ پلی نوکلئوتیدی می‌گویند. بدانید که همهٔ دناهای موجود در عالم هستی دارای ۲ رشتهٔ پلی نوکلئوتیدی هستند و فرمی مارپیچ دارند. در ساختار این شکل پروتئین نیز دیده می‌شود اما این پروتئین‌ها برای فشرده‌سازی نیستند و بلکه برای فعالیت دنا وجود دارند.

۲) در ساختار بعد **نوکلئوزوم** را می‌بینیم (**۸ عدد هیستون** و دنایی که **حدود ۲ دور** به‌دور آن پیچ‌خورده است). در این ساختار ۸ عدد هیستون به‌صورت ۲ دستهٔ ۴ تایی دیده می‌شود که به‌دور هر دسته، دنا حدود یک دور پیچ‌خورده است. از این ساختار برای فشرده‌سازی دنا استفاده می‌شود. دقت کنید در این شکل به‌غیراز هیستون پروتئین‌های دیگری نیز دیده می‌شوند. این شکل نیز نوعی کروموزوم است (زیرا در آن هم پروتئین و هم دنا وجود دارد). بین نوکلئوزوم‌ها رشتهٔ دنا دیده می‌شود.

۳) در این شکل حالت **فشرده‌تری** از دنا نشان داده می‌شود که به آن **کروماتین** می‌گویند. کروماتین شکلی شبیه به فنر دارد و دارای ساختاری درهم‌تنیده شده می‌باشد. دقت کنید که دنا در حالت کروماتین قابل دیدن با میکروسکوپ نوری است اما نمی‌توان دناهای آن را از هم تفکیک کرد، به‌عنوان‌مثال انسان که دارای ۴۶ کروموزوم است در این حالت همهٔ کروموزوم‌های آن به‌صورت درهم‌تنیده می‌باشد و کروموزوم شمارهٔ ۱ از ۹ قابل تشخیص نیست. در هر حلقهٔ کروماتین حدود ۱۰ عدد نوکلئوزوم نیز یافت می‌شود. کروماتین نیز نوعی کروموزوم است.

۴) شکل **کروماتید** را می‌بینیم که حالت **فشرده شده از کروماتین** می‌باشد. این شکل از جمع‌شدن و فشرده شدن کروماتین به دست می‌آید. به ۲ نکتهٔ زیر دقت کنید.

۱) دراین شکل DNAها قابل تفکیک می‌باشند ← مثل ۱ از ۹

۲) DNA در این مدل غیرفعال است (نمی‌توان استفاده کرد)

۵) در نهایت کروموزوم دو کروماتیدی مشخص شده است. این حالت وقتی دیده می‌شود که سلول می‌خواهد تقسیم شود و در نتیجه ازروی دنای خود یک نسخه کپی شده می‌سازد (همانندسازی) تا بتواند از هر دنا ۲ عدد داشته باشد که حین تقسیم به هر سلول یک عدد دنا برساند. در این شکل کروموزوم به‌صورت دو کروماتیدی می‌باشد.

نکات
- هر یک از شکل‌ها می‌توانند به‌وسیلهٔ آنزیم و انرژی به یکدیگر تبدیل شوند. مثلاً شکل ۳ (کروماتین) می‌تواند با مصرف انرژی و آنزیم به شکل ۴ (کروماتید) تبدیل شود.
- این آنزیم‌ها در کتاب نامشان نیامده است پس آن را فقط بلد باشیم.
- شکل‌های کروموزوم قابل برگشت نیز هستند. مثلاً شکل ۴ می‌تواند دوباره با آنزیم به شکل ۳ تبدیل شود.
- رایج‌ترین شکل کروموزوم در سلول (شکل ۳ یعنی کروماتین است) که در مرحلهٔ اینترفاز چرخه دیده می‌شود (فصل ۶ سال یازدهم)
- هر ۵ شکل دنا را کروموزوم می‌گویند.
- شکل ۴ زمانی دیده می‌شود که سلول نمی‌خواهد تقسیم شود و کروموزوم را به‌صورت تک کروماتیدی نگه می‌دارد.
- اما شکل ۵ زمانی دیده می‌شود که سلول می‌خواهد تقسیم شود و عمل همانندسازی انجام شده تا از ۱ دنا ۲ نسخه دنا داشته باشد (همانندسازی).
- کروموزوم را در حالت تک کروماتیدی، کروموزوم ساده و در حالت ۲ کروماتیدی، کروموزوم مضاعف می‌گویند.

- مضاعف شدن کروموزوم با عمل همانندسازی به‌وسیلهٔ آنزیم و انرژی انجام می‌شود.
- تعداد کروماتین و کروماتید و دنا در هسته با هم برابر است (خب این که کاملاً مشخص است! زیرا کروماتید همان کروماتین فشرده می‌باشد و کروماتین نیز همان دنا است).
- کروموزوم در حالت ساده (قبل از همانندسازی) تعداد برابری با کروماتید و دنا دارد (چون در حالت ساده هر کروموزوم فشرده شده تنها ۱ عدد کروماتید دارد).
- همهٔ کروموزوم‌ها نمی‌توانند شکل کروماتین و کروماتید داشته باشند (زیرا باکتری‌ها هیستون ندارند و نمی‌توانند این شکل‌ها را بسازند).
- همهٔ کروموزوم‌ها می‌توانند فشرده شوند (زیرا حتی در باکتری‌ها نیز پروتئین‌های فشرده کننده غیر هیستونی دیده می‌شود)
- گاهی بعضی از دناها را کروموزوم نگیرید (در محدودهٔ کنکور میتوکندری و کلروپلاست)
- بین دو نوکلئوزوم نیز پروتئین دیده می‌شود (پروتئین‌های فعال‌کنندهٔ دنا)
- نوکلئوزوم‌ها دارای ۲ نوع پلیمر زیستی هستند (دنا و پروتئین)
- در نوکلئوزوم‌ها می‌توان بیش از ۸ عدد پروتئین یافت (پروتئین‌های هیستونی و غیر هیستونی)

کروموزوم ساده ← ۱ DNA
کروموزوم ساده ← ۱ کروماتید ـ کروماتین
کروموزوم ساده ← ۲ رشتهٔ پلی‌نوکلئوتید

کروموزوم مضاعف ← ۲ DNA
کروموزوم مضاعف ← ۲ کروماتید ـ کروماتین
کروموزوم مضاعف ← ۴ رشتهٔ پلی‌نوکلئوتید

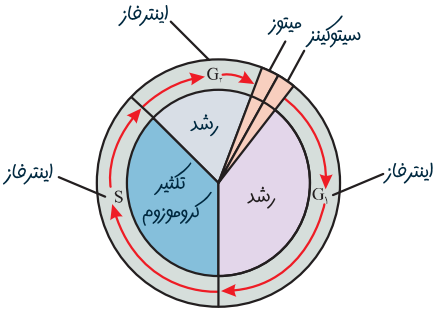
کروماتیدهای خواهری: هرگاه سلولی بخواهد تقسیم شود باید قبل از تقسیم، در **مرحلهٔ S اینترفاز**، از روی **کروماتیدهای** خود (**همان دنا**) نسخه‌ای کپی بسازد تا بتواند دناها رابین دو سلول تقسیم کند که در این صورت سلول از هر نوع کروماتید، **۲ عدد خواهد داشت** که کاملاً مشابه یکدیگر هستند که به آن‌ها **کروماتیدهای خواهری (دنای خواهری)** می‌گوییم. این کروماتیدها به‌وسیله **پروتئینی** به نام **سانترومر** به یکدیگر متصل می‌شوند و کروموزوم مضاعف شده (**۲ کروماتیدی**) را می‌سازند.

کروماتیدهای دختری: هرگاه کروماتیدهای مشابه (حاصل از همانندسازی) به یکدیگر وصل باشند (به‌وسیلهٔ سانترومر) به آن‌ها کروماتیدهای خواهری می‌گویند. اما هرگاه کروماتیدها از یکدیگر جدا شوند (سانترومر شکسته شود) در این صورت به آن‌ها کروموزوم‌های دختری می‌گویند.

خواهری ← هر زمان که کروماتیدها به هم وصل باشند.
دختری ← هر زمان که از یکدیگر جدا شوند.

نکات

- کروماتیدهای خواهری به‌وسیلهٔ سانترومر به یکدیگر متصل می‌باشند.
- سانترومر از جنس پروتئین است (پس دارای پیوند پپتیدی است)
- برای جداکردن کروماتیدهای خواهری باید سانترومر شکسته شود.
- حین تقسیم از آنزیم پروتئاز استفاده می‌شود تا سانترومر شکسته شود و کروماتیدهای خواهری از یکدیگر جدا شوند.
- تعداد سانترومر با تعداد کروموزوم برابر است (بدیهی است زیرا به تعداد کروموزوم سانترومر خواهیم داشت)
- مضاف شدن کروموزوم یعنی هر کروموزوم دارای ۲ کروماتید خواهری باشد که این عمل در مرحلهٔ S در اینترفاز رخ می‌دهد.



- **گروهی** از سلول‌ها به‌طور موقت یا دائمی تقسیم نمی‌شوند و در مرحلهٔ G_0 هستند که این سلول‌ها فاقد کروموزوم مضاعف می‌باشند (**زیرا به مرحلهٔ S نرسیده‌اند، مثل اغلب سلول‌های ماهیچه‌ای – اغلب نورون‌ها – ماکروفاژ – سلول‌های دندریتی – سلول‌های خونی به جز لنفوسیت‌ها – گامت‌ها در مرحلهٔ G_0 هستند و تقسیم نمی‌شوند**).
- **تقسیم** دنای میتوکندری و کلروپلاست مستقل از چرخه سلولی (پس در هرجایی از چرخهٔ سلولی می‌تواند تقسیم شود)
- **دوبرابر** شدن دنای هسته‌ای در **مرحلهٔ S** و **دوبرابر** شدن دنای **میتوکندری مستقل از چرخه سلولی** است که می‌تواند در **هر مرحله‌ای** از چرخهٔ سلولی انجام گیرد.

گفتار ۱: نوکلئیک‌اسیدها

قابل توجه بچه‌ها: آزمایش گریفیت در بخش بعد بررسی شده است.

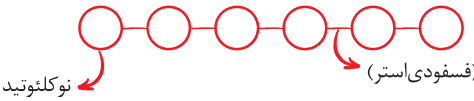
DNA و RNA

نوکلئیک‌اسیدها (اسیدهای هسته‌ای) در سلول‌ها شامل DNA و RNA می‌شوند. (دقت کنید که در تست‌ها اگر از واژهٔ نوکلئیک اسید استفاده شد حتماً هم باید دنا و هم رنا مد نظرتان باشد.)

نکات
- دنا و رنا هر دو دارای حالت اسیدی هستند (هر دو اسید هسته‌ای می‌باشند)
- دنا و رنا هر دو پلیمر هستند (درشت مولکول هستند که از واحدهای ریزی به نام مونومر ساخته شده‌اند)
- به دنا دئوکسی ریبونوکلئیک اسید و به رنا ریبونوکلئیک اسید می‌گویند.
- دنا و رنا هر دو دارای اطلاعات وراثتی هستند اما فقط دنا وراثتی می‌باشد. (فقط دنا از سلولی به سلول دیگر به ارث می‌رسد و رنا تنها دارای اطلاعات است و به ارث نمی‌رسد)
- دنا و رنا هر دو به‌صورت رشته‌ای می‌باشند.
- رنا در واقع نسخهٔ چرک‌نویس دنا می‌باشد. (در فصل ۲ دوازدهم به طور کامل توضیح خواهیم داد)
- همهٔ دناها به‌صورت ۲ رشته‌ای و همهٔ رناها به‌صورت تک رشتهٔ پلی نوکلئوتید می‌باشند.
- به مونومرهای تشکیل‌دهندهٔ دنا و رنا نوکلئوتید می‌گویند.

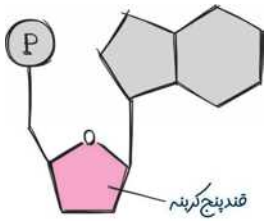
ساختار نوکلئوتیدها

DNA (دئوکسی ریبونوکلئیک اسید) و **RNA (ریبونوکلئیک اسید)** **پلیمرهایی** هستند که از **واحدهای تکرارشونده‌ای** به نام **نوکلئوتید** تشکیل شده‌اند که به‌وسیله پیوند اشتراکی (فسفودی‌استر) به یکدیگر متصل می‌شوند و درشت مولکول را می‌سازند.



اجزای نوکلئوتیدها: همهٔ نوکلئوتیدها به طور حتم دارای ۳ بخش زیر می‌باشند

۱) یک عدد قند ۵ کربنه ۲) یک عدد باز آلی نیتروژن‌دار ۳) یک یا دو یا سه گروه فسفات



وجود هر یک از ساختارهای ذکر شده برای نوکلئوتید الزامی است، یعنی حتی اگر یک عدد از آن‌ها نیز وجود نداشته باشد در این صورت نوکلئوتید به‌حساب نمی‌آید.

۱ **فسفات نوکلئوتید:** در نوکلئوتیدها گروه فسفات به گروه قند متصل است و وجود آن نیز اجباری است.

نکات
- تعداد قند در هر نوکلئوتید تنها یک عدد است.
- تعداد باز در هر نوکلئوتید تنها یک عدد است.
- اما نوکلئوتید می‌تواند تک فسفاته – دو فسفاته یا سه فسفاته باشد.
- قند موجود در دنا ۵ کربنه می‌باشد. (از نوع پنتوز)
- پیوند بین فسفات‌ها از نوع سنتز و آبدهی است. یعنی تشکیل این پیوندها با مصرف انرژی و تولید آب همراه است و شکستن پیوند بین فسفات‌ها با مصرف آب (هیدرولیز) و تولید انرژی همراه است.
- پس پیوند بین فسفات‌ها پرانرژی بوده و می‌توان با شکستن، انرژی آن را آزاد کرد.
- با شکست پیوند بین فسفات‌ها با آنزیم می‌توان انرژی قابل‌توجهی را آزاد نمود. (البته با مصرف آب)

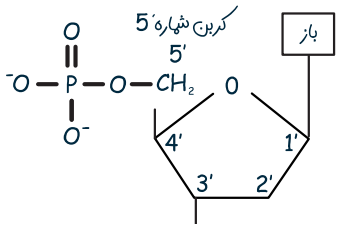
- نوکلئوتید ۳ فسفاته دارای ۲ پیوند بین فسفات-فسفات است که در این صورت می‌توان گفت که دارای ۲ عدد پیوند پرانرژی می‌باشد.
- مثال معروف نوکلئوتید ۳ فسفاته را می‌توان ATP دانست که دارای ۳ فسفات بوده و مولکولی پرانرژی می‌باشد.
- با شکستن پیوند فسفات ـ فسفات به‌وسیلهٔ هیدرولیز می‌توان انرژی آن را در هنگام نیاز آزاد نمود. (تبدیل ATP به ADP)
- می‌توان از ADP نیز انرژی به دست آورد و پیوند دیگر آن را شکست. (البته رایج نیست)
- دقت کنید که در تست‌ها گروه‌های فسفات را به‌عنوان انرژی به شما معرفی نکنند بلکه پیوند بین فسفات‌ها به‌عنوان انرژی مطرح است.
- شاید برای شما سؤال باشد که چطوری بین دو فسفات سنتز آبدهی زدیم درحالی‌که هیدروژن نداریم؟! اگر این سؤال برای شما مطرح شده باید بگویم که به‌شدت بی‌دقت هستید! چون ما دربارهٔ گروه فسفات حرف می‌زنیم نه فسفر تنها! فسفات هم هیدروژن دارد و هم دارای اکسیژن است.
- پیوندهای بخش‌های دیگر نوکلئوتید از نوع آبدهی نیستند (پیوند بین قند و فسفات - قند و باز) پس انرژی آن‌ها آزاد نمی‌شوند. (در نوکلئوتید فقط پیوند بین فسفات‌ها دارای انرژی می‌باشند)
- درصورتی‌که نوکلئوتید تک فسفاته باشد در این صورت فاقد انرژی برای آزاد شدن است.
- تشکیل پیوند بین فسفات‌ها و شکسته شدن پیوند بین فسفات‌ها نیاز به آنزیم دارد.

۲ **قند موجود در نوکلئوتید:** قند موجود در همهٔ نوکلئوتیدها از نوع پنتوز (قند ۵ کربنه است) که این قند پنج‌کربنه دارای ۱ حلقهٔ ۵ ضلعی نیز می‌باشد. **نوع قند** در نوکلئوتیدی که در **RNA** استفاده شده است با قند موجود در نوکلئوتیدهای **DNA متفاوت** است.

انواع قند موجود در نوکلئوتید:
- DNA ← قند دئوکسی ریبوز
- RNA ← قند ریبوز

قند دئوکسی ریبوز نسبت به قند ریبوز یک عدد اتم اکسیژن کمتر دارد پس قند موجود در دنا از قند موجود در رنا سبک‌تر است. (دئو به معنای فاقد است و دئوکسی به معنای فاقد یک عدد اکسیژن است).

نکات
- قند موجود در نوکلئوتیدها دارای ۵ عدد کربن است (پنتوز) و دارای یک حلقهٔ ۵ ضلعی نیز می‌باشد.



- از بین ۵ عدد کربن‌های قند، ۴ عدد کربن داخل حلقه قرار گرفته شده است و یک عدد کربن بیرون از حلقه باقی می‌ماند. (پس حلقهٔ ۵ ضلعی دارای ۴ عدد کربن می‌باشد).
- در رأس حلقهٔ قند اتم اکسیژن قرار گرفته شده است (پس برای همین کربن شمارهٔ ۵ بیرون از حلقه قرار می‌گیرد).
- کربن‌های موجود در قند نوکلئوتید را شماره‌گذاری می‌کنند، به این صورت که کربن شمارهٔ ۵ همان کربنی باشد که بیرون از حلقه قرار گرفته شده است.
- هر یک از کربن‌های موجود در قند نوکلئوتید برای کار خاصی وجود دارند.
- کربن شمارهٔ اول برای اتصال باز آلی نیتروژن‌دار به قند وجود دارد (پس باز آلی به کربن شمارهٔ ۱ وصل شده است)
- پیوند قند - باز در کربن شمارهٔ ۱ دیده می‌شود.
- کربن شمارهٔ ۲ در حقیقت ماهیت قند را مشخص می‌کند به این صورت که اگر این کربن از بالا با H و از پایین OH پیوند داشته باشد در این صورت این قند همان قند رنا یعنی ریبوز است و اگر این کربن از یک سمت با H و از سمت دیگر هم H پیوند داشته باشد (یک اکسیژن کمتر) در این صورت قند دنا یعنی دئوکسی ریبوز به دست می‌آید.

کربن شماره ۲:
- دارای پیوند با OH ← ریبوز RNA
- دارای دو پیوند با H ← دئوکسی ریبوز ← DNA

- گروه عاملی متصل به کربن ۲ در رنا سنگین‌تر از دنا است.
- کربن شمارهٔ ۳ در قند نوکلئوتید برای اتصال نوکلئوتیدها به یکدیگر از هستند. یعنی اگر بخواهید دو عدد نوکلئوتید را به یکدیگر متصل کنید باید از این کربن استفاده کنید. کربن شمارهٔ ۳ همان کربنی است که پیوند فسفودی‌استر تشکیل می‌دهد.

- کربن شمارهٔ ۳ هم در ریبوز و هم در دئوکسی ریبوز دارای پیوند با گروه OH است. پس در قند دنا نیز OH دیده می‌شود.
- کربن شمارهٔ ۴ همان کربنی است که اتم اکسیژن رأس هرم به آن متصل می‌شود و از یک سمت هم با کربن شماره ۵ که بیرون حلقه است پیوند دارد.
- کربن شمارهٔ ۵ بیرون از حلقهٔ ۵ ضلعی قرار گرفته شده است که گروه فسفات به آن متصل می‌شود و پیوند قند با فسفات را تشکیل می‌دهد.
- دقت کنید که اگر فرض مثال یک نوکلئوتید دارای ۳ عدد فسفات باشد نمی‌توان گفت که هر ۳ فسفات به کربن شماره ۵ وصل شده است. (زیرا فقط فسفات اول به این کربن وصل می‌شود و فسفات دوم در واقع با پیوند پرانرژی به فسفات اول و فسفات سوم با پیوند پرانرژی به فسفات دوم وصل شده است).
- به پیوند قند با فسفات پیوند فسفو استر می‌گویند (زیرا گروه فسفات با گروه استر پیوند زده است، پس پیوند قند فسفات همان پیوند فسفو استر است)
- دقت کنید که پیوند فسفودی‌استر را با پیوند فسفو استر اشتباه نگیرید، پیوند فسفودی‌استر پیوند بین نوکلئوتیدهاست اما پیوند فسفو استر پیوند درون نوکلئوتید و برای اتصال فسفات به قند است. برای یادگیری دقت کنید که دی استر یعنی دوتا استر را به هم وصل کنید و این یعنی می‌خواهیم ۲ عدد نوکلئوتید را به یکدیگر وصل کنیم.

پیوندفسفواستر ← پیوند درون نوکلئوتید ← اتصال فسفات به قند

پیوند فسفودی‌استر ← پیوند بین ۲ عدد نوکلئوتید

- درون یک نوکلئوتید پیوند فسفودی‌استر دیده نمی‌شود (سوژهٔ چندبارهٔ کنکور) زیرا دی استر برای اتصال دو نوکلئوتید است.
- در یک نوکلئوتید پیوند فسفو استر دیده می‌شود (پیوند فسفات با قند) زیرا باید گروه فسفات به قند متصل شود.
- مولکول ATP فاقد پیوند فسفودی‌استر است (زیرا یک نوکلئوتید تنها است)

انواع کربن در قند:
۱. اتصال به باز
۲. ماهیت نوکلئوتید ← DNA یا RNA
۳. اتصال به نوکلئوتیدها ← پیوند فسفودی‌استر
۴. گروه استری
۵. اتصال به فسفات ← پیوند فسفواستر

- قند دئوکسی ریبوز نیز مانند قند ریبوز دارای گروه OH است زیرا کربن شمارهٔ ۳ در هر دو با OH پیوند دارد.
- قند موجود در نوکلئوتید ساختاری آلی دارد و خاصیتی استری - اسیدی دارد. (اسید ضعیف)
- هیچ یک از پیوندهای موجود در قند دنا یا رنا پرانرژی نیست و نمی‌توان آن را هیدرولیز کرد.

۳ باز نوکلئوتید: بخش اجباری دیگری که در نوکلئوتیدها یافت می‌شود باز آلی نیتروژن‌دار آن است. در حقیقت این گروه دارای ۴ مشخصهٔ اصلی است:

باز آلی:
۱. آلی است و دارای اتم کربن می‌باشد
۲. خاصیتی بازی دارد
۳. به صورت ۱ یا ۲ حلقه‌ای می‌باشد
۴. در آن N وجود دارد

حلقه‌های موجود دربازها، آلی هستند که به ۲ صورت دیده می‌شوند، تک‌حلقه‌ای (پیریمیدین) و ۲ حلقه‌ای (پورین). انواع بازهای آلی نیتروژن‌دار به‌صورت زیر است:

بازهای پورین (۲ حلقه‌ای):
A ← آدنین
G ← گوانین

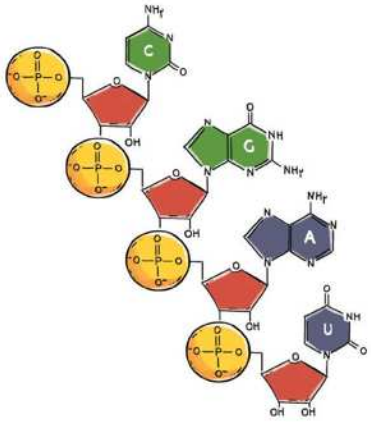
بازهای پیریمیدین (۱ حلقه‌ای):
T ← تیمین
U ← یوراسیل
C ← سیتوزین

نکات

- بازهای A و G هم در مولکول‌های DNA و هم در مولکول‌های RNA استفاده می‌شوند.
- پس ازروی بازهای A و G نمی‌توان به دنا یا رنا بودن پلیمر رسید چون بین هر دو مشترک است.
- پس همهٔ بازهای پورین (۲ حلقه‌ای) بین رنا و دنا مشترک هستند.
- باز C (تک‌حلقه‌ای – پیریمیدین) نیز بین دنا و رنا مشترک است. پس ازروی C نیز نمی‌توان به دنا و یا رنا بودن پلیمر رسید.
- باز T مخصوص DNA است و باز U مخصوص RNA می‌باشد. پس هر پلیمری که در ساختارش باز T دارد، در حقیقت دنا است.
- بازهای T و U بسیار شبیه به یکدیگر می‌باشند.
- هر نوکلئوتید تنها می‌تواند دارای ۱ عدد از این بازها باشد (زیرا هر نوکلئوتید تنها دارای یک عدد باز است)
- پیوند قند باز پرانرژی نیست و نمی‌توان آن را هیدرولیز کرد.
- بازهای ۲ حلقه‌ای (پورین ـ شامل A و G) دارای ۲ حلقه هستند که یکی از آن‌ها ۵ ضلعی و حلقهٔ دیگر ۶ ضلعی می‌باشد.
- بازهای تک‌حلقه‌ای (پیریمیدین – شامل T و U و C) دارای ۱ حلقه هستند که ۶ ضلعی می‌باشد.
- این‌طور یاد بگیرید که حلقهٔ ۶ ضلعی در این بازها اجباری است و همه باید آن را داشته باشند اما حلقهٔ ۵ ضلعی فقط در بازهای دو حلقه‌ای دیده می‌شود.
- دقت کنید که حلقهٔ ۵ ضلعی در قند نیز داشتیم.

انواع حلقهٔ ۵ ضلعی نوکلئوتید ← قند ← پنتوز
در بازهای ۲ حلقه‌ای

- اگر باز مورداستفاده تک‌حلقه‌ای باشد در این صورت، دارای حلقهٔ ۶ ضلعی است که این حلقه به قند متصل می‌شود. پس در بازهای تک‌حلقه‌ای، حلقهٔ ۶ ضلعی باز به حلقهٔ ۵ ضلعی قند متصل شده است



- اما اگر باز موردنظر دو حلقه‌ای باشد در این صورت هم دارای حلقهٔ ۵ ضلعی است و هم دارای حلقهٔ ۶ ضلعی است که در این حالت حلقهٔ ۵ ضلعی آن به قند متصل شده است. (این یعنی در بازهای دو حلقه‌ای، حلقهٔ ۵ ضلعی باز به حلقهٔ ۵ ضلعی قند متصل شده است)
- اگر می‌خواهید نکتهٔ بالا یادتان بماند پیش خود بگویید که باز تک‌حلقه‌ای که بدیهی است که تنها دارای ۱ حلقهٔ ۶ ضلعی (واجب) است که به قند وصل شده است اما برای بازهای دو حلقه‌ای بالاخره باید با باز تک‌حلقه‌ای فرق داشته باشد دیگه! پس در این باز حلقهٔ ۵ ضلعی به قند وصل شده است.
- اگر بگویند که حلقهٔ ۶ ضلعی همواره به حلقهٔ ۵ ضلعی وصل می‌شود، عبارت درست است زیرا در بازهای دو حلقه‌ای حلقهٔ ۶ ضلعی به حلقهٔ ۵ ضلعی باز وصل شده است و در بازهای تک‌حلقه‌ای حلقهٔ ۶ ضلعی به حلقهٔ ۵ ضلعی قند وصل شده است.
- اما اگر بگویند که در همهٔ بازها، حلقهٔ ۶ ضلعی باز به حلقه ۵ ضلعی قند وصل شده است در این صورت عبارت اشتباه است.

انواع نوکلئوتیدها

DNA ← قند دئوکسی ریبوز
- A ← ATP – ADP – AMP
- C ← CTP – CDP – CMP
- G ← GTP – GDP – GMP
- T ← TTP – TPP – TMP

۱ فسفات ۲ فسفات ۳ فسفات

همان‌طور که مشخص است هر یک از نوکلئوتیدهای دنا می‌توانند ۱ یا ۲ یا ۳ فسفاته باشند. پس در کل ۱۲ نوع نوکلئوتید برای دنا خواهیم داشت.

RNA ← قند ریبوز
- A ← ATP – ADP – AMP
- G ← GTP – GDP – GMP
- C ← CTP – CDP – CMP
- U ← UTP – DDP – UMP

هریک از نوکلئوتیدهای موجود در رنا نیز می‌توانند ۱ یا ۲ یا ۳ فسفاته باشند که در این صورت رنا نیز دارای ۱۲ نوع نوکلئوتید است.

نکات
- در کل ۲۴ نوع نوکلئوتید در موجودات زنده خواهیم داشت که ۱۲ نوع آن برای دنا و ۱۲ نوع آن برای رنا است.
- از بین این ۲۴ نوع نوکلئوتید ۸ نوع آن پرانرژی (تری فسفات) هستند.
- از بین ۲۴ نوع نوکلئوتید ۸ نوع آن کم‌انرژی (دی فسفات) هستند.
- از بین ۲۴ نوع نوکلئوتید ۸ نوع آن بدون انرژی (مونوفسفات هستند)
- دقت داشته باشید که ATP (آدنوزین تری فسفات معروف) همان ATP مربوط به رنا است نه دنا، یعنی در آن قند ریبوز وجود دارد.
- ATP مربوط به رنا فراوان‌تر از ATP مربوط به دنا است (زیرا ATP مربوط به رنا رایج‌ترین انرژی زیستی است).
- علاوه بر ATP، سلول می‌تواند از سایر نوکلئوتیدها مانند GTP به منظور تامین انرژی برخی واکنش‌ها استفاده کند.
- برای تشخیص نوکلئوتید به‌وسیلهٔ باز تنها می‌توان از تیمین و یا یوراسیل استفاده کرد (زیرا آدنین و گوانین و سیتوزین بین دنا و رنا مشترک هستند).
- بهتر است برای تشخیص دنا یا رنا بودن نوکلئوتید ازروی قند آن قضاوت کرد.

نوکلئوتید A دارای چند حلقه است؟

۳ حلقه، چون گفته شده نوکلئوتید پس هم باید قند را حساب کرد (یک حلقهٔ ۵ ضلعی) و هم باید باز را حساب کرد (باز A دارای ۲ حلقه است که یکی ۵ ضلع و دیگری ۶ ضلع دارد). پس در مجموع نوکلئوتید A دارای ۳ حلقه است که ۲ حلقه آن ۵ ضلعی و ۱ حلقهٔ آن ۶ ضلعی است.

بالاتر از خطر: در این تیپ سؤالات حتماً باید به‌خاطر داشته باشید که از شما نوکلئوتید خواسته شده یا خود باز، مثلاً اگر گفته شده باز A چند حلقه است که می‌شود ۲ حلقه‌ای و اگر گفته شده نوکلئوتید A چند حلقه است باید بگویید ۳ حلقه‌ای.

باز G دارای چند عدد حلقه است؟

۲ حلقه، دیگر قند را حساب نمی‌کنیم زیرا در سؤال فقط باز را خواسته است (باز G دارای ۲ حلقه است که یکی ۵ ضلع و دیگری ۶ ضلع دارد).

آیا باز A در دنا با باز A در رنا متفاوت است؟

خیر! باز آدنین در رنا و دنا یکسان است.

آیا نوکلئوتید A در رنا با نوکلئوتید A در دنا با یکدیگر متفاوت است؟

قطعاً. زیرا قند آن‌ها متفاوت است.

آیا امکان دارد که تعداد حلقه‌های نوکلئوتید با تعداد فسفات‌ها برابر باشد؟

بله! مثلاً مولکول ATP دارای ۳ حلقه است و ۳ عدد فسفات.

آیا می‌توان گفت که در یک نوکلئوتید تک فسفاته تعداد فسفات با تعداد حلقه آلی نوکلئوتید برابر است؟

خیر! زیرا هر نوکلئوتید حداقل دارای ۲ عدد حلقه است (یکی برای باز و دیگری برای قند).