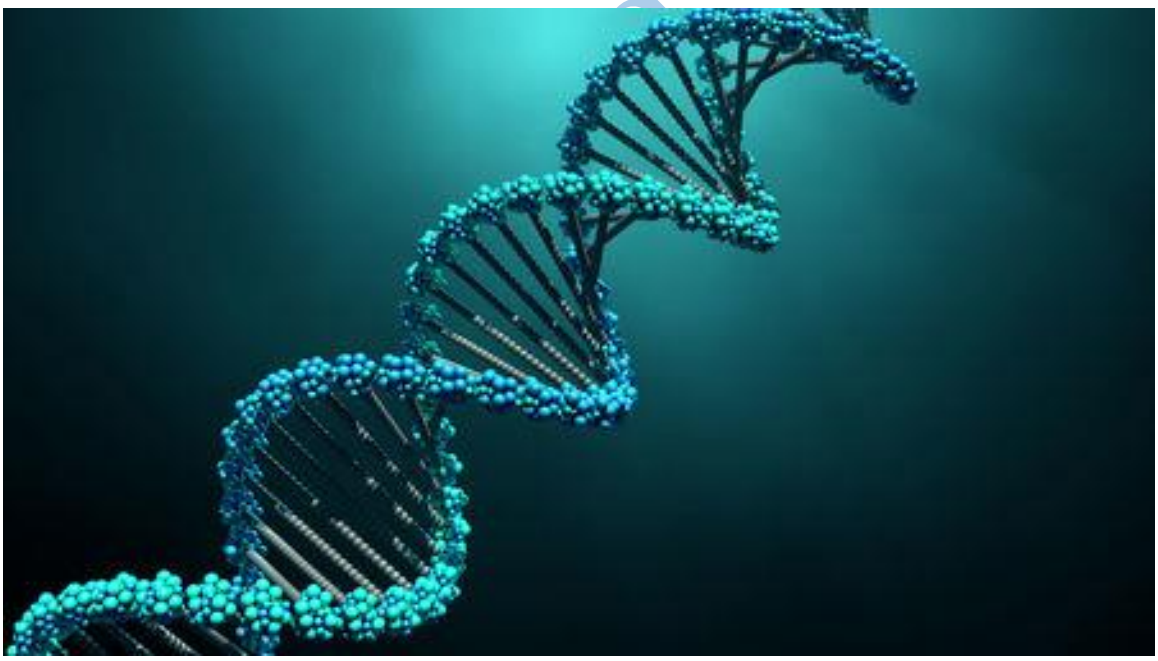
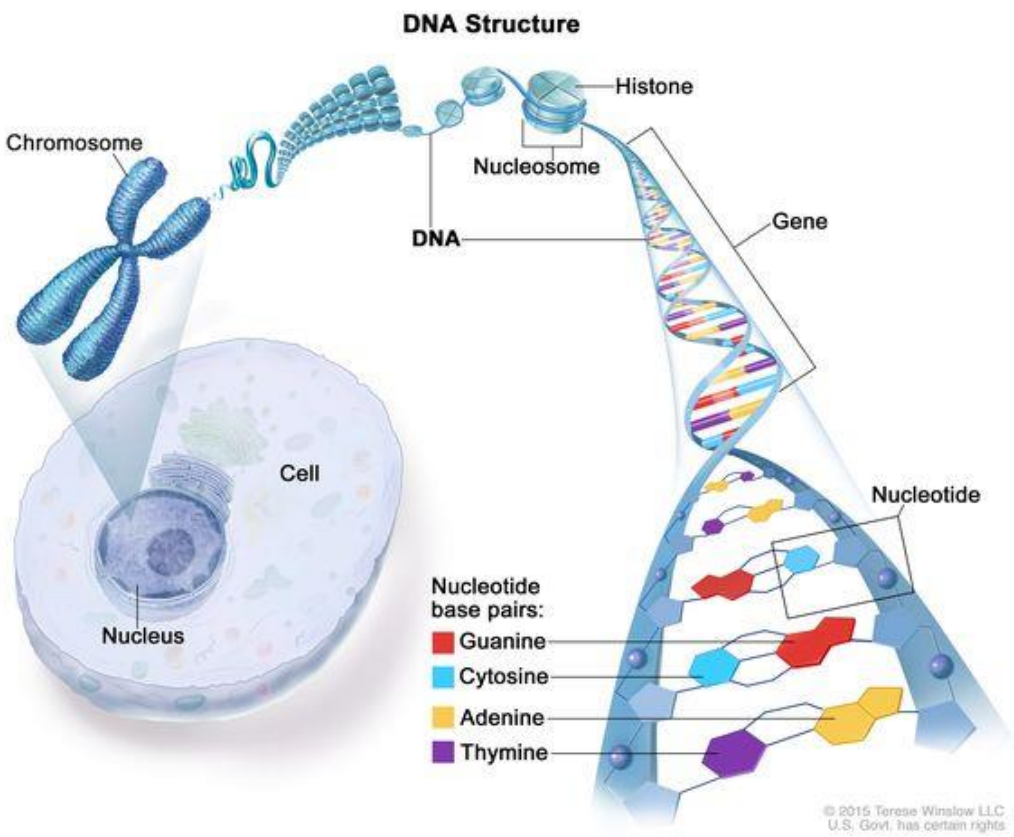
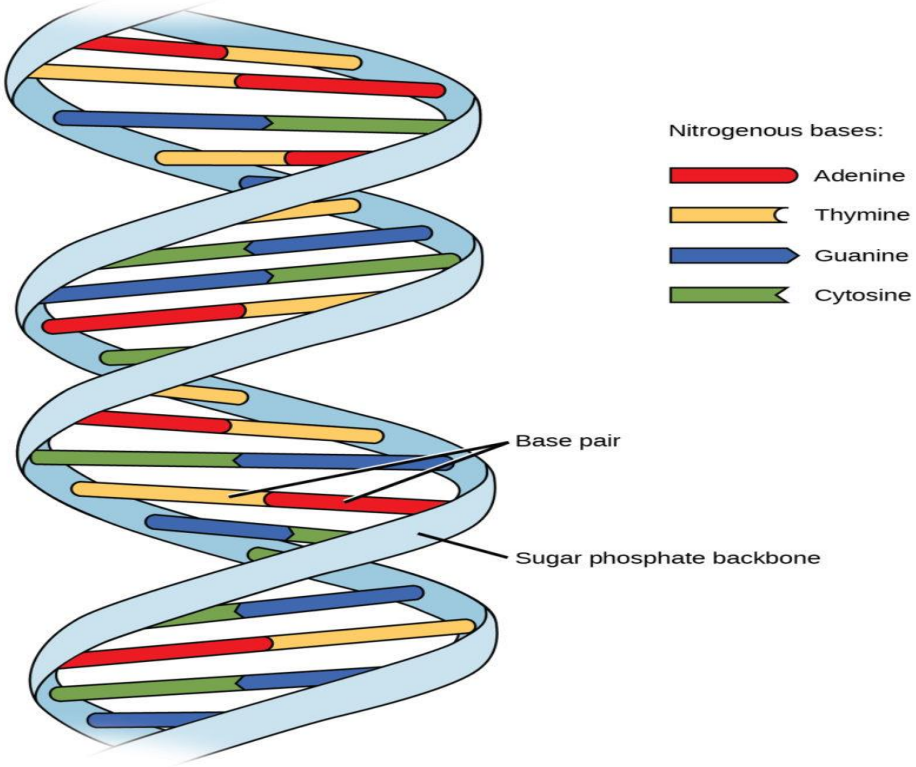
التركيب الجزيئي للمادة الوراثية

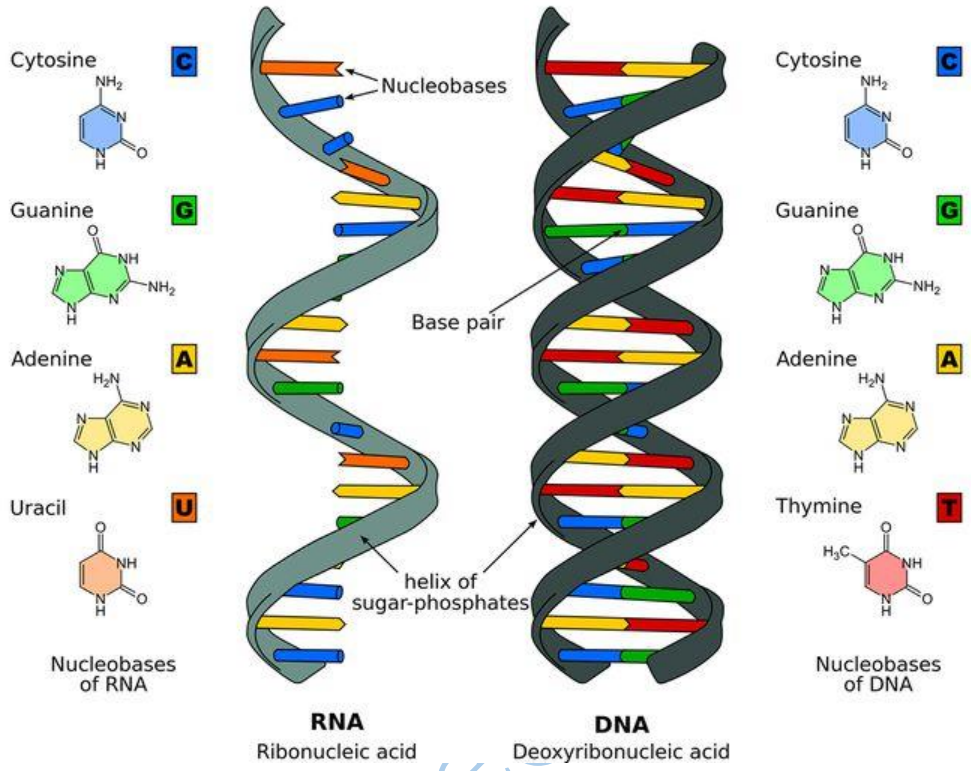
Molecular Structure of the Genetic Material

اكتشف جيمس واطسن وفرانسس كريك 1903 التركيب البنائي والكيمياوي للمادة الوراثية (الـ DNA) واشارة الى ان الـ DNA عبارة عن حلزون مزدوج double helix لسسلسلتين من النيوكليوتيدات المتعددة وتتالف كل نيوكليوتيدة من سكر رايبوز منقوص الأوكسجين في ذرة الكاربون 2 ومجموعة فوسفاتية وقاعدة نتروجينية، وترتبط السلسلة الأولى مع الثانية عن طريق الاواصر ما بين القواعد النتروجينية والتي تكون متقابلة الى الداخل بينما تكون مجاميع الفوسفات الى الخارج، وتتقابل السلسلتين بصورة متعاكسة الاتجاه. ان الاحماض النووية هي عبارة عن جزيئات كبيرة نسبياً وذات أهمية بيولوجية قصوى لها وزن جزيئي مرتفع. توجد هذه الأحماض في جميع الخلايا الحية في صورة حرة أو متحدة مع البروتين، حيث لها أدوار رئيسية تقوم بها وهي حفظ المادة الوراثية ونقلها من جيل لآخر، كما أنها مسؤولة عن حمل وانتقال الصفات الوراثية وتتحكم أيضا في ترجمة هذه الصفات عند تكوين البروتينات المختلفة بالخلايا وذلك بتحكمها في ترتيب وتتابع الأحماض الأمينية لكل بروتين يتكون بكل خلية.




DNA Structure
Histone
Chromosome
Nucleosome
Gene
DNA
Cell
Nucleotide
Nucleotide base pairs:
Nucleus
Guanine
Cytosine
Adenine
Thymine
© 2015 Terese Winslow LLC
U.S. Govt. has certain rights


Nitrogenous bases:
Adenine
Thymine
Guanine
Cytosine
Base pair
Sugar phosphate backbone



أنواع الأحماض النووية: (Kinds of Nucleic Acid)

1- الحامض النووي الريبوزي منقوص الأوكسجين (Deoxyribonucleic Acid) (DNA) تحتوي معظم الكائنات الحية على كميات متفاوتة من الأحماض النووية بنوعيها، بينما تحتوي الفيروسات على (DNA) (فقط) والبعض الآخر على (RNA) فقط.

2- الحامض النووي الريبوزي: (Ribonucleic Acid) (RNA)

تركيب جزئ الـDNA:

يتكون الى DNA من سلسلتين متوازيتين تنتظمان على هيئة سلم ملتف لولبياً (Double Helix) يتكون جانباً السلم اللولبي من تعاقب السكر الخماسي ومجموعة الفوسفات ويتصل بكل جزيء من جزيئات السكر قاعدة نيتروجينية. تتكون الوحدة الأساسية لبناء جزئ DNA والتي تسمى بالنيوكليوتيدة من ثلاثة أجزاء وهي:

1 -سكر (خماسي) الرايبوز منقوص الأكسجين

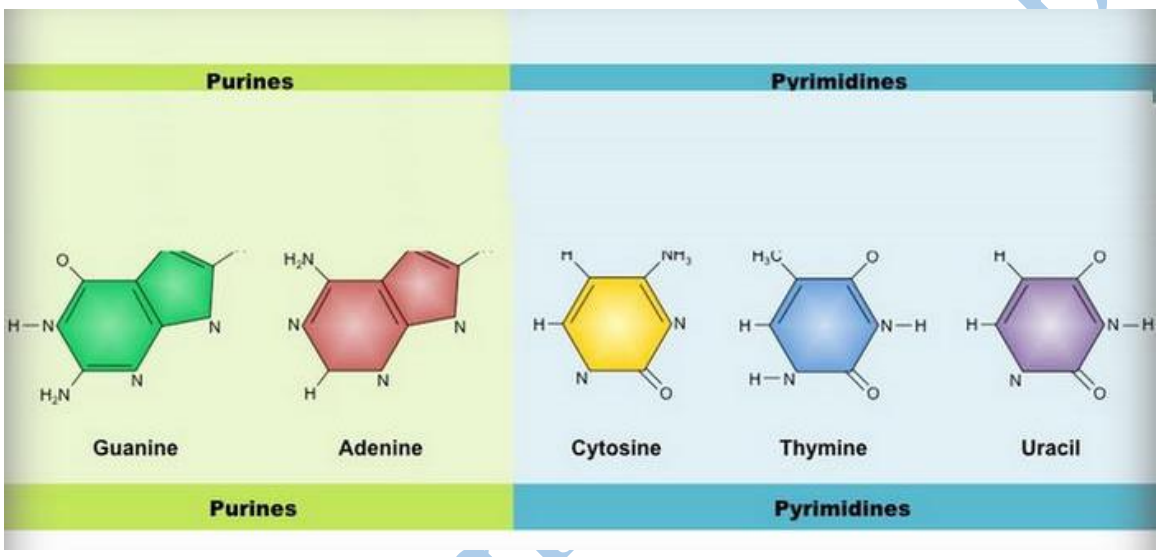
2 -مجموعة الفوسفات

Dr. Ahmed

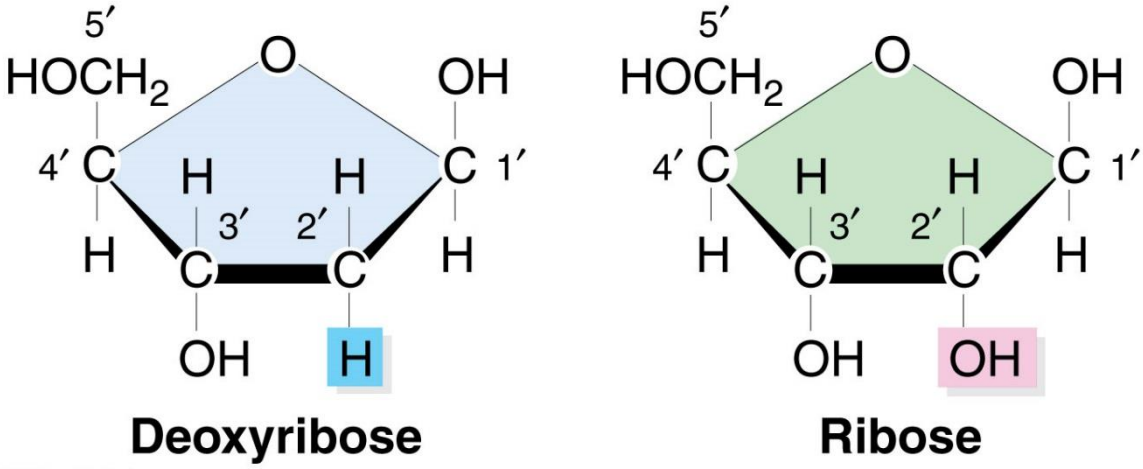
3 -قاعدة نيتروجينية ترتبط القاعدة النيتروجينية بذرة الكربون الأولى للسكر الخماسي، في حين ترتبط مجموعة الفوسفات بذرة الكربون الخامسة للسكر، تخزن المعلومات في الـ DNA من خلال تسلسل القواعد النيتروجينية وهي نوعان:

أ- أثنتان من البيورينات (Purines): وهما أدينين Adenine وتختصر(A) و جوانين Guanine وتختصر (G)

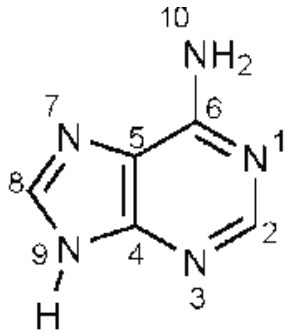
ب. أثنتان من البيرميدينات (Pyrimidines): وهما ثايمين Thymine وتختصر (T) وسايتوسين Cytosine وتختصر (C)

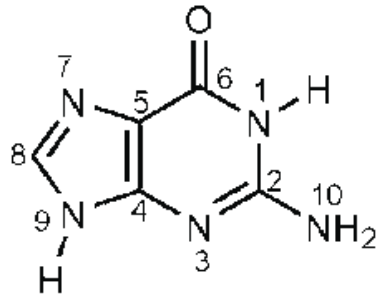


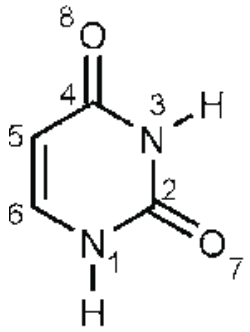
ويمكن بيان ارتباط السكر الخماسي مع البرميدين والبيورين

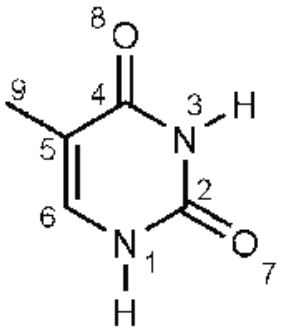


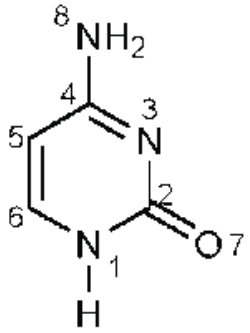
© 2010 Pearson Education, Inc.


adenine


guanine

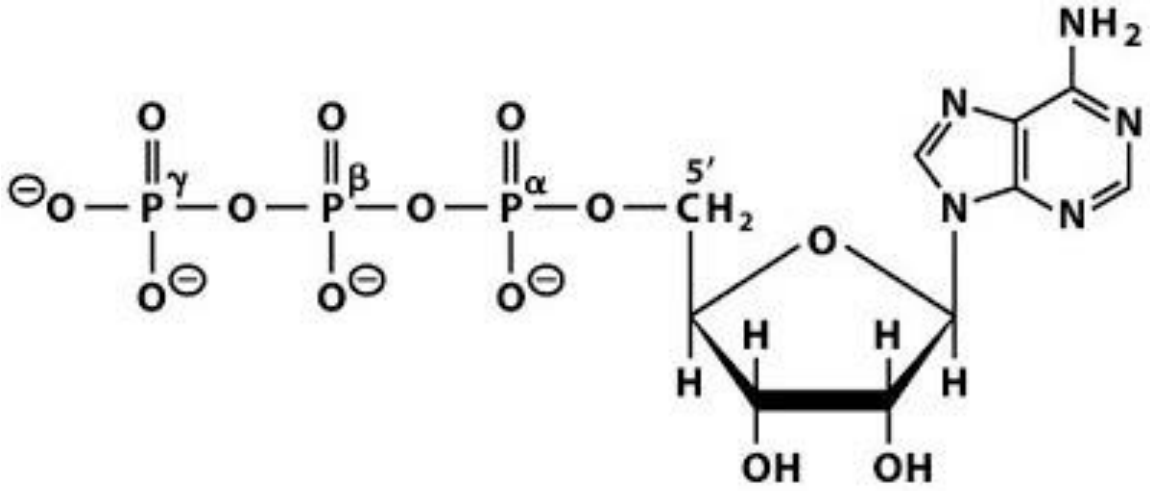

uracil


thymine

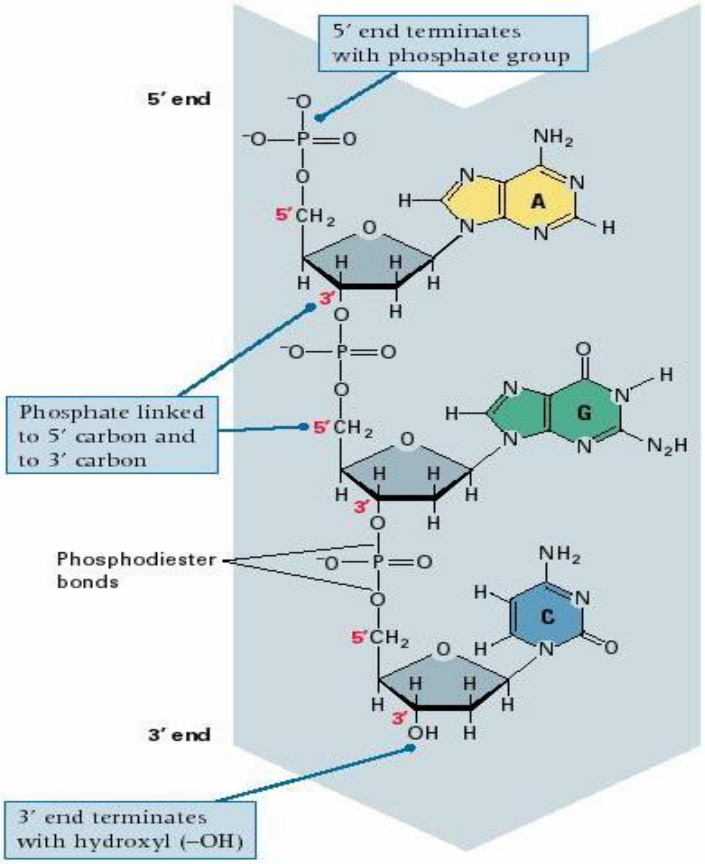

cytosine

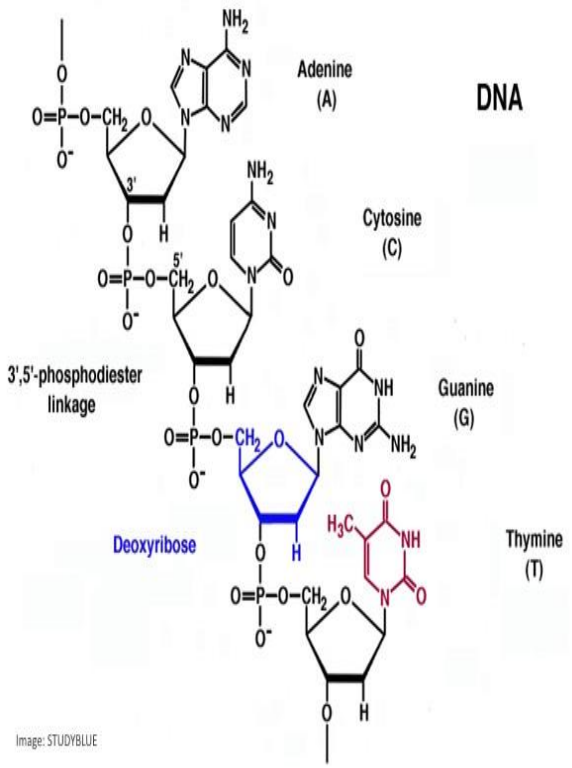
النيوكليوتيدة ثلاثية الفوسفات ATP

تتكون من ارتباط ثلاث مجاميع فوسفات مع السكر الرايبوزي والقاعدة النتروجينية المتمثلة بالادنين وكما مبين في الشكل التالي:



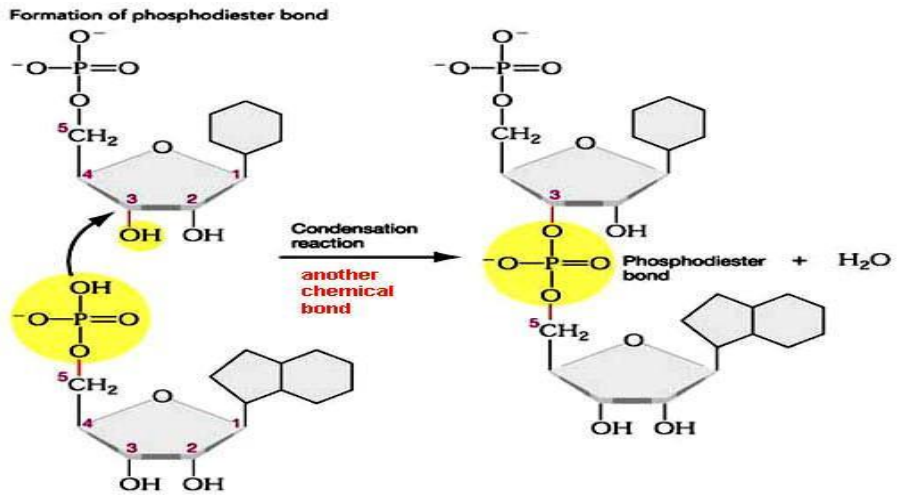
Adenosine 5′-triphosphate (ATP^{-4})





ترتبط جزيئات السكر في الـ DNA مع بعضها برابطة فوسفو داي استيرية Phosphodiester Bond في كل من ذرات الكربون الثالثة والخامسة (فوسفات –سكر – فوسفات – سكر وهكذا) اي ان النيوكليوتيدات مع بعضها في الترتيب الطولي من خلال جزيئات السكر باتجاه 3́-5́ في الشريط الأول وباتجاه معاكس 5́-3́ في الشريط المقابل او المعاكس، لاحظ ان الارتباط بين بين مجموعة OH في ذرة الكربون رقم 3́ في السكر الخماسي مع مجموعة الفوسفات المرتبطة على ذرة الكربون رقم 5́ من النيوكليوتيدة التالية، كما ان النهاية العلوية يوجد بها ذرة كربون 5́ غير مرتبطة مع اي نيوكليوتيده اخرى (الطرف 5́) والنهاية السفلية يوجد بها ذرة كربون 3́ غير مرتبطة مع اي نيوكليوتيده اخرى (الطرف 3́). وكما مبين في الرسم التالي:

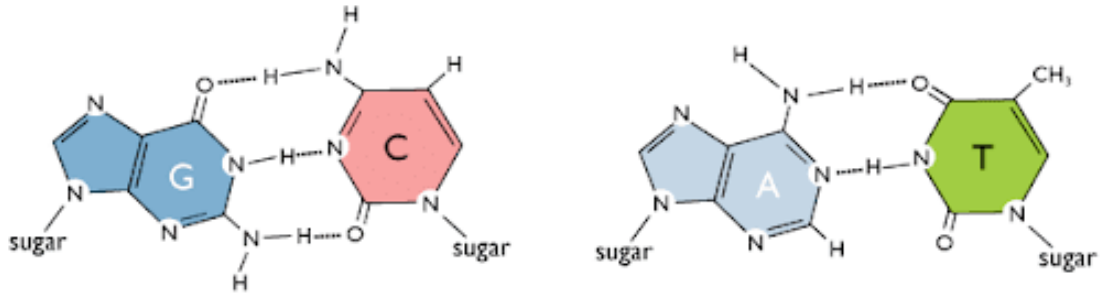
Dr.Ahmed



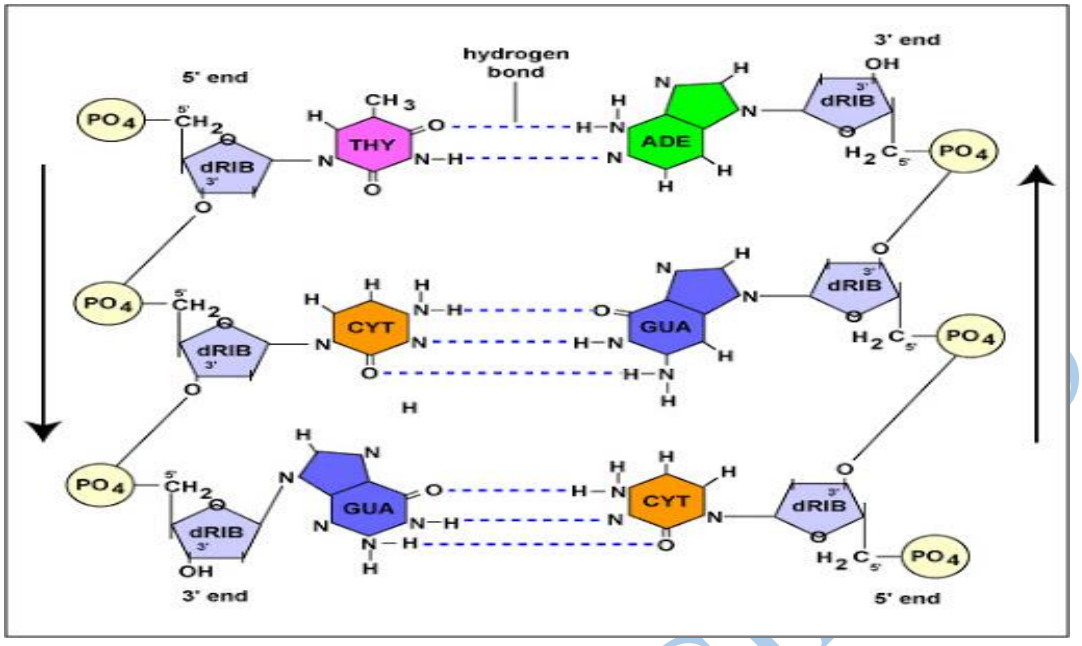
ترتبط أزواج القواعد ببعضها في سلسلتي الـDNA المتقابلة بروابط هيدروجينية Hydrogen Bond

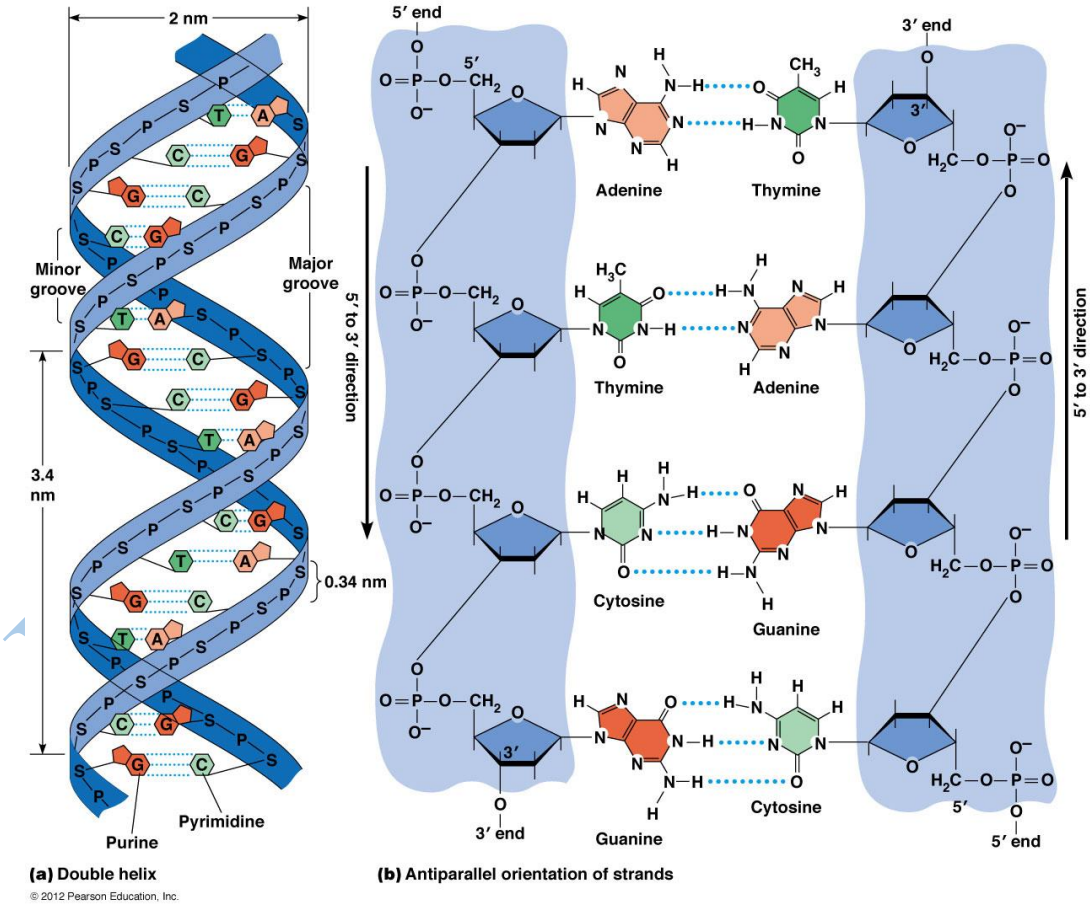
كما ترتبط القواعد مع بعضها بشكل منظم بحيث ترتبط القاعدة النيتروجينية أدينين (A) مع القاعدة النيتروجينية ثايمين (T) السلسلة المقابلة برابطة ثنائية هيدروجينية، بينما يرتبط القاعدة النيتروجينية الجوانين (G) برابطة هيدروجينية ثلاثية مع القاعدة النيتروجينية السايتوسين (C). ولذلك فأن عدد قواعد الادنين بجزئ الحامض النووي DNA المزدوج الخيط يجب ان تساوي عدد قواعد الثايمين وكذلك عدد قواعد الجوانين في الحامض النووي DNA المزدوج الخيط يجب ان تساوي عدد قواعد السايتوسين، بيورين (حلقتين) مع بيريميدين (حلقه واحده) ولذلك يكون قطر الجزئ ثابت (3 حلقات).

تبتعد أزواج القواعد عن بعضها بمسافة 3.4 أنجستروم (A) اي (0.34 نانوميتر) وكل 10 أزواج من القواعد النيتروجينية المقترنة تمثل دوره كاملة لشريطي السكر. فوسفات (34 A للدورة الكاملة) اي (3.4 نانوميتر). يمكن تشبيه الجزئ بسلم تتكون الدرجات فيه من أزواج القواعد المقترنة. كما يبلغ قطر الجزئ حوالي 20 أنجستروم (A) اي (2 نانوميتر) ويعرف هذا النموذج باسم B- model وهو السائد في معظم الكائنات ويلتف الجزئ حول المحور الوسطى إلى ناحية اليمين وتنتج انخفاضات على طول الحلزون تعرف بالانخفاضات الكبيرة Major Grooves توجد متقابلة مع الانخفاضات الصغيرة Minor Grooves.

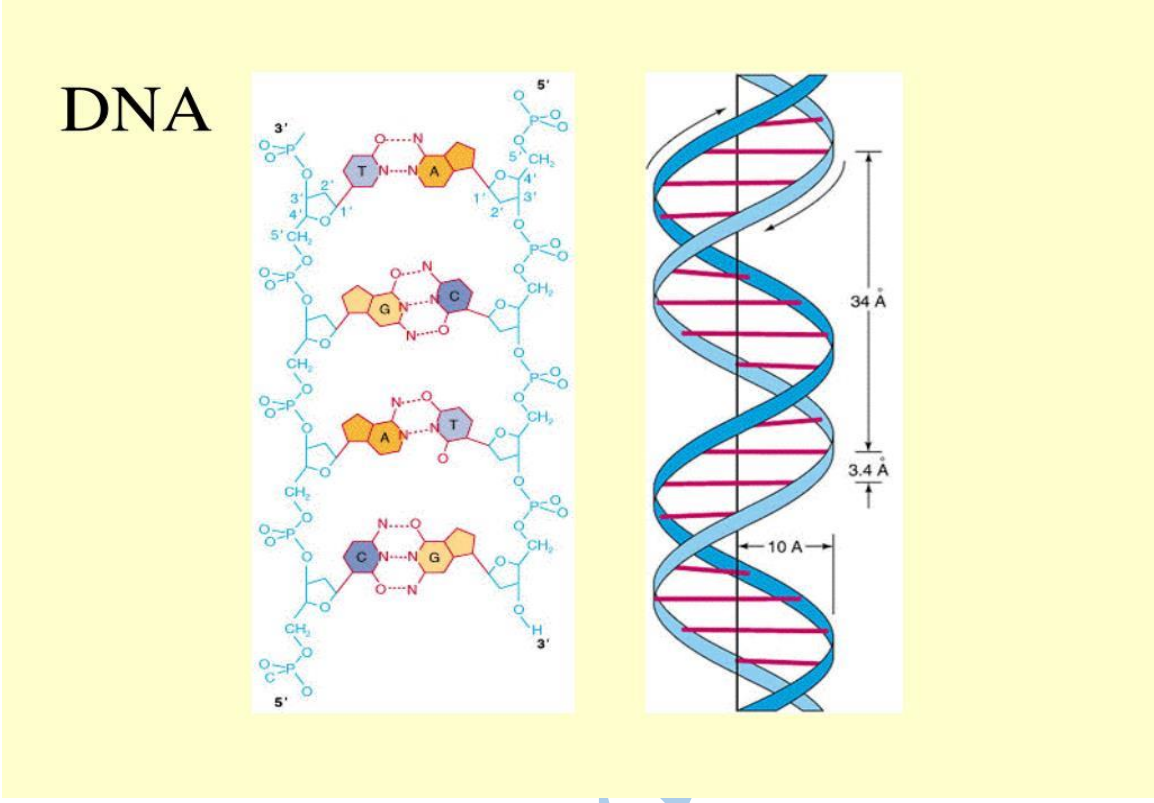


Dr. Ahmed Sherif





© 2012 Pearson Education, Inc.



الاحماض النووية:

تسمى احدى سلسلتي الـ DNA بالسلسلة 5َ-3َ بينما تسمى الاخرى 3َ-5َ تبعاً لترقيم ذرات الكربون في جزئ السكر، وتلتقي السلسلتين بشكل متوازي وعكسي (Antiparallel) بحيث ان النهاية 5َ يقابلها على السلسلة الموازية النهاية 3َ.

سؤال: الـ DNA التالي اجب عما يأتي:

1- كم عدد نيوكليوتيدات الادنين (A) في الجزئ؟

2- كم عدد نيوكليوتيدات الثايمين (T) في الجزئ؟

3- كم عدد نيوكليوتيدات السايتوسين (C) في الجزئ؟

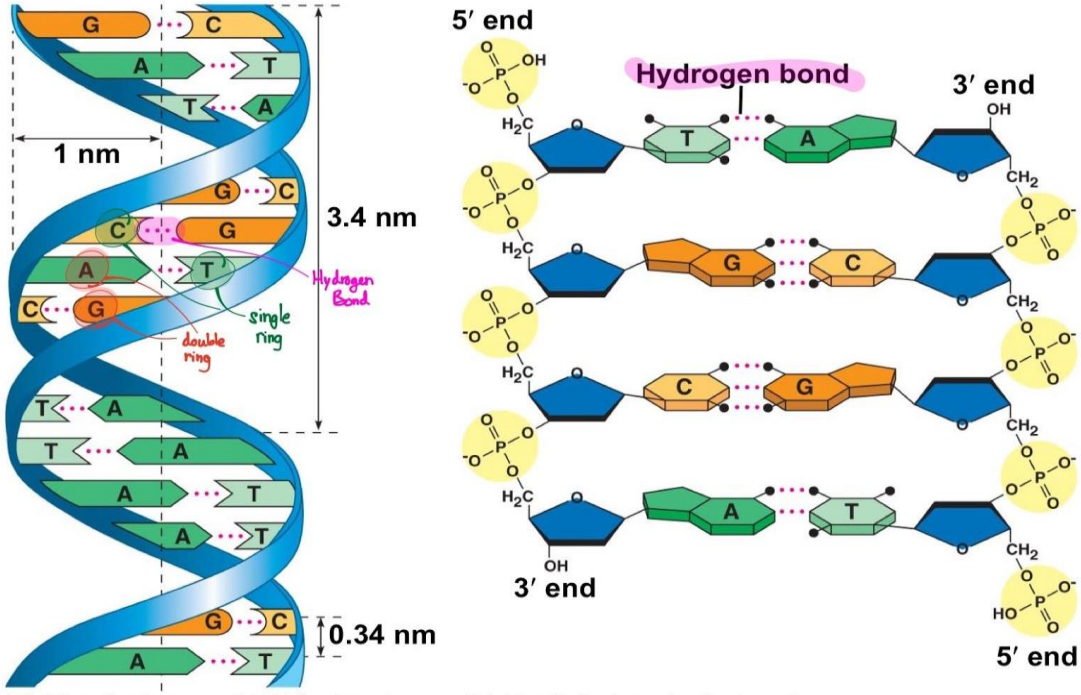
4- كم عدد نيوكليوتيدات الكوانين (G) في الجزئ؟

5- من اعداد النيوكليوتيدات الاربع نستنتج ان عدد نيوكليوتيدات ..... مساوياً لعدد ..... وان عدد ..... مساوياً لعدد .....

6- كم عدد النيوكليوتيدات في جزئ الـ DNA كاملاً؟

Dr. Ahmed

Fig. 16-7a



(a) Key features of DNA structure (b) Partial chemical structure

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

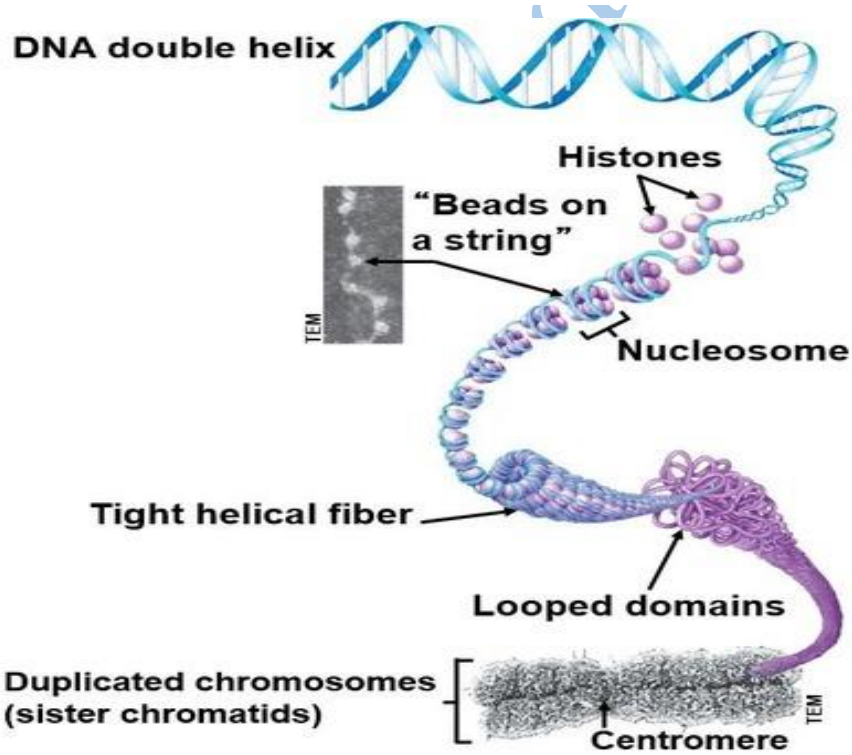
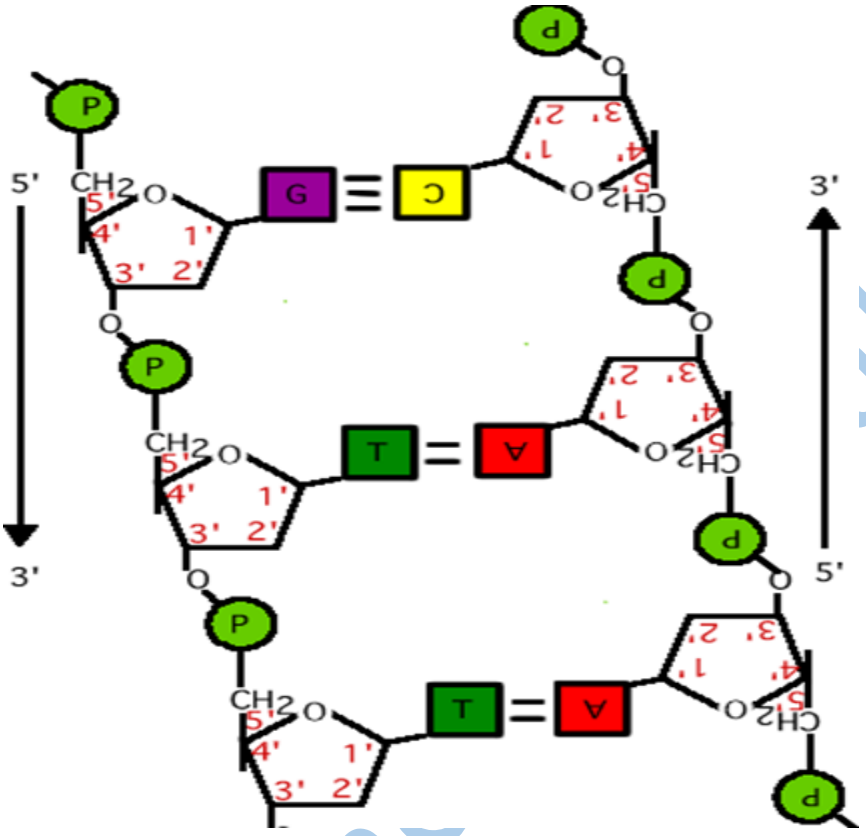


Figure 8.4



سؤال: جزئي فايروسي يحتوي على حلزون مزدوج من DNA فية 200000 نيوكلوتيدة؟

1. كم عدد النيوكلوتيدات في احدى سلسلتي الـ DNA ؟

ج- في كل سلسلة من الـDNA، 100000 نيوكليوتيده

سؤال: عند استخلاص جزئ DNA من خلايا بكتيريا وجد أنه مكون من 200000 قاعدة نيوكليوتيدية وأن عدد قواعد الأدنين (A) فيه يساوي 27000 قاعدة، ما مدى صحة العبارات التالية (مع تصحيح العبارة الخاطئة):

1- عدد النيوكليوتيدات في جزي DNA البكتيري 200000 نيوكليوتيدة

2- جزىDNA البكتيري مكون من 200000 ذرة فسفور

3- عدد قواعد الثايمين T في جزئ DNA البكتيري يساوي 27000

4- عدد قواعد السايتوسين C في جزي DNA البكتيري يساوي 34000 قاعدة

سؤال: إذا أعطيت سلسة مفردة من جزئ DNA تتابعها النيوكليوتيدي كالتالي

3́ ----TAC CGA GTA CTG --- 5́

DNA اكتب السلسلة المقابلة لهذه السلسلة

Dr. Ahmed Ramadan

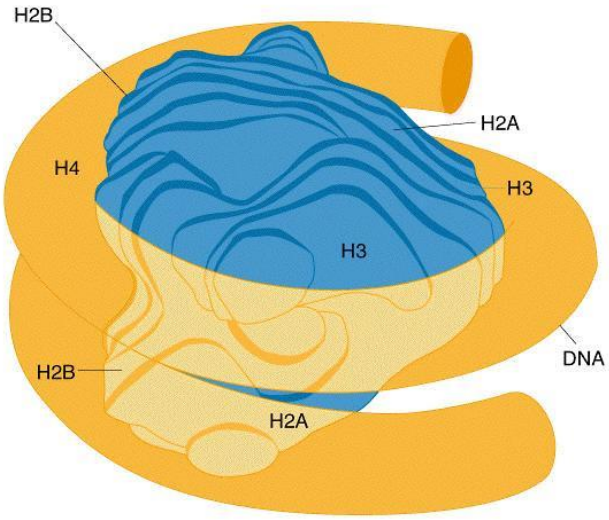
ج- 5́ --- ATG GCT CAT GAC --- 3́

تركيب الحمض النووي:

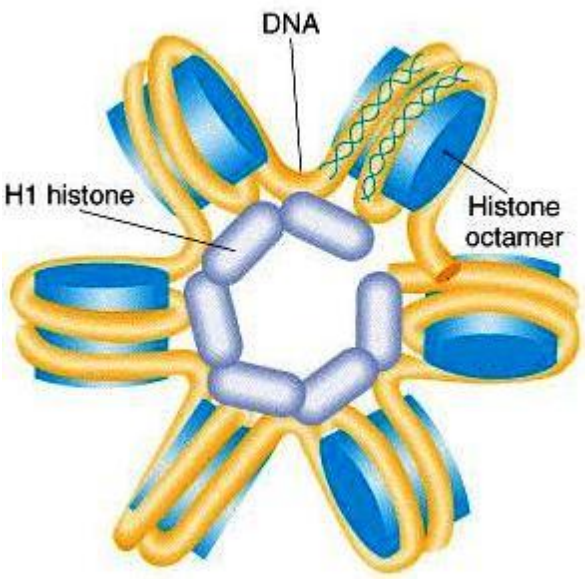
تمر كروموسومات الكائنات الحقيقية النواة بعدة مستويات من الطي والالتفاف والتي تسمى تعبيئة الـ DNA (DNA Packing).

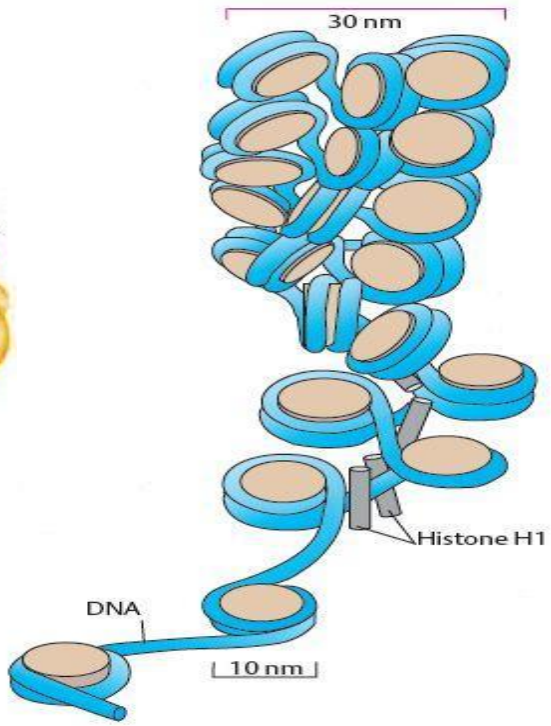
الحلزنة الفائقة: (super coil): هي التفاف خيط الـ DNA التفاف مضاعف ويمثل كروموسوم الطور الاستوائي اعلى مستوى من مستويات التعبئة (اقصى حالات الالتفاف والحلزنة والتكثف).

في كروموسومات الكائنات الراقية يرتبط بالحامض النووي DNA بيروتينات قاعدية موجبة الشحنة تعرف بالهستونات Histones ويوجد منها خمسة أنواع في الكروموسوم وهي (H_1, H_{2A}, H_{2B}, H_3, H_4) ويوجد الحامض النووي DNA مرتبطاً بالبروتينات الهستونية مكونا حبيبة تعرف باسم النيوكليوسوم Nucleosome وهي عبارة عن ثمانية بروتينات هستونية (وحدتين من كل من H_{2A}, H_{2B}, H_3, H_4) كما هو بالشكل ويلتف حولها هذه الوحدات 146 زوج من القواعد النيتروجينيه (حوالي 1.75 لفة) ويبلغ قطر النيوكليوسوم 11 نانوميتر (10 نانوميتر للتيسيط) ويبعد كل نيوكليوسوم عن النيوكليوسوم التالي بمسافة 200 زوج من القواعد النيتروجينية.



Dr. Ashehab

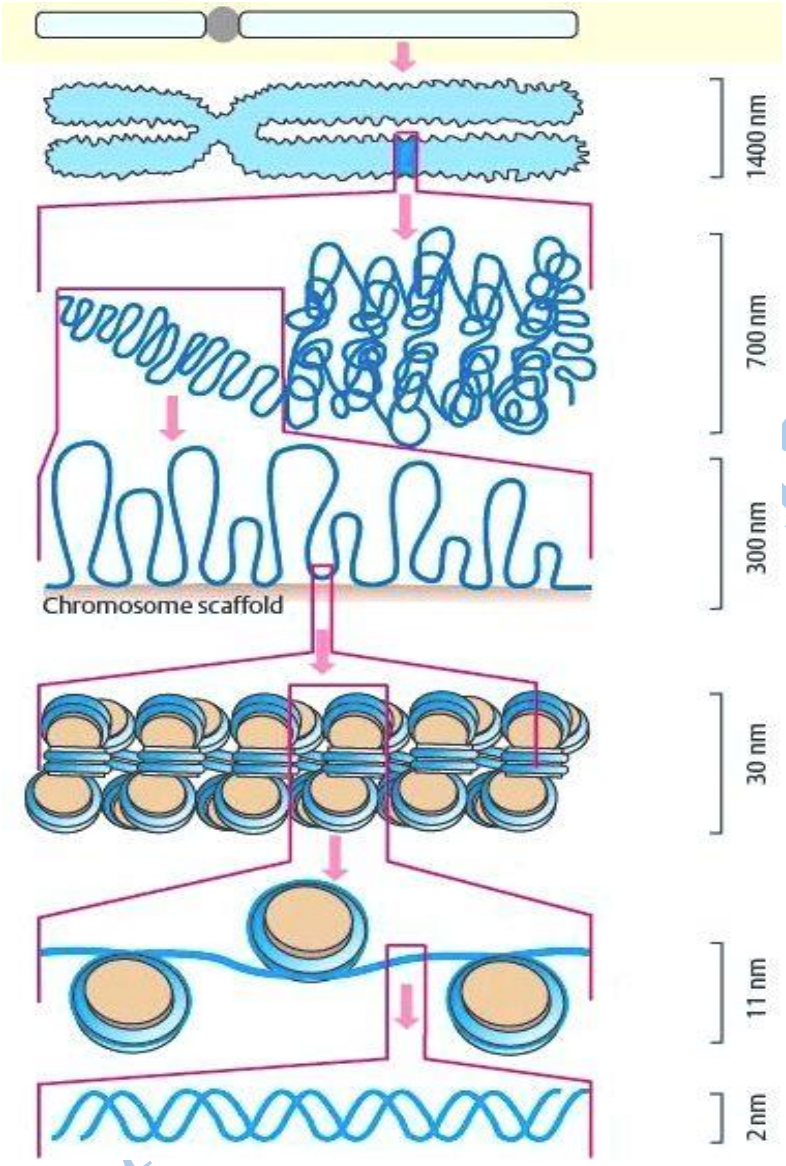




ويتجمع كل 6 نيوكلوسومات متوالية معاً ليتكون ليفة تعرف بأسم سولنويد (Solenoid) قطرها 30 نانوميتر ويوجد البروتين الهستوني H1 بين النيوكليوسومات تربطها مع بعضها البعض كما هو بالشكل.

وتدخل ليفات السولنويد في انثناءات أولية لها قطر يبلغ 300 نانوميتر وهي تثبت من قاعدتها بواسطة جزيئات من البروتينات تعرف باسم scaffold (الخيط أو السقالة). وتترتب الانثناءات الأولية فوق بعضها البعض وترتبط كل مجموعة معاً بواسطة بروتينات غير هستونية لتعطي الشكل النهائي لكروموسوم الوضع المتوسط Metaphase ويبلغ قطر كل انثناءة ثانوية 700 ناتو متر وهو قطر الكروماتيده Chromatid (قطر الكروموسوم 1400 نانوميتر) كما هو بالشكل.

Dr. Ahmed



تركيب الحمض النووى (RNA): Ribonucleic Acid" RNA"

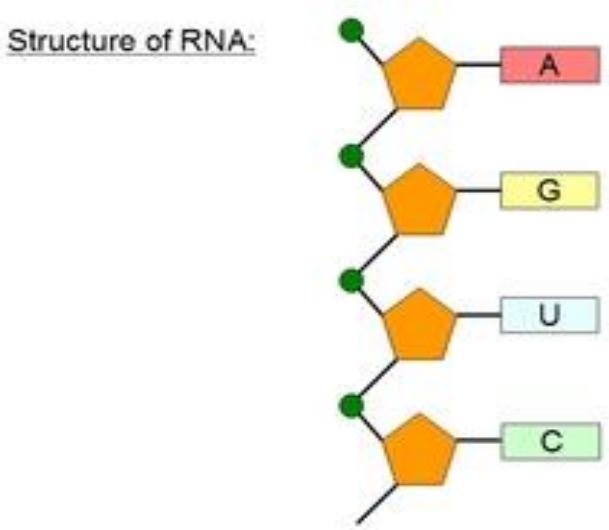
يتكون في النوية طبقاً لشفرة على حمض DNA وتركيب نيوكليوتيدية RNA كالتالي:

1- سكر خماسي الكربون يسمي" ريبوز Ribose "

2- مجموعة فوسفات

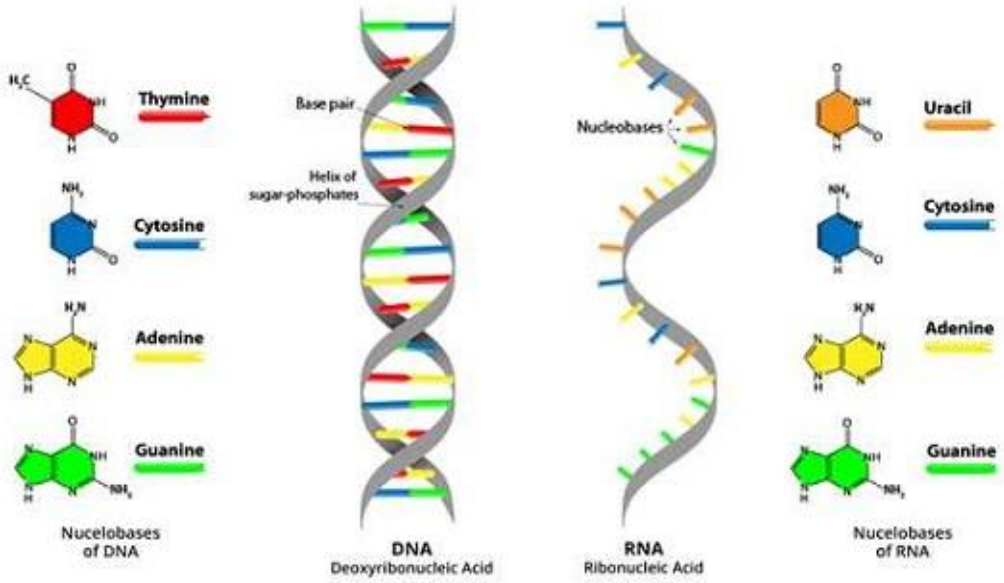
3- أحد القواعد النيتروجينية من البيورينات (A أو G) او من البريميدينات (C او U) حيث ان U بدل من القاعدة T الغائبة نهائياً.

Dr. Ahmed Ramadan



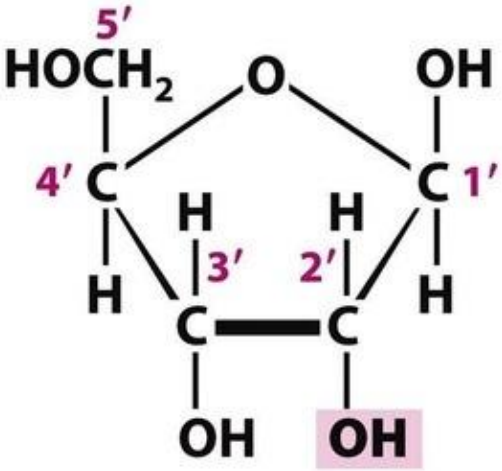
تركيب الحمض النووي: Ribonucleic Acid RNA

يتكون من سلسلة واحدة فقط من النيوكليوتيدات وقد تكون خطية أو حلقية او كروية يحتوي على القواعد النيتروجينية التالية: الأدنين A والجوانين G والسايتوسين C واليوراسيل U

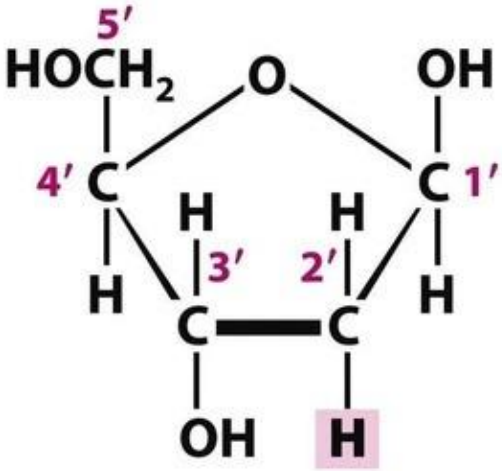


الفروقات التركيبية والبنائية بين الأحماض النووية DNA

وجه المقارنة	DNA	RNA
التسمية	Deoxy ribonucleic Acid	Ribo Nuclic Acid
أماكن التواجد	النواة	يخلق في النواة ويخرج إلى السيتوبلازم
الشكل	شريط مزدوج	شريط مفرد
الوحدة البنائية	النيوكليوتيدة	الرايبو نيوكليوتيدة
الحالة	يوجد بشكل ثابت	يهدم ويعاد بناءه باستمرار
الوظيفة	يمثل المادة الوراثية في جميع الكائنات الحية	يترجم الشفرة وينقلها ثم يكون الحمض الامينى
أنواعه	نوع واحد	ثلاث أنواع m.RNA و t.RNA وr.RNA
التركيب الكيميائى	عديد النيوكليوتيد او بولى نيوكليوتيدات	احادى السلسلة النيوكليوتيدية
السكر الخماسي	داي اوكسى ريبوز منزوع منه ذرة o2	سكر خماسي ريبوزى
القواعد النيتروجينية	A-C-T-G	A-C-G-U



Ribose



Deoxyribose

القوانين:

1. عدد النيوكليدات = عدد القواعد النيتروجينية = عدد الفوسفات
2. عدد A = عدد T
3. عدد G = عدد C
4. عدد الروابط الهيدروجينة الثنائية = عدد A أو T
5. عدد الروابط الهيدروجينية الثلاثية =عدد G او C
6. عدد اللفات في الـ DNA = عدد النيوكليوتيدات (شريط واحد) ÷ 10
7. عدد اللفات في الـ DNA = عدد النيوكليوتيدات (مزدوجة -عينة- قطعة- جين- لولب) ÷ 20
8. عدد النيوكليوتيدات في جزئ الـDNA = عدد اللفات ×20
9. عدد النيوكليوتيدات في الشريط المفرد = عدد اللفات ×10
10. طول جزئ الـ DNA = عدد النيوكليدات (في الشريط الواحد ×0.34 نانوميتر)
11. طول اللفة = 3.4 نانوميتر
12. طول النيوكليوتيده = 0.34 نانوميتر
13. طول جزئ الـDNA او الشريط = عدد اللفات × 3.4 نانوميتر
14. عدد اللفات في الجزئ او الشريط = طول الجزئ ÷ 3.4 نانوميتر

Dr. Ahmed Shehab

المصادر:

- **علي**، حميد جلوب;. (1988). اسس تربية ووراثة المحاصيل الحقلية. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة بغداد. مديرية دارالكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.
- **الفيصل**، عبدالحسين مويت;. (1999). الوراثة العامة. الاردن - عمان
- Internet