

## الأحماض النووية Nucleic acids

الأحماض النووية هي مواد عضوية ذات جزيئات كبيرة تتألف من وحدات يطلق عليها اسم النيكليوتيدات Nucleotides. وسميت الأحماض النووية بهذا الاسم لأنها اكتشفت لأول مرة في النواة من قبل العالم ميشر Miescher عام 1869م، إلا أنها ظهرت فيما بعد في عضيات سيتوبلازمية أخرى مثل الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء. ويوجد نوعان من الأحماض النووية هما:

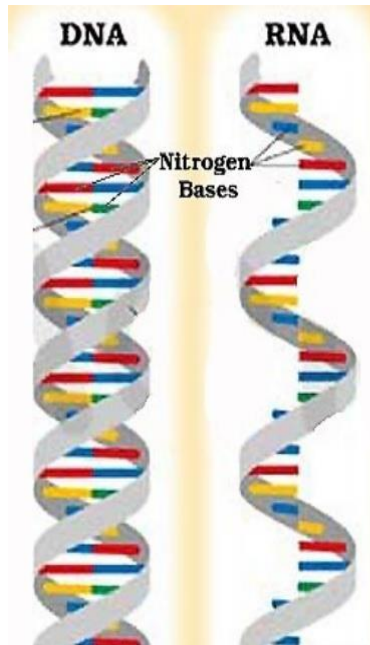
أ - الحمض النووي الرايبوزي منزوع الأكسجين (DNA): Deoxyribonucleic acid (DNA)

ب- الحمض النووي الرايبوزي (الرنا): Ribonucleic acid (RNA)

تعتبر الأحماض النووية من أهم المركبات العضوية الحيوية على الإطلاق وفيها يكمن سر الحياة، فهي المسؤولة والمسيطرة على جميع ما يتم في النظام الحيوي من نشاطات حيوية كتمثيل البروتينات ومنها الإنزيمات التي تلعب دوراً رئيسياً في عمليات الأيض الخلوي والهرمونات المسؤولة عن تحفيز الخلايا للقيام بوظائفها الحيوية.... الخ.

تعتبر الأحماض النووية أساس المادة الوراثية والتي تمتاز بعدة خصائص فريدة من أهمها:

- 1- القدرة على حمل وتخزين المعلومات الوراثية.
- 2- القدرة على التعبير عن المعلومات الوراثية المخزنة لإنتاج الجزيئات الحيوية.
- 3- إمكانية التضاعف الذاتي Self duplication والانتقال من جيل لآخر.
- 4- القدرة على التباين والتنوع الكبير.



### The shape of Nucleic Acids

DNA has a double helix shape

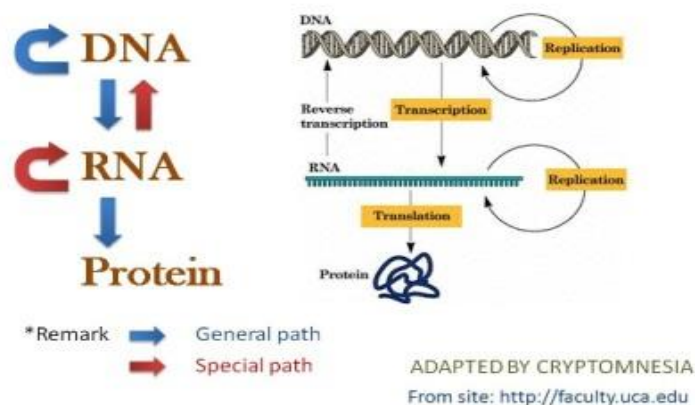
RNA has a single Helix shape

**أولاً:- الحمض النووي الرايبوزي منزوع الأكسجين (DNA):**

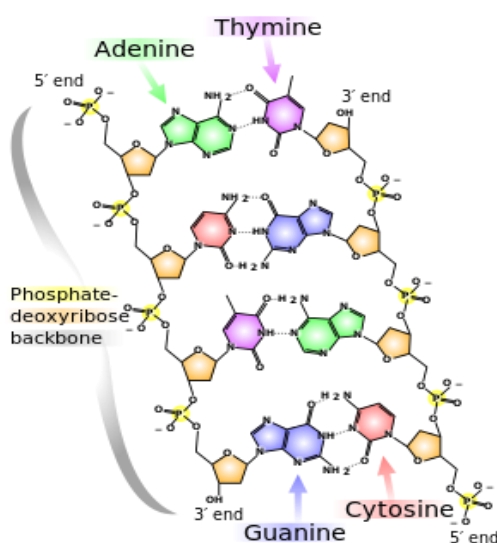
يعتبر جزيء DNA DNA من الجزيئات الحيوية، فعليه تترتب المورثات Genes, كما ينتج جزيء الرنا RNA أثناء عملية حيوية مهمة تعرف باسم نسخ الرنا RNA transcription وهذا الجزيء المنسوخ أو الرنا يقوم بتنفيذ الأوامر التي تلقاها من جزيء DNA ليكون البروتينات المطلوبة في عملية حيوية أخرى مهمة تعرف باسم ترجمة البروتين Protein translation، لهذا يمكن إبراز أهمية الأحماض النووية بأنها المسئولة عن استمرار تتابع جميع الأحداث الخلوية الحيوية الهامة تحت مفهوم مبدأ المركزية Central Dogma كما يلي:

**بروتين → RNA (ترجمة) → DNA (نسخ).**

## The Central dogma of molecular biology



تتكون الأحماض النووية من تسلسل Sequence لعدد من النيوكليوتيدات Nucleotides التي ترتبط مع بعضها البعض عبر روابط فوسفواستيرية ثنائية Phosphodiester bonds تصل بين ذرة الكربون رقم 5 للسكر الخماسي لأحد النيوكليوتيدات مع الذرة رقم 3 للسكر الخماسي للنيوكليوتيدة التالية.

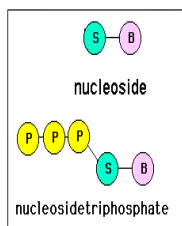
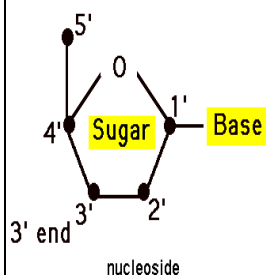


## DNA structure ترکیب DNA

يتألف DNA من عدد هائل من النيوكليوتيدات والتي تتكون

بدورها من ثلاثة أجزاء هي:

- 1- قاعدة نيتروجينية Nitrogen base.
- 2- سكر خماسي Pentose sugar .
- 3- مجموعة الفوسفات Phosphate group ( $\text{PO}_4$ ).



يطلق على القاعدة النيتروجينية والسكر الخماسي اسم النوكليوسيد

### Nucleoside

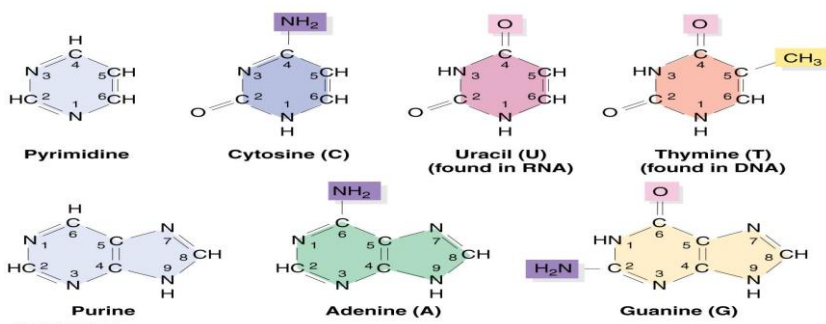
يوجد مجموعتين من القواعد النيتروجينية في الأحماض النووية هما:

### أ- قواعد البورين Purines bases ثانية الحلقة وتشمل

قاعدتي الأدنين (A) Adenine و الجوانين (G) Guanine.

### ب- قواعد البيروميدين Pyrimidines bases أحادية الحلقة وتشمل ثلاث قواعد هي:

الثايمين (T) Thymine و السيتوسين (C) Cytosine و اليوراسيل (U) Uracil.



يحتوي جزيء DNA على أربع قواعد نيتروجينية هي

1- الأدنين (A) Adenine 2- الثايمين (T) Thymine

3- السيتوسين (C) Cytosine 4- الجوانين (G) Guanine

كذلك جزيء RNA ماعدا أن الثايمين يستبدل باليوراسيل (U) Uracil أي أن الأول يتميز بقاعدة الثايمين والثاني يتميز بقاعدة اليوراسيل.

كما أن جزيء DNA في الكائنات بدائية النواة Prokaryotic يختلف عن DNA في الكائنات حقيقية النواة Eukaryotic في عدة نواحي يمكن إيجازها في النقاط التالية من الجدول التالي:

### مقارن بين دنا بدائيات النواة ودنا حقيقيات النواة

DNA حقيقيات النواة	DNA بدائيات النواة
Linear شريط حلزوني مزدوج خطي double helix	Circular شريط حلزوني مزدوج دائري double helix
مدعوم ببروتينات نووية هستونية	غير مدعوم ببروتينات نووية
يكون DNA عديد الجزيئات	يكون DNA جزيء وحيد
يحتوي على نيوكلوتيدات كثيرة جداً	يحتوي على نيوكلوتيدات قليلة
عدد الجينات كبير جداً	عدد الجينات قليل

التركيب الأساسي لـ **DNA** يتكون من تسلسل أو تتابع عدد كبير من النيوكليوتيدات لكل من شريطي DNA strands هذه السلسلتان ترتبطان مع بعض عبر روابط هيدروجينية وحسب قواعد شاراجاف (Charagaffs rules) كالتالي:

- 1- ترتبط دائماً قواعد الadenine (A) مع قواعد الثايمين (T) برابطتين هيدروجينيتين ( $A = T$ ).
- 2- ترتبط قواعد السيوسين (C) مع قواعد الجوانين (G) بثلاث روابط هيدروجينية ( $G \equiv C$ ).
- 3- أن كمية الadenine تساوي كمية الثايمين ( $A = T$ ) وكمية الجوانين تساوي كمية السيوسين ( $G = C$ ).
- 4- أن كمية الadenine والجوانين تساوي كمية الثايمين والسيوسين ( $A + G = T + C$ ) أو ( $T + C \approx 1$ )  $(A + G /$  كما أنه ليس شرطاً أن كمية الadenine والثايمين تساوي كمية السيوسين والجوانين وإنما تختلف باختلاف النوع.

### البناء الهندسي لـ DNA

من المعروف أن DNA يتكون من وحدات عديدة هي النيوكليوتيدات وهو مؤلف هندسياً من سلسلتين بالتفاف حلزوني مزدوج. ولذلك فإن له بنية ابتدائية مكونة من سلسلة واحدة ترتبط فيها الفوسفات مع السكر بالاتجاه (3→5) وبالاتجاه المعاكس ترتبط الفوسفات مع السكر بالاتجاه (5→3) وبسبب هذا الاختلاف فإن سلسلة DNA قطبية. تستخدم البنية الابتدائية هذه في عمليات الاستنساخ وعملية التضاعف. حيث تعمل إحدى السلسلتين في عملية الاستنساخ في نسخ جزئي DNA المطلوب لعملية الترجمة، بينما تعمل السلسلة الأخرى كقالب في عملية التضاعف.

إن سلسلتا DNA تكونان متوازيتان ومضادتان وإذا أمكن معرفة التتابع النيوكليوتيدي في احد أشرطة DNA عرف التتابع النيوكليوتيدي في الشريط الثاني وذلك بسبب خاصية تزاوج القواعد النيتروجينية لهذا يقال أن شريطي DNA متممات لبعضهما Complementary لذا يعتبر هذا الترتيب الفريد والمحكم في جزيء DNA دلالة قوية على تخصُّصيته الوراثية، فكل كائن حي ينفرد بترتيب نيوكليوتيدي فريد، كما يلتف كذلك الشريطان (السلسلتان) التفافاً حلزونياً يمينياً (باتجاه عقارب الساعة) حول محور مركزي وهمي ليكونا ما يعرف بـ DNA الحلزوني المزدوج DNA double helix حيث يشكل السكر والفوسفات دعامتي السلم بينما تشكل القواعد درجات السلم الذي ينسب اكتشافه إلى العالمين واتسون وكريك Watson and crick عام 1953 م ونالا على ذلك جائزة نوبل عام 1962م تقديراً لهما على هذا الانجاز الذي فتح الباب على مصراعيه للدخول إلى علم جديد يعرف اليوم بعلم الأحياء الجزيئي Molecular biology. لقد استند هذان العالمان على دليلين علميين مكناهما من استنباط التركيب الحلزوني المزدوج لـ DNA هما:

- 1- معرفتهما لقواعد شاراجاف.

2- تحليلهما لصور أخذت لبلورات جزيء DNA بواسطة أشعة اكس X-rays من قبل ولكنز وفرانكلين Wilkins and franklin حيث استنتجا منها أن DNA لا بد وأن يكون مزدوج وحلزوني الشكل، ففي تلك الصور لاحظا أن لجزيء DNA تراكيب تتكرر بانتظام عند 3.4 و 20 و 34 انجستروم ولقد فسرا ملاحظتهما على أن مظهر التصالب الواضح في وسط الصور يبدو على شكل حرف (X) وذلك يوحي بان جزيء DNA لولبي أو حلزوني الشكل وأن المناطق المتكررة الداكنة ما هي إلا قواعد البيورين والبيريميدين المتراسة بانتظام متجاور وإن المسافة بينهما تبلغ 3.4 انجستروم. كما عرفا أن الحلزون يلف دورة كاملة كل 34 انجستروم وحيث تحتوي كل دورة على عشر قواعد نيوكليوتيدية للشريط الواحد، وأن سمك الحلزون يبلغ 20 انجستروم وهذا يعني ضرورة تزواج قواعد البيريميدين أحادية الحلقة مع قواعد البيورين ثنائية الحلقة ليكون البعد بين الشريطين المتوازيين دائماً ثابتاً، فلو حصل التزاوج بين قواعد البيريميدين أحادية الحلقة فلن تعطي قطراً بواقع 20 انجستروم ولو حصل التزاوج بين قواعد البيورين لأعطت قطراً أكبر من 20 انجستروم لأنها تتكون من حلقتين. لكن عندما تتزاوج قاعدة بيريميدينية أحادية الحلقة مثل قاعدة الثايمين T مع قاعدة بيورينية ثنائية الحلقة مثل الأدينين A لا أعطت قطراً في حدود 20 انجستروم. وعندما تلتف السلسلتان حلزونياً يتكون أخدودين أحدهما أخدود صغير Minor groove والآخر أخدود كبير Major groove .

يقاس طول جزيء DNA بالعدد الزوجي للقواعد النيتروجينية (bp) Base pair ، كما تعتبر 1000 قاعدة زوجية (bp) 1000 مساوي لواحد كيلو قاعدة (Kb) Kilobase اما 1.000.000 قاعدة زوجية فتساوي واحد ميغا قاعدة (Mb) Megabase، ولقد قدر طول DNA في نواة خلية الحيوان المنوي للإنسان والتي تحتوي على 1N بـ 3000 ميغا قاعدة أي 3000 Mb أو  $3 \times 10^9$  قاعدة زوجية أي  $3 \times 10^9$  bp