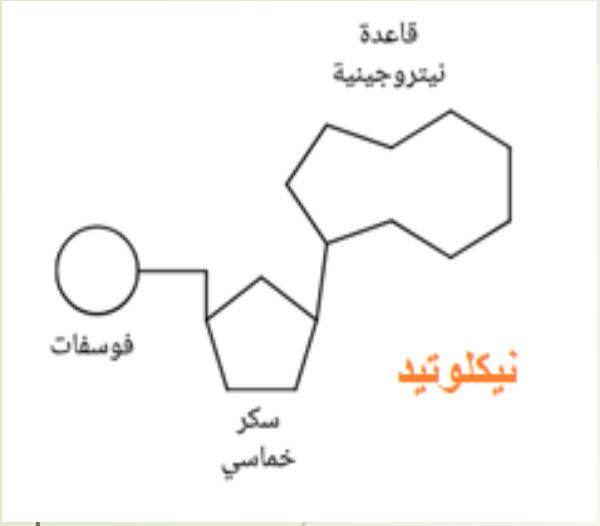
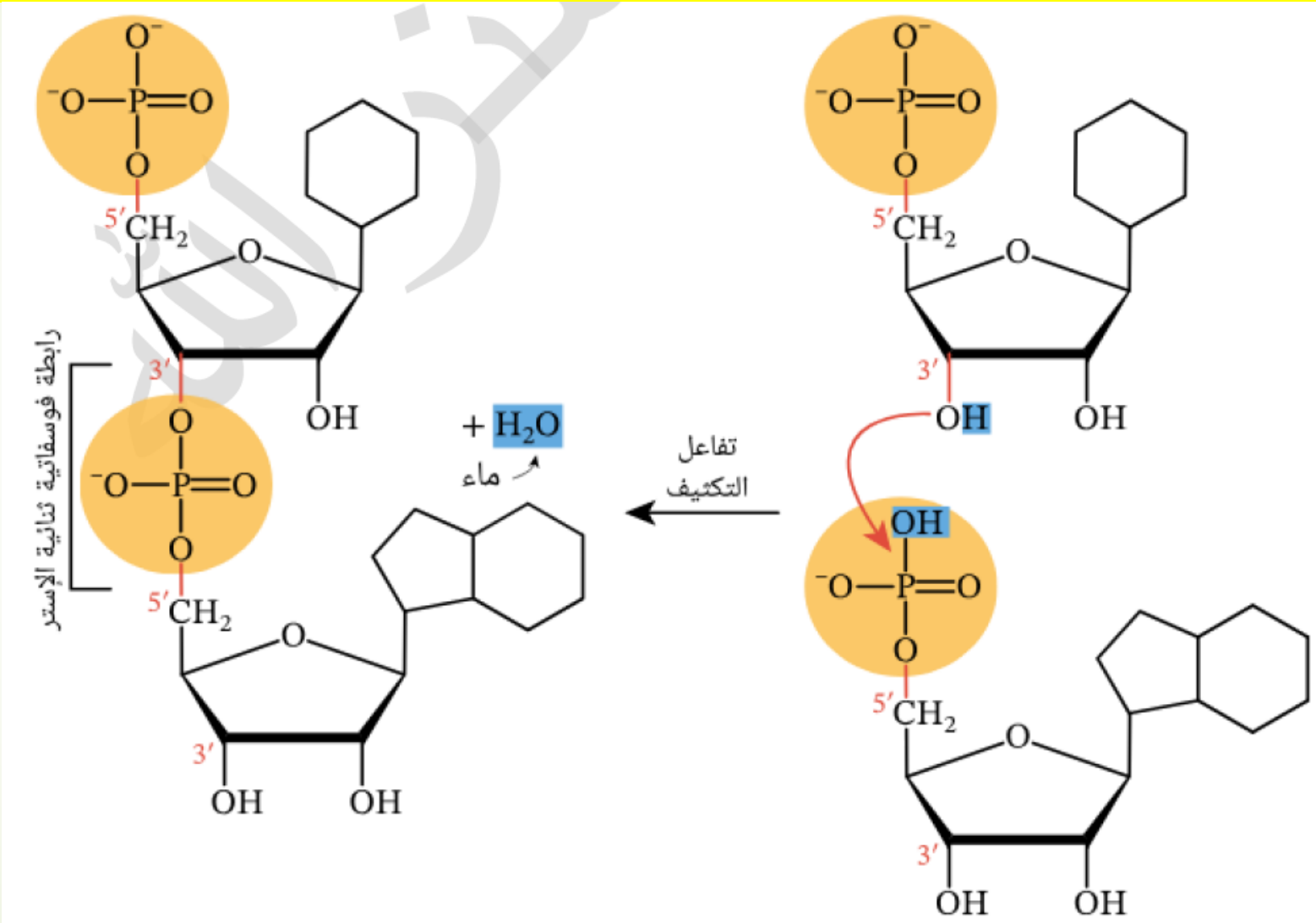
الحموض النووية Nucleic Acids





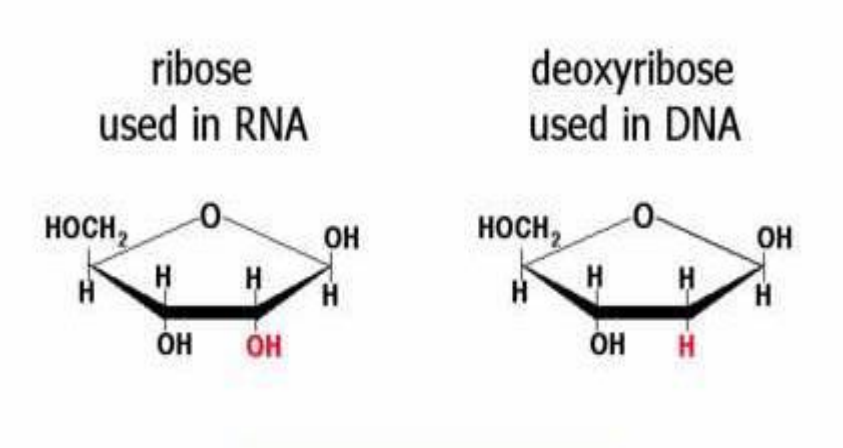
كيفية تكوين الرابطة الفوسفاتية ثنائية الاستر من تفاعل التكثيف لجزيء الماء

الحموض النووية Nucleic Acids هي عبارة مركبات معقدة مرتفعة الوزن الجزيئي (بوليميرات) بمعنى أنها جزيئات كبيرة مكونة من عدة مونوميرات (وحدات جزيئية فرعية متكررة) وتسمى المونوميرات المكونة للأحماض النووية بالنكليوتيدات توجد في جميع الخلايا الحية في صورة حرة أو متحدة مع البروتين

- **يتكون الحمض النووي** من ثلاثة أنوع من المركبات :حمض الفسفور .
- سكر خماسي الكربون وهو سكر الرايبوز أو دي أوكسي رايبوز(الرايبوز منقوص الأوكسجين)
- وقواعد (أسس)نيتروجينية (آزوتية) تتبع البيورينات أو البيرميدينات

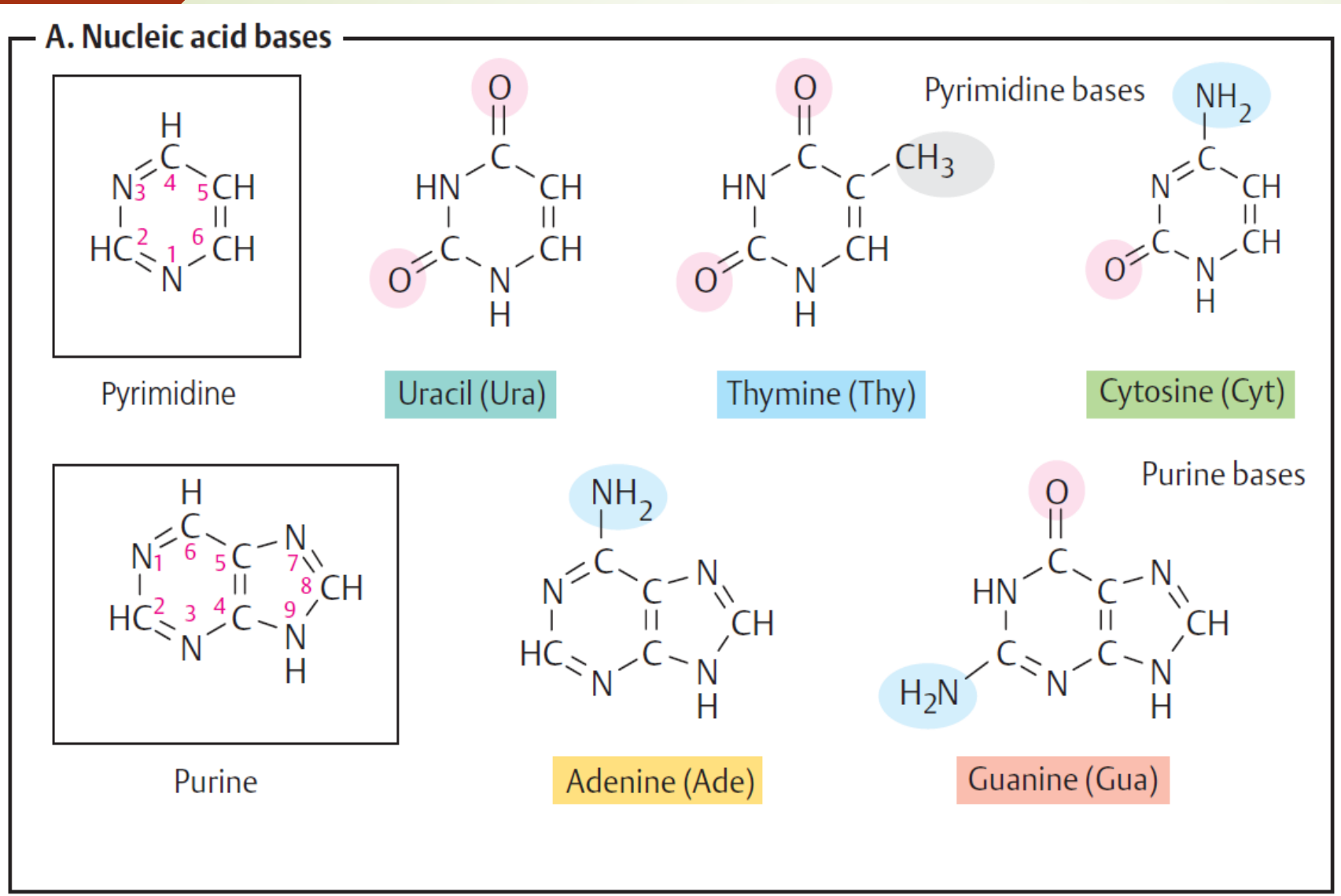
السكر الخماسي Pentose Sugar

يوجد بالأحماض النووية نوعان من السكر الخماسي ، أحدهما هو رايبوز ويوجد في ال RNA، والثاني ديوكسي رايبوز ويوجد في حمض DNA، ومن الخصائص الهامة للسكر الخماسي هو قدرة المجموعات الهيدروكسيلية OHعلى تكوين إسترات مع حمض الفسفور



✹ ويختلف الريبوز منقوص الأوكسجين ′ Deoxy Ribose عن الريبوز العادي بأن الذرة رقم ٢ تحوي H فقط ولا تحوي أوكسجين مما سيعطي خصائص هامة بالنسبة لل DNA وال RNA

البورينات والبيرميدينات Purines & Pyrimidine



نلاحظ أن الاسم الأصغر هو للشكل الأكبر (البورين يحوي حلقتين)، والعكس صحيح.

البورين: يحوي نواتين خماسية وسداسية آزوتية غير متجانسة، تشتق منه الأسس البورينية الأدنين و الغوانين.

البيرميدين: يحوي نواة سداسية غير متجانسة، تشتق منه الأسس البرميدينية السيتوزين والتايمين واليوراسيل.

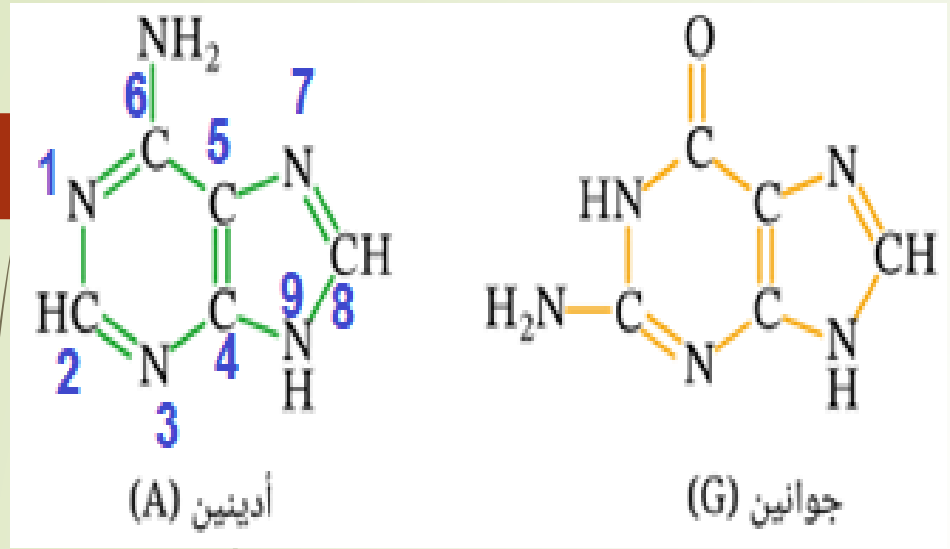
البيورينات والبيرميدينات Purines & Pyrimidine

١- قواعد (أسس) **بورينية** :

أدينين Adenine ٠- غوانين Guanine

٢- قواعد **بيرميدينية** : وهذه القواعد مشتقة من البيرميدين وهي

سيتوزين Cytosine- يوراسيل Uracil- ثايمين Thymine



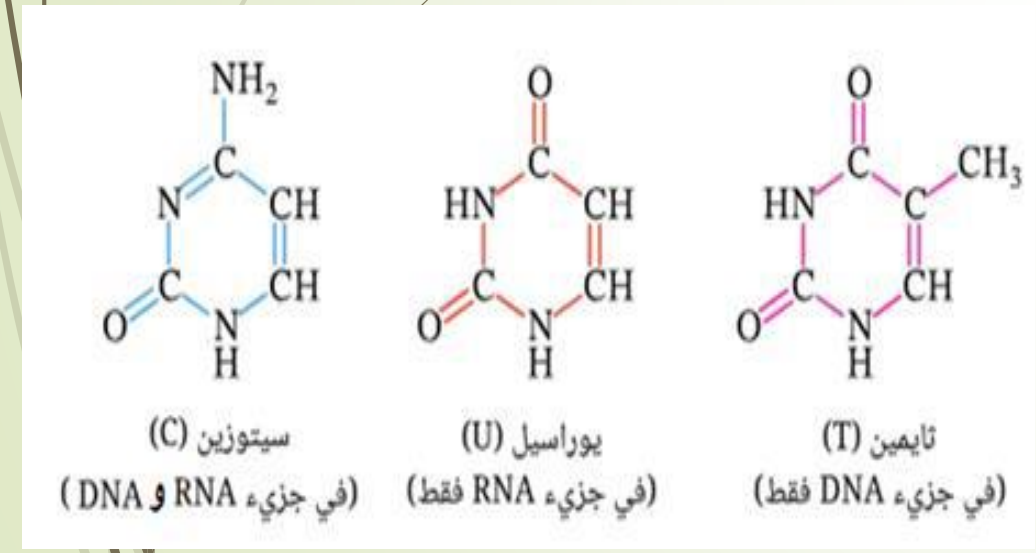
ويحتوي كلا DNA و RNA على القاعدتين النتروجينيتين من البيورين وهما الأدينين Adenine و الغوانين Guanine

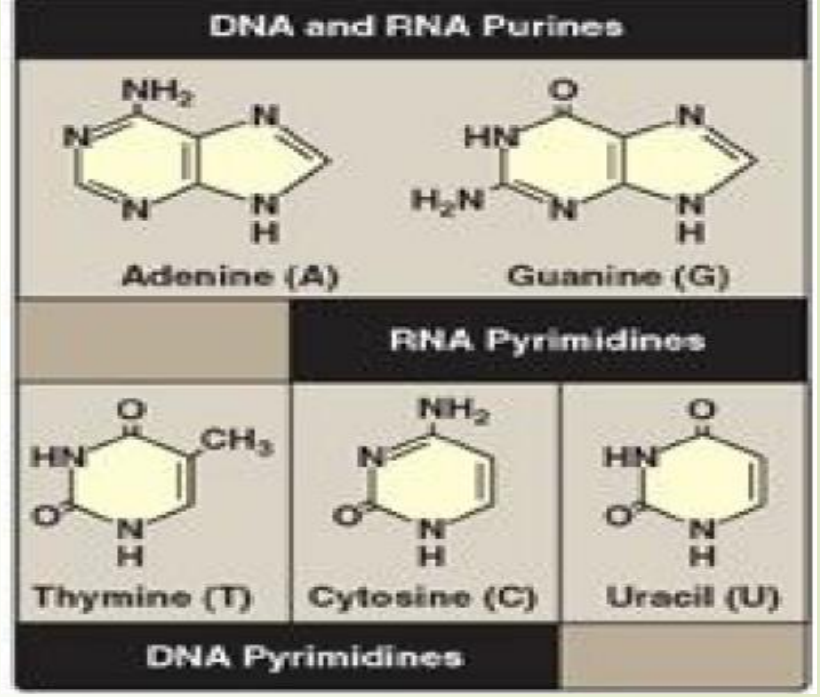
ونجد أيضا أن كلا DNA و RNA يحتوي على قاعدة نيتروجينيه من نوع البيرميدين وهي سيتوزين Cytosine

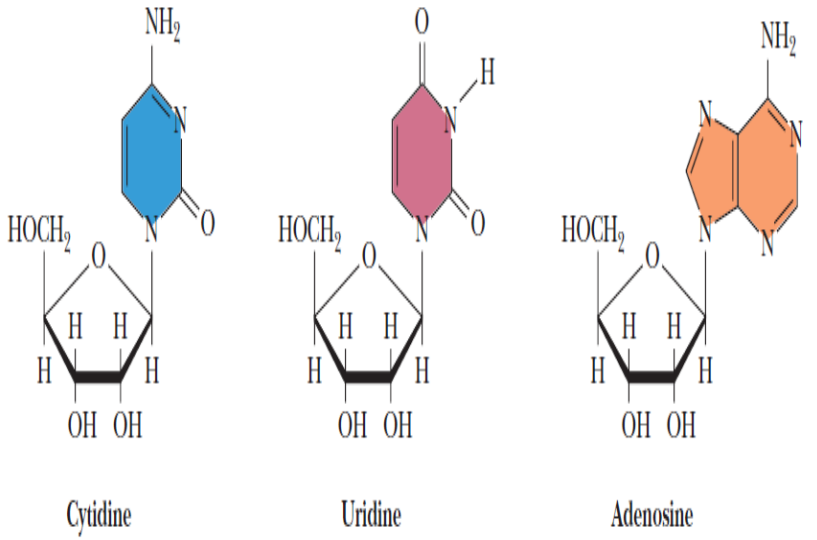
ولكنهما **يختلفان** في القاعدة النيتروجينيه الثانية من نوع البيرميدين

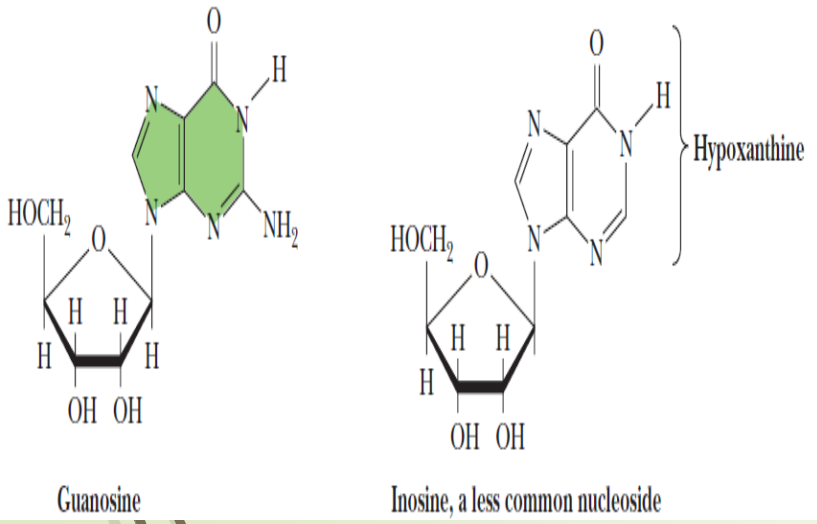
بينما يحتوي الحمض النووي **RNA** على **القاعدة النيتروجينيه يوراسيل Uracil**

يحتوي الحمض النووي **DNA** على **القاعدة النيتروجينيه ثايمين Thymin**









Nucleosides النكليوزيدات

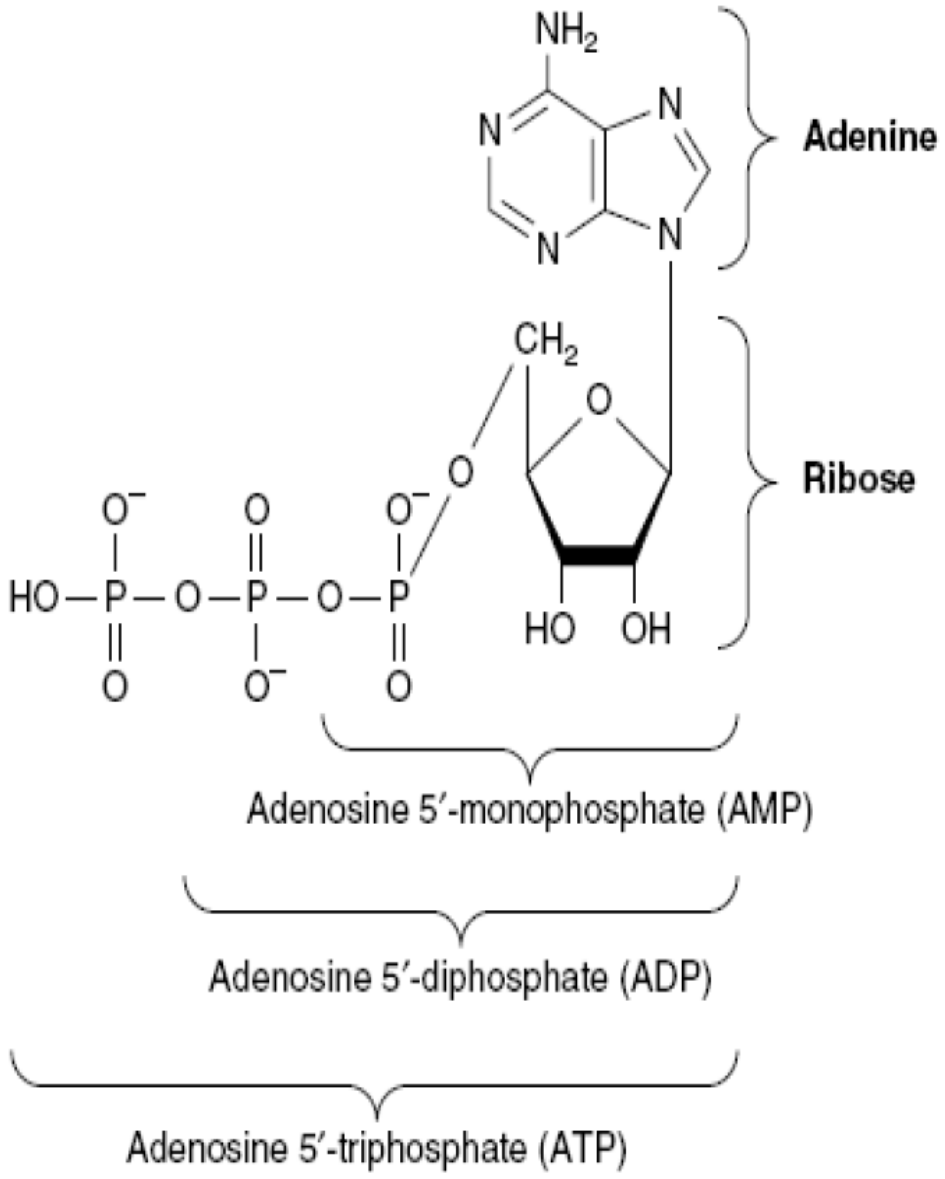
النكليوزيدات هي مركبات ناتجة من **اتحاد أحد جزيئات القواعد النتروجينية** من نوع البيورين أو البيرميدين مع **جزيء السكر** (بيتا رايبوز أو بيتا ديؤكسي رايبوز) برابطة غليكوزيدية (بيتا) ، وفيها تتصل القاعدة النتروجينية مع مجموعة هيدروكسيل على ذرة الكربون الأولى للسكر. ومكان اتصال القاعدة النتروجينية بالسكر هو ذرة النيتروجين رقم ٩ في البيورينات (الأدينين والجوانين) بينما في البيرميدين فمكان الاتصال مع السكر هو ذرة النيتروجين رقم ٣

النكليوتيدات Nucleotides

تسمى **الإسترات الفوسفورية للنكليوزيدات** **بالنكليوتيدات** ويتكون النكليوتيد الأحادي من **قاعدة آزوتية** (بورين أو بيرميدين) **وسكر خماسي** (رايبوز أو رايبوز منقوص الأوكسجين) **وحمض الفوسفور.**

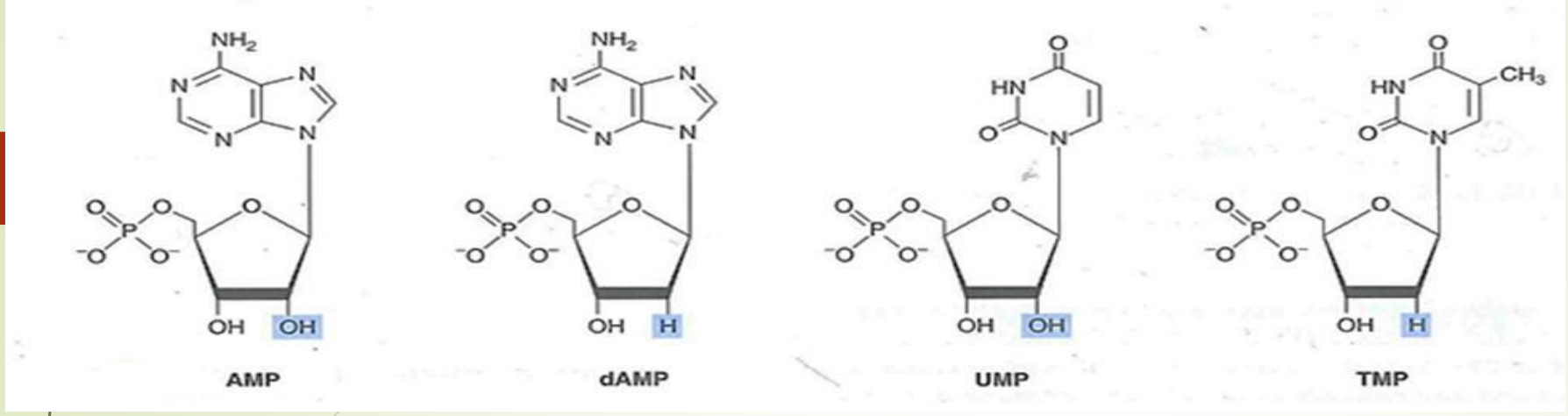
وهناك واحد من أهم النيكليوتيدات الموجودة وهو الأدينوزين أحادي الفوسفات وهذا المركب طبيعيا **AMP** مع إثنين من مشتقاته وهما أدينوزين ثنائي الفوسفات **ADP** وأدينوزين ثلاثي الفوسفات **ATP** يلعب دوراً هاماً في حفظ الطاقة وفي الاستفادة من الطاقة المنطلقة خلال عمليات التمثيل الغذائي بالخلايا

والأهمية الفيزيولوجية لهذه المركبات تكمن في قدرتها على إعطاء واكتساب مجموعات فوسفاتية في التفاعلات البيو كيميائية وتسمى النكليوزيدات والنكليوتيدات تبعاً للقاعدة النيتروجينية الموجودة بها وتسميتها



الشكل(13-8): تراكيب AMP و ADP و ATP.

بعض أشكال النكليوتيدات



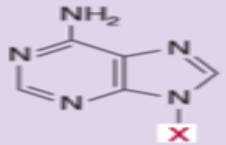
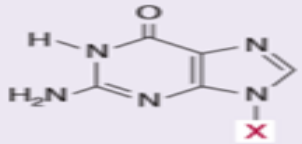
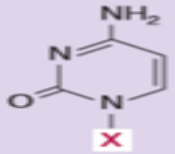
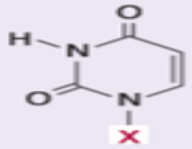
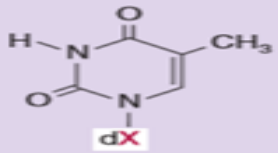
d AMP : هو عبارة عن AMP ولكن سكر الريبوز فيه منقوص الأوكسجين.

- لم نضع حرف d قبل ال TMP مع أنه منقوص الأوكسجين لأن التايمين لا يوجد إلا في ال DNA و نكليوتيدات ال DNA كلها منقوصة الأوكسجين فلا داعي لكتابة dTMP

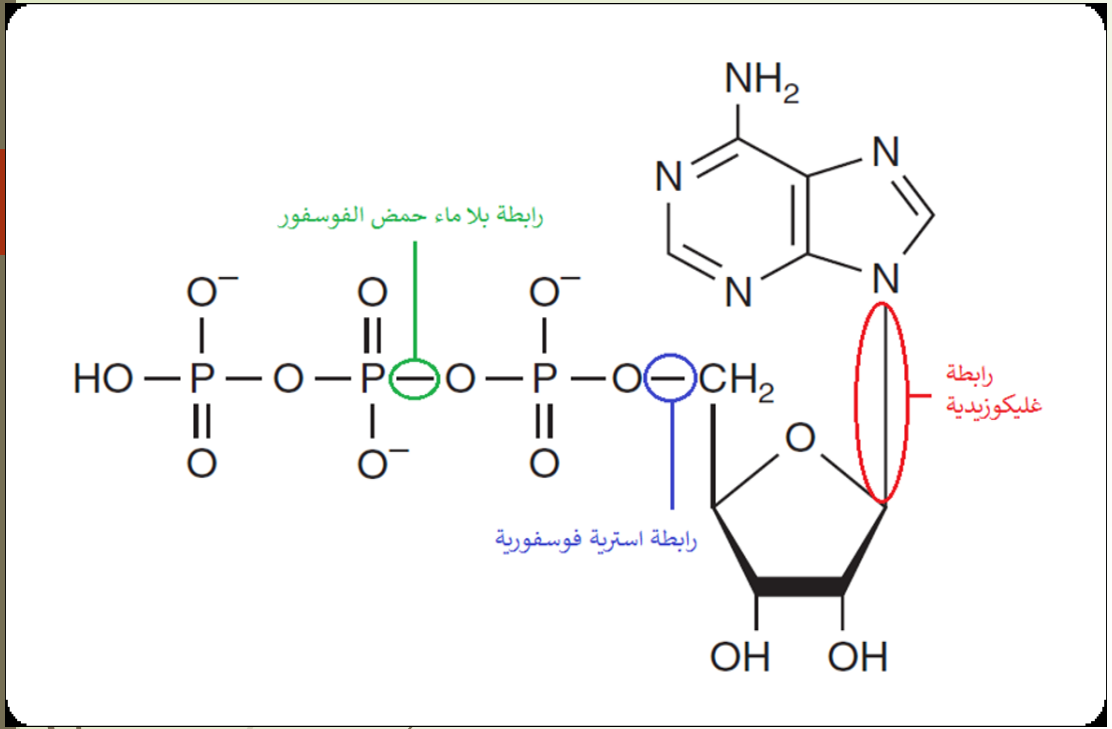
أسماء النوكليوتيدات:

الريبوز		دي أوكسي ريبوز	
أدينوزين 5– أحادي الفوسفات	Adenosine 5- monophosphate **AMP**	دي أوكسي أدينوزين–5– أحادي الفوسفات	Deoxyadenosine 5- monophosphate **dAMP**
غوانوزين 5– أحادي الفوسفات	Guanosine 5- monophosphate **GMP**	دي أوكسي غوانوزين–5–أحادي الفوسفات	Deoxyguanosine 5- monophosphate **dGMP**
سيتيدين 5– أحادي الفوسفات	Sytidine 5- monophosphate **CMP**	دي أوكسي سيتيدين –5– أحادي الفوسفات	Deoxysytidine 5- monophosphate **dCMP**
يوردين 5– أحادي الفوسفات	Uridine 5- monophosphate **UMP**	دي أوكسي يوردين –5– أحادي الفوسفات	Deoxyuridine 5- monophosphate **dUMP**

الصيغ المختلفة للأسس التي تدخل في تركيب النكلوتيدات:

Purine or Pyrimidine	X = H	X = Ribose	X = Ribose Phosphate
	Adenine	Adenosine	Adenosine monophosphate (AMP)
	Guanine	Guanosine	Guanosine monophosphate (GMP)
	Cytosine	Cytidine	Cytidine monophosphate (CMP)
	Uracil	Uridine	Uridine monophosphate (UMP)
	Thymine	Thymidine	Thymidine monophosphate (TMP)

بنية النكليوتيد ثلاثي الفوسفات ATP



يتكون ال ATP من ادينين وسكر ريبوز وثلاث مجموعات فوسفات.

- **مجموعات الفوسفات المشحونة سلباً هي الأساس لوظيفة ال ATP كحامل للطاقة**، لأنه إذا أردنا أن ندخل مجموعة فوسفات على AMP فإننا سنحتاج إلى طاقة لإدخاله؛ وذلك لأننا سنجبر دخول شحنة سلبية على شحنة سلبية فيحصل هذا التنافر، ولذلك عندما يريد المركب التحلل فانه سيحرر طاقة.

❁ هذا التنافر يجعله مركباً ذو كمون عالي الطاقة high potential energy، فعندما سيحرر أول مجموعة فوسفات سيطلق طاقة كبيرة وسيصبح أقل تنافراً، وعندما سيطلق ال ADP ثاني مجوعة فوسفات سيحرر كمية أقل من الطاقة وسيصبح أكثر راحة، فيبقى ال AMP مركب لا يوجد فيه تنافر ولكن عند الشطر يعطي كمية قليلة من الطاقة.

❁ يوجد ATP في الجسم بشكل معقد مع **شاردة المغنيزيوم** Mg^{+2} ليخفف من تنافر الشحنات بين مجموعات الفوسفات، وليبقى بشكل ثابت نسبياً في الجسم، ولكن بمجرد أن يدخل في التفاعل فإنه يتخلص من شاردة المغنيزيوم Mg^{++}

❑ **الأهمية الطبية الحيوية**

❑ تُعتبر النكليوتيدات وحدة البناء الأساسيّة (building block طلائع) للحموض النوويّة DNA و RNA، لكنّها لا تقتصر بوظيفتها على ذلك فقط فتؤدّي وظائف عديدة متخصصة كنكليوتيدات منفردة حرة مثل

ATP مكون طاقي ناقل للطاقة بين المركبات.

UDP-G : Uridine diphosphate glucose يوريدين ثنائي فوسفات الغلوكوز له دور في اصطناع الغليكوجين.

GTP : سيدخل في اصطناع البروتينات.

AMPc : تتم عبره فسفرة للغليكوجين.

GMPc : له دور في تقلص العضلات الملساء.

❑ تسهم في **مجموعة من الوظائف الاستقلابية** والتي لا تقل أهمية عن دورها في الحموض النووية، منها

١- الاستقلاب الطاقيّ :

حيث أن ATP, ADP هي المعطي والمتقبل الرئيسي لمجموعات الفوسفات، فيكون لها دور أساسي في عمليات نقل الطاقة المرافقة للتفاعلات الاستقلابية وعمليات الفسفرة التأكسدية

٢- اصطناع البروتينات : تتطلب هذه العملية ATP , GTP

٣- لها دور هام في نقل الإشارة :

ارتباط الهرمون بالمستقبل يولد إشارة ثانية قد تكون AMP أو cAMP وغيرها من المرسال الثاني

٤- تنظيم الفعالية الأنزيمية :

يمكن أن تكون عن طريق الفسفرة أي أن الانزيم يتفسفر ويصبح غير فعال مثل:
dependent protein kinase c AMP

ويمكن أن تكون تنظيماً تساهمياً فراغياً (منظمات ألوستيرية) Allosteric activation أي يرتبط ATP أو AMP أو CTP في موقع غير موقع ارتباط الركيزة فيغير في البنية الفراغية للإنزيم وبالتالي يصبح الانزيم غير فعال.

كما أن نسبة ATP إلى ADP تؤثر على تفاعلات مسار تحلل السكر حيث أن زيادة النسبة أو نقصانها تؤدي إلى تثبيط أو تنشيط بعض أنزيمات المسار

٥- النكليوتيدات الحلقية تلعب دور رسول ثانوي:

cAMP، cGMP مراسيل ثانوية مهمة في تنبيغ الإشارة.

٦- ترتبط بالفيتامينات التي تلعب دور تمامة أنزيمية:

مثلاً: فيتامين النياسين لا يصبح CO–enzyme إلا ليتحول إلى NAD، أي يرتبط النياسين بال ATP ليعطي الشكل الفعال Nicotine amid Adenine Dinucleotide NAD

Niacin (vit B3) + ATP = NAD

Riboflavin (vit B2) + ATP = FAD

٧- ترتبط النكليوتيدات بالسكاكر أو بالدسم مشكّلةً مركّبات وسطيّة مفتاحيّة في عمليّات الاصطناع:

مثل Galactose–UDP و Glucose–UDP فهذان النكليوتيدان يسهمان في عمليّات التحوّل بين السكاكر وعمليّات اصطناع النشاء والغليكوجين. وبشكل مماثل، فإنّ مشتقّات النكليوزيدات المرتبطة بالشحوم مثل CDP–Acyl glecerol هي مركّبات وسطيّة في عمليّات استقلاب الشحوم.

٨- مراقبة عمليات الفسفرة

ADP المراقب الأساسي لسرعة عمليات الفسفرة التأكسدية حسب تركيزه.

٩- للنكليوتيدات تطبيقات طبّيّة:

تستخدم مضاهئات analogs البورين والبيرميدين (نكليويتيدات صنعية) لعلاج السرطان:

السرطانات: هي تضاعف غير منتظم للخلايا وهذه الخلايا تحتاج حمض نووي تأخذه بمساعدة النكليوتيدات.

طبيّاً أصبح بالإمكان تصنيع مضاهئات Analogs للنكليوتيدات تحوي هالوجين أو كبريت أو ذرات نيتروجين إضافية في علاج الأورام، ولذلك عند علاج الأورام نحقن كمية من المضاهئ analog فيأخذه الجسم ليقوم بتصنيع DNA للخلية السرطانية، وعندما يصبح المضاهئ داخل ال DNA الخلية السرطانية سنكون أمام حالتين:

- إما أن يمنع هذا المضاهئ الارتباط بين سلسلتي ال DNA فيتوقف انقسام الخلية.
- أو يثبط الأنزيمات المتعلقة بالتضاعف ويثبط عملية طي الطاقين.

وهذا يفيدنا في العلاج الكيميائيّ للسرطان والإيدز وفي ضبط الاستجابة المناعيّة في عمليّات زراعة الأعضاء.

خصائص النكليوتيدات:

١- النكليوتيدات هي حموض **متعدّدة الوظيفة الحمضيّة** poly functional Acids
تكون البورينات والبيريميدينات الحرّة أسساً ضعيفة في درجة ال pH الفيزيولوجيّة، أمّا عند تحوّلها إلى نوكليوتيدات فتصبح حموضاً.

٢ - **تمتصّ النكليوتيدات الأشعّة فوق البنفسجيّة** Ultraviolet Light
تمتصّ الروابط المضاعفة المترافقة في مشتقّات البورينات والبيريميدينات الأشعّة فوق البنفسجيّة، ولهذه الخاصّيّة تأثيران سلبيّ وإيجابيّ.

- **الجانب الإيجابيّ** في الأمر هو القدرة على معايرة النكليوتيدات دون الحاجة إلى إجراء التفاعلات اللونيّة، فالمقدار المُمتصّ من الأشعّة يعبّر عن تركيزها، عند طول موجة ٢٦٠ نانو متر
- على صعيد **التأثير السلبيّ** فالأمر يتجلّى بحدوث طفرات في ال DNA عند التعرض لأشعة الشمس تؤدّي في النهاية إلى سرطان الجلد بسبب التعديل الكيميائيّ الحاصل على بنى النكليوتيدات بعد امتصاص الأشعّة فوق البنفسجية التي تحمل طاقة تحفز على حدوث طفرات.

٣- **لها أدوار فيزيولوجية متنوعة:** (وهي الوظائف التي تم ذكرها):
كما ذكرنا فمنها معطي ومستقبل أساسي للطاقة مثل ADP و ATP ومنها من يلعب دور مرسال ثانوي cAMP و cGMP , ومنها معطي للكبريت مثل أدينوزين ٥′-فوسفات- ٣′-فوسفوسُلفات أو معطي للميتيل مثل S– adenosylmethionine ولها دور في اصطناع البروتينات والمشاركة في اصطناع الشحوم الفوسفورية مثل , CTP وتلعب بعض النكليوتيدات دوراً في التنظيم الفراغي.

النكليوزيدات ثلاثية الفوسفات تملك كمون عالي (طاقة عالية) لنقل مجموعات الفوسفات:

$$ATP \leftrightarrows ADP+PI \leftrightarrows AMP+PPI$$

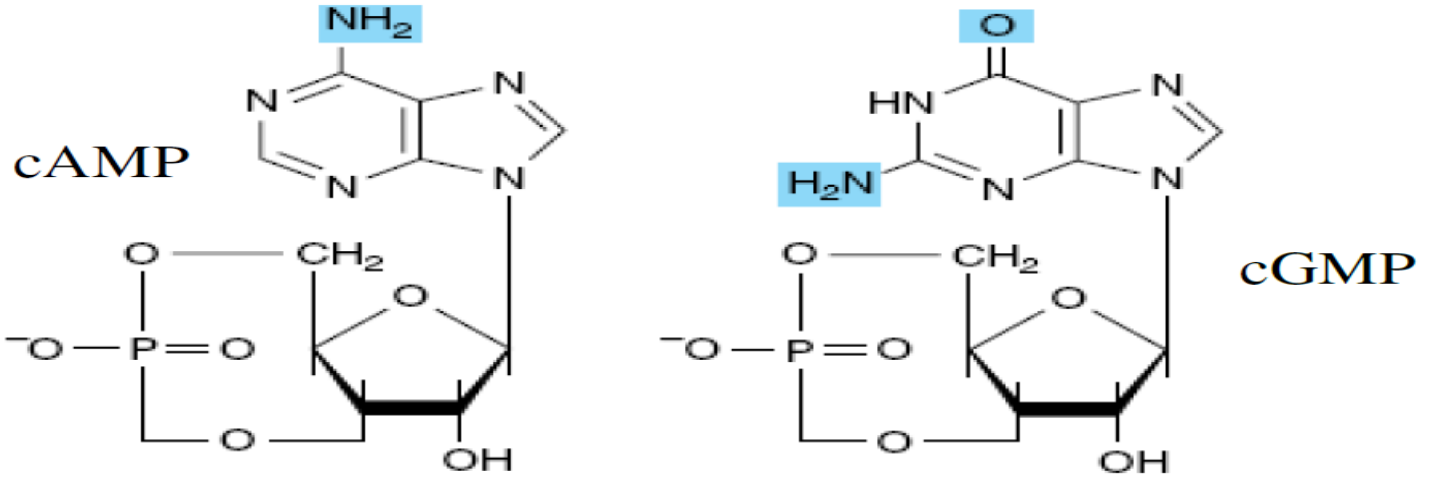
$$PPi \rightarrow Pi+Pi \qquad \Delta G= -21\ KJ$$

❁ نستفيد من الكمون العالي لهذه النكليوزيدات بتحرير الطاقة اللازمة لارتباط النكليوتيدات ببعضها لتشكيل الحمض النوويّ (وهي عمليّة متطلّبة للطاقة).

تدخل النكليوتيدات في **بنية العديد من تمائم الأنزيمات**، كما تدخل في بُنى مشابهة لبنية النكليوتيدات البورينيّة والبيريميدينيّة.

النيوكليوتيدات الحلقية Cyclic nucleotides

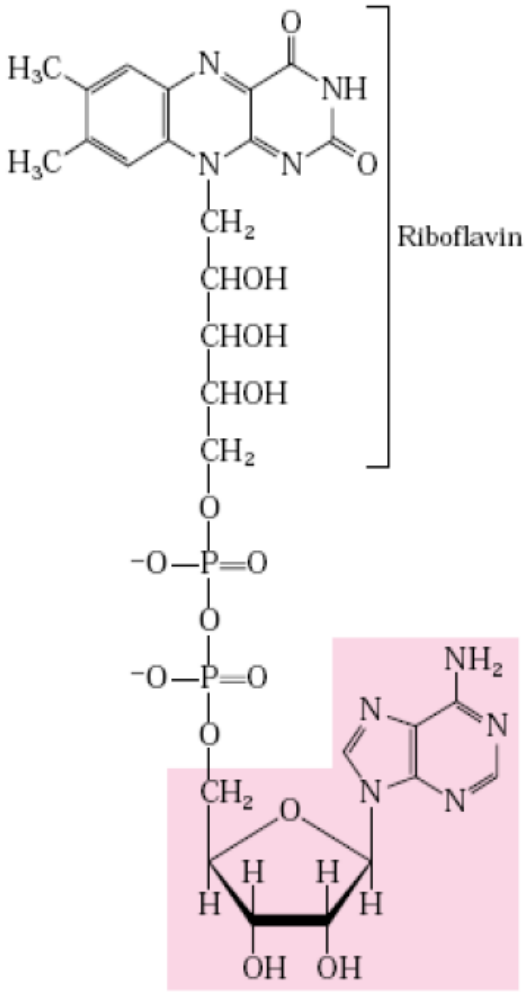
تتكون النيوكليوتيدات الحلقية من أسترة مجموعة الفوسفات مع ذرتي كاربون، ومثال ذلك أدينوسين 3′ ، 5′ – أحادي الفوسفات الحلقي Adenosine 3′ , 5′ - cyclicmonophosphate (cAMP) والكوانوسين 3′ ، 5′ – أحادي الفوسفات الحلقي Guanosine 3′ , 5′ - cyclicmonophosphate (cGMP) (**الشكل 14–8**). تلعب هذه النيوكليوتيدات دوراً مهماً في العمليات الأيضية لعدد من الهرمونات وقد أطلق عليها المرسل أو الرسول الثاني Second messenger ، لأنها تعمل على نقل وتجسيم الإشارات الكيميائية التي تصل عن طريق الدم من الهورمونات (تسمى الهورمونات بالمرسل الأول



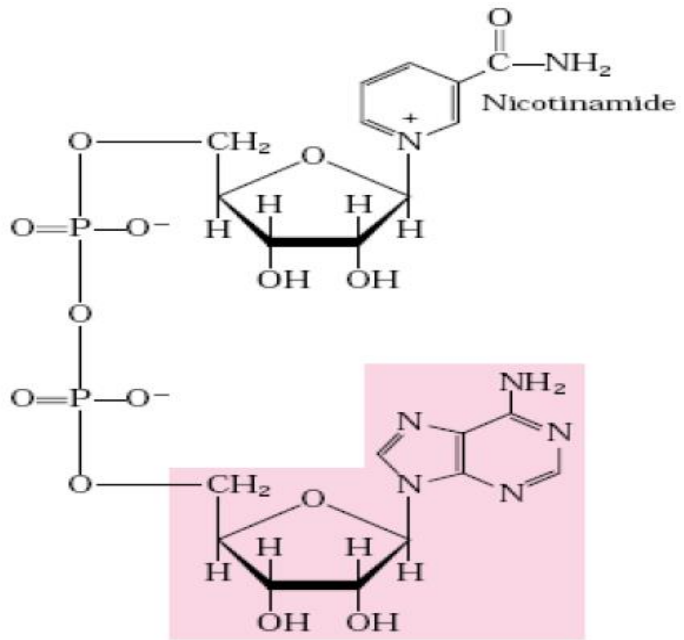
الشكل(14–8): أدينوسين 3′ ، 5′ – أحادي الفوسفات الحلقي والكوانوسين 3′ ، 5′ – أحادي الفوسفات الحلقي.

النيوكليوتيدات المقترنة Conjugated Nucleotides

النيوكليوتيدات المقترنة عبارة عن رايبونيوكليوتيدات أو الديوكسي رايبونيوكليوتيدات مرتبطة مع مجاميع مستبدلة وتحوي هذه المركبات أيضاً على مجموعة فوسفات أحادية أو ثنائية الفوسفات، والتي لهـا وظـائف بايولوجية مهمة وتدخل بوصفها مرافقات إنزيمية (Coenzymes) أثنـاء بنـاء الـدهون أو الـسكريات أو تفاعلات الأكسدة والاختـزال ومثـال ذلـك: مـساعد الإنـزيم نيكوتنأميـد أدنـين ثنـائي النيوكليوتيـد Nicotinamide adenine dinucleotide (NAD^+) ونيكوتنأميد أدنـين ثنـائي النيوكليوتيـد فوسـفات ($NADP^+$) والفلافين أدنين ثنائي النيوكليوتيد Flavin adenine dinucleotide (FAD) والفلافين أدنـين أحادي النيوكليوتيد Flavin adenine mononucleotide (FMD) ومرافق الإنـزيم A(Coenzyme A)

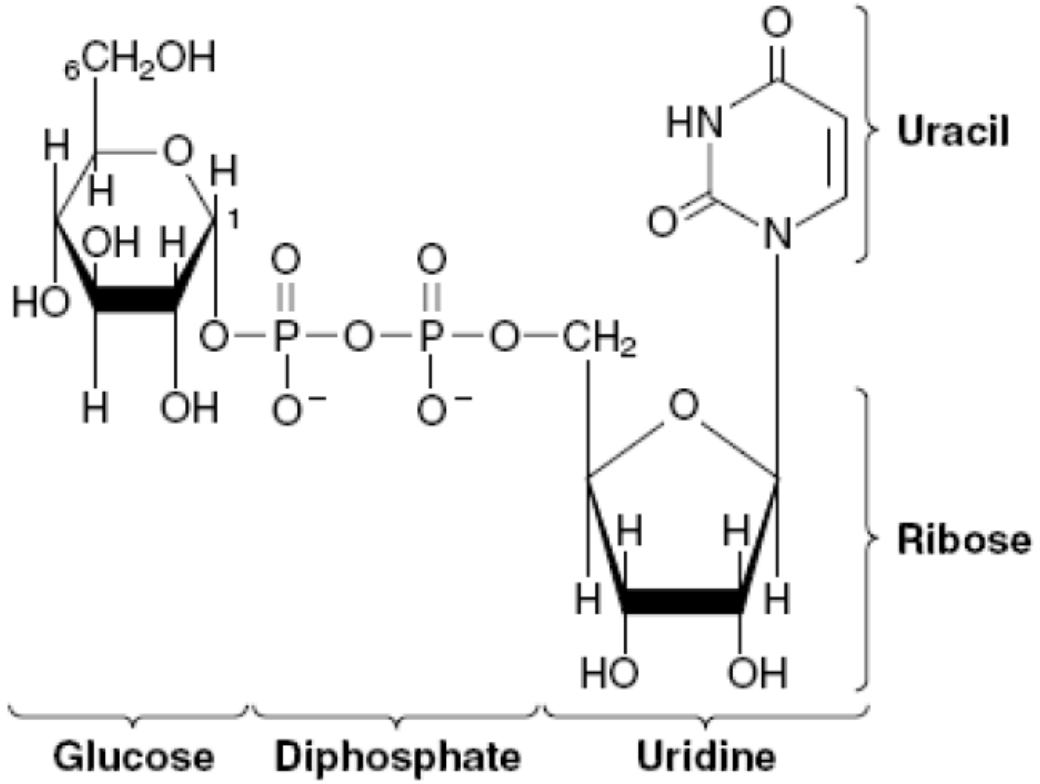


Flavin adenine dinucleotide (FAD)



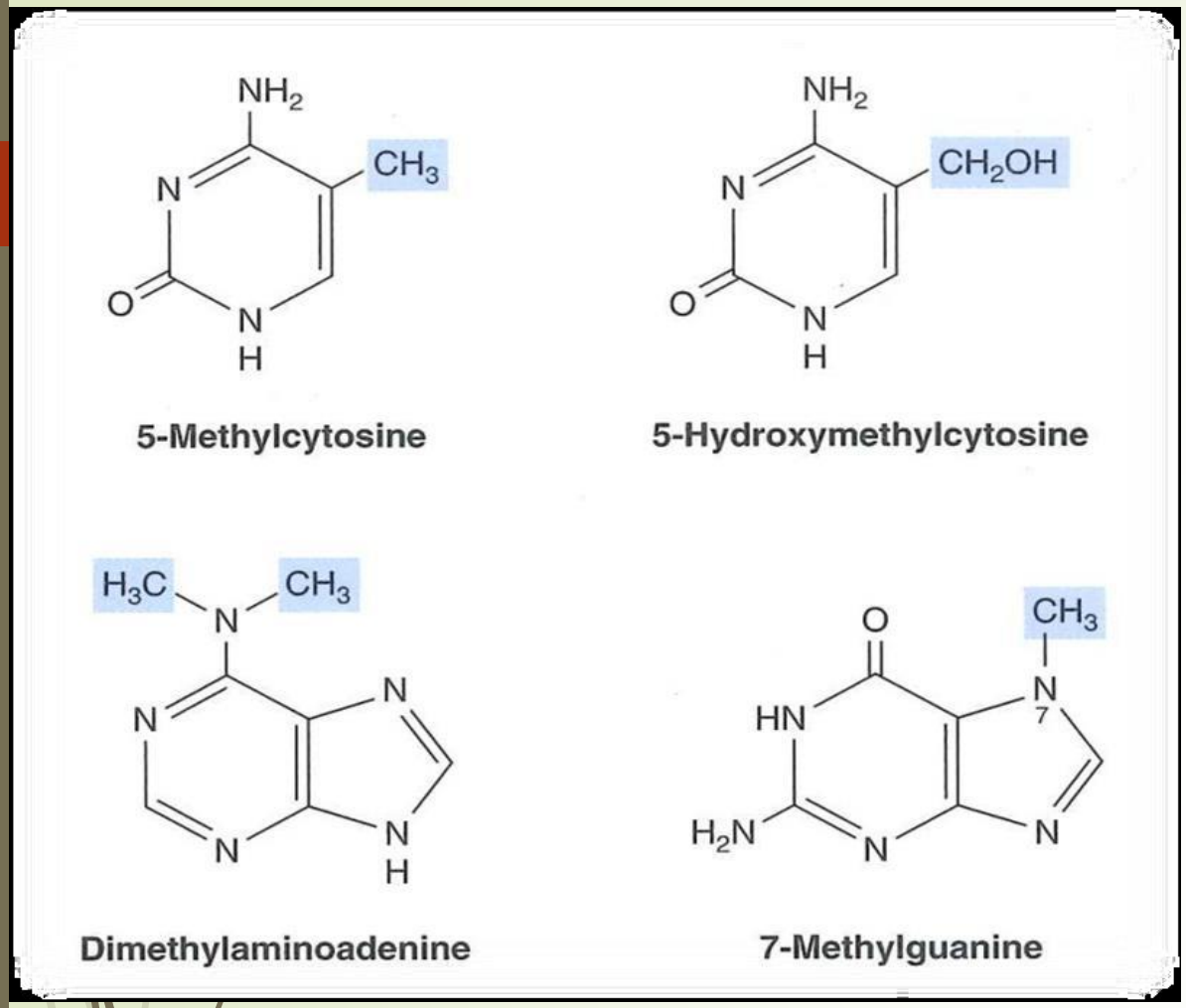
Nicotinamide adenine dinucleotide (NAD^+)

فضلاً عن وظائفها بوصفها مرافقات إنزيمية، يمكن أن تستخدم أيضاً نواقل متخصصة لبعض الوحـــدات البنائية للجزيئات مثال ذلك اليوردين ثنائي فوسفات Uridine diphosphate (UDP) الذي يستخدم نـــاقلاً متخصصاً لوحدات سكر الكلوكوز أثناء البناء الحيوي للسكريات المتعددة (**الشكل 16–8**) ويـــستخدم كـــذلك نيوكليوتيد السايتدين ثنائي الفوسفات Cytidine diphosphate choline ناقلاً لمجاميع الكولين لبناء الدهون المفسفرة.



النكليوتيدات المُعدَّلة:

يمكن أن تحدث تعديلات بسيطة على بنى النكليوتيدات DNA و RNA فتنتج بنى جديدة تحوي أسساً بورينيّة وبيريميدينيّة مختلفة، من أمثلتها:



٥-Methyl cytosine الموجود في DNA البشر والجراثيم.

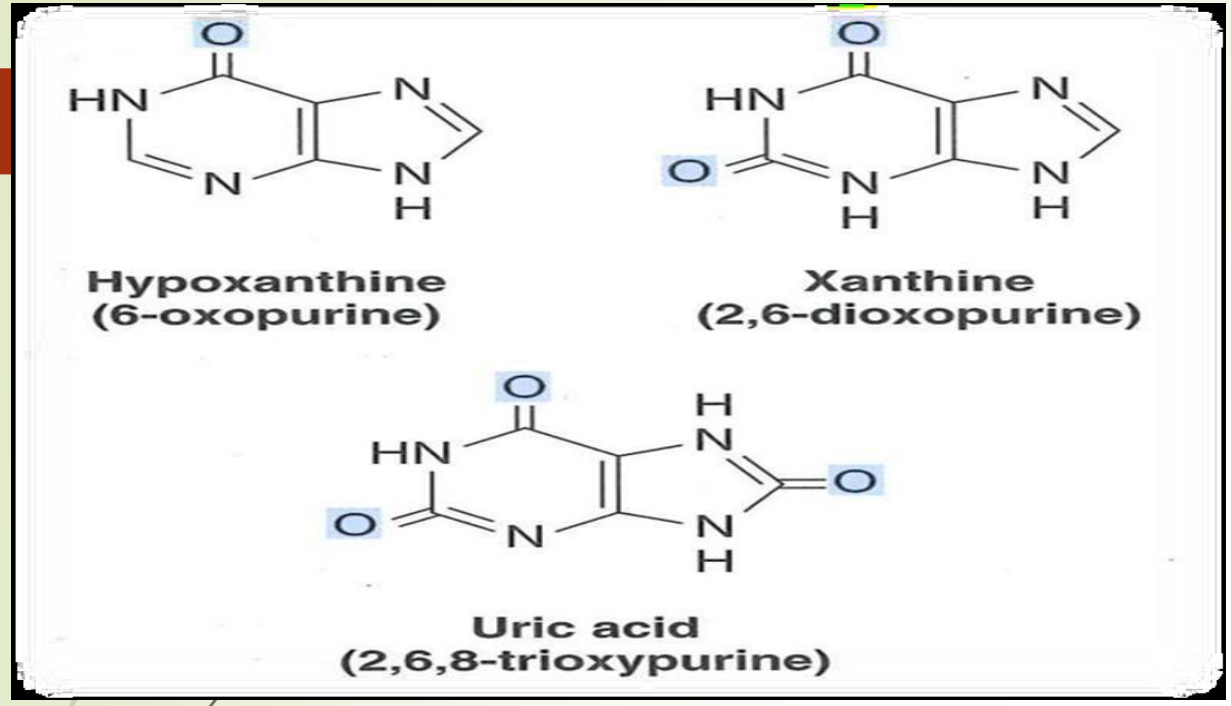
لهذه النكليوتيدات المُعدَّلة وظائف معينة سواء في الترجمة أو في البنية التي سيأخذها ال DNA، أو في تنظيم نصف العمر لل RNA

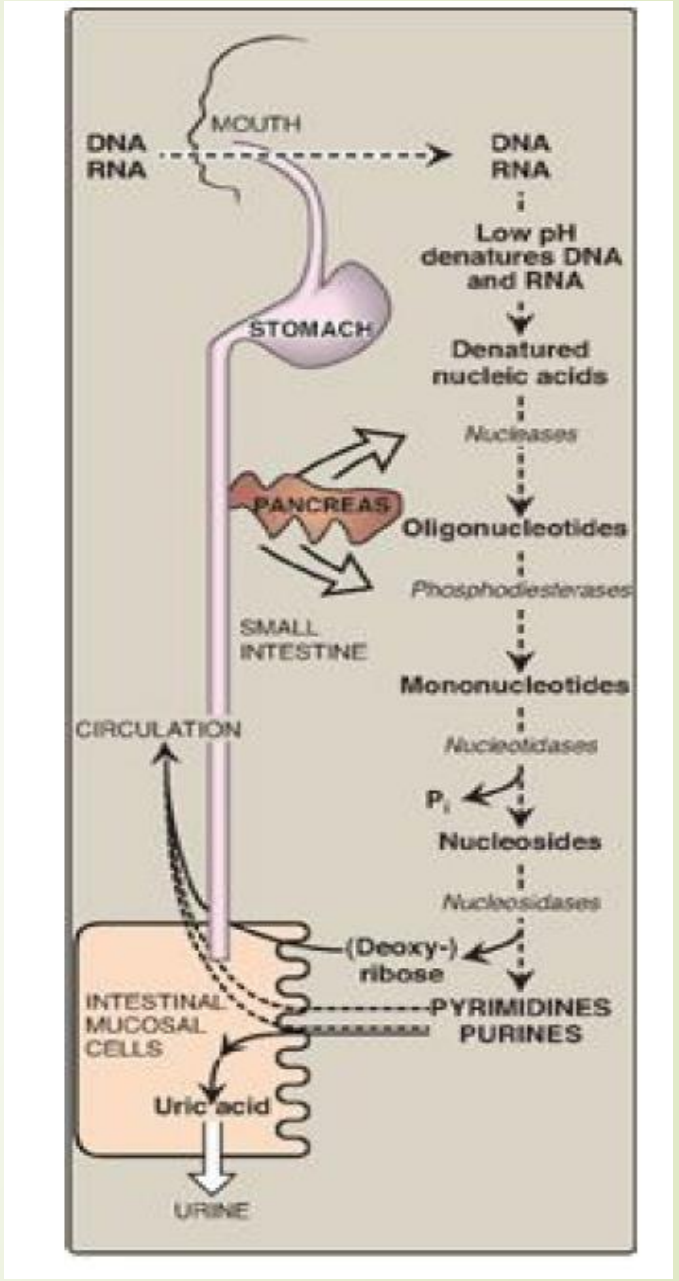
أسس حرة مُعدَّلة موجودة في الجسم:

- الهيبوكزانتين Hypoxanthine
- الكزانتين Xanthine
- حمض البول Uric Acid

إن **ناتج استقلاب البورينات** هو حمض البول، وأثناء الاستقلاب ينتج كمية من الكزانتين والهيبوكزانتين.

ملاحظة: الهيبوكزانتين هو الأقل أكسدة وحمض البول هو الأكثر أكسدة والأقل انحلالاً لذلك عندما تصبح PH البول حامضية يترسب حمض البول مما يدلنا على زيادة الاستقلاب في الجسم.


Hypoxanthine
(6-oxopurine)
Xanthine
(2,6-dioxopurine)
Uric acid
(2,6,8-trioxypurine)


DNA
RNA
MOUTH
DNA
RNA
Low pH
denatures DNA
and RNA
STOMACH
Denatured
nucleic acids
Nucleases
PANCREAS
Oligonucleotides
Phosphodiesterases
SMALL
INTESTINE
Mononucleotides
CIRCULATION
Nucleotidases
Pi
Nucleosides
Nucleosidases
(Deoxy-)
ribose
INTESTINAL
MUCOSAL
CELLS
PYRIMIDINES
PURINES
Uric acid
URINE

البنية الكيميائية للحموض النووية :

توجد الحموض النووية في جميع خلايا الكائنات الحية الحيوانية والنباتية حرة أو مرتبطة مع البروتينات

ويوجد نوعان من الحموض النووية : الحمض النووي الريبيRNA والحمض النووي الريبي منقوص الأوكسجين DNA

1- تتألف جزيئة الـ DNA من سلسلتين طويلتين من متعدد النيوكليوتيد ملفوفتين على بعضهما مكونتين الحلزون المزدوج Double Helix (**الشكل 22-8**) . وتشغل القواعد النيتروجينية المنطقة الداخلية من الحلزون اما الفوسفات وسكر الديكوسي فيشغل المنطقة الخارجية (المحبة للماء) والذي اقترح من قبل العالمين واتسون وكرك (Watson and Crick) عام 1953.

2- وجد العالم جاركاف Chargaff والعاملون معه إن مجموع نيوكليوتيدات البيورين(G + A) في الـ DNA مساوية لمجموع نيوكليوتيدات البيريميدين(T + C) أي أن كمية الأدنينA في السلسلة الأولى مساوية لكمية الثايمين في السلسلة الثانية وكذلك الحال بالنسبة لكمية الكوانين G تكون مساوية لكمية السايتوسين C، ونسبة A على T تساوي واحد، وكذلك نسبة G على C تساوي واحد وتسمى هذه الحالة بتكافؤ القواعد Base equivalences في الـ DNA.

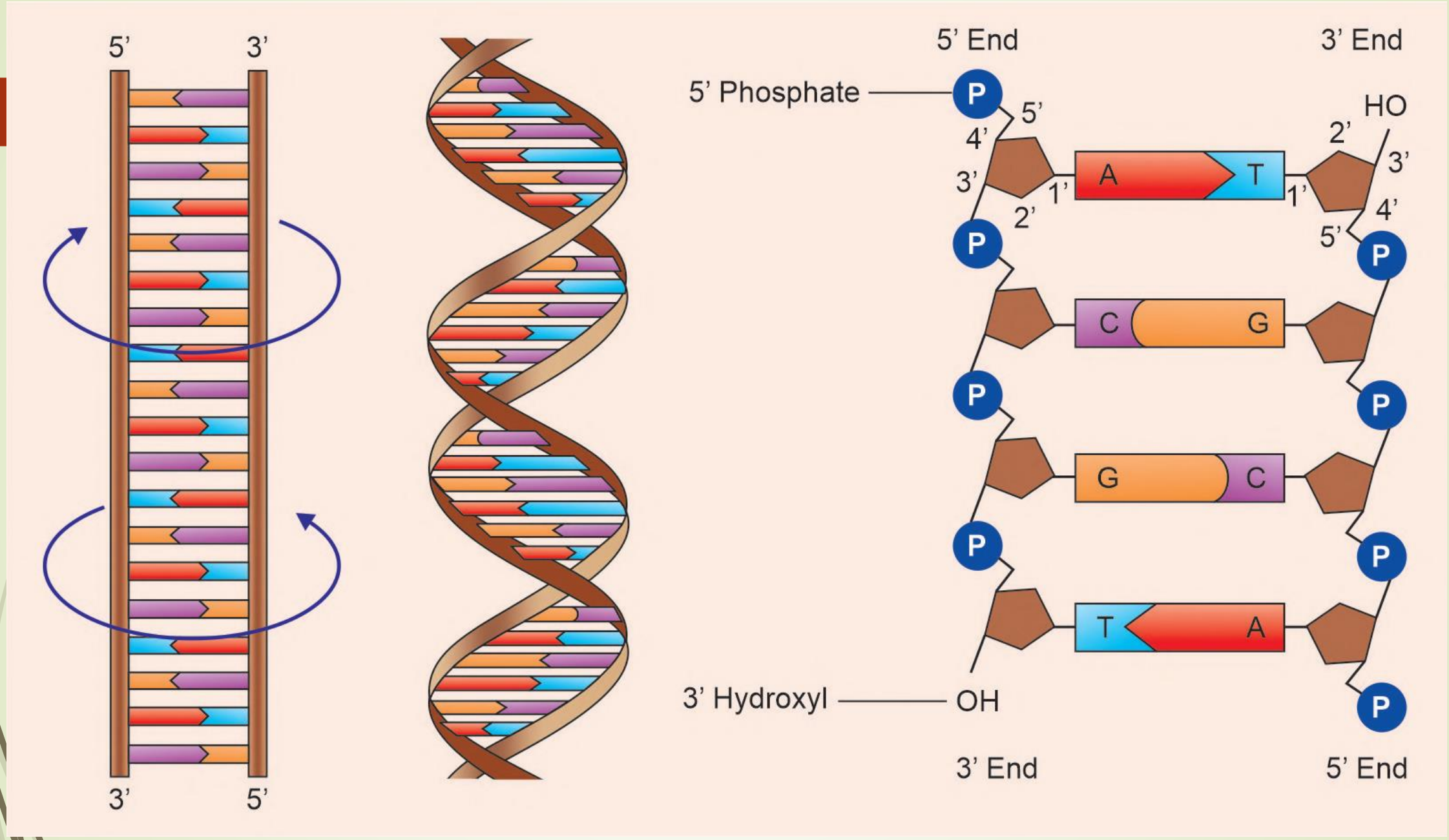
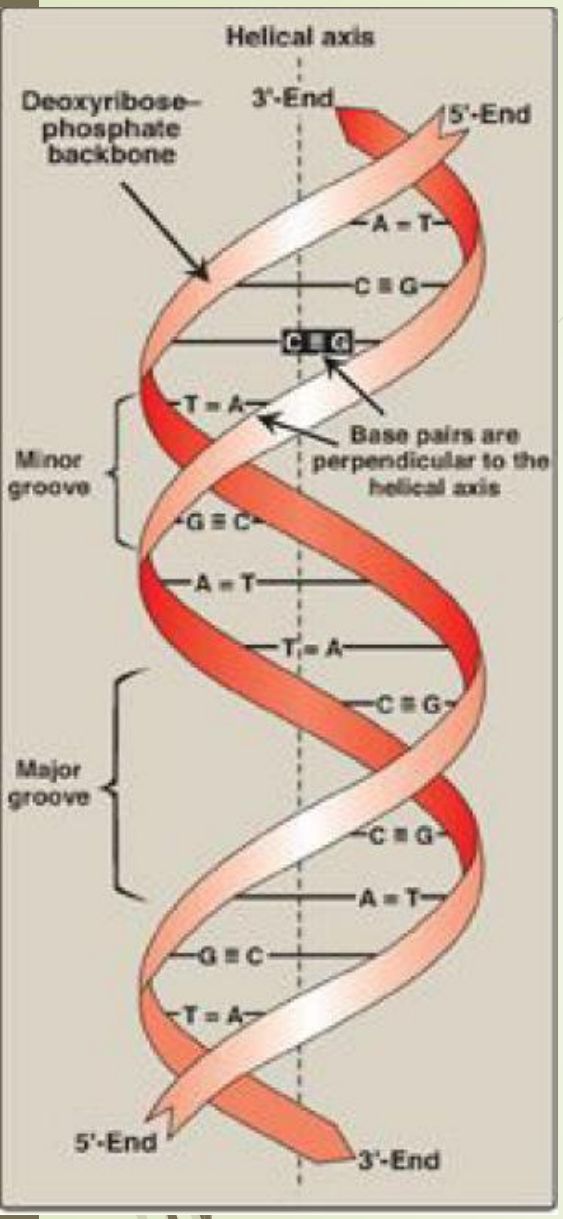


Fig. 15.3: Molecular structure of DNA



ترتبط النكليوتيدات ببعضها في الطاق المنفرد بروابط phosphodiester 3`-5` استرية فوسفورية(، ويتشكل في النهاية سلسلة تكون الأسس متدلية منها، في نهايتها الأولى يوجد مجموعة فوسفات حرة مرتبطة بالكربون ٥` ، وفي نهايتها الأخيرة يوجد مجموعة OH حرة مرتبطة بالكربون ٣` ، أي كل طاق له قطبية معينة.

مما يدل على أن هذا المركب يكون موجه له بداية ونهاية محددة . directional molecule

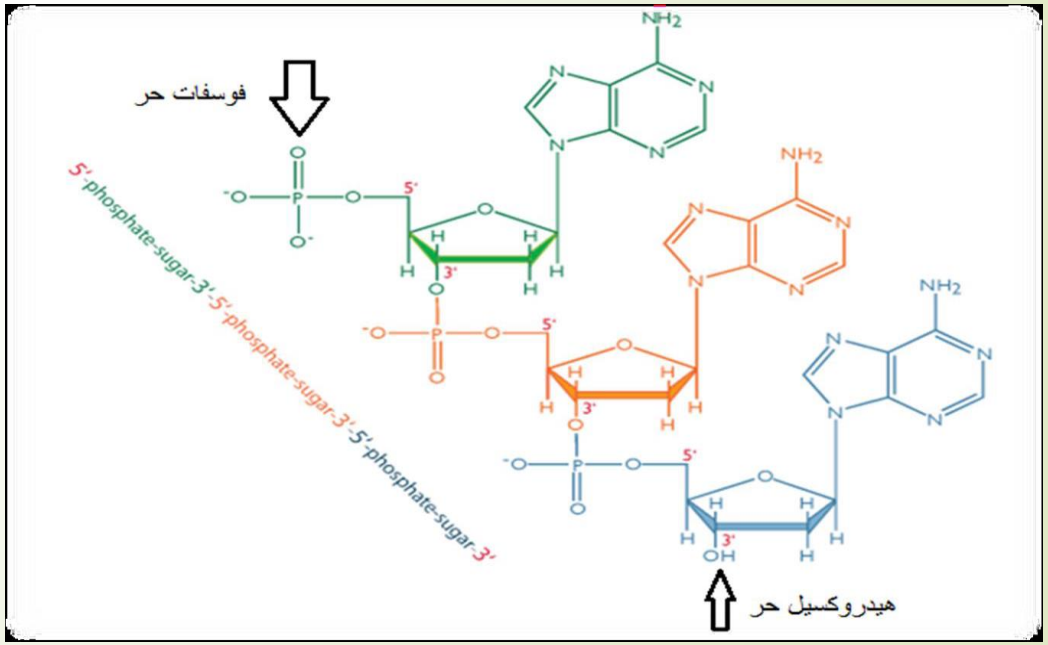
تساهم الأسس المتدلية بروابط هيدروجينية مع الطاق المتمم الذي يكون عكس الطاق الأول.

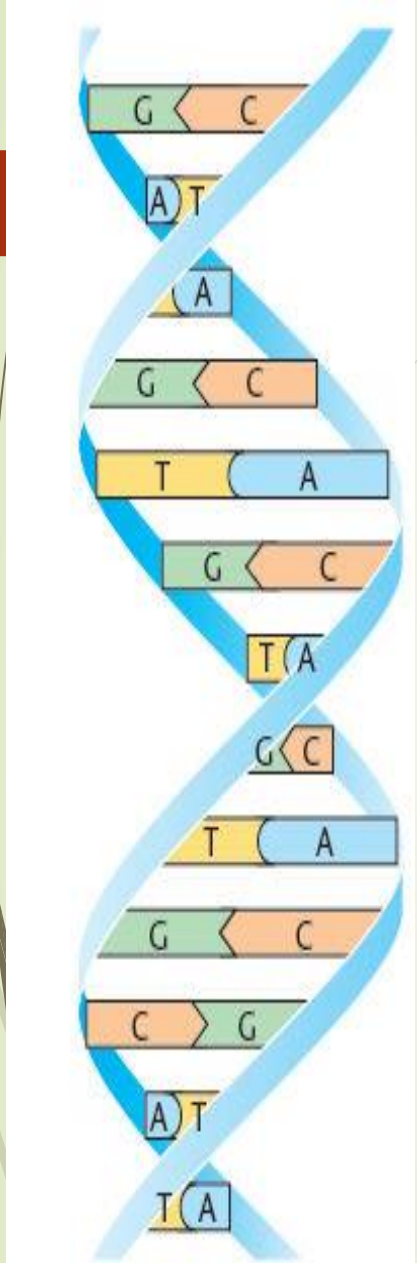
مثال:

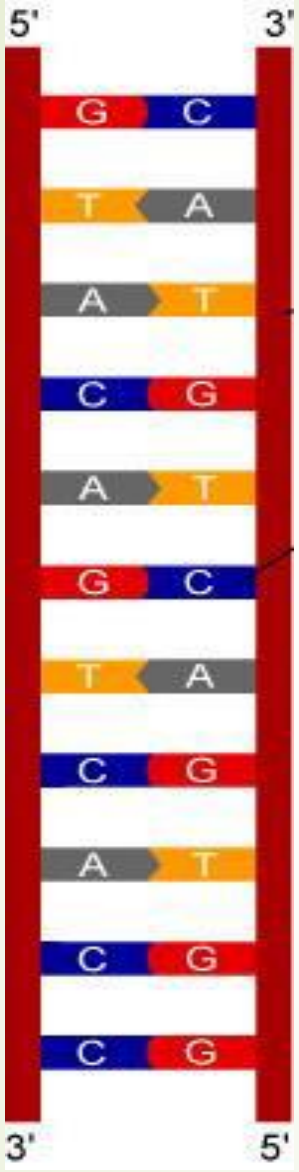
`3 ATCGG 5الطاق المتمم له هو: `5`TAGCC3

اعتمدوا في تسمية النكليوتيد على وضع اسم الأساس فقط، مثل: A,T,C,G

يكتب تسلسل القواعد دائماً ابتداءً من النهاية `5باتجاه اليسار إلى النهاية ٣` في اليمين والتي تعبر عنها فقط باستخدام اختصارات للقواعد النتروجينية في الجزيئة







الحلزون المزدوج

Table 10.1 Molar Ratios of Bases in DNA from Various Organisms

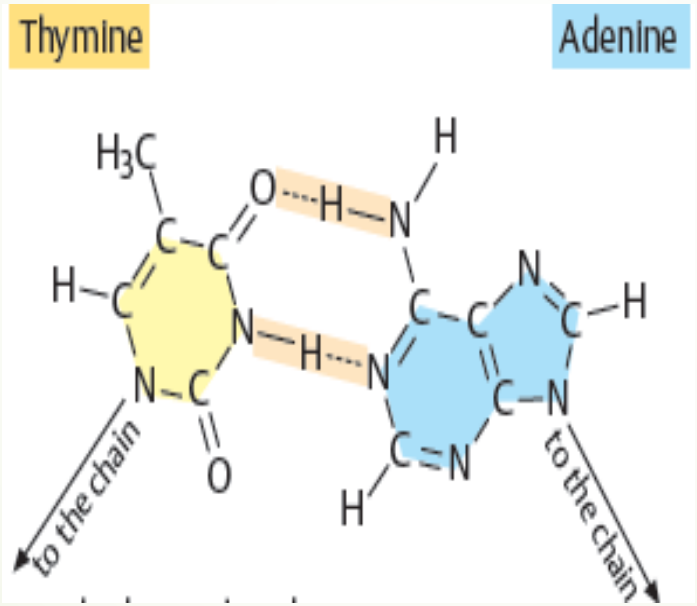
Source	Adenine to Guanine	Thymine to Cytosine	Adenine to Thymine	Guanine to Cytosine	Purines to Pyrimidines
Human	1.56	1.75	1.00	1.00	1.0
Hen	1.45	1.29	1.06	0.91	0.99
Salmon	1.43	1.43	1.02	1.02	1.02
Wheat	1.22	1.18	1.00	0.97	0.99
Yeast	1.67	1.92	1.03	1.20	1.0
Haemophilus influenzae	1.74	1.54	1.07	0.91	1.0
E. coli K-12	1.05	0.95	1.09	0.99	1.0
Serratia marcescens	0.7	0.7	0.95	0.86	0.9

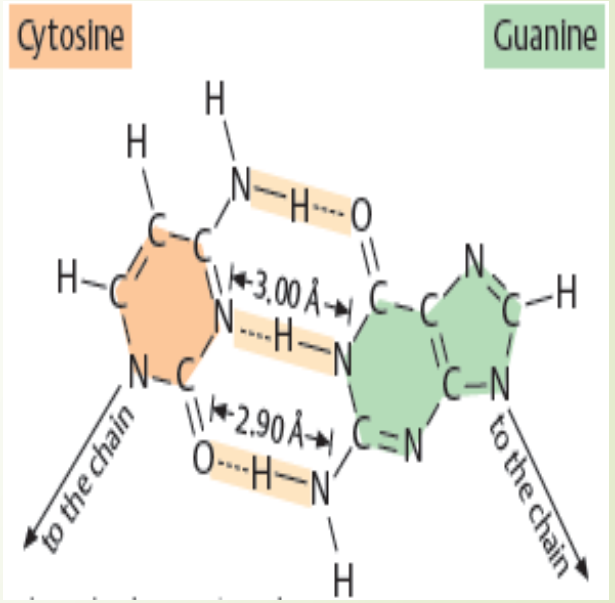
Source: After Chargaff, E., 1951. Structure and function of nucleic acids as cell constituents. *Federation Proceedings* 10:654–659.

3- **إن استقرار السلسلتين للحلزون المزدوج يعود الى:**

أ- التداخل الهيدروفوبي Hydrophobic interaction بين القواعد النيتروجينية للسلسلتين.

ب- الأواصر الهيدروجينية الثلاثة بين الكوانين والسايتوسين (G≡C) والاصرتين الهيدروجينية بين الأدنين والثايمين (A=T) **(الشكل 23-8)**.





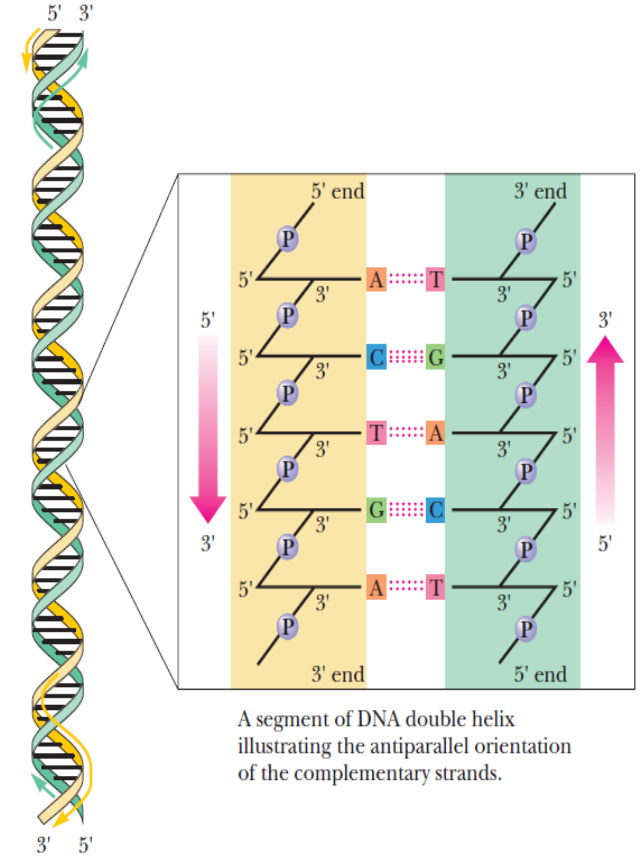
الأواصر الهيدروجينية المتكونة بين القواعد النيتروجينية.

جـــ- الأواصر التساهمية في تركيب السلسلة الحلزونية الواحدة.

د- الأواصر الأيونية.

هـــ- تركيب السلسلتين الحلزونيتين يكون بشكل حلقتين (لقاعدة البيورين A او G) مع حلقة واحدة (لقاعدة البريميدين T او C) مشكّلةً بذلك تناسقاً حجمياً ساعد على زيادة الإستقرارية (**الشكل 24-8**).

و- وجود البروتينات القاعدية (كالهستونات) ساعد على زيادة إســتقرار الـــ DNA بإلتفــاف الــسلاسل الحلزونية المزدوجة حول هذه البروتينات.



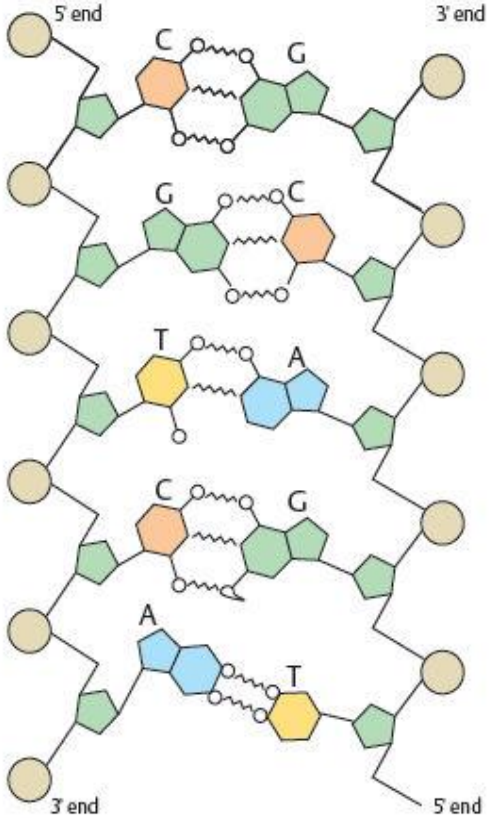
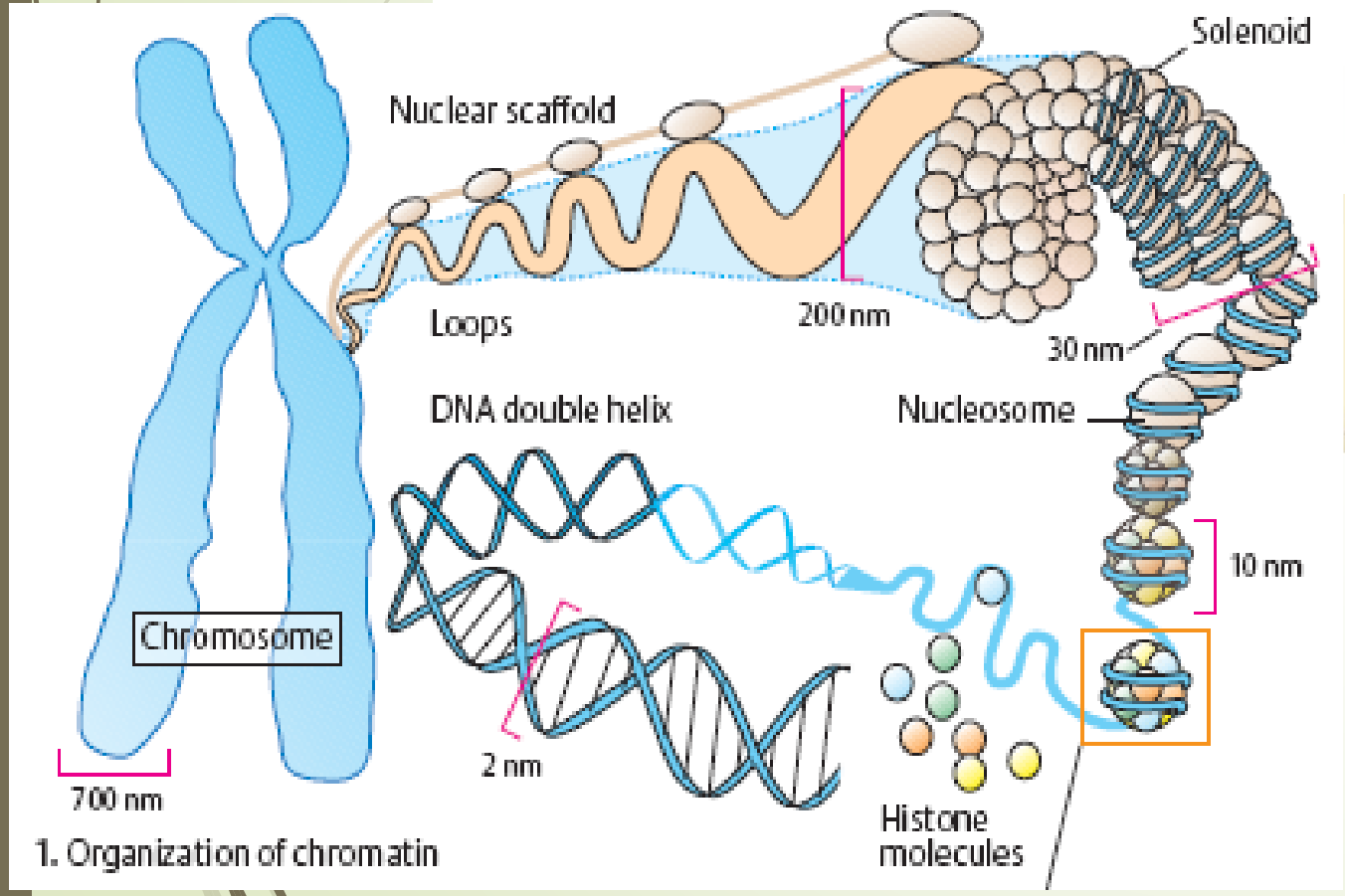
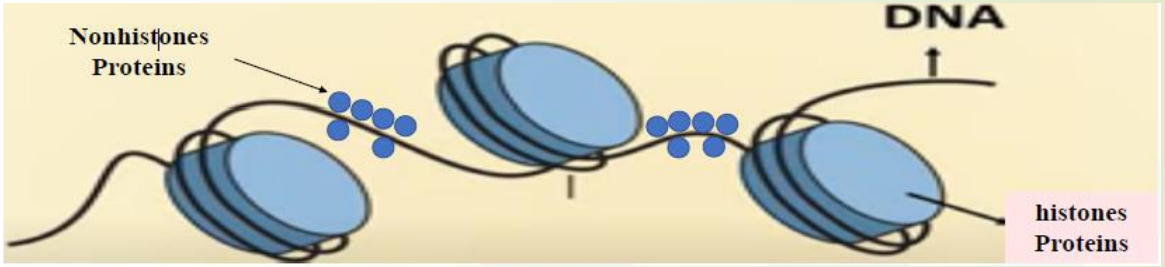


Figure 10.15 The antiparallel nature of the DNA double helix.

تتحد الأحماض النووية DNA في الخلايا حقيقية النواة مع بروتينات قاعدية(غنية بالأحماض الأمينية الأرجنين واللايسين) ويطلق عليها بالهستونات Histones والبروتامينات Protamines وتنظم على شكل ألياف تسمى الألياف الكروماتينية Chromatin fibers في النواة والتي تحاط بنظام غشائي مزدوج معقد(**الشكل 21-8**). أما في الخلايا بدائية النواة فهي تحتوي على جزيئة واحدة من DNA متجمعة في منطقة واحدة تسمى بالمنطقة النووية Nuclear zone أو بعبارة أخرى إن الخلايا بدائية النواة لا تحوي غشاء يحيط بالمادة الوراثية.



1. Organization of chromatin



الحمض النووي الريبي RNA

جزيئة الحمض (RNA) عبارة عن بوليمر (متماثر) وحداته الأولية نوكليوتيدات ترتبط بعضـــها مع بعضـها الآخر بجسـور فوسـفو ثنائي الإسـتر وكل جسـر من جسـور ثنائي فوسـفو الإسـتر تربط ما بين زمرة هيدروكسـيل الرايبوز المرتبطة بذرة الكربون 3 لأحد النوكليوتيدات مع هيدروكسـيل الرايبوز المرتبط بذرة الكربون 5 لنوكليوتيد آخر مجاور. وتكون جزيئة الحمض (RNA) على شكل سلسلة مفردة، ويوجد الحمض (RNA) بشكل رئيسي خارج النواة في السيتوبلاسما ويشكل حوالي (5–10%) من الوزن الكلي للخلية.

أنواع ال RNA

- RNA الريبوزومي – r RNA، Ribosomal RNA ونسبته تبلغ ٨٠ % من ال RNA الكلّيّ، ويكون عالي الثبات، نسبته عالية بسبب كبر حجمه.
- RNA الرسول mRNA – Messenger RNA، ونسبته ٥ ٢ %، ويكون قليل إلى عالي الثبات.
- RNA الناقل tRNA – Transfer RNA نسبته حوالي ١٥ % ويكون عالي الثبات.
- RNA النووي الصغير، snRNA Small nuclear نسبته أقل أو تساوي ال % ١، ويكون عالي الثبات.

الحمض النووي الريبي الرسول mRNA:

يوجد في النواة وعند اقترابه من ال DNA يستنسخ أحدى سلسلتيه ثم يخرج من النواة إلى الريبوسومات حيث يوجه اصطناع السلسلة البروتينية وذلك بانتقاء الحموض الأمينية المناسبة وترتيبها بالشكل المناسب لاصطناعها ، ولكل بروتين يتم اصطناعه في الخلية الحية حمض رسول **mRNA**خاص باصطناعه.

وجوده مؤقت حتى يتم ترجمة الجين إلى بروتينات ثم يتحلل بعد ذلك

الحمض النووي الريبي الناقل tRNA: يقوم بنقل الحموض الأمينية إلى أماكن اصطناع البروتينات ولكل حمض أميني حمض ناقل tRNA خاص به على الأقل يقوم بنقله وتوجد عدة حموض tRNA لنقل بعض الحموض الأمينية

الحمض النووي الريبوسومي **rRNA**:

توجد في السيتوبلاسما والأجسام الريبية وهي بمثابة مصنع يتم فيها اصطناع البروتينات في الخلية الحية .

تجتمع في الريبوسومات جزيئاتmRNA الحاملة للصفات الوراثية المحددة لبنية البروتين مع مختلف الحموض الأمينية المحمولة على جزيئات tRNA حيث يتم ربط الحموض الأمينية باشتراك الأنواع الثلاثة للحموض الريبيةRNA

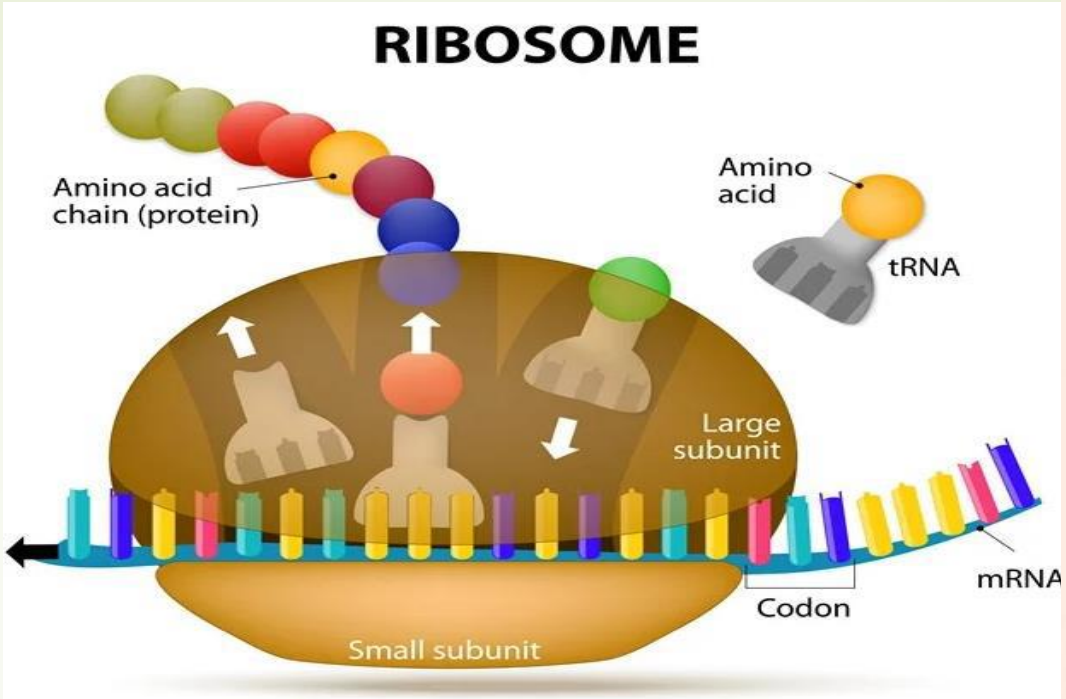
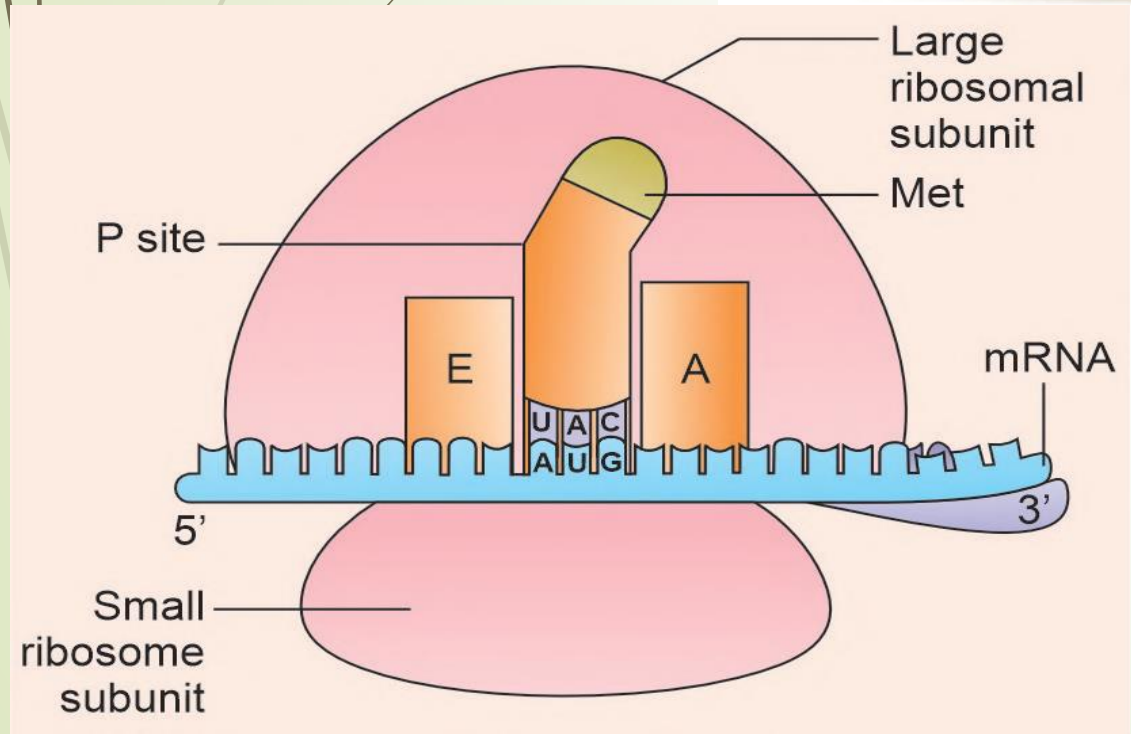


Fig. 15.4: r RNA



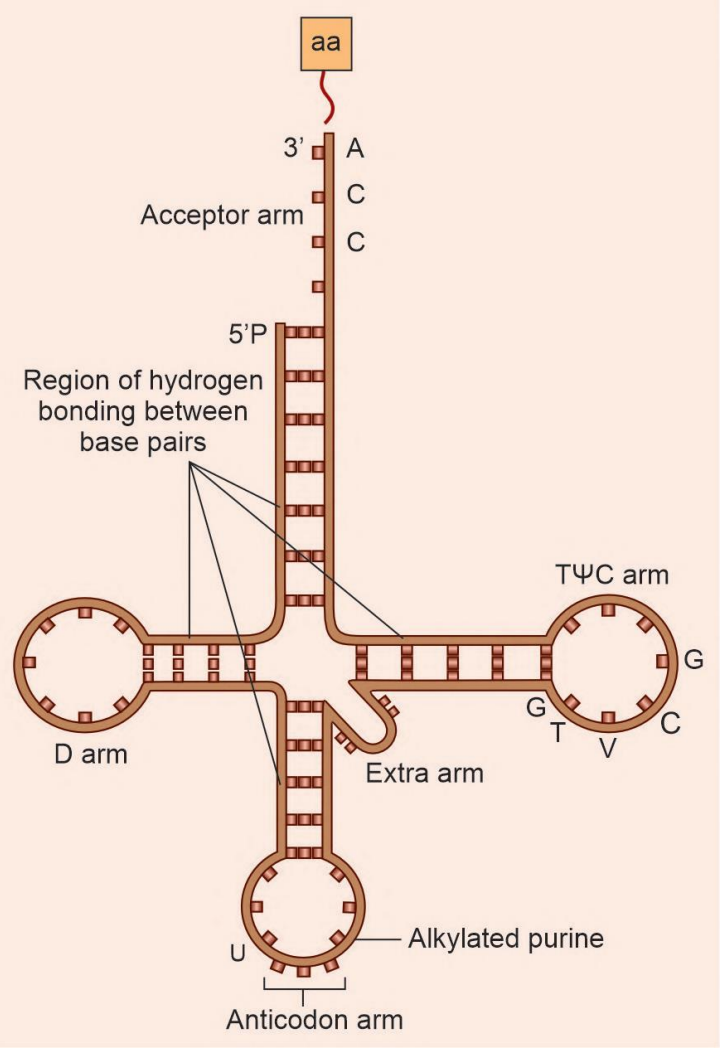
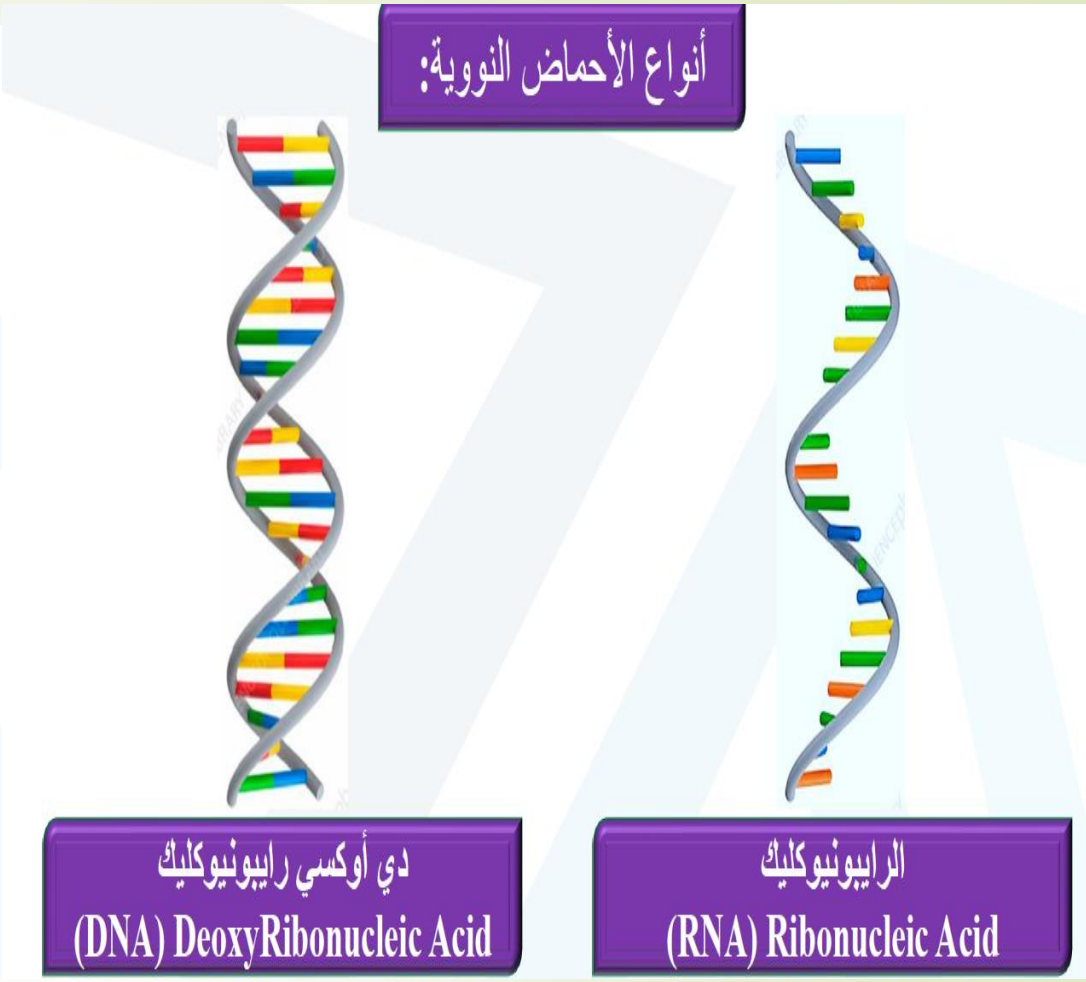
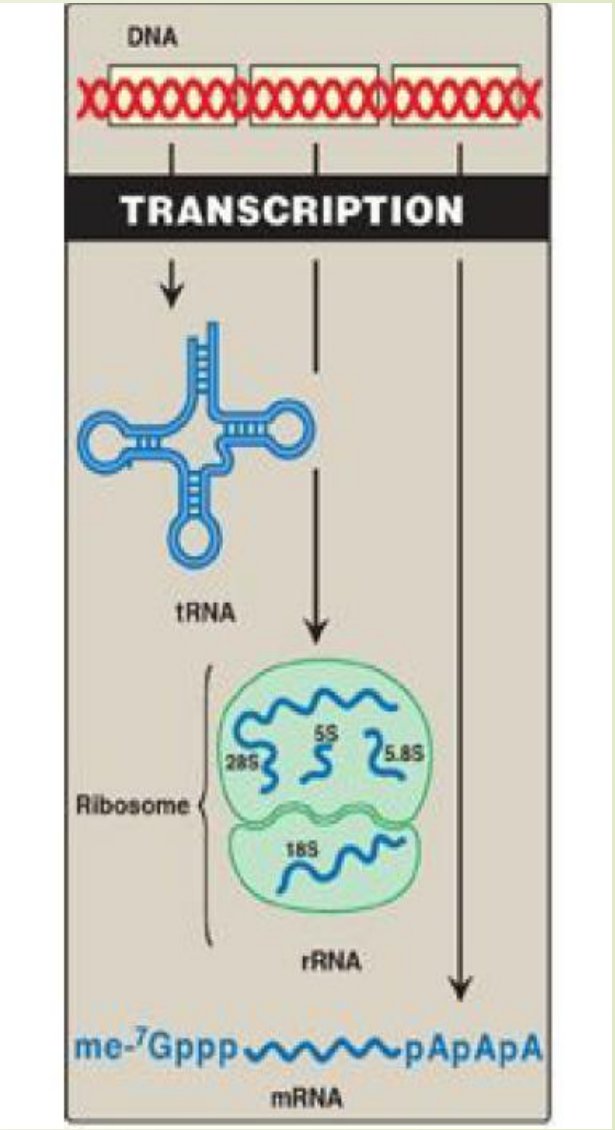


Fig. 15.5: tRNA

	DNA	RNA
الموقع	في النواة	في السيتوبلازم أساساً
السكر الخماسي	دي أوكسي رايبوز منقوص الأوكسجين	رايبوز
البيريميدين	(T) , (C)	(U) , (C)
البيورين	(G) , (A)	(G), (A)
الشكل	طاق مزدوج نتيجة ارتباط القواعد النيتروجينية بروابط هيدروجينية	طاق مفرد
الإنزيم المحلل مائياً	DNase	RNase
دوره في الخلية	المادة الوراثية	بناء بروتين
الوزن الجزيئي	مرتفع جداً	منخفض نسبياً



لايخسر أبداً من يصبر


DNA
TRANSCRIPTION
tRNA
28S
5S
5.8S
Ribosome
18S
rRNA
me-7Gppp
pApApA
mRNA