التركيب الكيماوى للكروموسوم والأساس المادى الوراثى

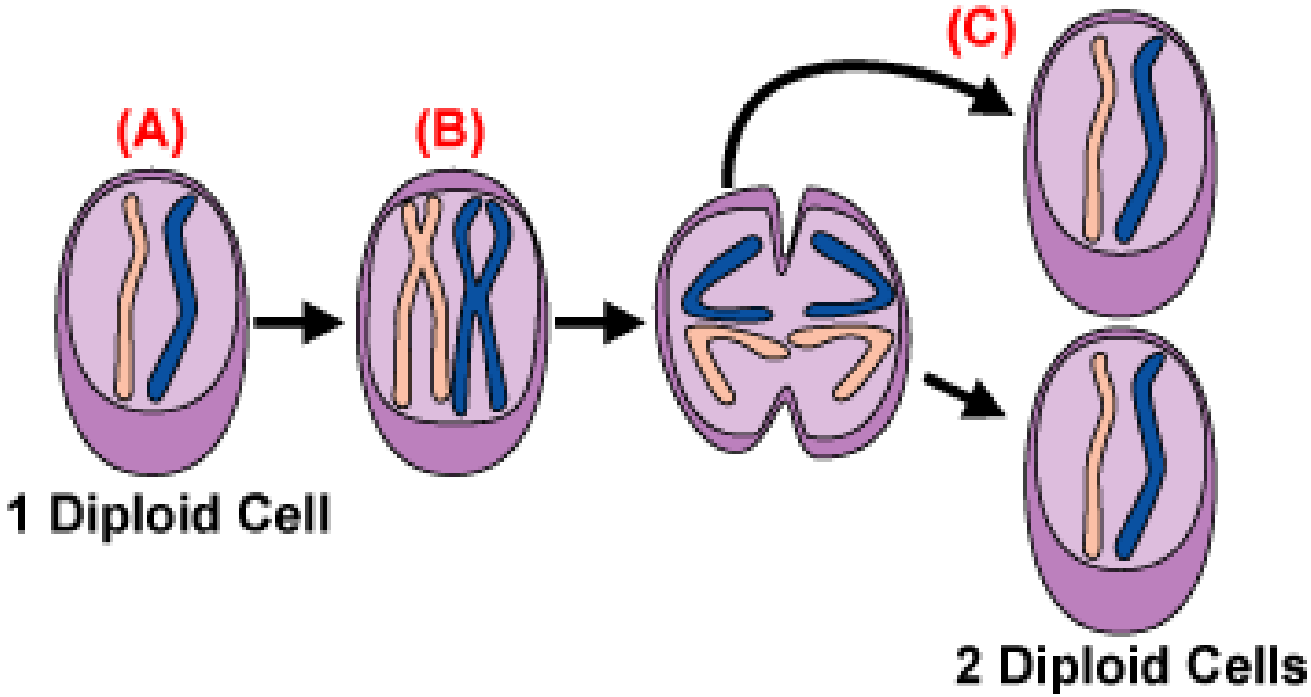
Chemical structure of chromosomes and the Material basis of heredity

إعـــداد

أ.د/ ممدوح محمد عبد المقصود

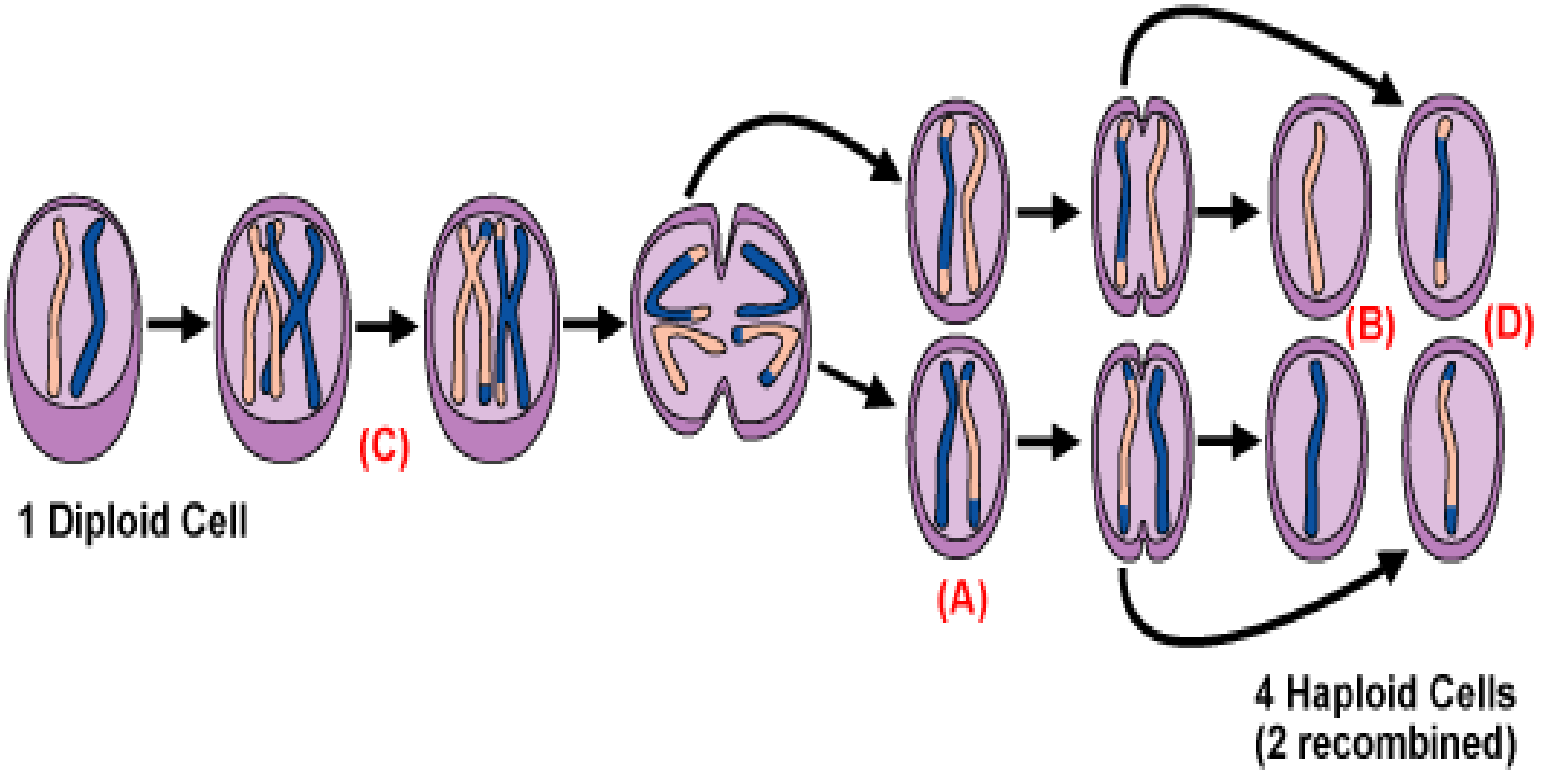
أستاذ الوراثة الكمية وزراعة الأنسجة

الإنقسام الخلوى كدليل لأهمية الكروموسومات كحاملة للمادة الوراثية:



www.msmedia.com.au

الدليل على أن الهيئة الكروموسومية للفرد يأتى دائماً نصفها من أحد الآباء والنصف الآخر من الأب الثانى:



أسباب التباين الوراثي بين الأفراد:

- ١- الإتحادات الجديدة Recombination
- ٢- العبور الوراثى Crossing over ٠
- ٣- التوزيع العشوائى للكروموسومات المتماثلة أثناء عملية الإنفسام ٠
- ٤- الطفرات الطبيعية.
- ٥- التحول الوراثى Transformation والتزاوج فى الكائنات الأولية
- ٦- التنقل الوراثى Tansposition

نظرية الكروموسومات Chromosome theory:

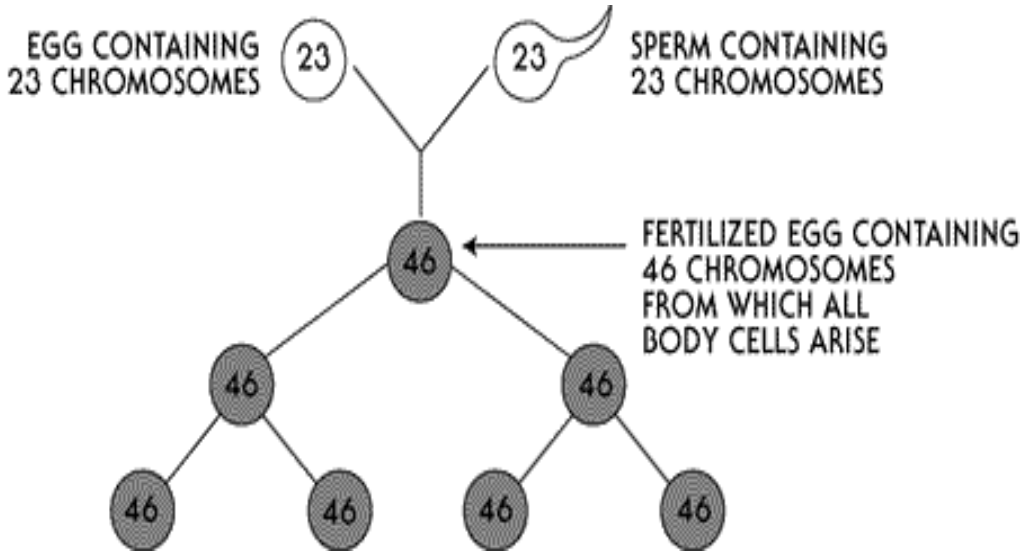
وضعها توماس مورجان Thomas Hunt Morgan وتلاميذه

١٩٢٥ بعد التجارب العديدة التى أجروها على حشرة الدروسوفلا.

- تنص نظرية الكروموسومات على أن الكروموسومات هى حاملة المادة الوراثية حيث تحمل الجينات (العوامل الوراثية) فى ترتيب طولى. كما وأن كل جين يشغل موقعاً معيناً خاص به على كروموسوم معين. والمجموعة من الجينات المحمولة على نفس الكروموسوم تكون فيما بينها مجموعة إرتباطية واحدة تسلك نفس السلوك الذى يسلكه الكروموسوم الحامل لها عند إنتقالها من جيل إلى جيل ، وتظهر الإتحادات الجديدة بين جينات المجموعة الإرتباطية الواحدة نتيجة العبور.

- **من البحوث السابقة والتقدم الهائل لعلم الخلية وسلوك الجينات توصلنا للحقائق التالية التى أدت الى التوصل لنظرية الكروموسومات:**

١- توجد الكروموسومات فى أزواج متشابهة والجينات أيضا تمثل بأليلات فى أزواج يأتى أحدهم من أحد الآباء والثانى من الأب الآخر.



www.daviddarling.info

- ٢- لكل من الجينات والكروموسومات شخصية ثابته محددة ومميزة عن أى جين أخر أو كرم أخر.
- ٣- الفرد دائما زوجى التركيب الجينى وكذلك يحتوى الفرد على العدد الثنائى من الكروموسومات Diploidوموسوأما الجاميطات فهى دائما أحادية التركيب الجينى والعدد الكروموسومى Haploid٠
- ٤- يتوزع فردى كل زوج من الكروموسومات أثناء الإنقسام الميوزى توزيعاً مستقلاً عن توزيع فردى كل زوج من الأزواج الأخرى وهذا هو مايلاحظ بالنسبة لكل زوج من الجينات إذ يتوزع فردى كل زوج مستقلاً عن توزيع فردى الأزواج الأخرى من الجينات الموجودة على الكرموسومات المختلفة وهذا يتفق تماما وقانون التوزيع الحر٠
- ٥- لوحظ أن عدد الجينات فى الكائن الحى يزيد عن عدد الكروموسومات فى هذا الكائن مما يدل على أن الكروموسومات تحمل أكثر من جين واحد وقد تأيد هذا باكتشاف ظاهرة الإرتباط حيث تحمل الكروموسومات الجينات مرتبة ترتيباً طولياً بطول الكروموسوم٠
- ٦- وجد أن الجينات الواقعة على نفس الكروموسوم لا تبقى ثابتة بل تتغير نتيجة لحدوث العبور الوراثى Crossing over
- ٧- تسلك بعض الجينات سلوكاً معيناً مرتبط بالجنس وقد وجد أن هذا السلوك يتفق تماماً وسلوك كروموسومات الجنس.

التركيب الكيميائى للكروموسومات

- أولا: الكائنات مميزة النواة Eukaryotes
- بالتحليل الكيماوى للكروموسومات فى الكائنات حقيقية النواة تبين أن :
- البروتين (٦٦%) ويشمل نوعين: ١- بروتين الأساس (Basic Protein) ويشمل (الهستونات والبروتامين Histones &Protamine)
- ٢- بروتينات باقية (Residual protein) وتشمل الإنزيمات مثل DNA polymerase & RNA Polymerase
- الأحماض النووية: وتشمل نوعين: ١- DNA تمثل ٢٧%
- ٢- RNA تمثل ٧%
- وقد ثبت أن الأحماض النووية هى التى تمثل المادة الوراثية أما البروتينات فهى المكملة لبناء الكروموسوم.

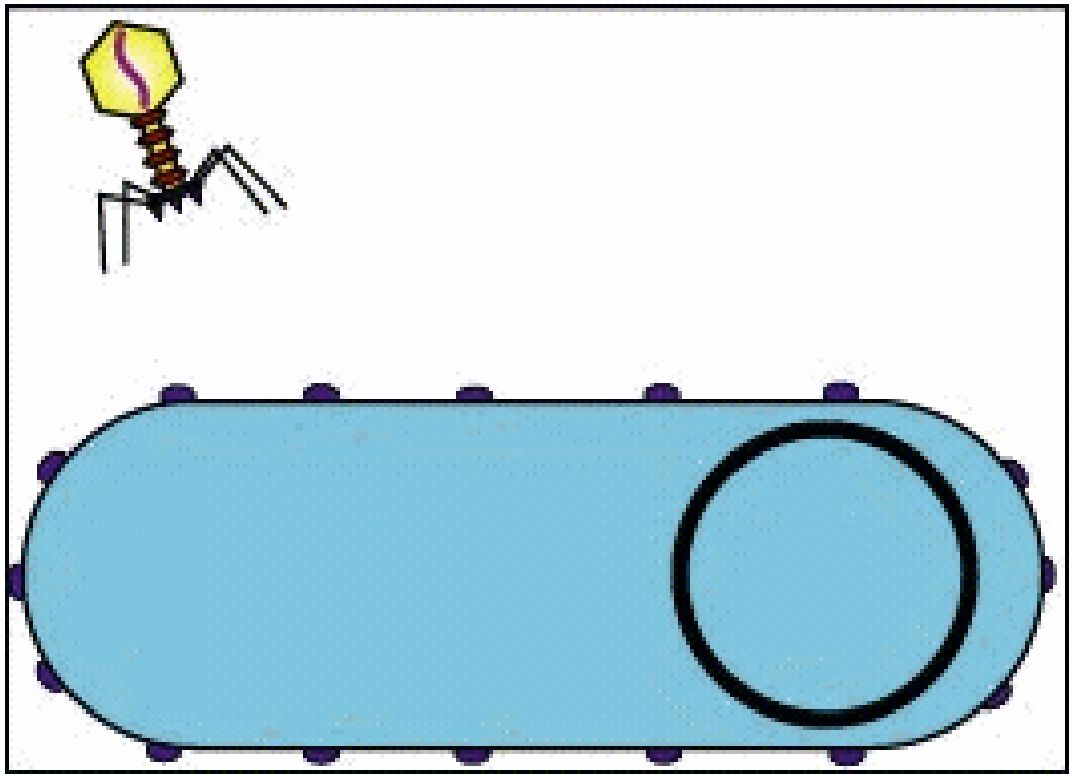
أسباب الإعتقاد السائد بأن البروتينات هى المادة الوراثية:

- البروتينات هى عبارة عن سلاسل طويلة جداً من وحدات صغيرة تسمى بالأحماض الأمينية وهذه الأحماض مرتبطة فيما بينها بروابط كيميائية خاصة تعرف بالروابط الببتيدية.
- يوجد فى الطبيعة حوالى ٢٠ حامض أمينى وعلى ذلك لو فرضنا أن جزيئ من البروتين مكون من ١٠٠ حامض أمينى فإن عدد التباديل الممكنة لهذه الأحماض الأمينية معاً كثيرة جداً وبذلك يمكن أن يتكون عنهم عدد كبير من البروتينات ويمكن لهذه البروتينات أن تعطى الإختلافات الكثيرة الموجودة فى الكائنات الحية.
- لم يصدق أحد أن الأحماض النووية لها أى دور رئيسى فى عملية التوارث وذلك فى أوائل الأربعينات من القرن العشرين وذلك لأنه نظراً لتحليلها كيميائياً وجد أنها تتكون من ٤ وحدات تسمى بالنيوكليتيدات وبالتالى فإن عدد التباديل الممكن عملها من هذه الوحدات الأربعة سيكون أقل بكثير جداً عما فى حالة العشرين حامض أمينى.
- وضح التحليل الكيماوى فى ذلك الوقت أن الفروق فى تركيب الأحماض النووية من كائن لآخر قليلة جداً وبذلك سادت الفكرة فى ذلك الوقت أن المكون النشط من الناحية الوراثية للكروموسومات والجينات هو البروتين.

إثبات أن ألأحماض النووية هى المادة الوراثية:

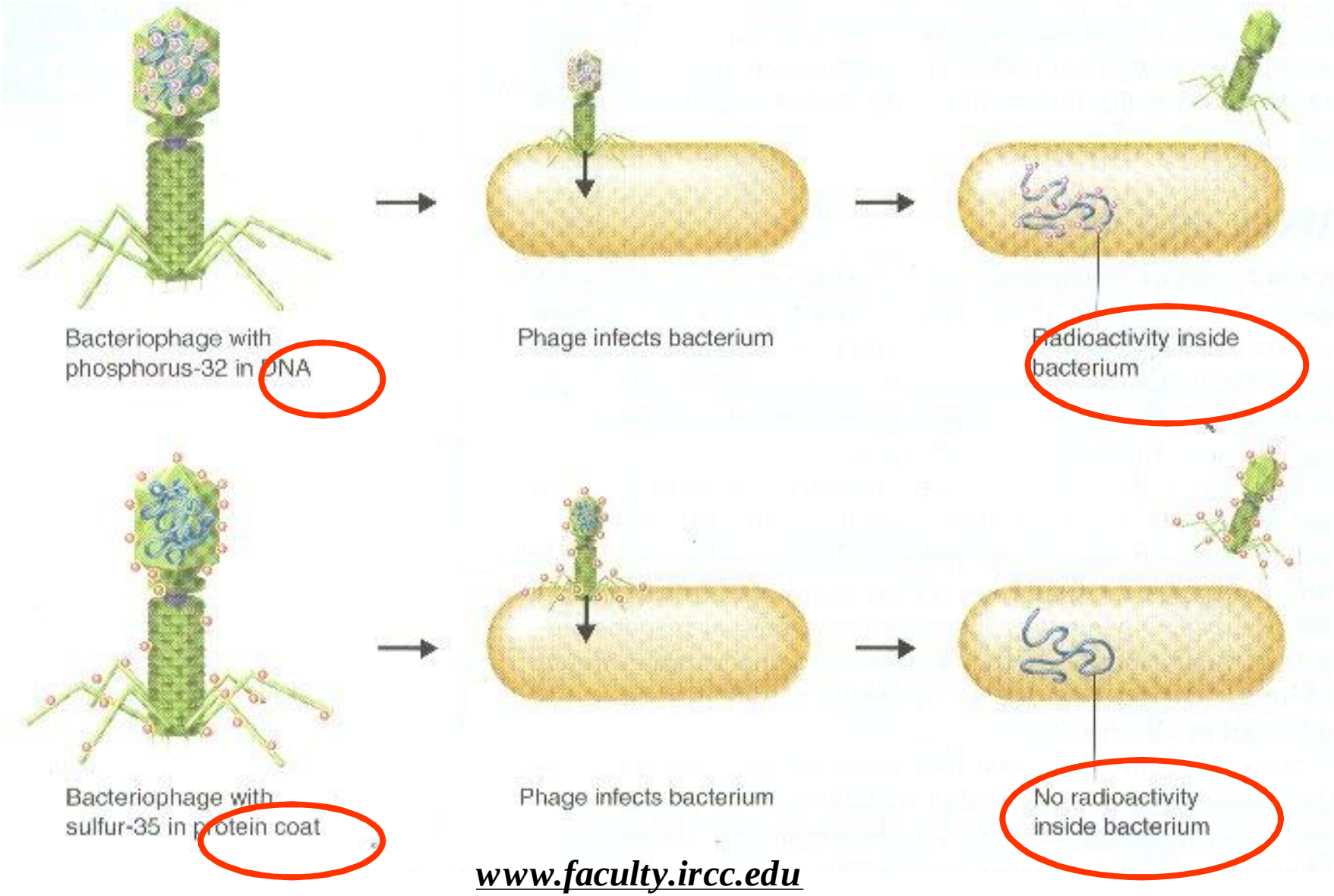
Hershey-Chase Experiment- (1952)

a. Studied viruses known as **bacteriophage**



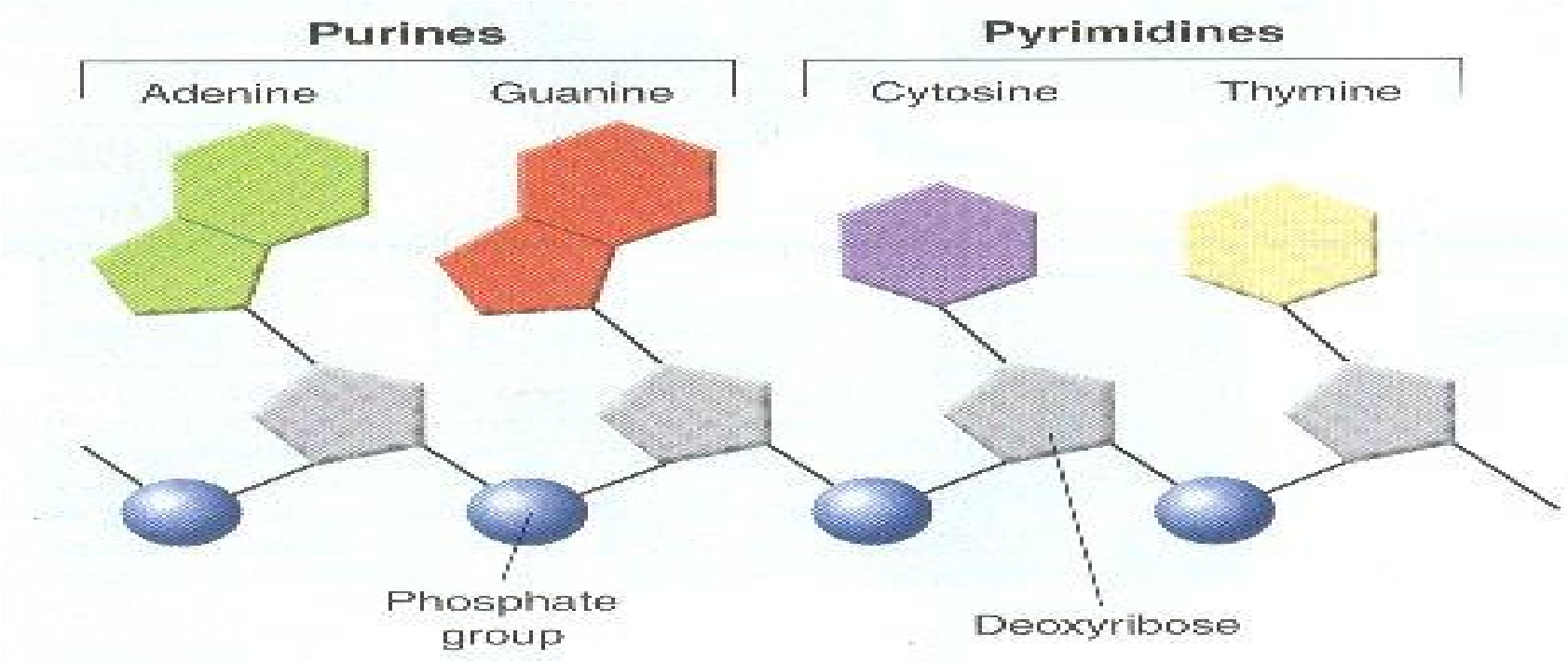
www.daviddarling.info

b. Used different radioactive markers to label <u>DNA</u> and <u>proteins</u> of bacteriophages



www.faculty.ircc.edu

١- الحامض النووى DNA



- ***www.oak.cats.ohiou.edu***
- **ويتكون الحامض النووى DNA من سلسلتين Double strand تلتف إحداهما على الأخرى على شكل لولب مزدوج Double helix وتثبت كل سلسلة بالسلسلة الأخرى عن طريق روابط هيدروجينية بين القواعد النيتروجينية بحيث تكون القواعد المرتبطة إحداهما من البيورينات والأخرى من البيرميدينات٠ بينما تتصل النيوكليتيدات بنفس الخيط عن طريق روابط إستيرية Phosph-diester bands**
- **يوجد أربعة أنواع من النيوكلتيدات فى الـ DNA**
- **Deoxy adenylic acid, Deoxy guanylic acid**
- **Deoxy cytidylic acid, Deoxy thymidylic acid**

- وقد وجد Erwin Chargaff خلال الفترة من ١٩٤٩-١٩٥١ بإستخدام تكنيكات حديثة أن الأساس الجزيئى فى تكوين جزيىء DNA يتمثل فى النقطتين التاليتين :-

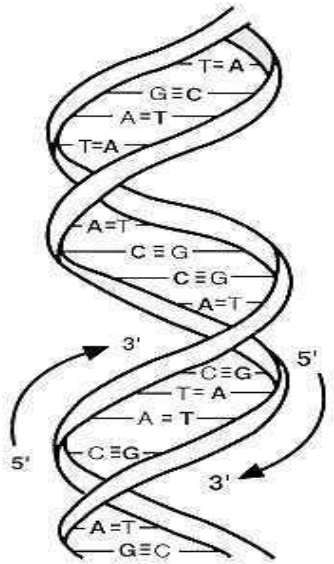
- ١- أن محتوى الـ DNA من القواعد النيتروجينية يختلف بدرجة كبيرة معتمداً على مصدره البيولوجى حيث أن الـ DNA ليس عبارة عن معقد ثابت التركيب.

- ٢- يحتوى الـ DNA على كميات متساوية من جزيئات

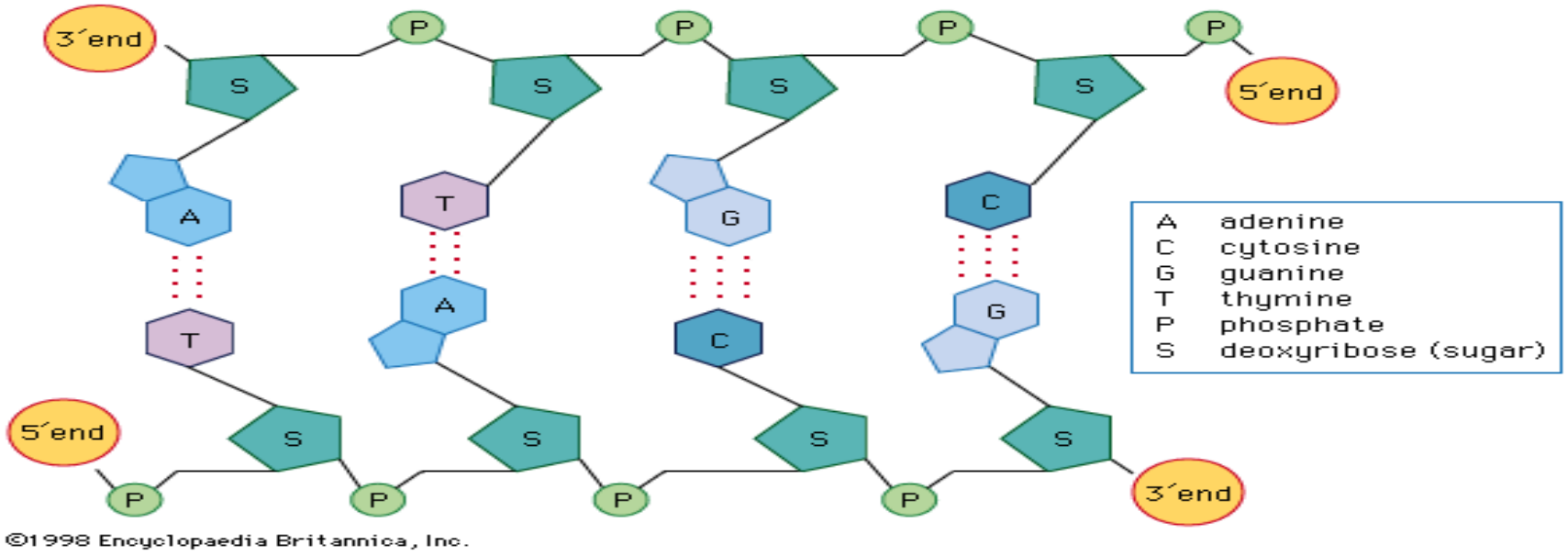
- الأدنين Adenine (A) والثيمين Thymine (T) ، السيتوسين Cytosine (C) والجوانين Guanine (G)

أى أن A + G = T + C ولكن A+T≠ G+C بينما تختلف هذه النسبة من كائن الى كائن.

Watson and crick model (1953)



- وقد إستنتج واتسون وكريك النقاط التالية من دراسات التحليل الطيفى لأشعة x على الهيكل البنائى لجزىء DNA.
- ١- أن جزىء DNA عبارة عن حلزون مزدوج من سلسلة عديدة النيوكليتيدات.
- ٢- أن قطر جزىء DNA ٢ نانوميتر.
- ٣- يقوم الجزىء بعمل لفة كاملة كل ٣.٤ نانوميتر.
- ٤- المسافة بين كل نيوكليتيدتين ٠.٣٤ نانوميتر بما يعنى أن اللفة الكاملة من الجزىء تحتوى على ١٠ نيوكليتيدات

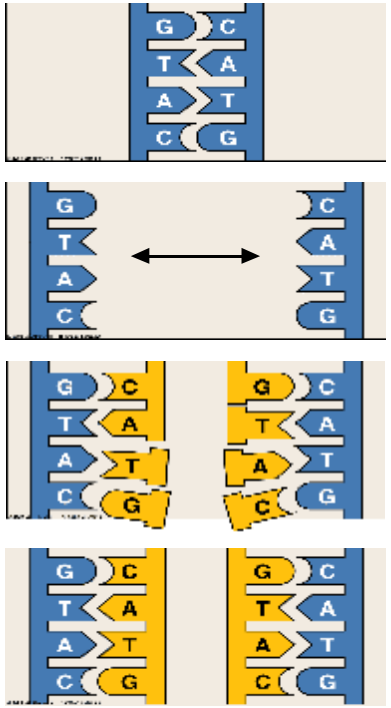


تضاعف الـ DNA

The replication of DNA

- فلقـد لخـص واتسـون وكريـك عـام ١٩٥٣ تضاعف الـ DNAفى الخطوات التالية :-
- يحدث كسر وإنتشار للروابط الهيدروجينية التى تربط أزواج القواعد النيتروجينية معاً
- السلسلتان المكونتان لجزىء الـ DNA تنفصلان عن بعضهما وتصبح القواعد الموجودة على السلاسل عديدة النيوكليتدات معرضة وتجذب القواعد المكملة لها فى صورة نيوكليتيدات حرة فالأدنين المعرض مثلا يجذب نيوكليتدة ثيمين والجوانين يجذب نيوكليوتيدة سيتوسين وهكذا٠
- ترتبط هذه النيوكليوتيدات الجديدة ببعضها بواسطة رابطة فوسفوداى إسترية Phospho-diester bands٠والأشكال التالية توضح طريقة التضاعف نصف المحافظ للDNA .

DNA Replication

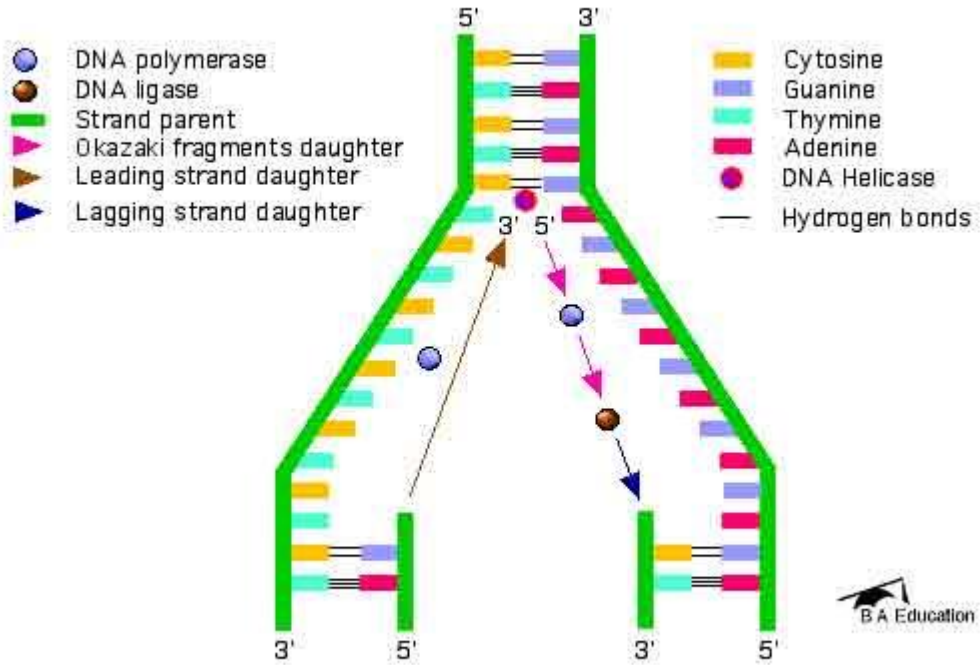


www.lakemichigancollege.edu

Stepped Art

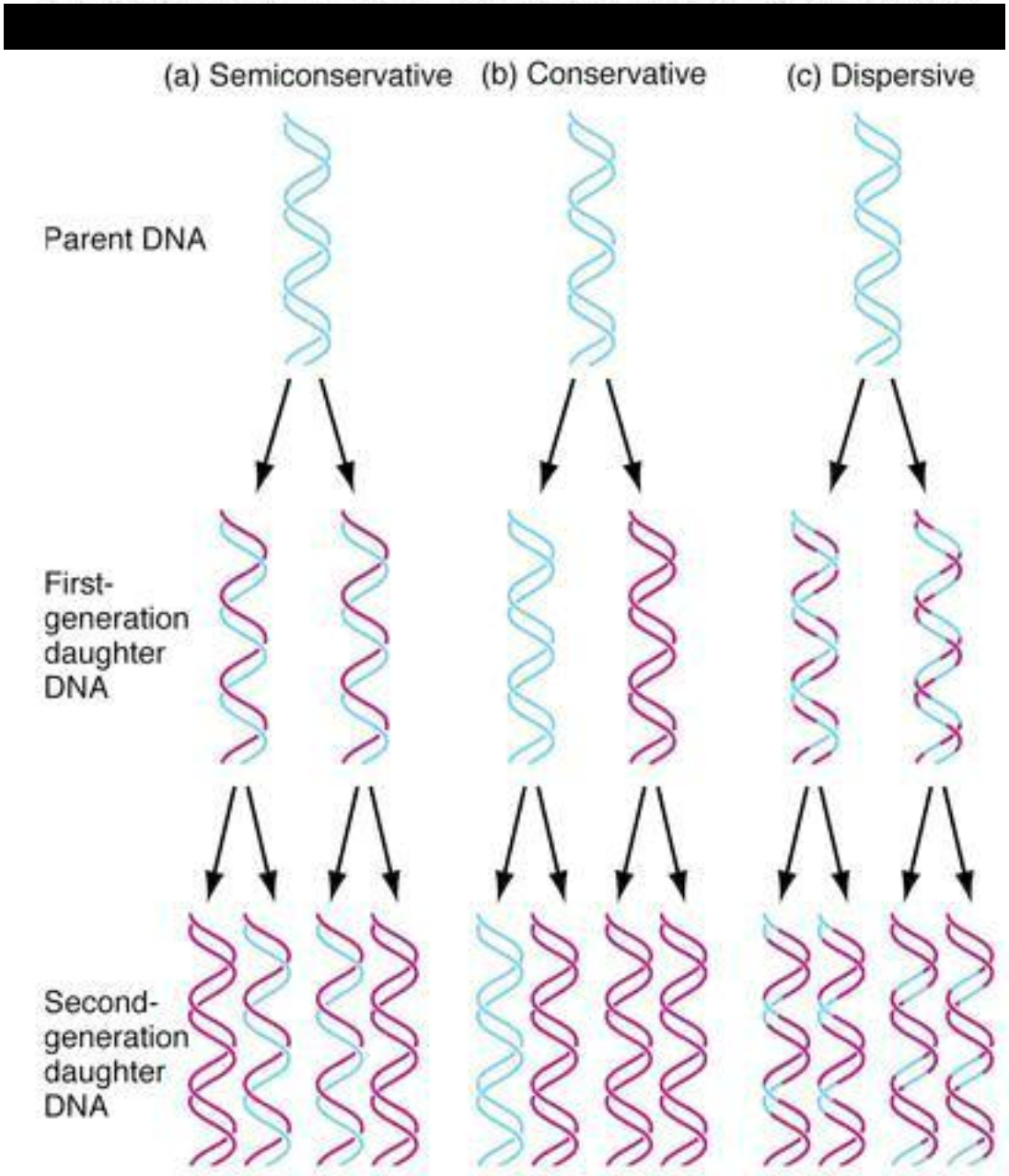
Figure 13.10
Page 223

Slide 9



www.lakemichigancollege.edu

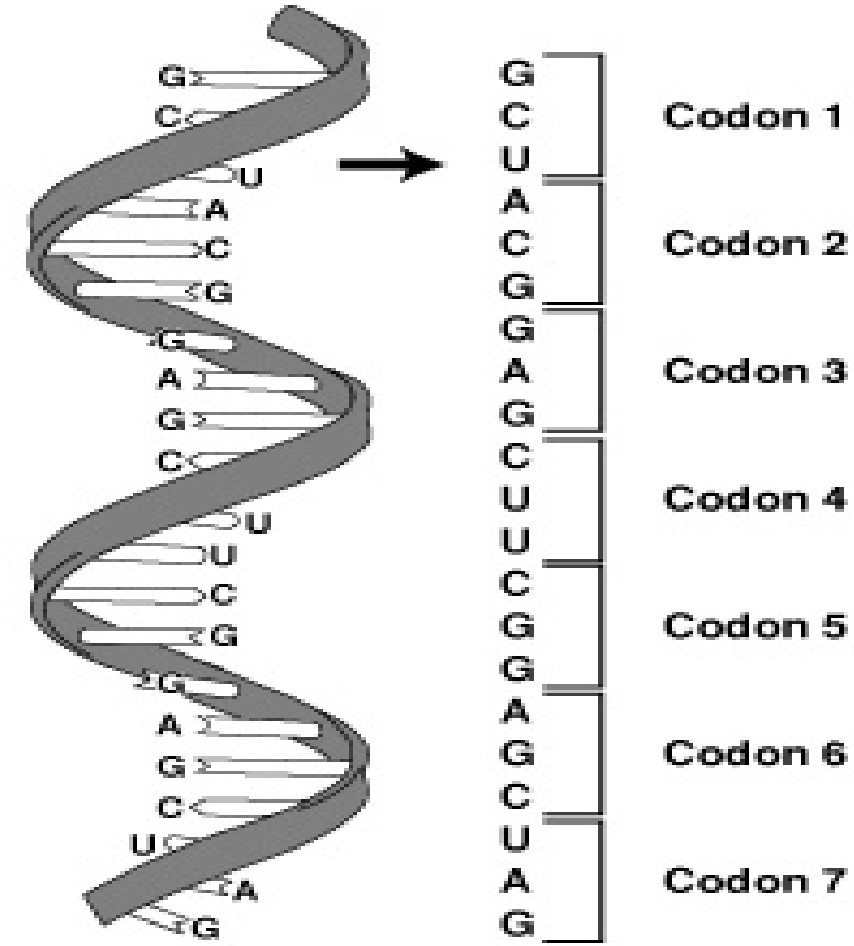
Three possible modes of replication



www.mun.ca

ثانيا: الحامض النووى RNA

- جزىء الـ **RNA**
- **تركيب جزىء الـ RNA يماثل تركيب جزىء الـ DNA بإستثناء الآتى:**
- **أنه عادة يتكون من سلسلة مفردة**
- **كما يوجد به سكر الريبوز بدلا من سكر الديزوكسى ريبوز.**
- **ويوجد به أيضا القاعدة يوراسيل بدلا من الثيمين.**
- **يشترك فى بناء البروتينات والإنزيمات المختلفة فى الخلية.**
- **الخلية تحتوى على نوع واحد فقط من الـ DNA بينما تحتوى على ثلاثة أنواع من الـ RNA**
- **وتعتبر النوية مركز لتخليق الـ RNA.**



RNA

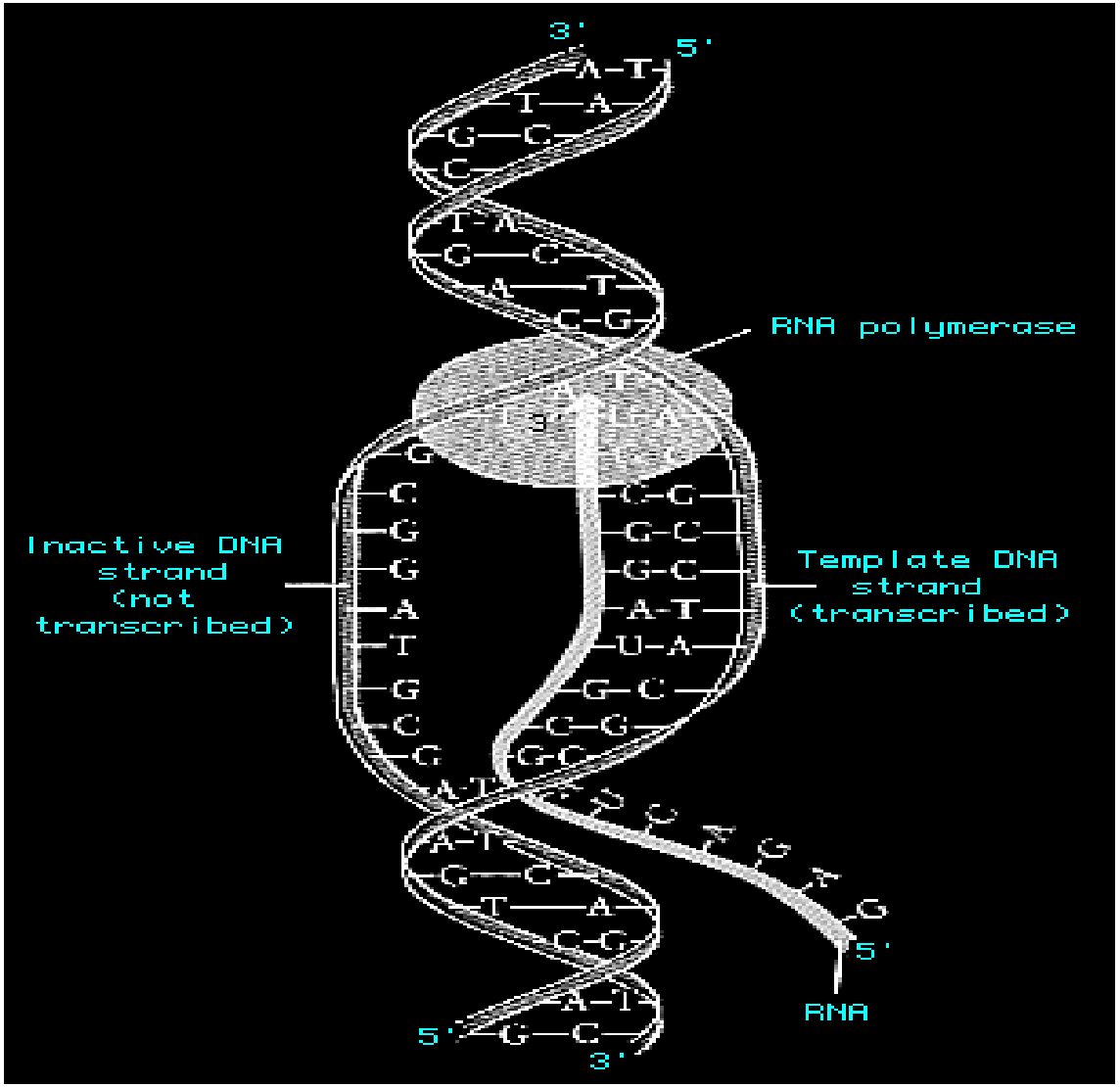
Ribonucleic acid

www.faculty.uca.edu

أنواع الـRNA

- يوجد بالخلية ثلاثة أنواع وهى:
- ١- RNA الرسول (m-RNA) ويعمل على نسخ المعلومات الوراثية من على ال DNA.
- ٢- RNA الناقل (t-RNA) ويعمل على نقل الأحماض الأمينية من السيتوبلازم.
- ٣- RNA الريبوسومى (r-RNA) ويعمل كقالب لبناء البروتين فى الريبوسوم وقراءة المعلومات من m-RNA

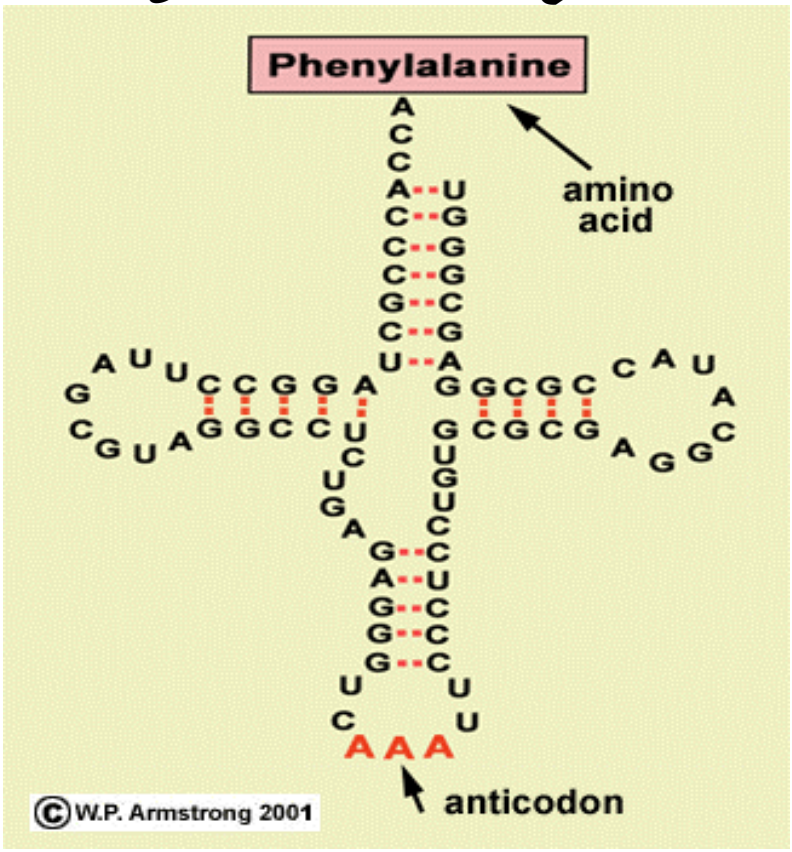
1- m-RNA



www.biochem.uwo.ca

2- t-RNA

- يتم تخليقة داخل النوية ثم ينتقل الى السيتوبلازم.
- له تركيب خاص يحتوى على عدد ثابت من القواعد النيتروجينية لا يختلف بإختلاف المصدر ويشبه ورقة البرسيم.
- يحتوى على زراع من خمسة أزواج من القواعد وحلقة من سبعة قواعد تعرف بالـ**Anticodon**
- يوجد منه أكثر من ٢٠ نوع أى أكثر من عدد الأحماض الأمينية حيث أن من المتوقع وجود $٤^{٣}$= ٦٤ شفرة وراثية من بينهم ثلاثة عديمة المعنى مسؤلة عن الفصل بين الجينات أثناء نسخ
- الـ **m-RNA** فيكون العدد ٦١ نوع تقريبا وكل حامض أمينى قد يمثل بأكثر من شفرة.



www.daneshnameh.roshd.ir

3- r-RNA

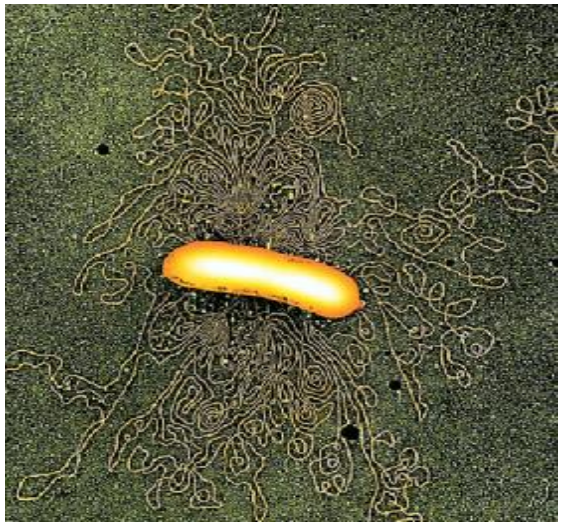
- وهو أحد المكونات الأساسية فى تركيب الريبوسوم ويمثل من ٤٠ : ٦٠% من المحتوى الكيماوى للريبوسوم ،
- ويتكون الـ r-RNA من سلسلة واحدة بعكس DNA المكون من سلسلتين متحلزنتين مع بعضهما ويحتوى الـ r-RNA على كميات غير متساوية من C, G, U, A ٠
- ونظراً لأن الريبوسوم يتكون من جزئين أحدهما أكبر حجما من الآخر فإن كمية الـ r-RNA فى الجزء الأكبر من الريبوسوم ضعف الكمية الموجودة فى الجزء الأصغر منه ويعمل الـ r-RNA كوسادة يتم عليها تخليق البروتين ويتم تخليق الـ r-RNA فى النوية٠

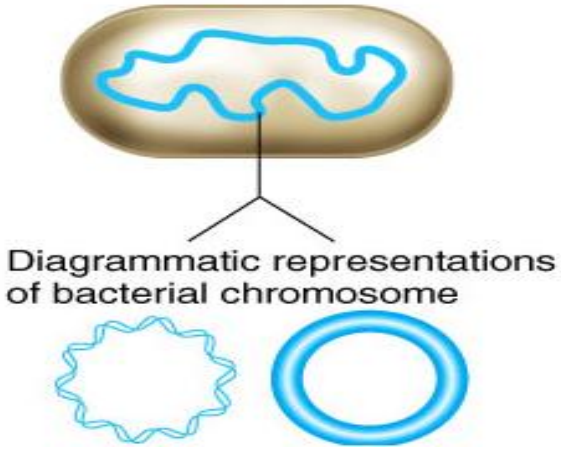
كروموسومات الكائنات غير حقيقية النواه

Prokaryotic chromosomes

١- الكروموسوم البكتيرى Bacterial chromosome:

■ تنتظم المادة الوراثية فى البكتريا على شكل جزىء حلقى من DNA وإن كان يختلف كثيراً عن كروموسومات الكائنات الراقية فى عدم إحتواءه على هستونات ، وهو لا يشغل أكثر من ٢٠% من حيز الخلية.



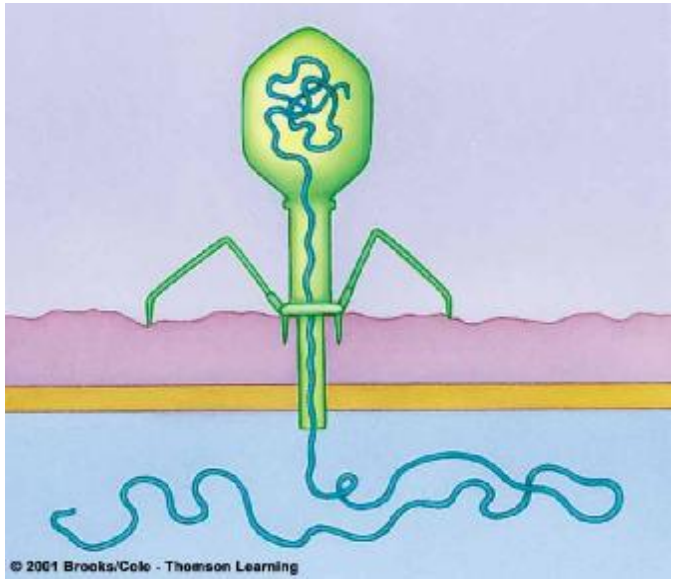


***E. coli* lysed to release chromosome**

www.biologie.uni-hamburg.de

٢ - الكروموسوم الفيرسى (Episome) Virus chromosome :

■ تنتظم المادة الوراثية للفيروسات فى جزيئات صغيرة من الأحماض النووية فقد تكون حلزون مزدوج من DNA أو ذراع مفرد من الـ DNA أو جزىء من RNA ويطلق على هذه الوحدات إسم Episomes حيث لوحظ أنها قادرة على التضاعف بعد إندماجها بكروموسوم خلية العائل .



www.cneccc.edu.hk

- **البلازميدات Plasmids**
- **حيث أن فى البكتريا تتكون المادة الوراثية من جين واحد رئيسى ولكن فى بعض الأحيان يوجد جزئ أو أكثر من الـDNA يقع خارج الكروموسوم الرئيسى للخلية البكتيرية ولها القدرة على التضاعف الذاتى مستقلة عن الكروموسوم الرئيسى وهذه يطلق عليها بالبلازميدات ومن أمثلتها بلازميد التورم التاجى فى النباتات ثنائية الفلقة الناتج عن الإصابة بـ *Agrobacterium tumefaciens***
- **إذا الفرق بين الـEpisomes & Plasmid يتركز فى أن الأول غير قادر على التكاثر الذاتى بينما الثانى Plasmid قادر على ذلك.**

النهاية