

## شكراً لتحميلك هذا الملف من موقع المناهج البحرينية



## مذكرة حيا 316

[موقع المناهج](#) ⇨ [المناهج البحرينية](#) ⇨ [الصف الثالث الثانوي](#) ⇨ [أحياء](#) ⇨ [الفصل الأول](#) ⇨ [الملف](#)

تاريخ نشر الملف على موقع المناهج: 09:05:14 2023-12-13

## التواصل الاجتماعي بحسب الصف الثالث الثانوي



## روابط مواد الصف الثالث الثانوي على تلغرام

[الرياضيات](#)

[اللغة الانجليزية](#)

[اللغة العربية](#)

[التربية الاسلامية](#)

## المزيد من الملفات بحسب الصف الثالث الثانوي والمادة أحياء في الفصل الأول

<a href="#">مذكرة حيا 316</a>	1
<a href="#">مذكرة حيا 316</a>	2
<a href="#">مذكرة التميز في الأحياء الجزء الأول</a>	3
<a href="#">مذكرة التميز في الأحياء الجزء الثاني</a>	4
<a href="#">المذكرة الشافية والملخصات الوافية في مقرر حيا 317</a>	5



مملكة البحرين  
وزارة التربية والتعليم  
مدرسة الهداية الخليفية الثانوية



# مقرر الأحياء (4)

## حيا 316

الخلية والوراثة



إعداد معلم المادة الاستاذ  
إسلام حسني حسن منصور



## الغشاء البلازمي

هو حد فاصل رقيق مرن بين بين الخلية وبيناتها يسمح بمرور المواد الغذائية إلى الخلية والتخلص من الفضلات والمواد الأخرى

الغشاء البلازمي

يوجد الغشاء البلازمي في جميع أنواع الخلايا سواء كانت بدائية النواة أو حقيقية النواة.

ملحوظة

أحد التراكيب المسنولة عن حفظ الاتزان الداخلي للخلية (الاتزان الداخلي ضروري لبقاء الخلية)

وظيفة الغشاء البلازمي

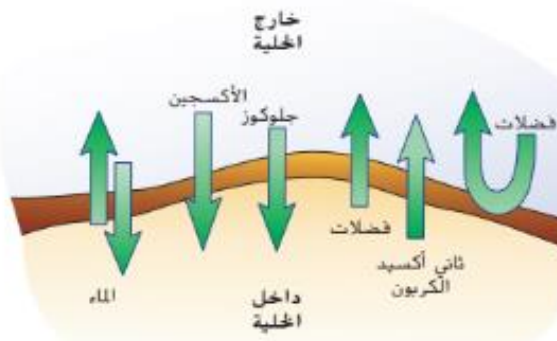
من الصفات المهمة المميزة للغشاء البلازمي حيث يسمح الغشاء الخلوي بمرور بعض المواد إلى الخلية ويمنع أخرى حسب حاجة الخلية ويتوقف ذلك على تركيب الغشاء البلازمي.

النفاذية الاختيارية

من خلال الشكل المقابل أجب عما يلي:

1- أي المواد يسمح لها الغشاء البلازمي بالخروج فقط؟

2- أي المواد يسمح لها الغشاء البلازمي بالدخول والخروج؟



يتكون معظم الجزيئات في الغشاء البلازمي من الليبيدات المفسفرة

تركيب الغشاء البلازمي



شكل الجزيء

1- الجليسرول

2- سلسلتين حمضين دهنيين

3- مجموعة فوسفات

يتكون جزيء الليبيد المفسفر من

الفرق بين جزيء الليبيد والليبيد المفسفر

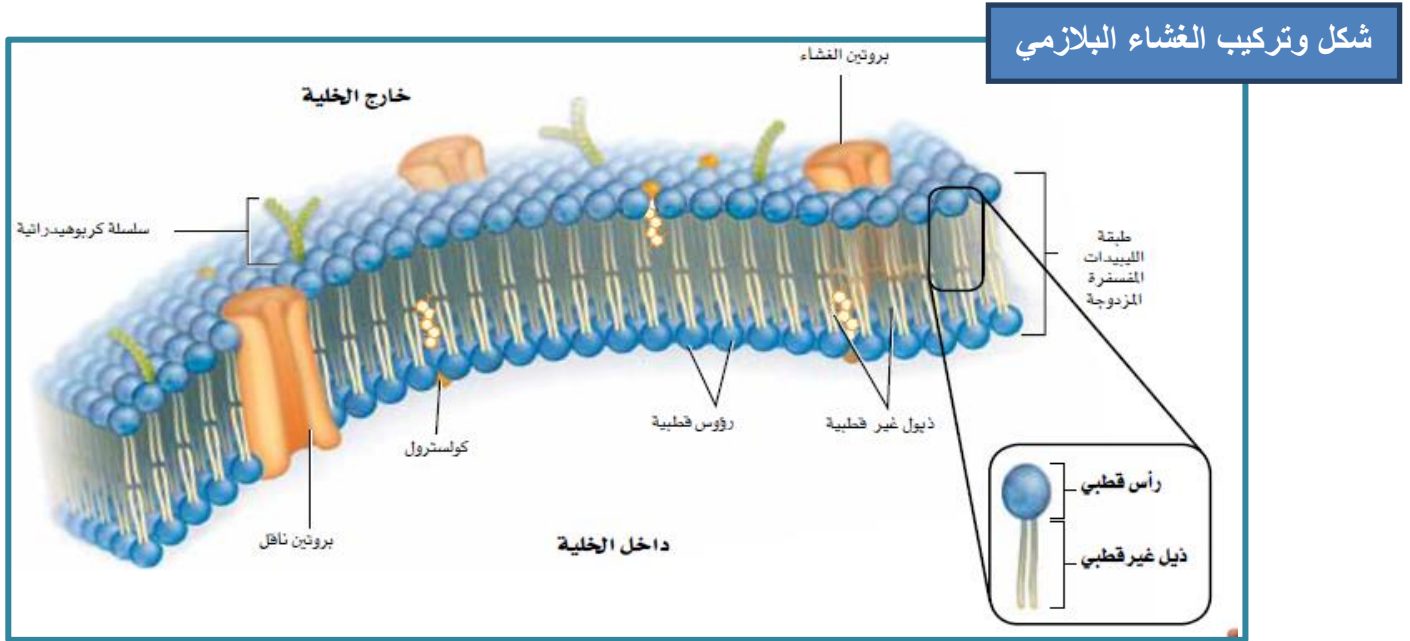
جزيء الليبيد المفسفر	جزيء الليبيد
يتكون من:	يتكون من:
1- جليسرول	1- جليسرول
2- سلسلتين من أحماض دهنية	2- ثلاث من سلاسل الأحماض الدهنية
3- مجموعة فوسفات	

س: ما أهمية أن تكون الليبيدات في الغشاء البلازمي ليبيدات مفسفرة؟

يتكون الغشاء البلازمي من طبقة الليبيدات المفسفرة المزدوجة (حيث تترتب فيه طبقتان من الدهون المفسفرة ذيلا مقابل ذيل)



ترتيب الدهون المفسفرة في الغشاء البلازمي تسمح بأن يبقى الغشاء قائما في بيئة مائعة



### طبقة الليبيدات المفسفرة المزدوجة

- \* جزيء الليبيد المفسفر يكون على شكل رأس قطبي (ينجذب الرأس القطبي إلى الماء لأنه قطبي أيضا) له ذيلان من الأحماض الدهنية غير قطبيين (يتنافران مع الماء).
- \* طبقتا جزيئات الليبيدات المفسفرة تكون على شكل شطيرة بحيث تكون ذيول الأحماض الدهنية في الوسط (الجزء الداخلي من الغشاء البلازمي) في حين تكون رؤوس الليبيدات المفسفرة للخارج (تواجه البيئة المائعة خارج وداخل الخلية)
- \* هذا الترتيب لجزيئات الليبيدات المفسفرة في الغشاء البلازمي يجعل سطح الغشاء قطبي ومنتصفه غير قطبي وبالتالي تكون الرؤوس القطبية هي الأقرب لجزيئات الماء بينما الذيل غير القطبية هي الأبعد عن جزيئات الماء
- \* هذا الترتيب السابق لجزيئات الليبيدات المفسفرة في الغشاء البلازمي مهم لأداء الغشاء البلازمي لوظيفته (النفذية الاختيارية) كالتالي:

المواد الذائبة في الماء لن تتحرك بسهولة خلال الغشاء البلازمي لأن منتصفه غير القطبي يعقها ولهذا يفصل الغشاء البلازمي بين البيئة الداخلية والخارجية للخلية.

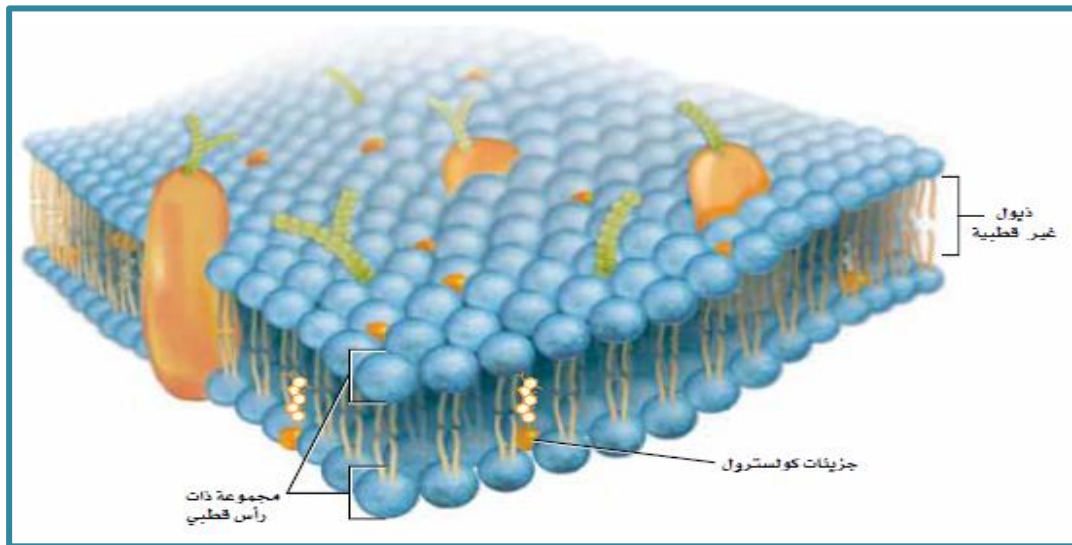
الأهمية	المكون
توجد على السطح الخارجي للغشاء البلازمي وترسل إشارات إلى داخل الخلية مثل مستقبلات الفيروس والهormونات	المستقبلات
توجد على السطح الداخلي للغشاء البلازمي وتصل بين الغشاء والتراكيب الخلوية الداخلية مما يعطي للخلية شكلها المميز	الداعمة
تمتد إلى الغشاء بأكمله أو تجتازه لتكون قنوات يمر من خلالها المواد التي تحتاج إليها الخلية إلى الداخل وتخرج من خلالها الفضلات إلى خارج الخلية <b>(لذلك يساهم هذا النوع من البروتينات في خاصية النفاذية الاختيارية للغشاء البلازمي)</b>	الناقلة
يوجد بين الليبيدات المفسفرة (لأن الماء يعمل على طرده) والكوليسترول يساعد على منع التصاق ذبول الأحماض الدهنية ببعضها البعض مما يساهم في ميوعة الغشاء البلازمي	الكوليسترول (غير قطبي)
لها دور في تثبيت الغشاء والتعرف على الأجسام الغريبة	الكربوهيدرات

### النموذج الفسيفسائي المانع للغشاء البلازمي

تكون الليبيدات المفسفرة بحرا تسبح فيه الجزيئات حيث يكون جميع مكونات الغشاء البلازمي في حركة دائمة وينزلق بعضها فوق بعض.

تتحرك الليبيدات المفسفرة جانبيا داخل الغشاء وتتحرك مكونات أخرى كالبروتينات خلال الليبيدات المفسفرة.

**وبسبب وجود مواد مختلفة في الغشاء البلازمي يتشكل نمط فسيفسائي على سطح الخلية**



## التراكيب والعضيات

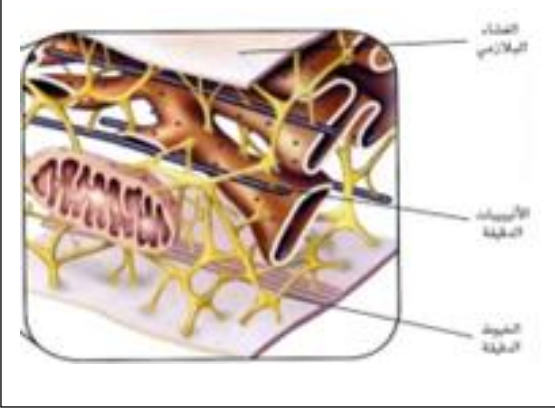
### السيتوبلازم والهيكل الخلوي

مادة شبه سائلة تسبح فيها العضيات داخل الخلية

السيتوبلازم

شبكة داعمة مكونة من خيوط بروتينية طويلة تكون إطارا عمليا للخلية تتعلق به العضيات

الهيكل الخلوي



1- تدعيم الخلية

2- له دور في حركة الخلية ونشاطاتها الأخرى

وظيفة الهيكل الخلوي

1- الأنابيب الدقيقة

2- الخيوط الدقيقة

تركيب الهيكل الخلوي

### مقارنة بين الأنابيب الدقيقة والخيوط الدقيقة

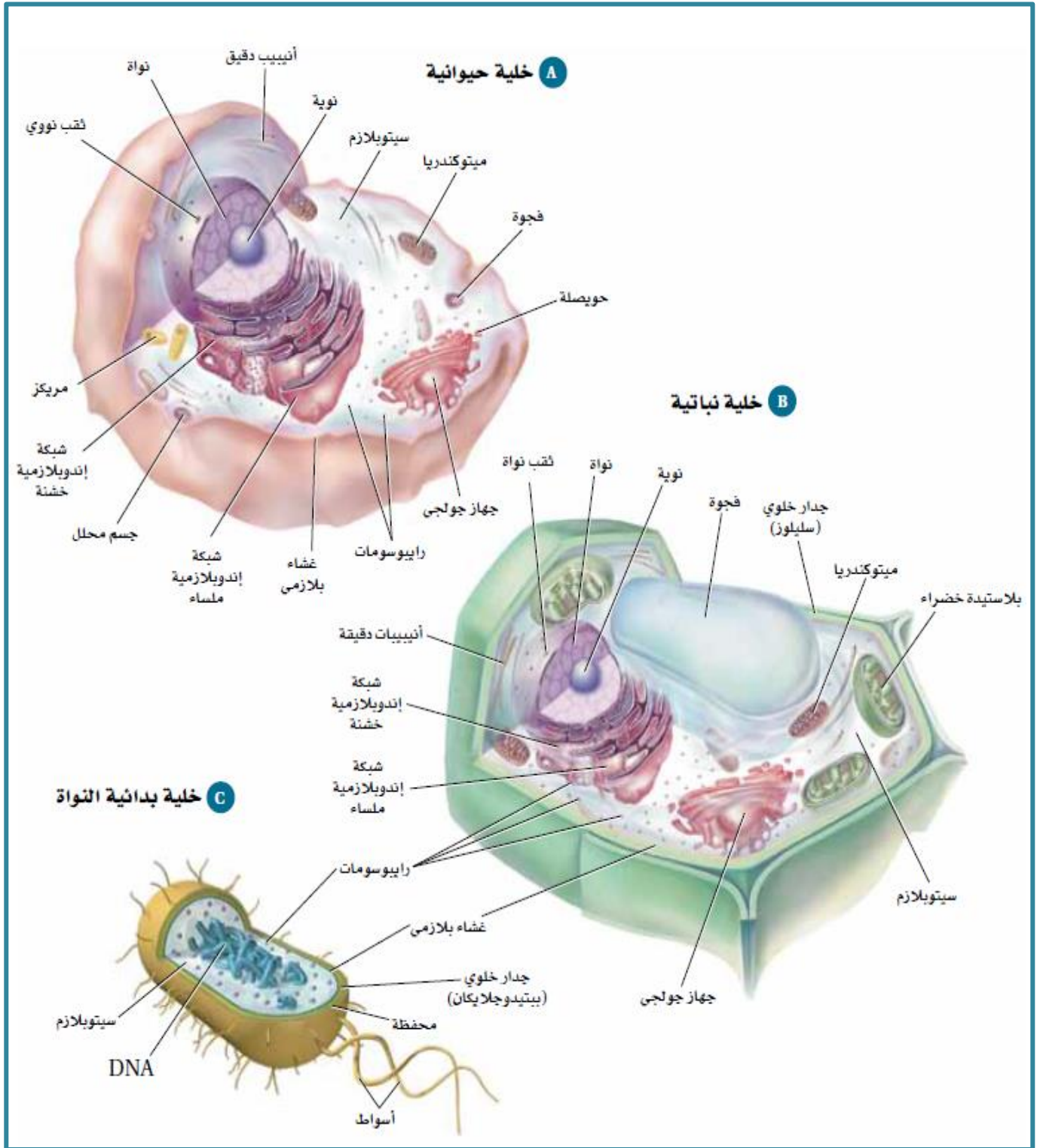
الخيوط الدقيقة	الأنابيب الدقيقة	وجه المقارنة
خيوط بروتينية طويلة	تراكيب اسطوانية طويلة جوفاء من البروتين	<u>الوصف والتركيب</u>
1- تعطي الخلية شكلها 2- تمكن الخلية أو جزء منها من الحركة	1- تشكل هيكلا صلبا للخلية 2- تساعد على حركة المواد داخل الخلية	<u>الوظيفة</u>

تنزلق الأنابيب الدقيقة والخيوط الدقيقة بعضها فوق بعض فتتجمع وتتفرق مما يساهم في حركة الخلية والعضيات

ملحوظة



## مقارنة بالرسم بين مكونات الخلية النباتية والحيوانية والخلية بدائية النواة



في الشكل السابق تعرف على العضيات التي تميز كلا من الخلايا النباتية فقط والتي تميز الخلايا الحيوانية فقط؟

عضيات تميز الخلايا الحيوانية فقط	عضيات تميز الخلايا النباتية فقط
.....	.....
.....	.....



## تراكيب الخلية

- في خلايا حقيقيات النواة تستطيع عضيات الخلية القيام بعمليات كيميائية مختلفة في الوقت نفسه وفي أجزاء مختلفة من السيتوبلازم ---- **علل** ---- (لأن كل عضية محاطة بغشاء خاص بها)
- تقوم العضيات بالعمليات الخلوية الضرورية كبناء البروتين وتحويل الطاقة وهضم المواد الغذائية وإخراج الفضلات وانقسام الخلية لذلك لكل عضية تركيب مميز حسب الوظيفة التي تقوم بها كالتالي:

### النواة

1- تنظم العمليات الحيوية للخلية

### وظيفة النواة

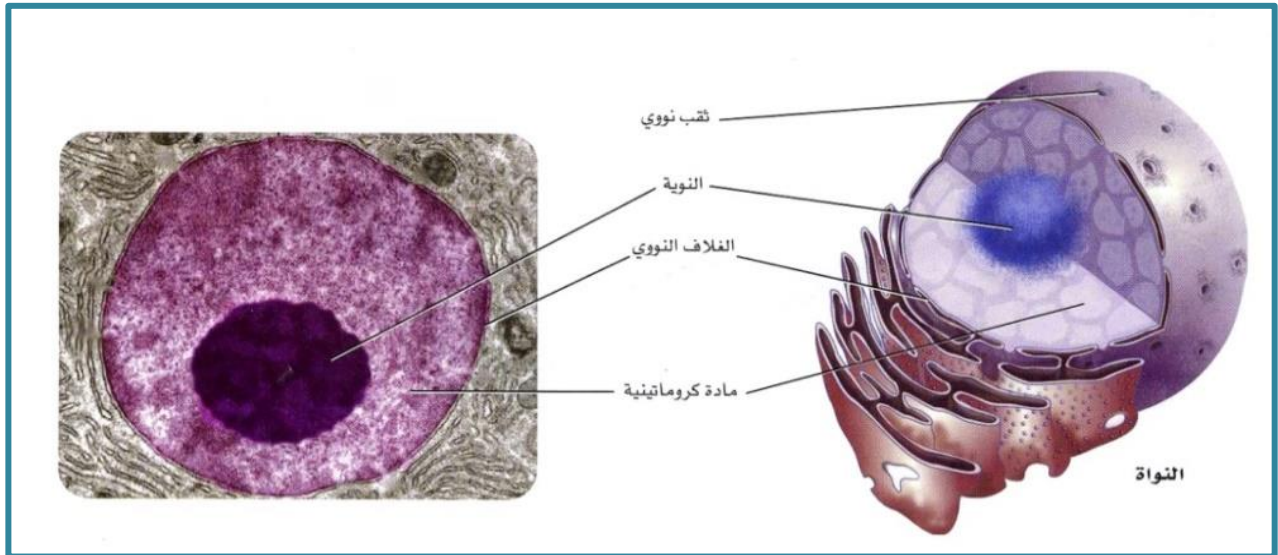
2- تحتوي على DNA الذي يخزن المعلومات التي تستعمل في بناء البروتين اللازم لنمو الخلية وتكاثرها ووظيفتها

1- تحتوي النواة على الغلاف النووي وهو غشاء مزدوج يحيط بالنواة ويشبه الغشاء البلازمي غير أنه (به ثقب) تسمح للمواد كبيرة الحجم بدخول النواة والخروج منها)

### تركيب النواة

2- كذلك المادة الكروماتينية التي تنتشر داخل النواة وهي DNA معقد مرتبط مع البروتين

3- تحتوي النواة بداخلها على عضية صغيرة تسمى النوية (يتم فيها إنتاج الرايبوسومات)



ملحوظة هامة جدا

### الرايبوسومات

#### الوظيفة

إنتاج البروتين

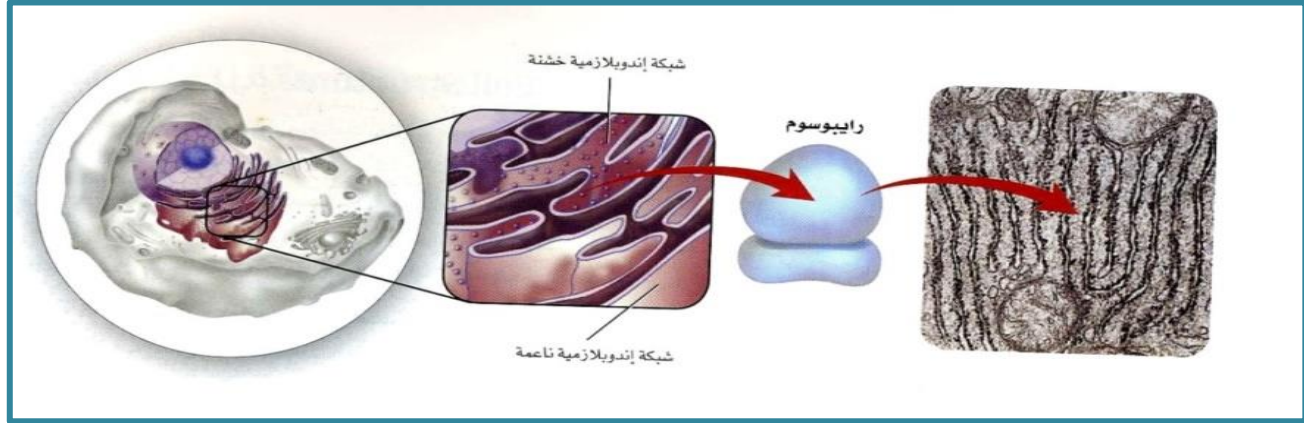
#### التركيب

تتركب من البروتين وDNA

لا تحاط الرايبوسومات بغشاء كسائر العضيات في الخلية  
ويتم إنتاج الرايبوسومات في **النوية**

## أنواع الرايبوسومات ووظائفها

الرايبوسومات المرتبطة	الرايبوسومات الحرة
ترتبط بالسطح الخارجي للشبكة الإندوبلازمية الخشنة حيث تشبه البروزات على سطحها	تسبح بحرية في السيتوبلازم
تنتج بروتينات تحاط بغشاء أو تستعملها خلايا أخرى	تنتج بروتينات تستعمل داخل سيتوبلازم الخلية



هي نظام من الأغشية مكون من أكياس مطوية وقنوات متصلة ومتداخلة

الشبكة الإندوبلازمية

مواقع لبناء البروتين والدهون

الوظيفة

وجود الطيات والثنيات في الشبكة الإندوبلازمية يعطيها مساحة سطح أكبر لتتجز الوظائف الخلوية

ملحوظة

## أنواع الشبكة الإندوبلازمية ووظائفها

الشبكة الإندوبلازمية الملساء	الشبكة الإندوبلازمية الخشنة
يخلو غشائها الخارجي من الرايبوسومات	تبدو عليها نتوءات وهي الرايبوسومات
1- تكون سطحا لتصنيع الكربوهيدرات والليبيدات بما فيها الليبيدات المفسفرة 2- تعمل في خلايا الكبد على إزالة السموم الضارة من الجسم	تنتج البروتين الذي يرسل إلى الخلايا الأخرى

أجسام جولجي

تتكون من أغشية أنبوبية مسطحة مترابطة

الوصف والتركيب

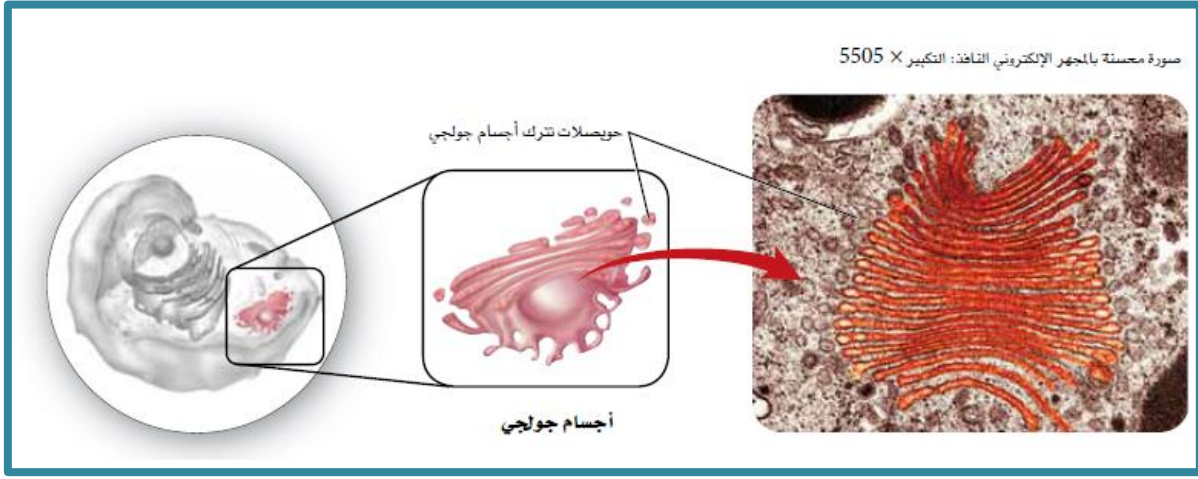
ينتقل إليها جزء من البروتين الذي تنتجه الشبكة الإندوبلازمية الخشنة حيث تعدل هذه البروتينات وتصنفها وتعبئها داخل أكياس تسمى الحويصلات

الوظيفة

تندمج هذه الحويصلات بعد ذلك بالغشاء البلازمي لكي تطلق البروتين خارج الخلية

ملحوظة

صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني التافذ: التكبير  $\times 5505$



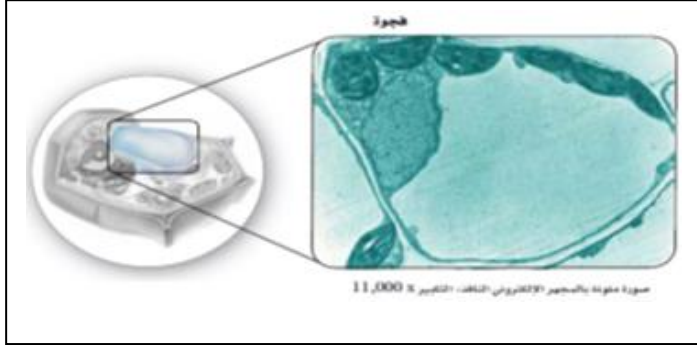
الفجوات

الوصف والتركيب

الوظيفة

حوصلات محاطة بغشاء

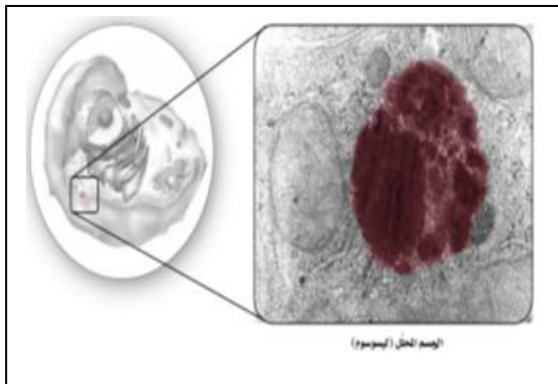
تخزن المواد بشكل مؤقت في السيتوبلازم



### وجود الفجوات في الخلايا

الخلايا الحيوانية	الخلايا النباتية
عادة لا تحتوي على فجوات وإن وجدت فإنها تكون أصغر بكثير من الموجودة في الخلية النباتية	توجد على شكل كيس حيث تقوم بالوظائف التالية: تخزين المواد الغذائية - تخزين الإنزيمات - تخزين بعض المواد التي تحتاج إليها الخلية - بعضها يخزن الفضلات

### الأجسام المحللة (الليسوسومات)



الوصف والتركيب

الوظيفة

طريقة عملها

حوصلات محاطة بأغشية تحتوي على مواد هاضمة

تساعد في تحليل وهضم العضيات والمواد الغذائية الزائدة  
تهضم البكتيريا والفيروسات التي تدخل الخلية

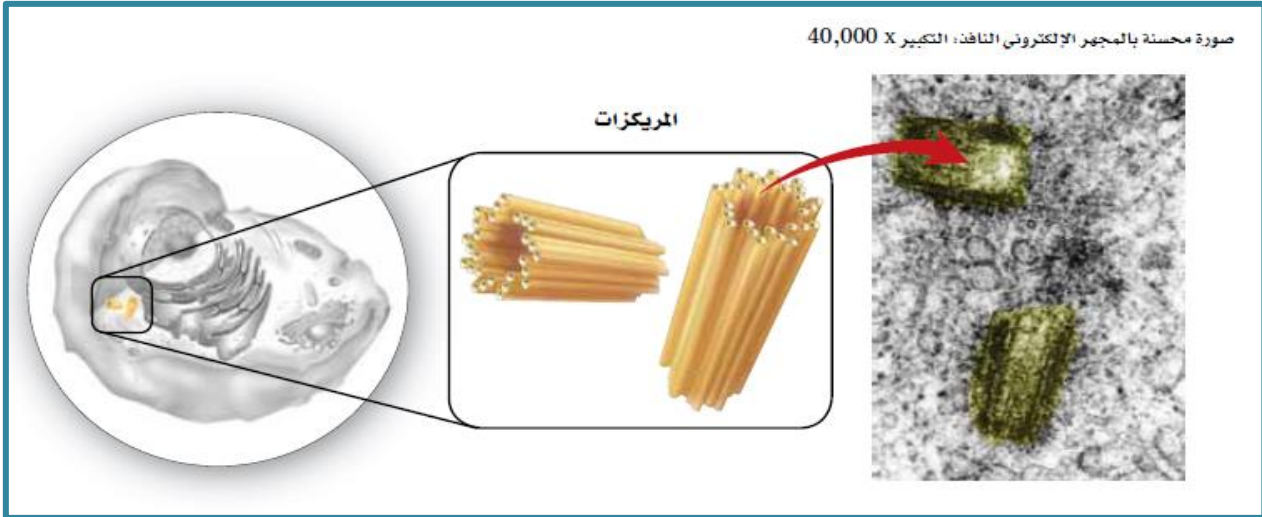
تندمج الأجسام المحللة بفجوات  
ثم تلقي إنزيماتها في هذه الفجوات لتهضم الفضلات داخلها

الغشاء المحيط بالأجسام المحللة يمنع إنزيماتها الهاضمة من تحليل الخلية

ملحوظة

مجموعة من الأنابيب الدقيقة توجد بالقرب من النواة في سيتوبلازم الخلايا الحيوانية وفي معظم الأوليات.

تؤدي دورا في انقسام الخلية



مصانع إنتاج الطاقة في الخلية

الميتوكوندريا

عضية محاطة بغشاءين أحدهما خارجيا والآخر داخليا كثير الطيات يزود الميتوكوندريا بمساحة سطح كبيرة تساعد في أداء وظيفتها. كما توجد حشوة في الوسط يتم فيها عملية إنتاج الطاقة.

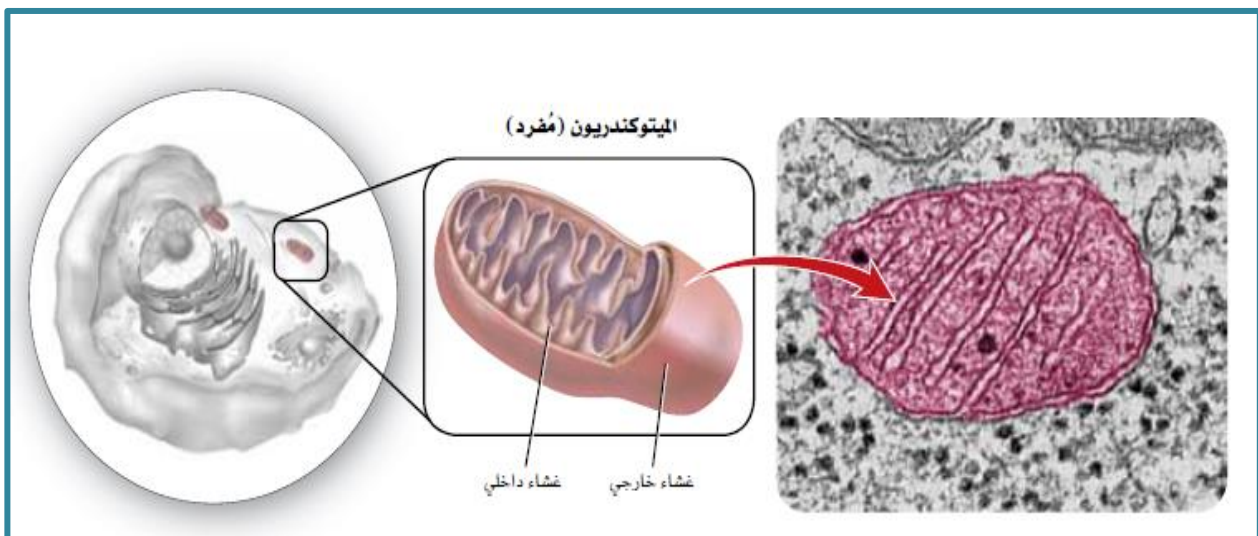
الوصف والتركيب

تحول الوقود وخصوصا السكريات إلى طاقة تخزن في مركبات أخرى تستعملها الخلية في أداء وظائفها

الوظيفة

مفرد الميتوكوندريا هي الميتوكوندريون

ملحوظة





توجد في خلايا النبات وبعض الخلايا حقيقية النواة كالمطحالب

البلاستيدات الخضراء

عضية محاطة بغشاءين أحدهما خارجي والآخر داخلي تحتوي بداخلها على حبيبات تسمى **الجرانا** وهي تتكون من أقرص متراسة فوق بعضها تسمى **الثايلاكويدات** تحتوي الثايلاكويدات على صبغة الكلوروفيل خضراء اللون التي تمتص طاقة ضوء الشمس.

التركيب

تمتص الطاقة الضوئية وتحولها إلى طاقة كيميائية من خلال عملية البناء الضوئي.

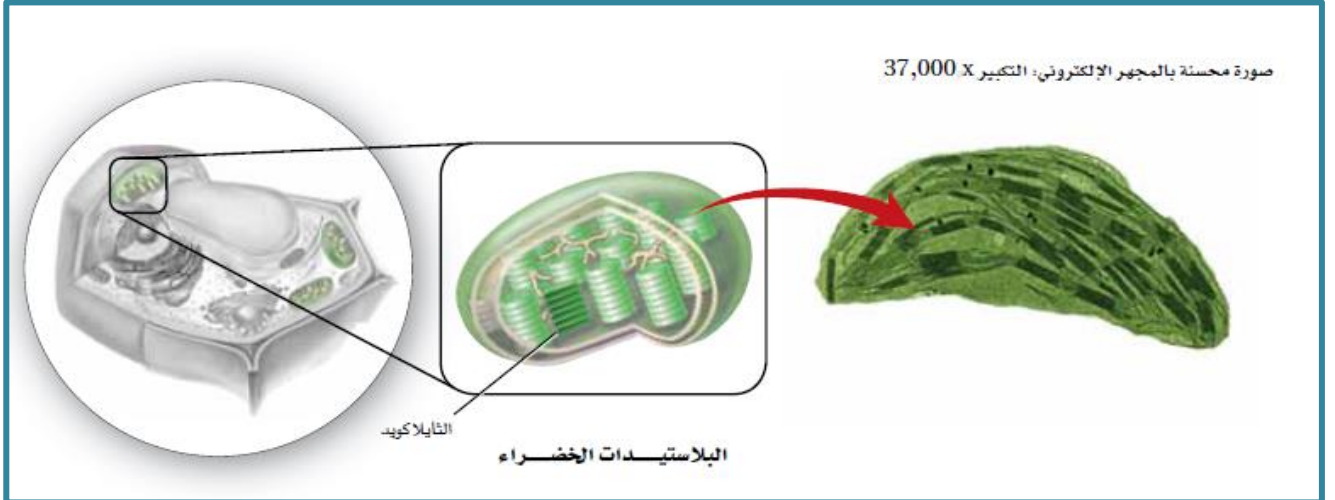
الوظيفة

مادة الكلوروفيل الخضراء هي التي تكسب سيقان وأوراق النباتات لونها الأخضر.

ملحوظة

### أنواع البلاستيدات الخضراء ووظائفها

البلاستيدات الملونة	البلاستيدات البيضاء (عديمة اللون)	البلاستيدات الخضراء
تحتوي على أصباغ حمراء أو برتقالية أو صفراء	لا تحتوي على أصباغ	تحتوي على أصباغ الكلوروفيل خضراء اللون
وظيفتها: تجميع طاقة الضوء إعطاء تراكيب النبات لونها كالأوراق والأزهار	وظيفتها: تخزين النشا والدهون	وظيفتها: القيام بعملية البناء الضوئي



أحد التراكيب في الخلايا النباتية

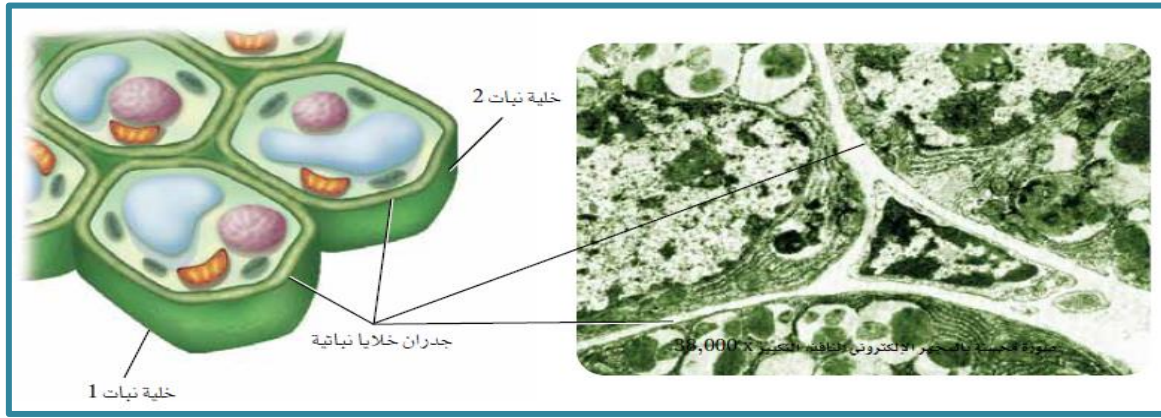
الجدار الخلوي

شبكة من الألياف السميكة الصلبة تحيط بالغشاء البلازمي من الخارج يتكون في النباتات من كربوهيدرات يسمى **السليولوز** يكسب الجدار خصائصه غير المرنة.

الوصف والتركيب

يعمل على حماية الخلية وتدعيمها (يساعد على وصول النباتات الى ارتفاعات مختلفة تتراوح بين حشائش وأشجار)

الوظيفة



## الأهداب والأسواط

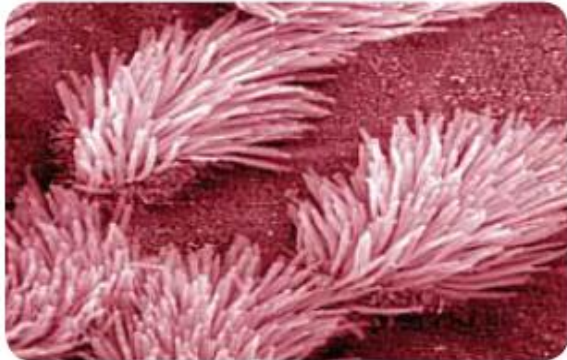
تتكون الأهداب والأسواط من أنابيب دقيقة مرتبة في نمط (2+9) أي تسعة أزواج من الأنابيب تحيط باتنين من الأنابيب الدقيقة، تحتوي الأهداب والأسواط في الخلايا بدائية النواة على سيتوبلازم محاط بغشاء بلازمي ويتكون كل منهما من وحدات من البروتين.

### التركيب

### مقارنة بين الأهداب والأسواط

المقارنة	الاهداب	الاسواط
الوصف	زوائد قصيرة كثيرة العدد تشبه الشعر <u>حركتها تشبه حركة المجاديف في القارب</u>	اطول من الاهداب واقل عددا للخلية سوط او سوطان فقط <u>حركتها تشبه حركة الأهداب</u>
اماكن وجودها	بعض الخلايا الحيوانية – خلايا الاوليات الخلايا بدائية النواة توجد في بعض الخلايا الثابتة وغير متحركة	بعض الخلايا حيوانية الخلايا بدائية النواة بعض الخلايا النباتية

صورة ملونة بالمجهر الإلكتروني الماسح ومكبرة 16.000×



أهداب على سطح البراميسيوم

صورة ملونة بالمجهر الإلكتروني النافذ



بكتيريا لها أسواط



## ملخص تراكيب الخلية

خلاصة تراكيب الخلية			الجدول 1-1
نوع الخلية	الوظيفة	مثال	تركيب الخلية
الخلايا النباتية و خلايا الفطريات وبعض الخلايا البدائية النواة.	حاجز غير مرن يعطي الدعامة والحماية للخلية النباتية.		الجدار الخلوي
الخلايا الحيوانية ومعظم خلايا الأوليات.	عضيات تظهر على شكل أزواج وتؤدي دورًا في انقسام الخلية.		المريكزات
الخلايا النباتية فقط.	عضيات لها غشاء مزدوج وثايلاكويدات وتحوي المادة الخضراء، ويتم فيها عملية البناء الضوئي.		البلاستيدات الخضراء
بعض الخلايا الحيوانية و خلايا الأوليات و الخلايا البدائية النواة.	امتدادات من سطح الخلية تساهم في الحركة والتغذية، وسحب المواد نحو سطح الخلية.		الأهداب
جميع الخلايا الحقيقية النواة.	إطار هيكلي للخلية داخل السيتوبلازم.		الهيكل الخلوي
جميع الخلايا الحقيقية النواة.	غشاء كثير الطيات وهو موقع تصنيع البروتين.		الشبكة الإندوبلازمية
بعض الخلايا الحيوانية و الخلايا البدائية النواة و بعض الخلايا النباتية.	امتدادات تساهم في الحركة والتغذية.		الأسواط
جميع الخلايا الحقيقية النواة.	أغشية أنبوبية متراسة ومسطحة تقوم بتصنيع البروتين وتغليفه لنقله خارج الخلية.		جهاز جولجي
الخلايا الحيوانية فقط.	حويصلة تحتوي على إنزيمات هاضمة تحلل المواد الخلوية الزائدة.		الأجسام المحللة
جميع الخلايا الحقيقية النواة.	عضية محاطة بغشاء يوفر الطاقة للخلية.		الميتوكوندريون
جميع الخلايا الحقيقية النواة.	مركز السيطرة في الخلية، وتحتوي على تعليمات مشفرة لإنتاج البروتينات وانقسام الخلية.		النواة
جميع الخلايا الحقيقية النواة.	حاجز مرن ينظم حركة المواد من الخلية وإليها.		الغشاء البلازمي
جميع الخلايا.	عضيات تُعد موقعًا لبناء البروتينات.		الرايبوسومات
الخلايا النباتية تحوي فجوة كبيرة أما الخلايا الحيوانية فتحوي القليل من الفجوات الصغيرة الحجم.	حويصلة محاطة بغشاء لتخزين مؤقت للمواد.		الفجوات

في ضوء فهم التراكيب الموجودة في الخلية يصبح من السهل معرفة كيفية عمل هذه التراكيب معا

تصنيع البروتين

مثال

- يبدأ في النواة على حسب المعلومات التي يحتويها DNA حيث يتم نسخ RNA من DNA الذي يحمل المعلومات الوراثية.
- تقوم النوية بإنتاج الرايبوسومات.
- يغادر RNA الرايبوسومات النواة الى السيتوبلازم من خلال الثقوب الموجودة في الغلاف النووي.
- ينتج كل من RNA الرايبوسومات معاً البروتين.

ملحوظة

- كل بروتين يتكون على سطح الشبكة الإندوبلازمية الخشنة له وظيفة محددة:
- 1- يصبح جزء من الغشاء البلازمي.
- 2- قد ينتقل الى خلية اخرى.
- 3- قد ينتقل إلى عضيات أو تصنيع البروتين اخرى.
- 4- كما تنتج الرايبوسومات الحرة بروتينا تستخدمه الخلية نفسها.

ملحوظة

- تنتقل معظم البروتينات الي تصنع على سطح الشبكة الإندوبلازمية الخشنة الى جهاز جولجي فيتم:
- يعبى جهاز جولجي البروتينات في حويصلات لنقلها الى عضيات اخر او خارج الخلية.
- تستعمل العضيات البروتين للقيام بالعمليات الحيوية الأخرى.
- مثال:** - الليسوسومات تستعملها في عمل الانزيمات الهاضمة.
- الميتوكوندريا تستعملها في عمل الانزيمات لإنتاج الطاقة.

## الفصل الثاني

### الطاقة الخلوية

#### كيف تحصل المخلوقات الحية على الطاقة؟

##### تحويلات الطاقة

الطاقة

هي القدرة على إنجاز عمل

الديناميكا الحرارية

دراسة تدفق الطاقة وتحولها في الكون.

##### ملحوظة

يحدث العديد من التفاعلات والعمليات الكيميائية في خلايا الجسم باستمرار.

##### قوانين الديناميكا الحرارية

القانون الأول (قانون حفظ الطاقة)

الطاقة لا تفتنى ولا تستحدث، ولكن يمكن أن تتحول من شكل لآخر.

عندما نأكل --- تتحول الطاقة المخزنة في المواد الغذائية إلى طاقة كيميائية.

عندما نركض أو نركل الكرة ---- تتحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة ميكانيكية.

تتحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية في عملية البناء الضوئي.

##### أمثلة

عدم تحول الطاقة دون حدوث فقدان للطاقة القابلة للاستعمال.

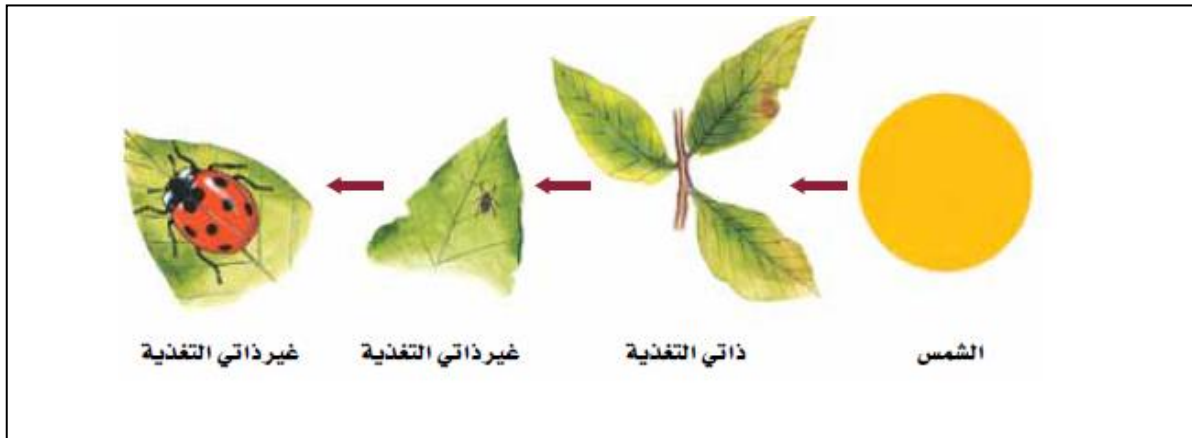
القانون الثاني للديناميكا الحرارية

في سلاسل الغذاء تتناقص الطاقة القابلة للاستعمال على نحو مستمر عند الانتقال نحو المستويات الغذائية الأعلى

##### مثال

الطاقة التي تفقد تتحول إلى طاقة حرارية.

##### ملحوظة



## ذاتية التغذية وغير ذاتية التغذية

<p><b>المخلوقات غير الذاتية التغذية</b> (هي مخلوقات حية تحتاج إلى بلع الطعام وهضمه للحصول على الطاقة)</p>	<p><b>المخلوقات ذاتية التغذية</b> (هي مخلوقات حية قادرة على صنع غذائها بنفسها)</p>	
<p><b>مثال</b> حشرة المن - الدعسوقة</p>	<p><b>ذاتية التغذية الضوئية</b> (تقوم بتحويل الطاقة الضوئية للشمس إلى طاقة كيميائية)</p>	<p><b>ذاتية التغذية الكيميائية</b> (تستعمل المواد غير العضوية ومنها كبريتيد الهيدروجين كمصدر للطاقة)</p>
	<p><b>مثال: النباتات</b></p>	<p><b>مثال: بعض أنواع البكتيريا</b></p>

جميع التفاعلات الكيميائية في الخلية

عملية الابيض

هي سلسلة التفاعلات الكيميائية التي يعد ناتج أحد التفاعلات فيها المادة المتفاعلة للتفاعل التالي.

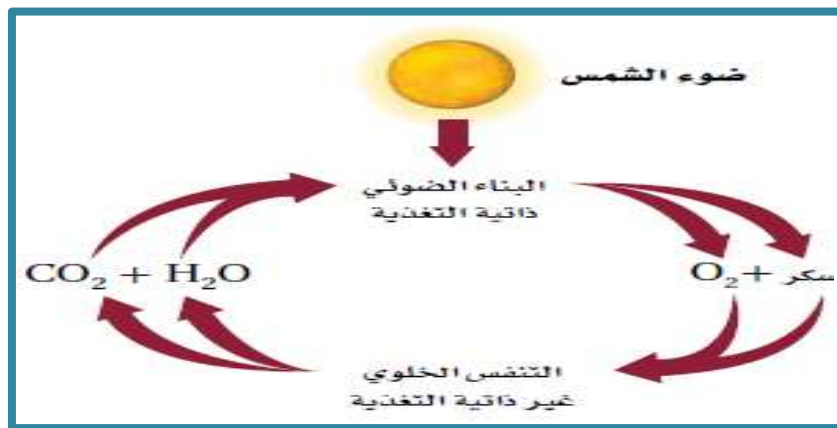
مسارات الابيض

تضم مسارات عملية الابيض كلا من عمليتي: البناء والهدم

<p><b>عملية البناء</b></p>	<p><b>عملية الهدم</b></p>
<p>فيها تستعمل الطاقة الناتجة من عملية الهدم لبناء جزيئات كبيرة من جزيئات صغيرة</p>	<p>فيها تتحرر الطاقة عن طريق تحليل الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات صغيرة</p>
<p><b>مثال: عملية البناء الضوئي</b> تتحول فيها الطاقة الضوئية من الشمس إلى طاقة كيميائية تخزن في جزيئات سكر الجلوكوز والتي تنتقل إلى مخلوقات حية أخرى عند استهلاك هذه الجزيئات</p>	<p><b>مثال: عملية التنفس الخلوي</b> فيها تتحلل المواد العضوية كسكر الجلوكوز في وجود الأكسجين لإطلاق الطاقة اللازمة للخلية وينتج ثاني أكسيد الكربون والماء</p>

ينتج عن العلاقة بين عمليتي الهدم والبناء تدفق مستمر للطاقة في المخلوق الحي.

ملحوظة



## ATP وحدة الطاقة الخلوية: (الأدينوسين ثلاثي الفوسفات)

هو من أهم الجزيئات الحيوية التي تزود الخلايا بالطاقة الكيميائية التي تستعملها الخلايا في التفاعلات المتنوعة.

تركيب جزيء الطاقة

يتركب جزيء الطاقة من:

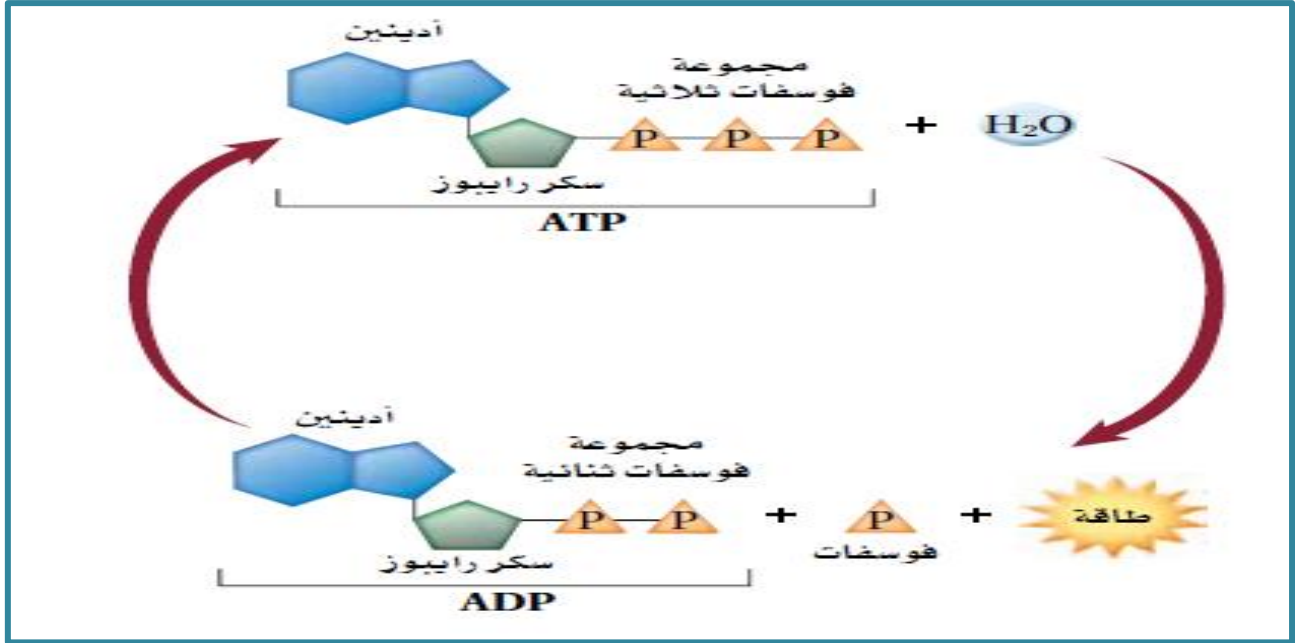
ثلاث مجموعات فوسفات

+

سكر رايبوز

+

قاعدة أدينين



يعد جزيء ATP أهم جزيئات الطاقة في الخلية حيث يمتاز ب

ملحوظة هامة

2- يوجد في جميع أنواع المخلوقات الحية.

1- من الجزيئات الأكثر وفرة في الخلايا.

وظيفة جزيء الطاقة (ATP)

- يطلق جزيء ATP الطاقة عندما تنكسر الرابطة بين مجموعة الفوسفات الثانية والثالثة مكونا جزيء يدعى أدينوسين ثنائي الفوسفات (ADP) ومجموعة فوسفات حرة.



- تستخدم هذه الطاقة في العمليات الحيوية المختلفة داخل الخلية.
- يعاد تخزين الطاقة مرة ثانية في الرابطة الفوسفاتية عندما يرتبط جزيء ADP مع مجموعة فوسفات ليتكون جزيء ATP.
- يمكن أن يتحول جزيء ADP داخل الخلية إلى ATP والعكس بإضافة أو سحب مجموعة فوسفات.
- أحيانا يمكن أن يفقد جزيء ADP مجموعة فوسفات إضافية متحولا إلى AMP ولكن الطاقة المنطلقة تكون قليلة جدا مقارنة بتحول جزيء ATP إلى جزيء ADP لذلك فإن معظم تفاعلات الخلية تعتمد على تحول ATP إلى ADP.

## البناء الضوئي

- معظم المخلفات الحية ذاتية التغذية ومنها النباتات قادرة على صنع المركبات العضوية مثل سكر الجلوكوز بواسطة عملية البناء الضوئي.
- في عملية البناء الضوئي يتم تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كما في المعادلة التالية:

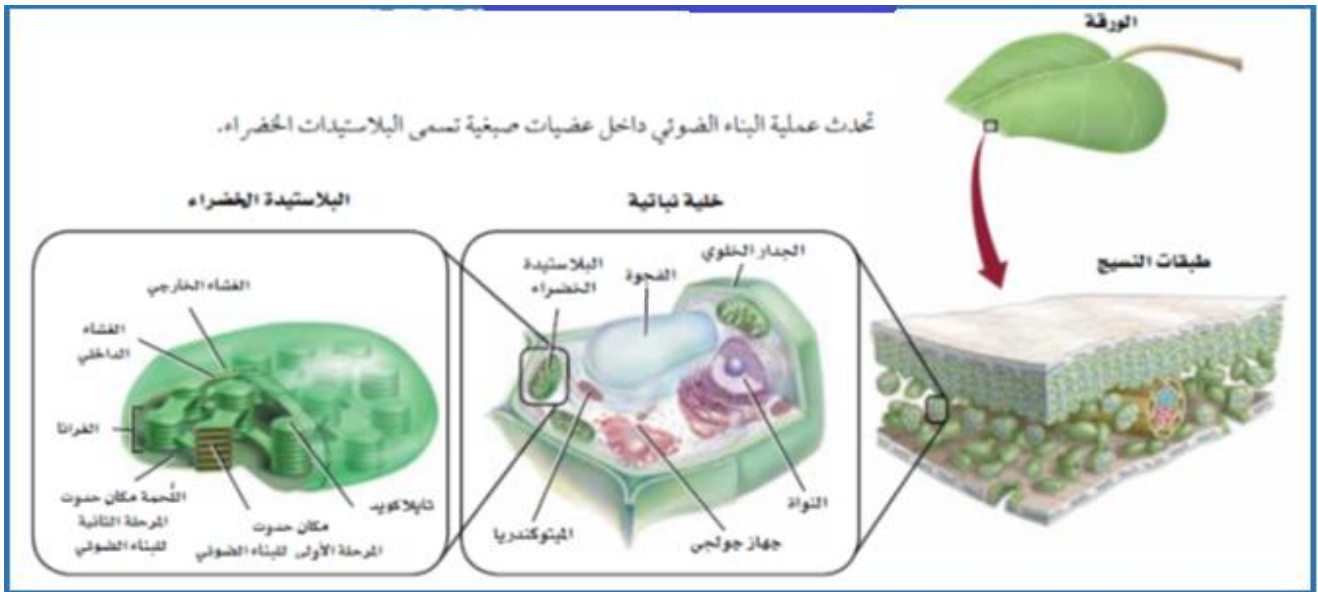


- تحدث عملية البناء الضوئي على مرحلتين هما:

المرحلة الثانية: التفاعلات اللاضوئية	المرحلة الأولى: التفاعلات الضوئية
لا تعتمد على الضوء	تحدث معتمدة على الضوء
يتم استعمال جزيئات ATP و NADPH التي تشكلت في المرحلة الأولى لصنع سكر الجلوكوز	وفيها يتم امتصاص الطاقة الضوئية وتحويلها إلى طاقة كيميائية على شكل ATP و NADPH

### ملحوظة

عندما ينتج سكر الجلوكوز يتحد مع جزيئات سكر جلوكوز أخرى لتكوين جزيئات أكبر وهي عبارة عن كربوهيدرات معقدة مثل النشا.



### المرحلة الأولى: التفاعلات الضوئية

- تحتوي النباتات على عضيات خاصة تمنص الطاقة الضوئية لإنتاج جزيئات تخزين الطاقة هما: ATP و NADPH لاستعمالها في التفاعلات اللاضوئية وهي البلاستيدات الخضراء.



- توجد البلاستيدات الخضراء في النباتات وخصوصاً في خلايا الأوراق.
- البلاستيدات هي عضيات تشبه القرص وتحتوي على جزأين ضروريين لعملية البناء الضوئي هما:

الستروما	الثايلاكويدات
وهي سائل يملأ الفراغات المحيطة بالجراثا، وتُشكّل موقع حدوث التفاعلات اللاضوئية في المرحلة الثانية من عملية البناء الضوئي.	وهي مجموعة أغشية مُسطحة تشبه الكيس تنتظم في رزم متراصة تُسمى <b>الجراثا</b> وتحدث التفاعلات الضوئية في الثايلاكويدات.

## الأصبغ

هي الجزيئات الملونة التي تمتص الضوء وتوجد في أغشية الثايلاكويدات في البلاستيدات الخضراء

- تُسمى الجزيئات الملونة التي تمتص الضوء بالأصبغ **وتوجد في أغشية الثايلاكويدات** في البلاستيدات الخضراء. وتختلف الأصبغ في قدرتها على امتصاص أطوال موجات محددة من الضوء.
- ومن الصبغات الموجودة **الكلوروفيل (a)** و**الكلوروفيل (b)** ويختلف تركيبه من جزيء إلى آخر مما يسمح لجزيئات الكلوروفيل بامتصاص الضوء من مناطق محددة في الطيف الضوئي المرئي.
- وعموماً يمتص الكلوروفيل الضوء من منطقة الطيف الأزرق - البنفسجي، ويعكس الضوء في المنطقة الخضراء من الطيف **لذلك يرى الإنسان أجزاء النبات التي تحتوي على الكلوروفيل باللون الأخضر.**

## لاحظ ما يلي

- تحتوي معظم المخلوقات الحية التي تقوم بعملية البناء الضوئي على صبغات إضافية بالإضافة إلى الكلوروفيل، تسمح للنباتات بامتصاص الطاقة الضوئية الإضافية من مناطق أخرى من الطيف المرئي.
- من ضمن هذه الأصبغ مجموعة الأصبغ **الكاروتينية** ومنها صبغة **بيتا-كاروتين** التي تمتص الضوء من المناطق الزرقاء والخضراء من الطيف في حين تعكس أكثر الضوء من المناطق الصفراء والبرتقالية والحمراء.
- تنتج مجموعة الأصبغ الكاروتينية ألواناً معينة: كلون الجزر والبطاطا الحلوة.
- تُعد صبغة الكلوروفيل من الأصبغ الأكثر شيوعاً ووفرة من الأصبغ الأخرى في الأوراق، لذلك تمنع ظهور ألوان الأصبغ الأخرى.

## نقل الإلكترون

س/ علل، يشكل تركيب غشاء الثايلاكويدات الأساس الفعال لانتقال الطاقة في أثناء انتقال الإلكترونات؟

1. حيث يتميز غشاء الثايلاكويدات بمساحة سطح كبيرة مما يوفر المساحة اللازمة للاحتفاظ بأعداد كبيرة من الجزيئات الناقلة للإلكترونات.
2. ويحتوي على نوعين من الأنظمة الضوئية التي تتكون من أصبغ تمتص الضوء، وبروتينات تؤدي دوراً مهماً في التفاعلات الضوئية.



## الفيرودوكسين يسمى مستقبل إلكتروني نهائي.

ملحوظة

(هي عملية يتم فيها إنتاج ATP نتيجة تدفق الإلكترونات مع تدرج التركيز).

الاسموزية الكيميائية

- يتم إنتاج جزيء يسمى (ATP) بالتزامن مع نقل الإلكترون بعمليّة تسمى الاسموزية الكيميائية.
- لا تقتصر أهمية تحطم جزيء الماء على توفير الإلكترونات التي تحفز سلسلة نقل الإلكترون فقط، بل بهدف تقديم البروتونات  $H^+$  الضرورية لتفعيل بناء جزيء (ATP) في أثناء العملية الاسموزية الكيميائية.
- تتراكم أيونات الهيدروجين (أثناء نقل الإلكترون)، في داخل الثايلاكويد، ونتيجة لتركيز أيونات الهيدروجين العالي داخل الثايلاكويد وانخفاض تركيزها في الستروما تنتشر أيونات هيدروجين من داخل الثايلاكويد إلى الستروما عبر قنوات أيونية في الغشاء، وهذه القنوات عبارة عن إنزيمات تسمى إنزيمات بناء الطاقة ويتشكل في أثناء انتقال أيونات هيدروجين عبر إنزيمات (ATP) جزيء (ATP) في الستروما.

ملحوظة هامة

المرحلة الثانية: دورة كلفن

على الرغم من تزود جزيئات ATP - NADPH الخاليا بكميات كبيرة من الطاقة إلا أنها جزيئات غير مستقرة بصورة كافية حتى تخزن الطاقة لفترات زمنية طويلة

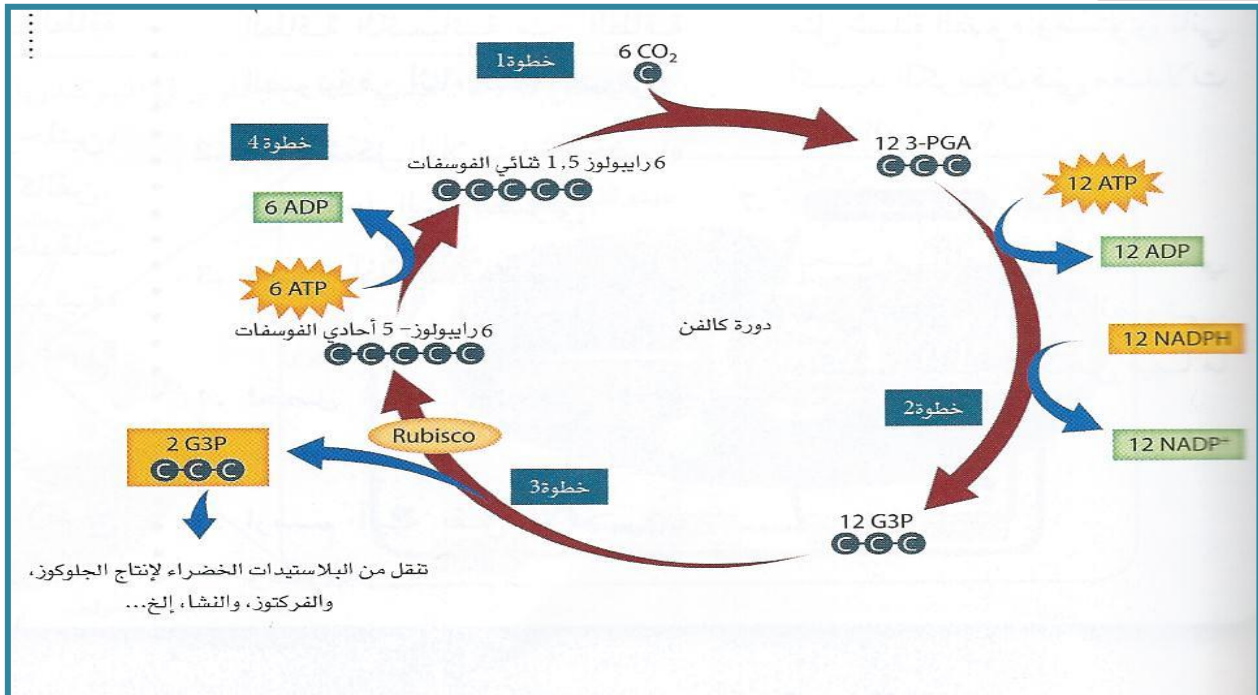
يتم فيها تخزين الجزيئات العضوية مثل سكر

أهميتها

يشار إلى التفاعلات في دورة كالفن بالتفاعلات غير المعتمدة على الضوء.

ملحوظة

خطوات دورة كلفن



- تُسمى الخطوة الأولى من دورة كالفن ب (**تثبيت الكربون**)، وفيها تتحد **ست** جزيئات من ثاني أكسيد الكربون مع **ستة** مركبات خماسية الكربون (ريبولوز 5 و1 ثنائي الفوسفات) لتشكل **اثني عشر** جزيئاً (ثلاثي الكربون) يُسمى 3- حمض جليسرين أحادي الفوسفات (3-PGA) ويسمى اتحاد ثاني أكسيد الكربون مع الجزيئات العضوية **تثبيت الكربون**.
- في الخطوة الثانية يتم نقل الطاقة الكيميائية المخزنة في جزيئات (ATP) و (NADPH) إلى جزيئات حمض جليسرين الفوسفات (3-PGA) لتكوين جزيئات عالية الطاقة تسمى جليسرألدهايد-3 فوسفات (G3P) في حين يوفر جزيء (NADPH) أيونات الهيدروجين والإلكترونات.
- في الخطوة الثالثة يترك **جزيئان** من جليسر ألدهايد-3 فوسفات الدورة ليستعملان في إنتاج الجلوكوز ومركبات عضوية أخرى.
- في آخر خطوة من دورة كالفن يحول **إنزيم روبيسكو** الجزيئات **العشر** المتبقية من (G3P) إلى **ست** جزيئات خماسية الكربون تسمى ريبولوز 5- أحادي الفوسفات والتي تتحول فيما بعد إلى **ستة** من جزيئات ريبولوز 5 و1 ثنائي الفوسفات.
- تتحد هذه الجزيئات مرة أخرى مع جزيئات جديدة من ثاني أكسيد الكربون لإعادة الدورة مرة أخرى.

#### أهمية إنزيم روبيسكو

يُعد إنزيم روبيسكو واحداً من أهم الإنزيمات الحيوية، لأنه يحول جزيئات ثاني أكسيد الكربون غير العضوية إلى جزيئات عضوية تستعملها الخلية بالإضافة إلى استعمال السكر الناتج عن دورة كالفن مصدراً للطاقة فالنبات يستعمله بوصفه وحدات بناء أساسية في الكربوهيدرات المعقدة، ومنها السيليلوز الذي يوفر الدعم للنبات.

#### مسارات بديلة

- البيئة التي لا تتوافر فيها كميات كافية من **الماء** أو **ثاني أكسيد الكربون** تقلل من مقدرة المخلوق الحي الذي يقوم بعملية البناء الضوئي على تحويل الطاقة الضوئية لكيميائية.
  - النباتات التي تعيش في بيئة جافة وحارة تتعرض لفقدان كميات كبيرة من الماء، مما يؤدي للتقليل من عملية البناء الضوئي.
- طرائق بديلة لعملية البناء الضوئي تمكنها من تحويل الطاقة إلى حدها الأقصى:**

#### نباتات C4

**مسار: C4** (هو أحد المسارات التكيفية التي تساعد في الحفاظ على عملية البناء الضوئي بأقل حد ممكن من فقدان الماء) - يحدث هذا المسار في نبات مثل: **قصب السكر** و**الذرة** و**الأناناس** (نباتات C4).

تسمية نبات C4 بهذا الاسم؟

بم تفسر

بسبب تثبيتها لثاني أكسيد الكربون مع مركبات رباعية الكربون بدلاً من مركبات ثلاثية الكربون أثناء دورة كالفن.

#### خصائص نباتات C4

1. لها تعديلات تركيبية مهمة تتعلق بترتيب الخلايا في الأوراق.
2. تبقى ثغورها مغلقة في الأيام الحارة.
3. تنتقل المركبات الرباعية الكربون لخلايا خاصة حيث يدخل ثاني أكسيد الكربون دورة كالفن مما يسمح باستهلاك كمية كافية من ثاني أكسيد الكربون ويقلل كمية الماء المفقودة.



## التنفس الخلوي

نظرة عامة على التنفس الخلوي

هو العملية التي تحصل المخلوقات الحية من خلالها على الطاقة

التنفس الخلوي

جمع الالكترونات من المركبات الكربونية مثل الجلوكوز.

وظيفة التنفس الخلوي

ملحوظة

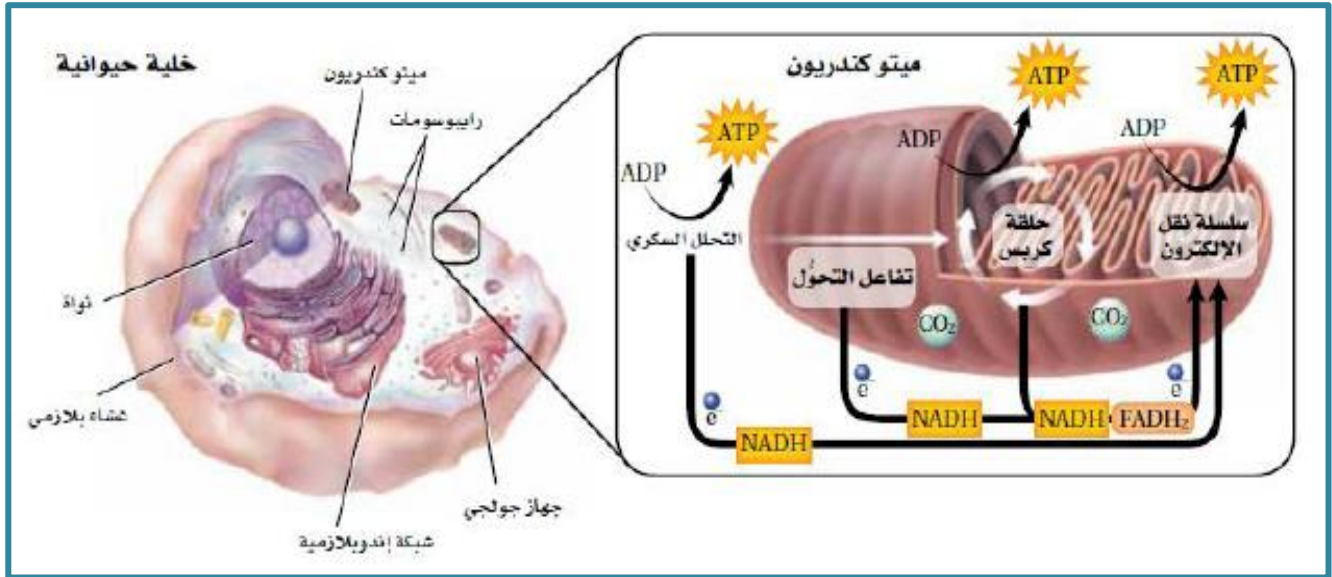
الطاقة الناتجة من عملية التنفس الخلوي تستعمل لإنتاج جزيء ATP الذي يستعمل في تزويد الخلايا بالطاقة لتؤدي وظائفها.

معادلة التنفس الخلوي



- معادلة التنفس الخلوي هي عكس معادلة البناء الضوئي.
- يحدث التنفس الخلوي في الميتوكوندريا التي تشكل مصنع الطاقة للخلية.

ملحوظة



يحدث التنفس الخلوي على مرحلتين هامتين هما:

مراحل عملية التنفس الخلوي

التنفس الخلوي الهوائي (ويشمل دورة كريبس ونقل الإلكترون)

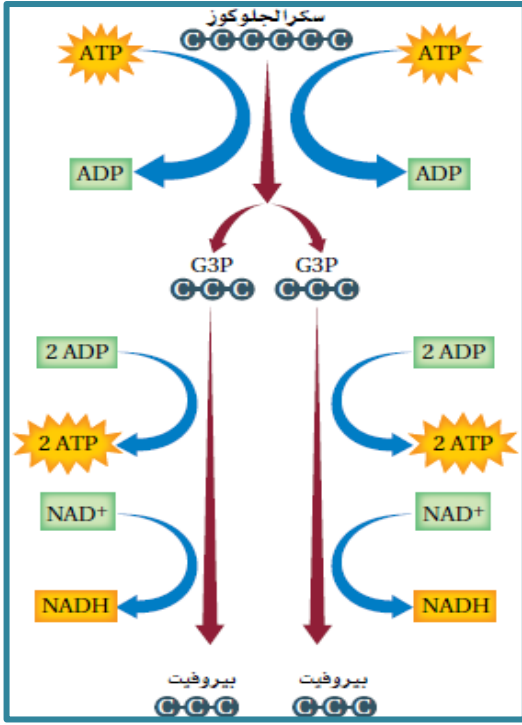
التنفس الخلوي اللاهوائي (التحلل السكري)

تتطلب هاتان العمليتان الأكسجين.

لا يتطلب وجود أكسجين

## أولاً: التنفس اللاهوائي (التحلل السكري)

في هذه العملية، يتحلل جزيء الجلوكوز في **السيتوبلازم** ويتكون جزيئان من ATP وجزيئان من NADH مقابل كل جزيء من جزيئات الجلوكوز التي تتحلل.



### خطوات التحلل السكري

1. تتحد مجموعتين فوسفات مع جزيء الجلوكوز (نتيجة تحلل جزيئين من ATP).
2. ينشط جزيء الجلوكوز السداسي الكربون إلى مركبين ثلاثي الكربون يسمى كل واحد منهما (جليسر ألدهيد فوسفات) G3P .
3. تضاف مجموعتان فوسفات لكل مركب ثلاثي الكربون (جليسر ألدهيد فوسفات G3P) وتتحد الإلكترونات وأيونات الهيدروجين ( $H^+$ ) مع جزيئين ( $NAD^+$ ) لتكوين جزيئين NADH .
4. تتحول المركبات الثلاثية الكربون إلى جزيئي بيروفيت (حمض البيروفيك) وفي الوقت نفسه يتم إنتاج أربع جزيئات ATP .

### ملحوظة

ينتج عن عملية التحلل السكري 2 جزيء من ATP فقط وليس 4 لأن جزيئين استهلكا في بداية عملية التحلل لشطر جزيء الجلوكوز إلى مركبين ثلاثية الكربون .

## ثانياً: التنفس الهوائي

### دورة حمض الستريك أو دورة حمض الكربوكسيل الثلاثي – (TCA)

### أ- دورة كريبس

(هي سلسلة التفاعلات التي يتحلل فيها البيروفيت لغاز ثاني أكسيد الكربون داخل حشوة الميتوكوندريا)

### ملحوظة

- معظم الطاقة الناتجة من تحلل سكر الجلوكوز لا تزال محتواه في جزيئان البيروفيت.
- يتم نقل البيروفيت في وجود الاكسجين لحشوة الميتوكوندريا.

### قبل بدء دورة كريبس

- 1- يتفاعل البيروفيت مع مرافق الإنزيم أ (CoA) لتكوين وسيط ثنائي الكربون يسمى **أسيتيل مرافق الإنزيم أ (أسيتل CoA)**
- 2- يتحول  $NAD^+$  إلى NADH.
- 3- ينطلق غاز ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$ .
- 4- ينتقل أسيتيل مرافق الإنزيم أ (أسيتل CoA) إلى حشوة الميتوكوندريا.

نواتج ما قبل دورة كريبس لكل جزيء جلوكوز

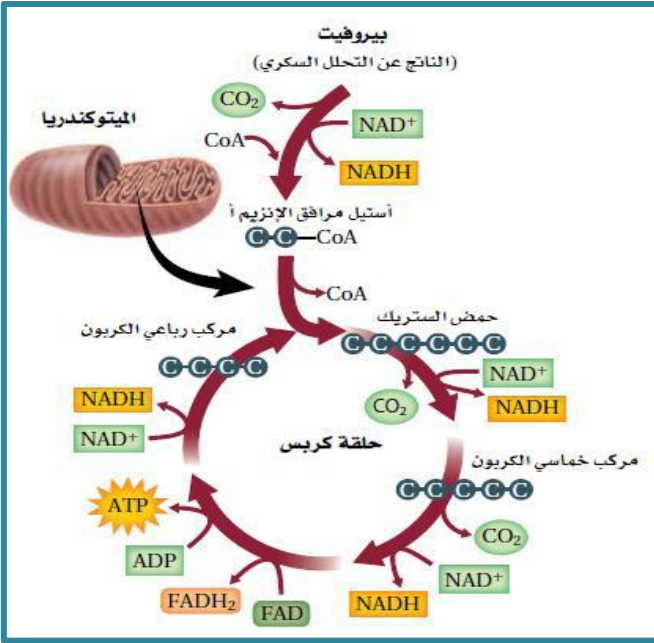
1- 2 جزيء من ثاني أكسيد الكربون ( $CO_2$ )

2- 2 جزيء من NADH



## خطوات دورة كريبس:

- 1- يتحد (أسيتيل CoA) مع مركب رباعي الكربون ليتكون مركب سداسي الكربون هو **حمض الستريك**.
- 2- يتحلل حمض الستريك على عدة خطوات من السلسلة.
- 3- يُطلق جزيئين من ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$ ، وثلاث جزيئات من  $NADH$  وجزيء واحد  $ATP$ ، وجزيء واحد من  $FADH_2$ .
- 4- في نهاية الدورة يتم إنتاج أسيتيل مرافق الإنزيم أ (أسيتيل CoA)، وحمض الستريك وتستمر الدورة.



### ملحوظة

ذرات الهيدروجين التي يتم انتزاعها أثناء الدورة يستقبلها نوعين من النواقل الكيميائية هما:  $NAD^+$  والذي يتحول إلى  $NADH$ ، وكذلك  $FAD$  والذي يتحول إلى  $FADH_2$

لأن جزيء سكر الجلوكوز يعطي جزيئين من البيروفيت أثناء التحلل السكري يساهمان في دورتي كريبس فيكون الناتج النهائي

الناتج النهائي لدورة كريبس فقط لكل جزيء سكر جلوكوز (مع التفاعلات ما قبل دورة كريبس)

الناتج النهائي لدورة كريبس فقط لكل جزيء سكر جلوكوز (بدون التفاعلات ما قبل دورة كريبس)

8 جزيئات  $NADH$   
6 جزيئات  $CO_2$   
2 جزيء  $FADH_2$   
2 جزيء  $ATP$

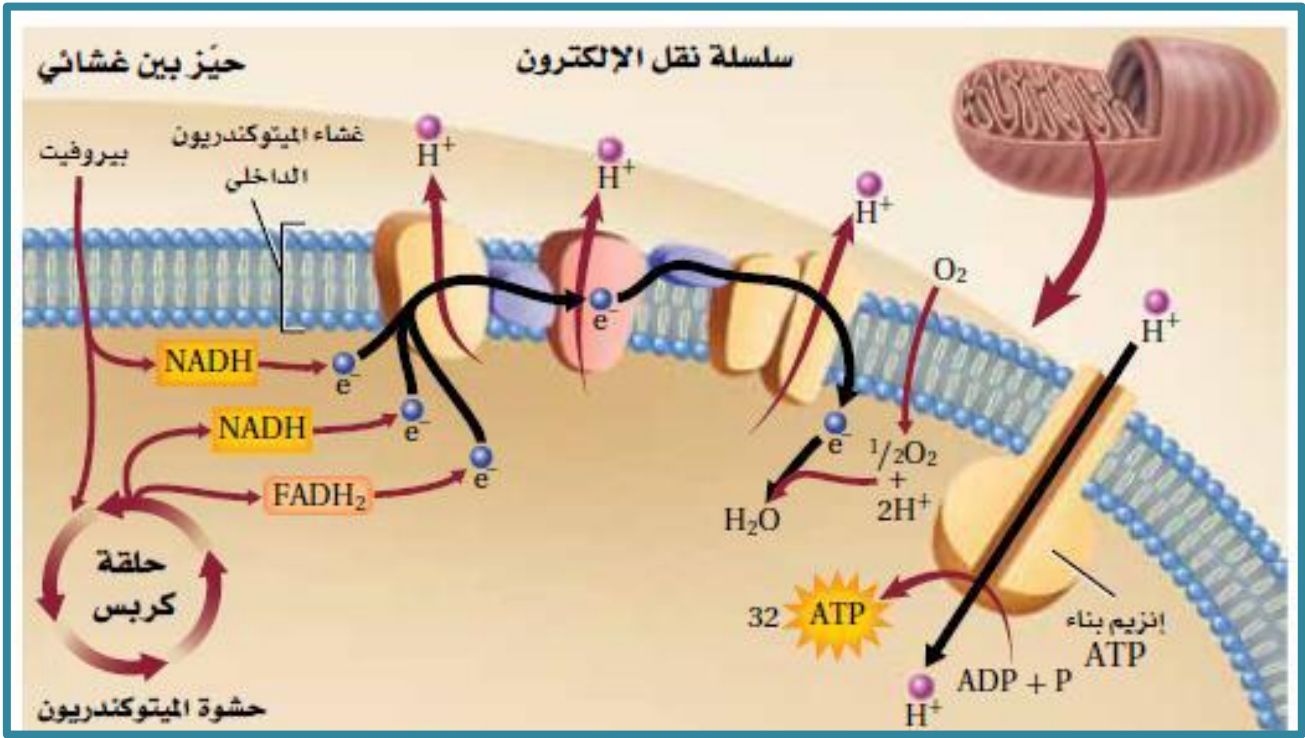
6 جزيئات  $NADH$   
4 جزيئات  $CO_2$   
2 جزيء  $FADH_2$   
2 جزيء  $ATP$

يستمر عمل  $NADH$  و  $FADH_2$  ليؤديا دورا مهما في المرحلة التالية من التنفس الخلوي (نقل الإلكترون)

### ملحوظة

### (ب) نقل الإلكترون

(هي الخطوة الأخيرة في تحطم الجلوكوز والنقطة التي يتم فيها إنتاج معظم جزيئات  $ATP$  حيث تستعمل الإلكترونات عالية الطاقة وايونات الهيدروجين من جزيئات  $FADH_2$  و  $NADH$  التي يتم إنتاجها في دورة كريبس لتحويل جزيئات  $ADP$  إلى  $ATP$ ).



### خطوات سلسلة نقل الإلكترون:

- تطلق جزيئات  $FADH_2$  و  $NADH$  الإلكترونات وتتحول إلى نواقل الإلكترونات  $FAD^+$  و  $NAD^+$ .
- تنتقل الإلكترونات على طول غشاء الميتوكوندريا من بروتين لآخر.
- تتحرر أيونات الهيدروجين  $H^+$  إلى حشوة الميتوكوندريا.
- يتم ضخ أيونات الهيدروجين  $H^+$  من حشوة الميتوكوندريا عبر الغشاء الداخلي لها إلى الحيز بين الغشائيين.
- تنتشر أيونات الهيدروجين عائدة عبر الغشاء الداخلي بالمرور عبر جزيئات إنزيمات بناء ATP مما يحفز تحويل ADP إلى **ATP بعملية الأسموزية الكيميائية.**
- تنتقل البروتونات والإلكترونات إلى الأكسجين لتكوين الماء.

- تتشابه عمليتا نقل الإلكترون والأسموزية الكيميائية في عملية التنفس الخلوي مع نظيراتها في البناء الضوئي.
- يعد **الأكسجين** المستقبل النهائي للإلكترونات في سلسلة نقل الإلكترون في عملية التنفس الخلوي حيث تنقل البروتونات والإلكترونات إلى الأكسجين لتكوين الماء.

ملحوظة

كل جزيء  $NADH$  يعطي 3 جزيئات من ATP وكل جزيء  $FADH_2$  يعطي 2 جزيئات من ATP

هام جدا

### ملحوظة مهمة جدا

في المخلوقات حقيقية النواة ينتج كل جزيء من سكر الجلوكوز 36 جزيء من ATP

(ويقصد به أن الخلايا وبعض المخلوقات الحية تستطيع النمو والتكاثر في غياب الأكسجين حيث تستمر في إنتاج ATP من خلال التحلل السكري).

تقوم بالتنفس اللاهوائي

بعض الخلايا تعمل لفترة زمنية قصيرة في مستويات منخفضة من الأكسجين

مثال

بعض المخلوقات الحية اللاهوائية

### أهم المشكلات الناتجة عن الاعتماد على التحلل السكري وحده في الحصول على الطاقة

- قلة الطاقة الناتجة عن التحلل السكري (حيث كل جزئ من سكر الجلوكوز ينتج 2 ATP).
- تتوقف عملية التحلل السكري عند استهلاك جميع جزيئات المحدودة داخل الخلية  $NAD^+$  (خاصة إذا لم تحدث عملية تسد النقص في هذه الجزيئات).

تلجأ هذه المخلوقات والخلايا إلى مسار يتبع التحلل السكري هو التنفس اللاهوائي (التخمير)

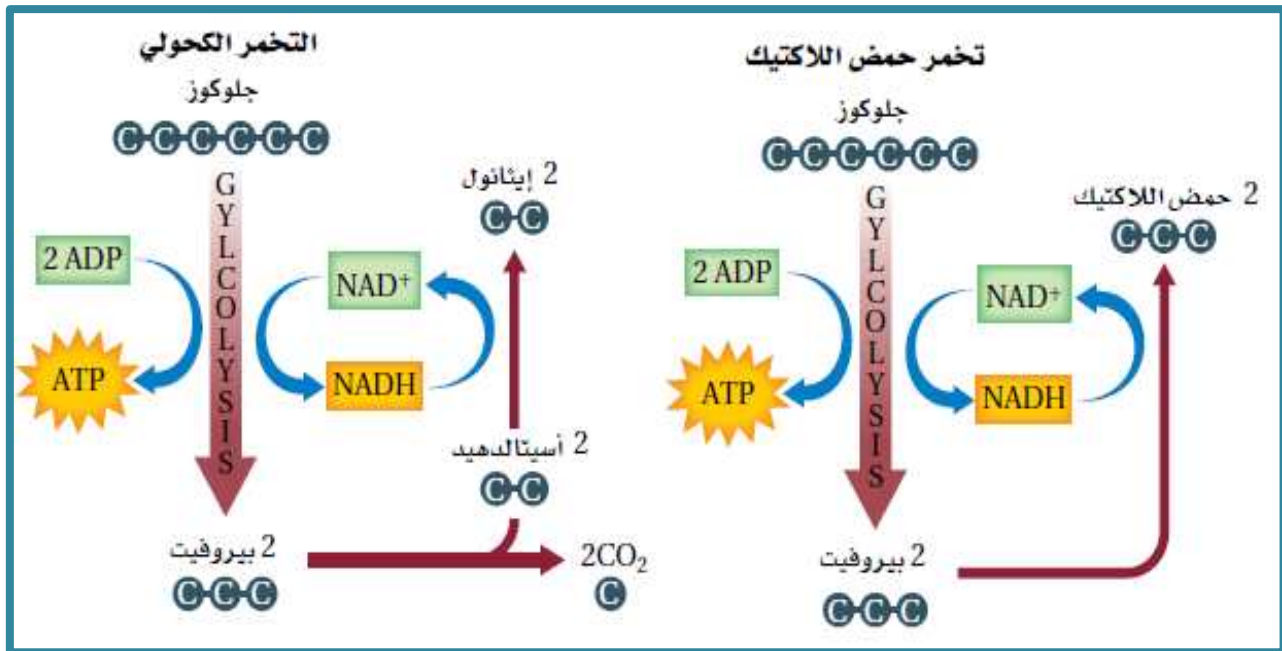
ملحوظة

يحدث في السيتوبلازم.

عملية التخمير

**أهميتها:** تعيد تزويد الخلية بجزيئات  $NAD^+$  اللازمة لاستمرار التحلل السكري في غياب الأكسجين وإنتاج كمية قليلة من جزيئات ATP التي تمد الخلية بالطاقة.

**أنواع التخمير:** - يوجد نوعين من التخمير هما: تخمير حمض اللاكتيك والتخمير الكحولي.



التخمير الكحولي	تخمير حمض اللاكتيك	
يتحول البيروفيت إلى الكحول الإيثيلي (إيثانول) وثاني أكسيد الكربون	تحول الإنزيمات البيروفيت الناتج عن التحلل السكري إلى حمض اللاكتيك	التعريف
يشتمل على نقل الإلكترونات عالية الطاقة والبروتونات من NADH وتتحول إلى NAD+	يشتمل على نقل الإلكترونات عالية الطاقة والبروتونات من NADH وتتحول إلى NAD+	الميكانيكية
يحدث في الخميرة وبعض أنواع البكتيريا	يحدث في العضلات الهيكلية عندما تقل كمية الأكسجين الواصلة إليها نتيجة القيام بالتمارين الرياضية المجهدة كذلك في المخلوقات الحية الدقيقة التي تستعمل في إنتاج أطعمة معينة مثل الجبن واللبن	مكان الحدوث

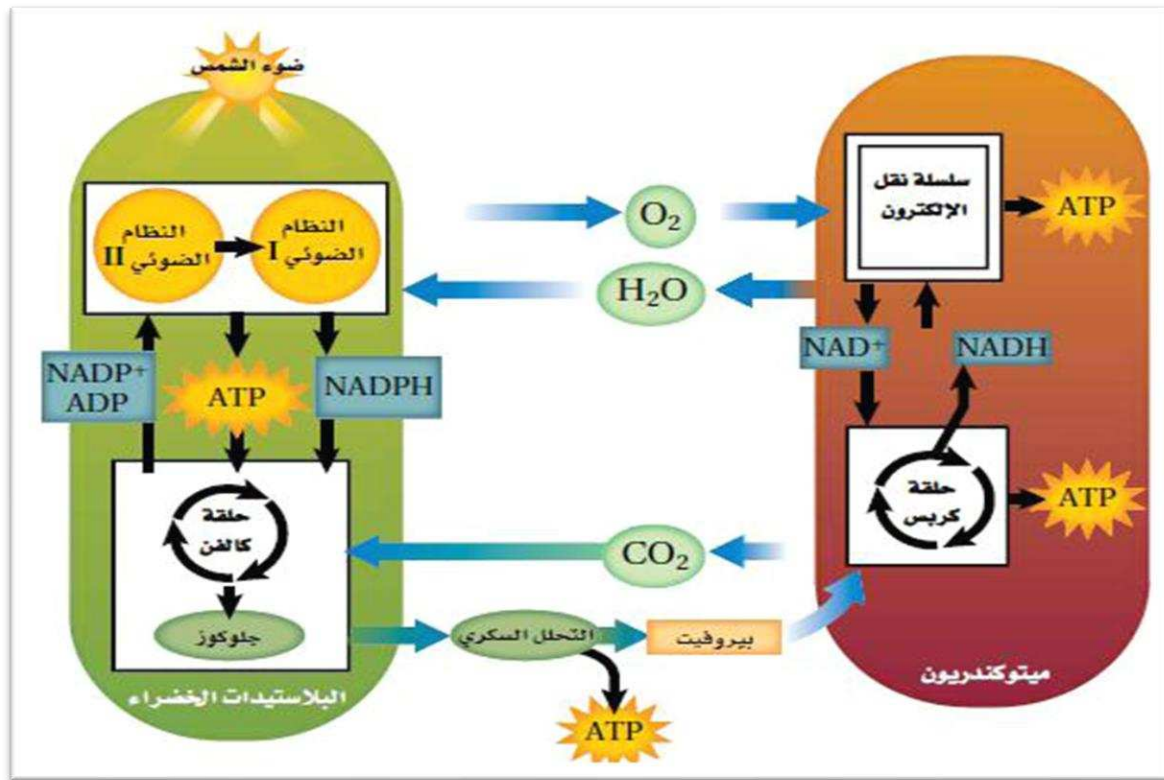
### ملحوظة

عندما يتجمع حمض اللاكتيك في الخلايا العضلية يرهق العضلات وتشعر بالألم

### البناء الضوئي والتنفس الخلوي:

- عمليتان مهمتان تستعملهما الخلايا للحصول على الطاقة.
- هما مسارات ابيضية تنتج الكربوهيدرات الايضية وتحللها.

- 1- المواد الناتجة من عملية البناء الضوئي هي: الجلوكوز والأكسجين وهي المواد المتفاعلة التي تتطلبها عملية التنفس الخلوي.
- 2- المواد الناتجة من عملية التنفس الخلوي هي: الماء وثاني أكسيد الكربون وهي المواد المتفاعلة اللازمة لعملية البناء الضوئي.



## الفصل الثالث

### التكاثر الخلوي والوراثة

#### الانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم

عندما تصل الخلية إلى أكبر حجم لها فهي بين أمرين: فإما أن **تنقسم**، وإما أن **تتوقف عن النمو**.

دورة الخلية

انقسام الخلية هو طريقة الخلية في التكاثر - تتكاثر الخلايا عبر دورة نمو وانقسام تسمى **دورة الخلية**

ملحوظة

#### دورة الخلية

هي دورة تمر بها الخلية لتصبح خليتين

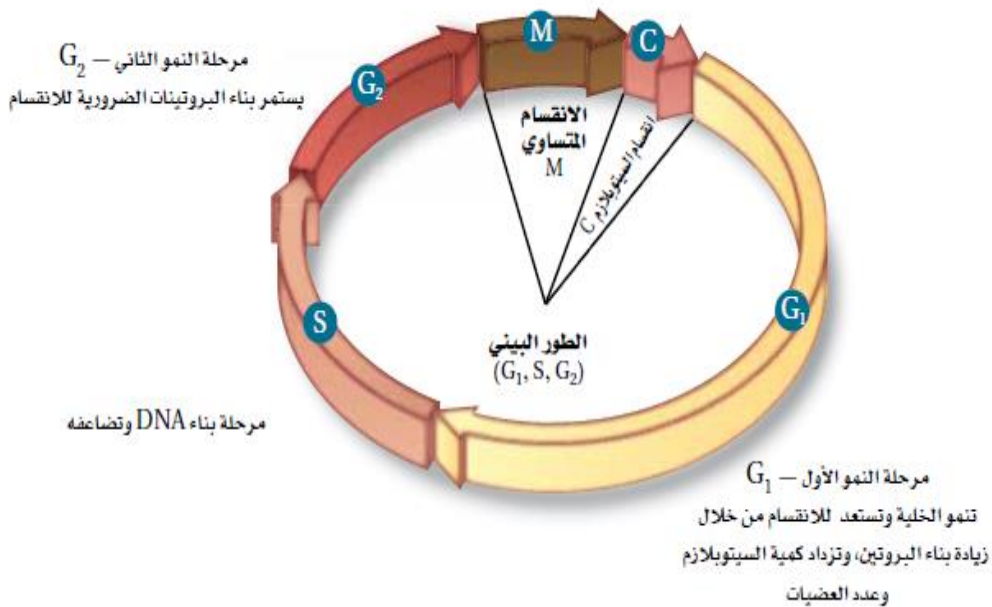
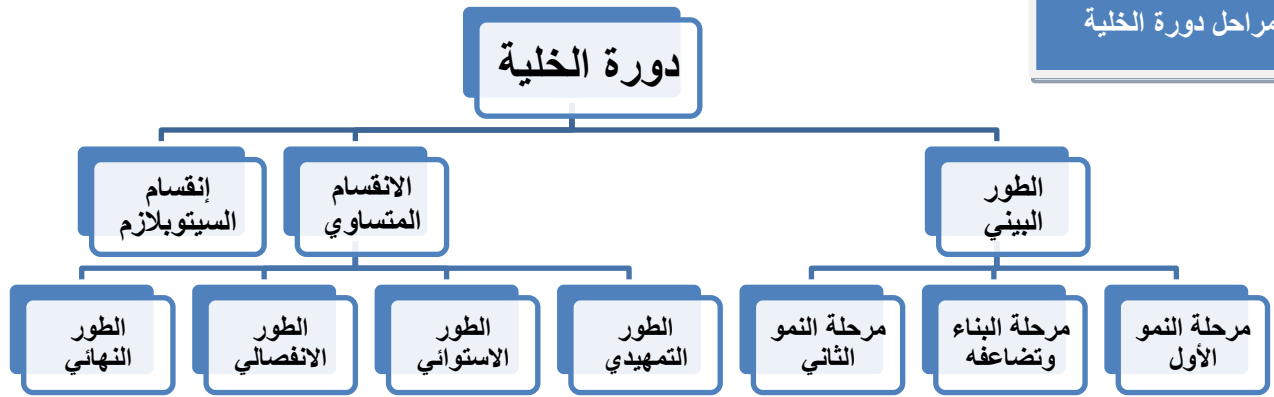
#### دورة الحياة

هي مراحل النمو التي يمر بها المخلوق الحي في أثناء حياته

عند تكرار دورة الخلية باستمرار تكون النتيجة استمرار إنتاج خلايا جديدة.

ملحوظة

مراحل دورة الخلية





في الطور البييني تنمو الخلية وتستعد للانقسام من خلال زيادة بناء البروتين وزيادة كمية السيتوبلازم وعدد العضيات وتقوم بوظائفها الخلوية وتضاعف مادتها الوراثية DNA.

### تختلف دورة حياة الخلية اعتماداً على نوع الخلية.

- بعض الخلايا حقيقية النواة تكمل دورة حياتها في 8 دقائق في حين قد تستغرق خلايا أخرى عامها الأول.
- معظم الخلايا الحيوانية الطبيعية والنشطة تستغرق حوالي 12: 24 ساعة لتكمل دورتها وبعض خلايا الجسم تكمل دورة حياتها في يوم واحد تقريباً.

### الانقسام المتساوي

### أثناء الانقسام المتساوي يحدث ما يلي:

1. انفصال المادة الوراثية المتضاعفة وتستعد الخلية للانقسام إلى خليتين.
2. يعد انفصال المادة الوراثية المتضاعفة DNA عامل أساسي للانقسام المتساوي لأنه يسمح للمعلومات الوراثية في الخلية بالانتقال إلى الخلايا الجديدة المتلاصقة، وينتج عن ذلك خليتين متطابقتين وراثياً تسمى كل واحدة بنوية.

### أهمية الانقسام المتساوي:

- يزيد من أعداد الخلايا في المخلوقات عديدة الخلايا في أثناء نمو صغارها لتصبح بالغة.
- يسمح بتعويض الخلايا التالفة فتقسم خلايا جلد الإنسان عندما يتعرض لجرح بواسطة الانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم بتكوين خلايا جلد جديدة.

مراحل الانقسام المتساوي: يتكون الانقسام المتساوي من أربع مراحل هي:

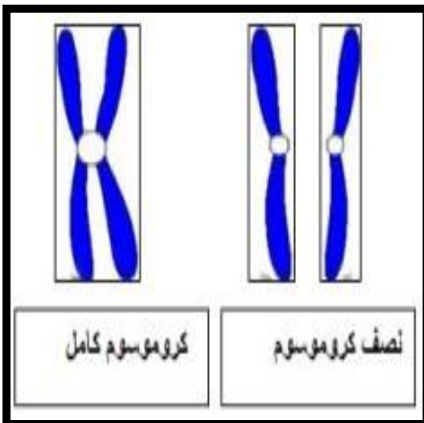
1. الطور التمهيدي.
2. الطور الاستوائي.
3. الطور الانفصالي.
4. الطور النهائي

### الطور التمهيدي

تسمى المرحلة الأولى من الانقسام المتساوي التي تقضي فيها الخلية المنقسمة أطول فترة بالطور التمهيدي.

### أهم ما يحدث في الطور التمهيدي:

1. ترتبط الكروماتيدات معاً لتأخذ الكروموسومات شكل X.
2. كل كروموسوم مفرد يحتوي على المادة الوراثية التي سبق وأن تضاعفت في الطور البييني.
3. كل نصف من الكروموسوم X يسمى الكروماتيد الشقيق كما في الصورة المجاورة.



تراكيب تحتوي نسخاً متطابقة من DNA

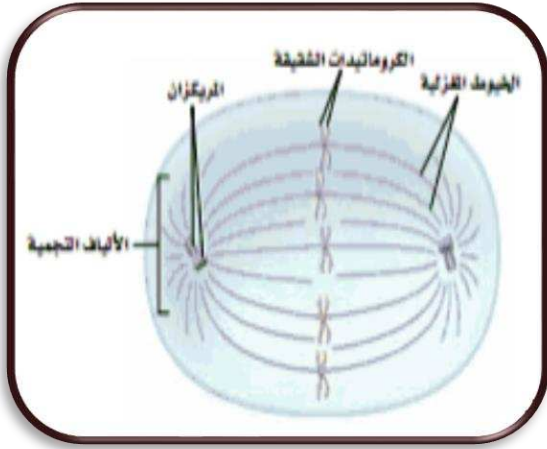
الكروماتيدات الشقيقة

تركيب في الكروموسوم يربط الكروماتيدات الشقيقة معاً

السنتروميير



له دور مهم؛ لأنه يضمن انتقال نسخة كاملة من DNA المتضاعف إلى الخلايا البنوية في نهاية دورة الخلية.



5- تبدأ النوية مع استمرار الطور التمهيدي في الاختفاء.

6- وتبدأ الخيوط المغزلية في التشكل في السيتوبلازم.

7- تهاجر المريكزات إلى قطبي الخلية ومنها يخرج نوع من الأنابيب الدقيقة تسمى الألياف النجمية ولها شكل يشبه النجم.

توجد المريكزات في الخلايا الحيوانية وبعض خلايا الطلائعيات.

ملحوظة

8- يختفي الغلاف النووي عندما يوشك الطور التمهيدي على الانتهاء.

هو التركيب الذي يشتمل على الخيوط المغزلية والمريكزات والألياف النجمية.

الجهاز المغزلي

تنظيم حركة الكروموسومات قبل انقسام الخلية

أهميته

لا تعد المريكزات جزء من الجهاز المغزلي في الخلايا النباتية.

ملحوظة هامة

9- ترتبط الخيوط المغزلية بالكروماتيدات الشقيقة في كل كروموسوم على جانبي السنتروميير ثم ترتبط بالأقطاب المتقابلة للخلية.

يضمن تلقي كل خلية جديدة نسخة كاملة من المادة الوراثية DNA

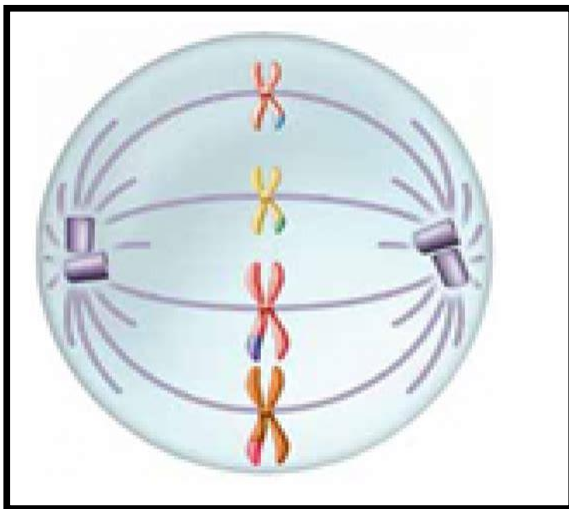
س: ما أهمية ارتباط الخيوط المغزلية بالسنتروميير وبالأقطاب المقابلة للخلية؟

المرحلة الثانية من الانقسام المتساوي وهي أقصر مرحلة.

الطور الاستوائي

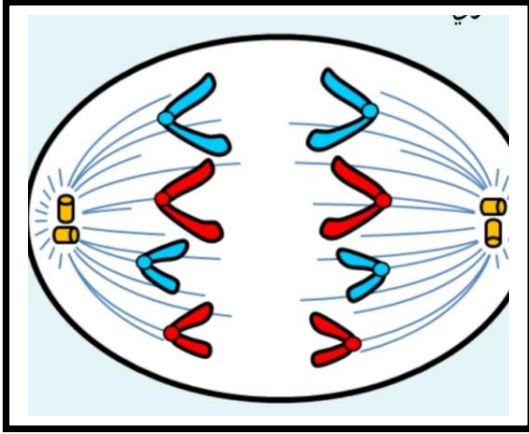
أهم ما يحدث به:

- تعمل البروتينات الحركية على سحب الكروماتيدات الشقيقة إلى خط استواء الخلية، ثم تصطف في الوسط، أو على خط استواء الخلية (وهي سبب تسمية هذا الطور).



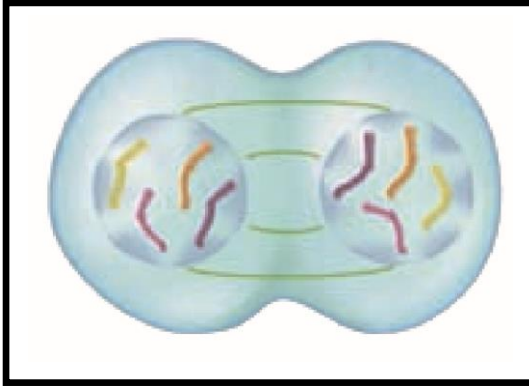
عندما ينتهي الطور الاستوائي بنجاح فإنه يضمن حصول الخلايا الجديدة على نسخ دقيقة وصحيحة من الكروموسومات.

لاحظ ما يلي



### أهم ما يحدث به:

- 1- يتم سحب الكروماتيدات وتباعدها عن بعضها البعض.
- 2- تبدأ الأنبيبات الدقيقة للجهاز المغزلي في القصر.
- 3- هذا القصر يؤدي إلى سحب سنتروميرات الكروماتيدات الشقيقة، ويؤدي إلى انفصالها لتصبح **كروموسومات متطابقة**.
- 4- تنفصل جميع الكروماتيدات الشقيقة في الوقت نفسه.
- 5- في نهاية الطور الانفصالي تقوم الأنبيبات الدقيقة بمساعدة البروتينات بسحب الكروموسومات في اتجاه في اتجاه أقطاب الخلية.



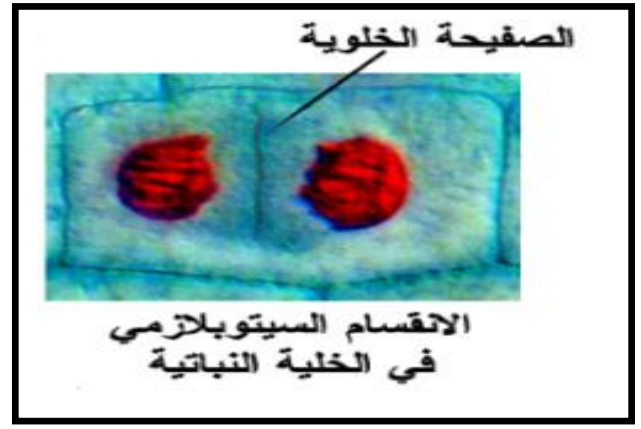
### أهم ما يحدث بها

- 1- تصل الكروموسومات إلى أقطاب الخلية وتصبح أقل كثافة.
- 2- يبدأ تكوين غشاءين نوويين وتعود النوية إلى الظهور.
- 3- يتحلل الجهاز المغزلي.
- 4- تعيد الخلية تدوير بعض الأنبيبات الدقيقة لبناء أجزاء مختلفة من الهيكل الخلوي.

### ملحوظة

عملية الانقسام المتساوي لم تكتمل بانتهاء الأطوار الأربعة.

- عند انتهاء الانقسام المتساوي، تبدأ عملية انقسام السيتوبلازم.
- ينتج عن هذه العملية خليتان تحتويان **نواتين متطابقتين**.
- في **الخلايا الحيوانية** تستعمل الخيوط الدقيقة للضغط على السيتوبلازم مما يؤدي إلى تخرسه.
- في **الخلايا النباتية** يتشكل تركيب جديد بين نوى الخلايا البنوية يسمى **الصفحة الخلوية**، ثم يتكون جدار خلوي على جانبي الصفحة الخلوية.
- عند اكتمال الجدار الخلوي الجديد، تنتج خليتين متطابقتين وراثياً.



الانقسام السيتوبلازمي في الخلية الحيوانية

الانقسام السيتوبلازمي في الخلية النباتية

الخلايا بدائية النواة

تنقسم بواسطة الانشطار الثنائي كالتالي:

- أولاً: تتضاعف مادتها الوراثية DNA وتلتصق النسختان بالغشاء البلازمي.
- بعد أن ينمو الغشاء البلازمي: تنسحب جزيئات DNA الملتصقة بعيداً.
- أخيراً: تتم الخلية انشطارها منتجة خليتين بدائيتي النواة جديدتين.

## الانقسام المنصف

### الكروموسومات والعدد الكروموسومي

- لكل شخص صفات انتقلت إليه عن طريق والديه.
- كل خاصية مثل لون الشعر أو الطول أو لون البشرة تسمى **صفة وراثية**.
- توجد المعلومات الخاصة بكل صفة وراثية على الكروموسومات الموجودة في نوى الخلايا.
- يترتب DNA (المادة الوراثية) في أجزاء تسمى **الجينات** وهي تتحكم في إنتاج **البروتينات**.
- يحتوي كل كروموسوم على مئات الجينات.
- يؤدي كل جين دورا مهما في تحديد خصائص الخلية ووظائفها.

### الكروموسومات المتماثلة

تحتوي كل خلية من جسم الإنسان على 46 كروموسوم (يساهم كل واحد من الوالدين بـ 23 كروموسوم) فتكون النتيجة **23 زوج** من الكروموسومات.

زوج من الكروموسومات أحدهما من أحد الأبوين والثاني من الأب الآخر

### الكروموسومات المتماثلة

### أهم ما يميز الكروموسومات المتماثلة

1. لهما نفس الطول.
2. لهما نفس موقع السنتروميير.
3. يحملان الجينات التي تتحكم في الصفات الوراثية نفسها.

يرمز الجينان المتقابلان على الكروموسومين المتماثلين لنفس الصفة، إلا أنهما قد لا يعبران عن الصفة الشكلية تماما. مثال : صفة شحمة الأذن يقع الجين المسئول عن الصفة على نفس الموقع من الكروموسومين المتماثلين.

### ملحوظة



## الخلايا أحادية وثنائية المجموعة الكروموسومية

الخلايا أحادية العدد الكروموسومي (الأمشاج): هي خلايا جنسية تحمل نصف عدد الكروموسومات ( $n$ )

تنتجها المخلوقات الحية بهدف الحفاظ على ثبات عدد الكروموسومات من جيل لآخر .

أهميتها

يختلف عدد الكروموسومات من نوع لآخر ففي الإنسان مثلا يحمل كل مشيج 23 كروموسوم ( سواء كان البويضة أو الحيوان المنوي ) ويرمز لعدد الكروموسومات في خلايا المشيج بالرمز ( $n$  )

ملحوظة

هي العملية التي يتحد فيها مشيج مذكر أحادي المجموعة الكروموسومية ( $n$ ) مع مشيج اخر مؤنث أحادي ( $n$ )

عملية الإخصاب

الخلايا ثنائية العدد الكروموسومي (الخلايا الجسمية): الخلية التي تحتوي على عدد الكروموسومات كاملة ( $2n$ ).

العدد ( $n$  ) يصف عدد أزواج الكروموسومات في المخلوق الحي.  
مثال: تحتوي خلايا جسم الإنسان على 23 زوج من الكروموسومات

ملحوظة

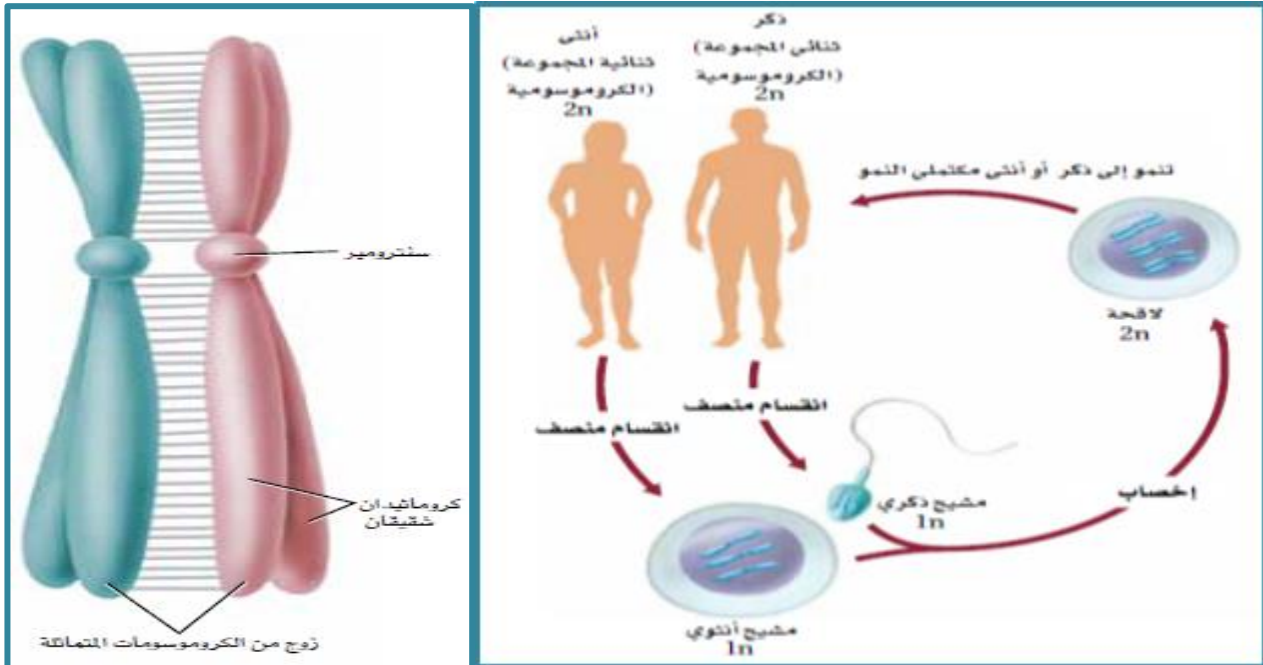
هو نوع من أنواع الانقسام الخلوي الذي يختزل فيه عدد الكروموسومات إلى النصف

الانقسام المنصف

يحدث في التراكيب الجنسية للمخلوقات الحية التي تتكاثر جنسيا .

مكان حدوثه

( حيث يتم فصل الكروموسومات المتماثلة في الخلايا ثنائية العدد الكروموسومي ( $2n$ ) لتكوين كروموسومات أحادية المجموعة الكروموسومية ( $n$ ) تسمى الأمشاج )





يتضمن مرحلتين متتاليتين من انقسام الخلية هما : الانقسام المنصف الأول ( I ) --- الانقسام المنصف الثاني (II)

يتم وفق الخطوات التالية :

أولا : الانقسام المنصف الأول (I)

1- طور البيني

تقوم فيه الخلية بعدد من العمليات الايضية المتنوعة مثل : تضاعف DNA - بناء البروتين

2- طور التمهيدي الأول (I)

ويتم فيه ما يلي :

- تصبح الكروموسومات المتضاعفة مرئية وواضحة وتتكون من كروماتيدات شقيقة.
- تتكاثف الكروموسومات المتماثلة وتبدأ بتكوين أزواج بواسطة عملية **الاقتران**.

عملية الاقتران هي عملية ارتباط كل كروموسومين متماثلين جيدا على امتداد طوليها خلال طور التمهيدي الأول

- يحدث تبادل بين أجزاء الكروموسومات المتماثلة فيما يعرف بـ **العبر الجيني** .
- تنتقل المريكزات إلى أقطاب الخلية المتقابلة .
- تتشكل خيوط المغزل وترتبط بالكروماتيدات الشقيقة عند القطع المركزية ( **السنتروميير** ).

3- طور الاستوائي الأول (I)

ويتم فيه ما يلي :

- تصطف أزواج الكروموسومات المتماثلة عند خط استواء الخلية.
- ترتبط الخيوط المغزلة مع سنتروميير كل كروموسوم من الكروموسومات المتماثلة .

4- طور الانفصالي الأول (I)

ويتم فيه التالي :

- تنفصل الكروموسومات المتماثلة ويتم سحب كل زوج بواسطة خيوط المغزل إلى القطب المقابل للخلية .
- لذا ينخفض عدد الكروموسومات ليصبح ( n ) بدلا من ( 2n ) بعد انفصال الكروموسومات المتماثلة .

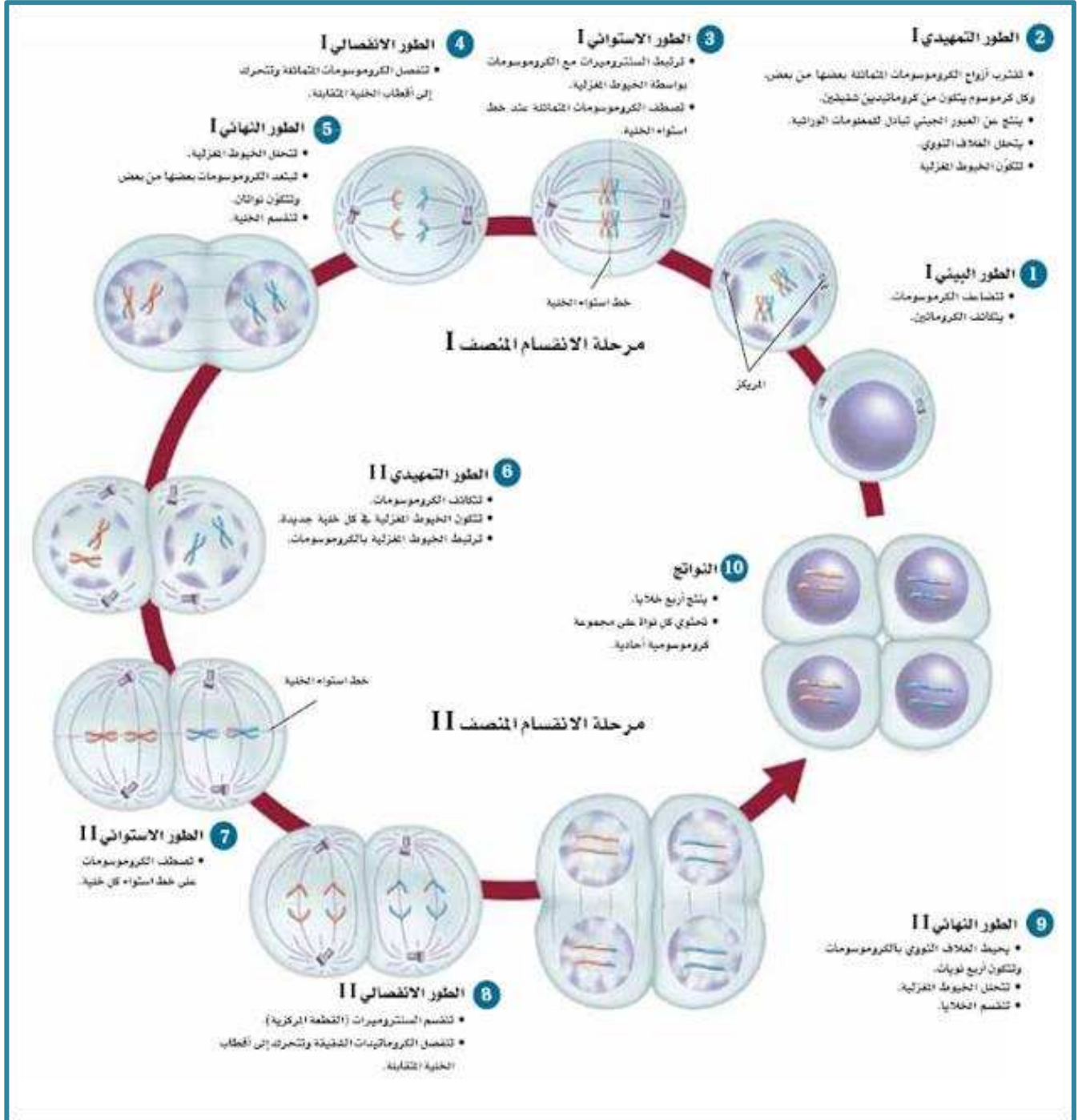
ملحوظة

هنا تنفصل الكروموسومات المتماثلة أما في الانقسام المتساوي تنفصل الكروماتيدات الشقيقة.

ويتم فيه التالي :

- تصل الكروموسومات المتماثلة المحتوية على الكروماتيدات الشقيقة إلى أقطاب الخلية المتقابلة .
- يصبح كل قطب من أقطاب الخلية يحتوي على زوج واحد فقط من أزواج الكروموسومات المتماثلة الأصلية .

صورة الانقسام المنصف



## لاحظ ما يلي

- أثناء الطور النهائي الأول ( I ) تبدأ عملية انقسام السيتوبلازم مكونة تخرصر في الخلية الحيوانية وجدار خلوي في الخلية النباتية.
- بعد انقسام الخلية قد تمر الخلايا الناتجة بطور بيني قبل بداية الانقسام الثاني دون تضاعف DNA .
- في بعض الأنواع تصبح الكروموسومات غير ملتفة ويظهر الغشاء النووي ويعاد تشكيل النواة في أثناء الانقسام النهائي الأول ( I ) .

## ثانيا : الانقسام المنصف الثاني ( II )

يشبه الانقسام المتساوي غير أن الخلية تدخل الانقسام ولديها نصف عدد الكروموسومات (n) ويمر بالأطوار التالية:

### 1- الطور الاستوائي الثاني (II)

ويحدث فيه التالي: تصطف الكروموسومات عند خط استواء الخلية بواسطة خيوط المغزل.

### 2- الطور التمهيدي الثاني (II)

ويحدث فيه التالي:

- تتكثف الكروموسومات.
- يتشكل الجهاز المغزلي.

### 4- الطور النهائي الثاني (II)

ويحدث فيه التالي: يتكون الغشاء النووي، وينقسم السيتوبلازم وينتج أربع خلايا أحادية العدد الكروموسومي (n) تسمى الأمشاج .

### 3- الطور الانفصالي الثاني (II)

ويحدث فيه التالي: يتم سحب الكروماتيدات الشقيقة بخيوط المغزل بعيدا عن بعضها تجاه أقطاب الخلية.

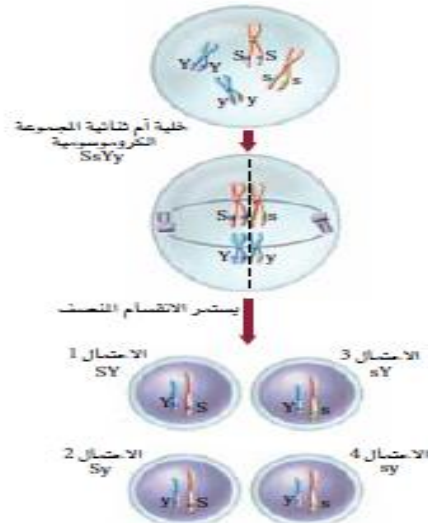
## أهمية الانقسام المنصف

- إنتاج الأمشاج في المخلوقات التي تتكاثر جنسيا.
- توفير التنوع الوراثي في المخلوقات الحية.
- الحفاظ على ثبات عدد الكروموسومات في خلايا النوع.

عملية الانقسام المنصف تنتج التنوع (وسائل التنوع الوراثي):

- 1- حدوث العبور الجيني في الطور التمهيدي الأول
- 2- اتحاد الأمشاج بصورة عشوائية في عملية الإخصاب.
- 3- الاصطفاف العشوائي للكروموسومات على خط استواء.

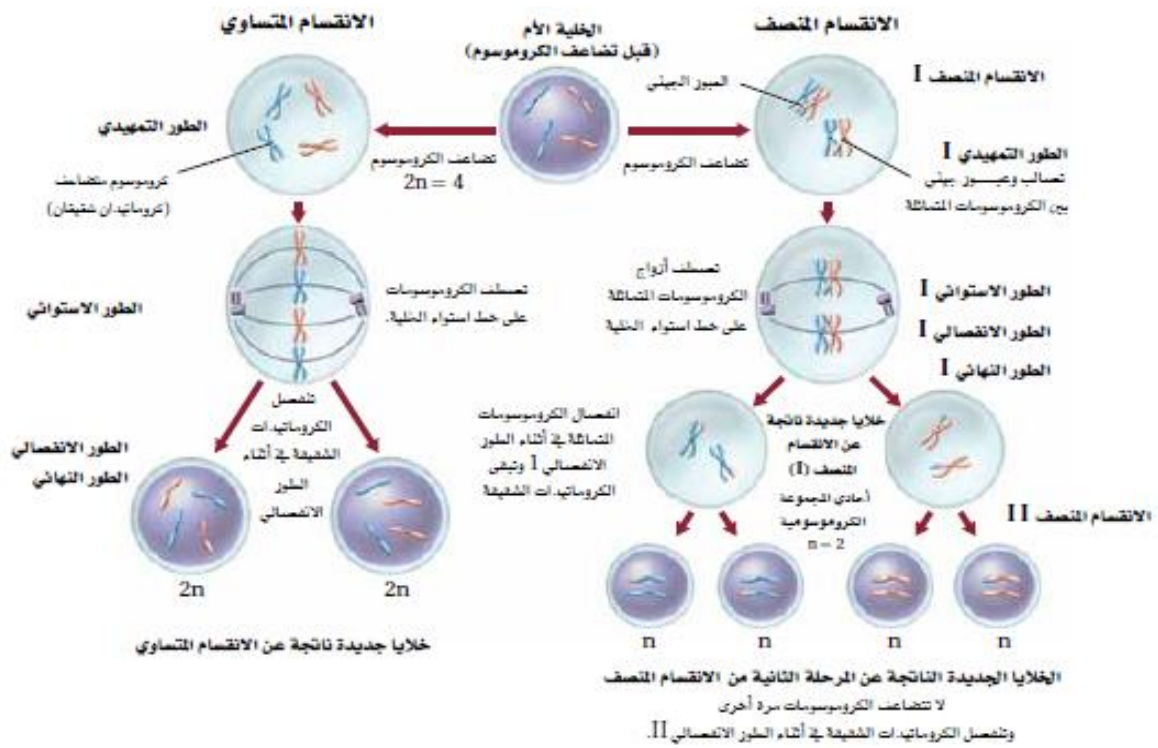
**ملحوظة :** الخلية في نهاية الطور التمهيدي الأول ينتج عنه أربعة أمشاج ذات مجموعات كروموسومية مختلفة.



■ الشكل 4-6 الترتيب الذي تصطف به أزواج الكروموسومات المتماثلة يوضح كيف ينتج التنوع الوراثي في الخلايا الجنسية.

## مقارنة بين الانقسام المتساوي والمنصف

الانقسام المتساوي	الانقسام المنصف
تحدث مرحلة واحدة في أثناء الانقسام المتساوي.	تحدث مرحلتان في أثناء الانقسام المنصف: المرحلة الأولى والثانية.
يحدث تضاعف DNA في أثناء الطور البييني.	يتضاعف DNA مرة واحدة قبل المرحلة الأولى من الانقسام المنصف.
لا يحدث تشابك أو تصالب بين الكروموسومات المتماثلة.	تحدث عملية التصالب بين الكروموسومات المتماثلة في أثناء الطور التمهيدي I.
ينتج عن الانقسام خليتان متطابقتان في كل دورة خلية.	ينتج عن الانقسام أربع خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية (In) في كل دورة خلية.
الخلايا الجديدة متطابقة وراثيًا.	الخلايا الجديدة غير متطابقة وراثيًا بسبب عملية العبور الجيني.
يحدث الانقسام المتساوي في الخلايا الجسمية فقط.	يحدث الانقسام المنصف في الخلايا الجنسية.
يدخل الانقسام المتساوي في النمو وتعويض الخلايا التالفة.	يدخل الانقسام المنصف في إنتاج الأمشاج وتوفير التنوع الوراثي في المخلوقات الحية.



## الوراثة المنديلية وارتباط الجينات

### كيف بدأت الوراثة؟

عام 1866 نشر العالم **جريجور مندل** أبحاثه المتعلقة بالوراثة وعملياتها الحسابية والتي أجراها على نبات **البازلاء**.

### كان مندل موفقا في اختيار نبات البازلاء لأنه يتميز بما يلي:

1. سهولة زراعته وسرعة نموه (قصر دورة حياته).
2. إنتاجه المستمر لأبناء تحمل شكلا واحدا من الصفة.
3. يسهل التحكم في طريقة تلقيحه (ذاتي - خلطي).

**التلقيح الذاتي:** هو اتحاد مشيج مذكر (حبة لقاح) بمشيج مؤنث (بويضة) من الزهرة نفسها، أو لزهرة أخرى على نفس النبات.

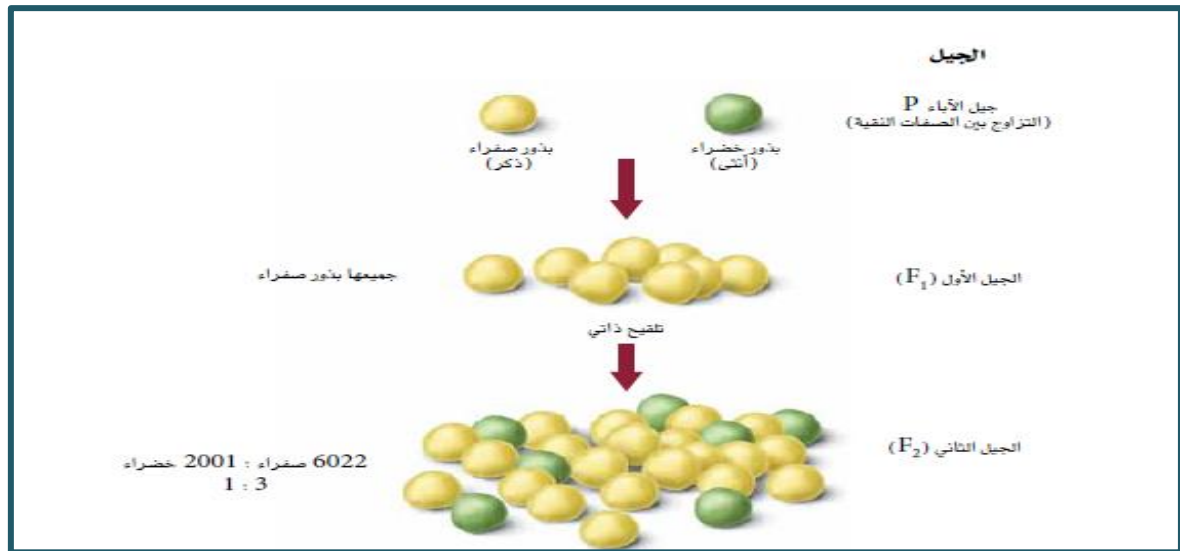
**التلقيح الخلطي:** هو اتحاد مشيج مذكر (حبة لقاح) من زهرة نبات مع مشيج مؤنث (بويضة) من زهرة نبات آخر من نفس النوع.

**علم الوراثة:** هو علم يهتم بدراسة الصفات الوراثية وكيفية انتقالها من الآباء للأبناء.

**ملحوظة:** يعرف العالم مندل بأبي الوراثة (تتبع الصفات الوراثية المختلفة في نباتات البازلاء التي زرعها ثم حلل نتائج تجاربه وكون فرضية تتعلق بتوارث الصفات).

### توارث الصفات:

- لاحظ مندل أن سلالات معينة في نبات البازلاء تنتج أشكالا محددة من الصفة جيلا بعد جيل.  
**مثال:** بعض السلالات تنتج بذورا خضراء دائما وبعضها ينتج بذورا صفراء دائما.
- قام مندل بعمل تلقيح خلطي بين السلالتين (عن طريق نقل حبوب اللقاح من زهرة نبات أخضر البذور إلى عضو التأنث في زهرة نبات أصفر البذور).
- ملحوظة:** أزال مندل الأعضاء المذكرة من زهرة النبات أصفر البذور لمنع حدوث التلقيح الذاتي.
- أطلق مندل على النبات أصفر وأخضر البذور اسم **الآباء** ورمز لها بالرمز (P).





## الجيل الأول والجيل الثاني:

1- عندما قام مندل بزراعة البذور الناتجة عن تزاوج الآباء كانت **جميع الأبناء صفراء** البذور (سمى الأفراد الناتجة هذه **الجيل الأول**).

**ملحوظة:** صفة البذور الخضراء اختفت تماما في الجيل الأول.

- 2- قام مندل بزراعة أفراد الجيل الأول ذات البذور الصفراء ولقحها ذاتيا ثم فحص الأزهار الناتجة عن هذا التلقيح وسماها بالجيل الثاني.
- 3- لاحظ مندل ظهور بذور صفراء وخضراء بنسبة 3: 1 على الترتيب.
- 4- درس مندل **سبع صفات** مختلفة في نبات البازلاء وهي: (لون البذور - لون الأزهار - لون القرون - شكل البذور وملسها - شكل القرون - طول الساق - موقع الزهرة).
- 5- لاحظ مندل أن جميع الأفراد الناتجة عن تزاوج أفراد الجيل الأول تظهر النسبة 3: 1.

## أزواج الجينات:

استنتج مندل أنه لا بد من وجود شكلين لصفة البذور في نبات البازلاء هما الأصفر والأخضر وكل شكل فيها مرتبط مع عامل آخر يسمى **الجين المتقابل**.

**الجين المتقابل (الأليل):** (هو الشكل البديل لجين مفرد لصفة محددة ينتقل من جيل إلى آخر).

**أي أن:** جين البذور الصفراء وجين البذور الخضراء هما شكلان مختلفان **لجين مسؤول عن صفة واحدة هي لون البذور**.

## كذلك استنتج مندل أن:

نسبة 3: 1 التي ظهرت في النتائج تدل على وجود الجينات المتقابلة في صورة أزواج في كل من النباتين.

أطلق مندل على شكل الصفة التي ظهرت في الجيل الأول اسم: **الصفة السائدة** (لون البذور الصفراء) وأطلق على شكل الصفة التي منعت من الظهور في الجيل الأول اسم: **الصفة المتنحية** (لون البذور الخضراء).

**الصفة السائدة:** هي الصفة التي تظهر في جميع أفراد الجيل الأول، الناتجين من تزاوج فردين أبويين يحملان الصفة المتقابلة في صورة نقية.

**الصفة المتنحية:** هي الصفة التي تختفي تماما في أفراد الجيل الأول، الناتجين من تزاوج فردين أبويين يحملان الصفة المتقابلة في صورة نقية.

**السيادة:** هي الصفة التي تسود وتطغى على الصفة الأخرى، (في تجربة مندل اللون الأصفر سائد على الأخضر).

**الجين السائد:** هو الجين الذي يمنع الجين المقابل له من إظهار الصفة عند اجتماعهما معا.

(في تجربة مندل اللون هو الأصفر).

**ملحوظة:** يرمز للجين السائد بالحرف الأول من اسم الصفة كبير (جين البذور الصفراء Y).

**الجين المتنحي:** هو الجين الذي لا يظهر أي تأثير عند اجتماعه مع الجين السائد.

(في تجربة مندل اللون هو الأخضر).

**ملحوظة:** يرمز للجين المتنحي بنفس الحرف الأول لجين الصفة السائدة المقابلة، ولكن صغير (جين البذور الخضراء y).

**سؤال:** متى يتحكم الجين المتنحي إذا في إظهار الصفة؟  
**الجواب:** عندما يجتمع مع جين متنحي آخر (أي يحكم الصفة جينين متنحيين).

**الصفة النقية:** هي الصفة التي يحكمها جينين متماثلين وقد تكون سائدة أو متنحية.

**مثال:** البذور الصفراء متماتلة الجينات (البذور الخضراء المتماتلة الجينات)

**ملحوظة:** في هذه الحالة يطلق على الفرد متماتل الجينات.

**الصفة الهجينة:** هي الصفة التي يحكمها جينين مختلفين أحدهما سائد والآخر متنحي وهي لا تكون إلا سائدة.

**ملحوظة:** في هذه الحالة يطلق على الفرد غير متماتل الجينات.

**مثال:** صفة لون البذور الصفراء مختلفة الجينات.

**الطرز الجيني والطرز الشكلي:**

**الطرز الجيني:** هو أزواج الجينات المتقابلة في المخلوق الحي.

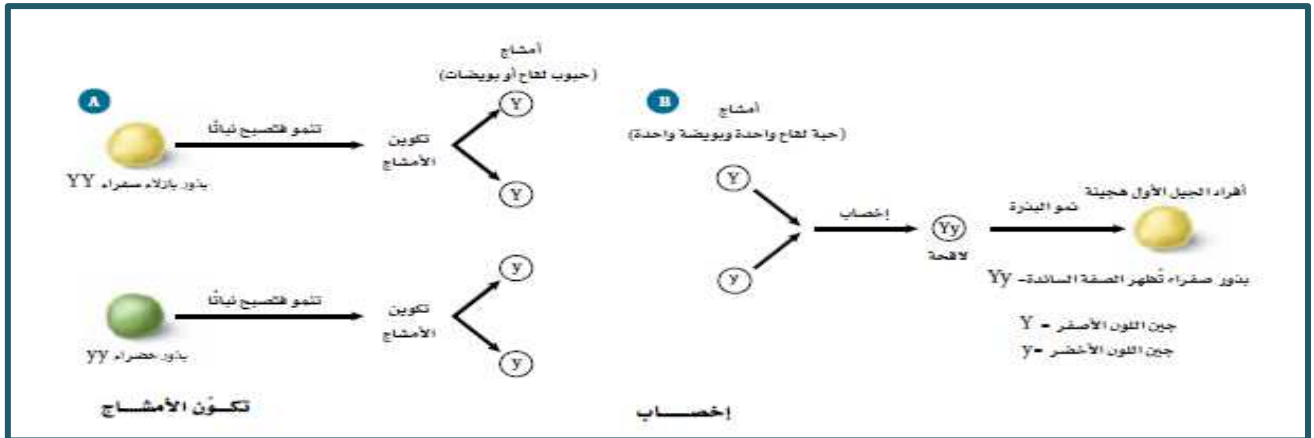
**مثال:** الطرز الجيني في حالة النباتات الصفراء البذور والطرز الجيني في حالة النباتات صفراء البذور. (YY).

**الطرز الشكلي:** الشكل الظاهري لأزواج الجينات المتقابلة، (الصفات الظاهرة على الفرد).

**مثال:** الطرز الشكلي لنبات بازلاء تركيبه الجيني - هو: بذور طرزها الجيني (yy) فهي خضراء اللون.

**القانون الأول لمندل (قانون انعزال الصفات) ينص على:**

(الجينات المتقابلة للصفة الواحدة تنفصل في أثناء الانقسام المنصف وتتحد مرة عند تكوين الأمشاج).

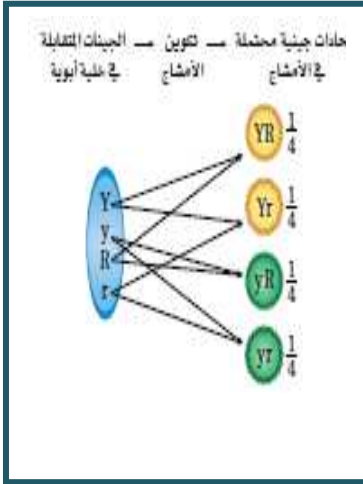


**يتبين من خلال الشكل أن:**

- 1- انفصلت الجينات عن بعضها عند تكوين الجاميتات في الإباء، في أثناء عملية الإخصاب Yy.
- 2- اتحدت الجينات المتقابلة لإنتاج الطرز الجيني، وطرزه الشكلي سيكون بذور صفراء هجينة Yy.
- 3- سيكون جميع أفراد الجيل الأول لهم الطرز الجيني نفسه.

## القانون الثاني لمندل (قانون التوزيع الحر) ينص على:

تتوزع الجينات المتقابلة بشكل عشوائي أثناء تكوين الأمشاج حيث تتوزع الجينات على الكروموسومات المنفصلة بشكل حر أثناء عملية الانقسام المنصف).



مثال: الفرد الأبوي الذي يحتوي على التركيب الجيني التالي:

(أحمر الأزهار هجين أصفر البذور هجين)  $YyRr$  ينتج عن التوزيع العشوائي

للجينات كما في الشكل المقابل أربع أنواع من الجاميتات لكل من الفرد الأبوي المذكر والفرد الأبوي المؤنث باحتمالات متساوية.

- عند التلقيح الذاتي للنبات يكون هناك احتمال التقاء أي من الجاميتات

**الأربعة للفرد المذكر مع أي من الجاميتات الأربعة للفرد المؤنث.**

نتج عن التلقيح الثاني

تسع طرز جينية مختلفة هي:

$YYRR - YYRr - Yyrr - YyRR - YyRr - Yyrr - yyRR - yyRr - yyrr$

أحصى منها أربع طرز شكلية مختلفة هي:

315: صفراء مستديرة - 108: خضراء مستديرة - 101: صفراء مجعدة - 32: خضراء مجعدة

بنسب تقريبية للطرز الشكلية: **1:3:3:9** على الترتيب (بنسبة 1:3 لكل صفة على حدة).

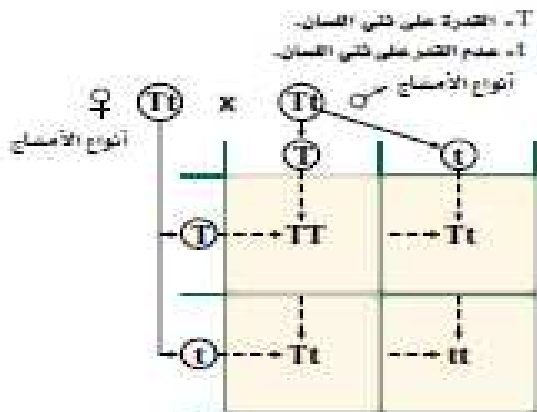
**مربع بانيت:**

مربع يتم عمله لتوقع الأبناء المحتملين والناجين عن تلقيح بين طرزين جينيين معروفين.

**أهميته:** سهل تتبع الطرز الجينية المحتملة الناتجة عن التزاوج بين فردين أبويين.

**مربع بانيت والتلقيح الأحادي**

- افترض أن كلا الوالدين يستطيع ثني لسانه وأنهما غير متماثلين  $T$  كما بالشكل القدرة علماً أن ثني اللسان صفة سائدة ويرمز لها بالرمز  $(Tt)$  فما الطرز المحتملة لأبناهما؟



الشكل 11-4 تحد قدرة الشخص على ثني لسانه صفة سائدة. ويلخص مربع بانيت احتمالات ارتباط الجينات الخاصة بصفة ثني اللسان.

## في مربع باثيت السابق:

- 1- يتحدد عدد مربعات باثيت بعدد أنواع الجينات المختلفة التي ينتجها كل واحد من الفردين الأبويين (مربعين × مربعين) لأن كل فرد من الأبوين ينتج نوعين مختلفين من الأمشاج.
- 2- توضع أمشاج الفرد المذكر أفقيا بينما توضع أمشاج الفرد المؤنث رأسيًا.
- 3- تكتب احتمالات اتحاد الجاميت المذكر مع الجاميت المؤنث داخل كل مربع.
- 4- عدد الطرز الجينية داخل المربعات 3 وهي:

(في مربع الأول) TT + (في مربعين) Tt + (في مربع الأخير) tt

- 5- نسبة الطرز الشكلية لصفة ثني اللسان من عدمه هي: 3 : 1 بالترتيب .

### أي بنسبة 1 : 2 : 1

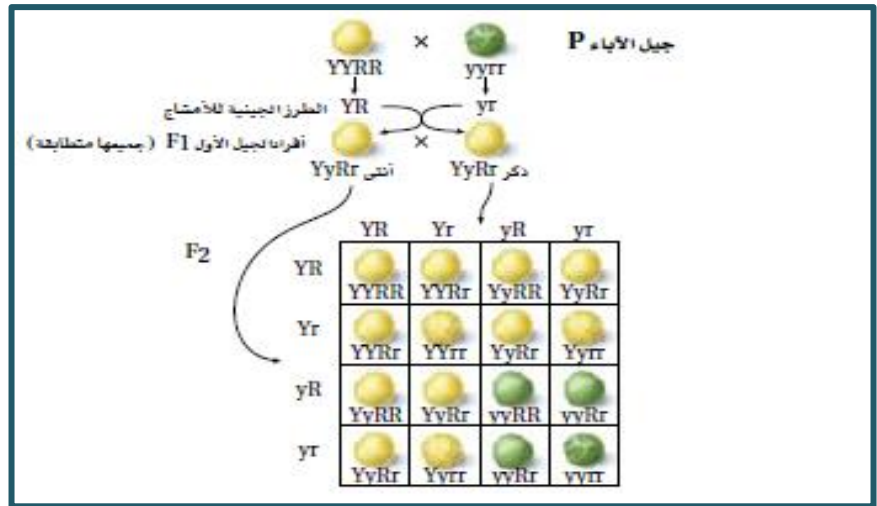
من خلال مربع باثيت المقابل نلاحظ أن نسبة الطرز الشكلية الناتجة هي:

9 صفراء مستديرة إلى 3 خضراء مستديرة إلى 3 صفراء مجعدة إلى 1 خضراء مجعدة (9 : 3 : 3 : 1)

وهي نفس النسبة التي حصل عليها مندل عندما أجرى هذا التلقيح عمليا

(تطابقت بيانات مندل مع النسبة المتوقعة من مربع باثيت)

## مربع باثيت والتلقيح الثنائي:



## الاحتمالات في الوراثة:

علم الوراثة هو علم مبني على الاحتمال، لذلك قد لا تتطابق البيانات الحقيقية بدقة مع النسب المتوقعة، (لذلك لم تكن نتائج مندل دقيقة من حيث الحصول على النسبة (9 : 3 : 3 : 1) ومع ذلك فإن عدد كبير من الأبناء الناتجين عن التلقيح يطابقون النتائج المتوقعة من مربع باثيت.

## التركيب الجينية الجديدة:

(اتحاد الجينات الجديد الناتج عن العبور الجيني والتوزيع الحر).

\* حساب التركيب الجينية المحتملة للجينات الناتجة عن التوزيع الحر:

يمكن حسابها من القانون: ( عدد أزواج الكروموسومات n : حيث  $2^n$  )

مثال: يحتوي نبات البازلاء على سبعة أزواج من الكروموسومات لذا فإن التركيب المحتملة هي:  $2^7$  , (أي 128 تركيبا جينيا محتملا).

ولما كان أي مشيج مذكر احتمال أن يلقح أي مشيج مؤنث فإن عدد التركيب المحتملة بعد عملية الإخصاب هي (128×128) أو 16,384 تركيب جيني.

مثال: عدد التركيب المحتملة في الإنسان بعد عملية الإخصاب ( $2^{23} \times 2^{23}$ ) أي أكثر من 70 ألف بليون.

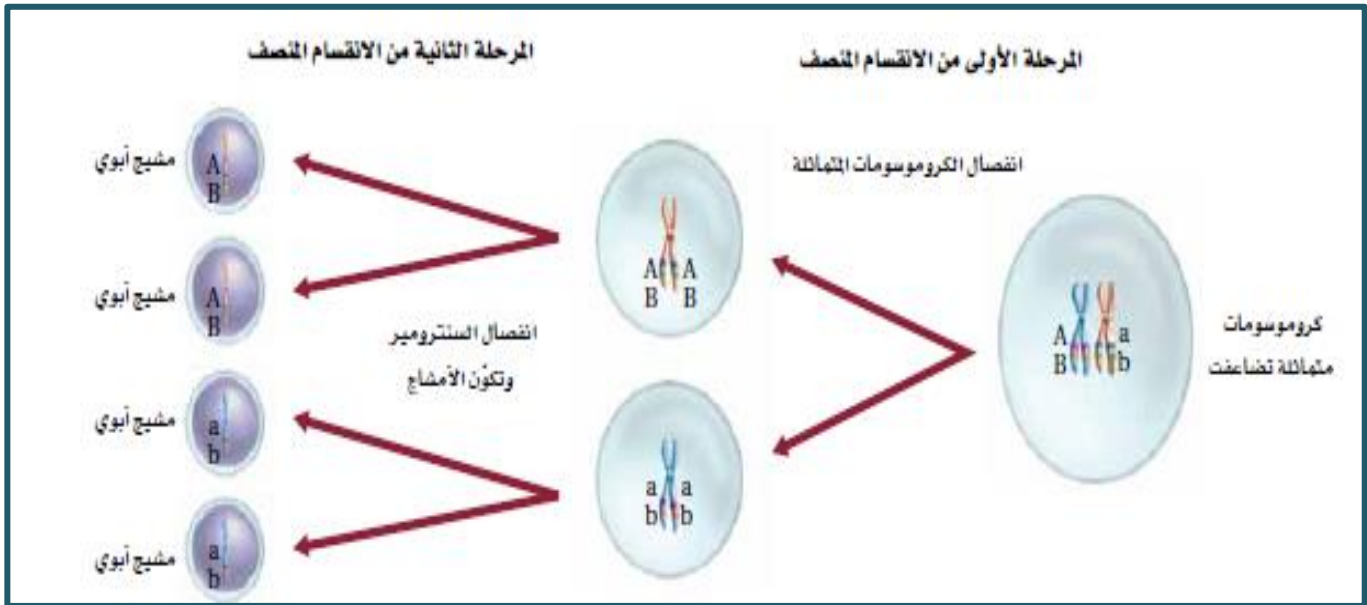
**ملحوظة:** هذا العدد بخلاف التراكيب الجينية الجديدة الناتجة عن العبور الجيني.

**الارتباط الجيني:**

**الجينات المرتبطة:** (هي الجينات التي يقع بعضها قرب بعض على الكروموسوم نفسه).

لاحظ ارتباط الجينات في  
الصورة التالية

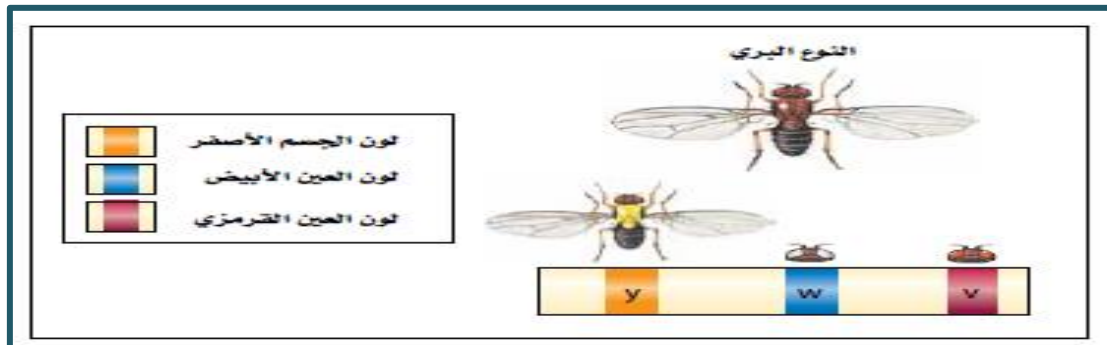
**ملحوظة:** عادة ما تنتقل هذه الجينات مع بعضها ككتلة واحدة في أثناء تكوين الأمشاج (لذلك تعد الجينات المرتبطة استثناء من قانون مندل للتوزيع الحر).



**ملحوظة:** تمت دراسة ارتباط الجينات لأول مرة باستعمال حشرة ذبابة الفاكهة وأكدت آلاف عمليات التلقيح أن الجينات المرتبطة تنتقل معاً في أثناء عملية الانقسام المنصف.

**سؤال:** هل الجينات المرتبطة تنتقل دائماً ككتلة واحدة أثناء الانقسام المنصف ؟  
**الجواب:** استنتج العلماء أن الجينات المرتبطة يمكن أن تنفصل بسبب حدوث العبور الوراثي.

**الخرائط الكروموسومية:** (يقصد بها: هي رسم تخطيطي يوضح ترتيب الجينات على الكروموسوم).





- 1- تم عمل الخرائط الكروموسومية باستعمال بيانات عملية العبور الجيني.
- 2- تحدث عملية العبور الجيني في الجينات المتباعدة أكثر من الجينات المتقاربة.
- 3- نشرت الخرائط الكروموسومية لأول مرة عام 1913م باستعمال بيانات من الاف عمليات التلقيح التي تم اجراؤها على ذبابة الفاكهة.
- 4- لا تمثل نسب خريطة الكروموسوم المسافات الحقيقية على الكروموسوم، ولكنها تمثل المواقع النسبية للجينات.
- 5- إذا تكرر حدوث العبور الجيني أصبحت الجينات أكثر تباعدا.
- 6- المسافات النسبية بين أزواج الجينات ترتبط بعدد مرات تكرار حدوث العبور الجيني بينها.
- 7- تسمى وحدة القياس المستخدمة في تقدير المسافة بين موقع جينين على الكروموسوم الواحد **وحدة خريطة واحدة** (وتسمح هذه بنسبة عبور مقدارها 1%).
- 8- الجينات المتباعدة بصورة أكثر لها تكرار أكبر لحدوث العبور الجيني.

**تعدد المجموعة الكروموسومية:**

(ويقصد بها: وجود مجموعة كروموسوميه إضافية واحدة أو أكثر في المخلوق الحي).

**ملحوظة:** معظم أنواع المخلوقات الحية ثنائية المجموعة الكروموسومية 2n.

المخلوق الحي ثلاثي المجموعة الكروموسومية مثلا يرمز له بالرمز ( 3n ) وتعني احتواءه على **ثلاث مجموعات كروموسوميه كاملة**.

**المخلوقات الحية وتعدد المجموعات الكروموسومية:**

في الحيوانات: نادر الحدوث (يحدث أحيانا في ديدان الأرض – الأسماك الذهبية)

في الإنسان: حدوثه يعد قاتلا ومميتا.

في النبات: واحد من كل ثلاث أنواع من النباتات الزهرية متعدد المجموعة الكروموسومية تقريبا ومن أمثلة ذلك:

أهم ما يميز النباتات متعددة المجموعة الكروموسومية: **تمتاز بالقوة وكبير الحجم.**

6n	نبات القمح
6n	نبات الشوفان
8n	قصب السكر
4n	القهوة

## الفصل الرابع

### الوراثة البشرية والوراثة الجزيئية

#### الأنماط الوراثية المعقدة

\*\*\* لا تتبع الوراثة المعقدة الأنماط الوراثية التي وصفها مندل..

#### 1- السيادة غير التامة:

(هي حالة وراثية لا يسود فيها أحد الجين المتقابلين على الآخر، ولكن يشترك الجينان معا في إظهار الصفة عند اجتماعهما معا)

**ملحوظة:** هذه الحالة الوراثية يشكل فيها الطراز الشكلي غير متماثل الجينات المتقابلة طرازا شكليا وسطا بين الطرازين الشكليين المتماثلين الجينات المتقابلة

**الطرز الجينية والشكلية:** (نبات شب الليل أحمر الأزهار RR) و (نبات شب الليل أبيض الأزهار WW) و (نبات شب الليل وردي الأزهار RW).

**مثال:** وضع على أسس وراثية ناتج تزاوج نبات شب الليل أحمر الأزهار مع اخر أبيض الأزهار لكل من الجيل الأول والثاني؟

**الحل:**

P	أحمر	أبيض
	RR	WW
G	R	W
F1	RW	
الطرز الشكلية	100% الأزهار وردية	

P	وردي	وردي		
	RW	RW		
G	R	W	R	W
F2	RR	RW	RW	WW
الطرز الشكلية	25% أحمر	50% وردي	25% أبيض	

#### 2- السيادة المشتركة:

(هي نمط وراثي معقد فيه يظهر الجين المتنحي أثره عند اجتماعه مع الجين السائد المقابل له).

**مثال:** مرض أنيميا الخلايا المنجلية الوراثي.

(مرض وراثي ينشأ نتيجة خلل في الجين المسؤول عن تكوين بروتين خلايا الدم الحمراء (الهيموجلوبين) حيث يتحول شكل الخلايا من الشكل القرصي الطبيعي إلى الشكل المنجلي أو الهلالي حيث تتراكم في الأوعية الدموية الصغيرة مسببة غلق الدورة الدموية وعدم القدرة على نقل الأكسجين بشكل فعال).

## الطرز الجيني والشكلي:

**SS : شخص سليم**, (خلايا دمه الحمراء قرصية وتنقل الأوكسجين بشكل طبيعي).

**Ss : شخص حامل للمرض**, (لديه خلايا حمراء طبيعية وخلايا منجلية في الوقت نفسه, هذا الشخص يمكن أن يعيش حياة طبيعية ولكنه يصاب بالمرض عند بذل مجهود عنيف أو عندما يتعرض لنقص أوكسجين).

**ss : شخص مريض**, (خلايا دمه الحمراء منجلية بشكل حرف C ولا تنقل الأوكسجين بشكل طبيعي, وغالبا هذا الشخص يموت قبل سن البلوغ).

مرض أنيميا الخلايا المنجلية

## مرض أنيميا الخلايا المنجلية ومرض الملاريا:

**ملحوظة:** يزيد جين مرض أنيميا الخلايا المنجلية من مقاومة الجسم لمرض الملاريا في الأشخاص غير متماثلتي الجينات.

**لذلك:** يلجأ سكان المناطق التي ينتشر فيها مرض الملاريا إلى العيش والتزاوج من هؤلاء الأفراد لنقل الصفة إلى أبنائهم ليصبحوا مقاومين للمرض وهذا هو السبب الرئيسي في زيادة انتشار المرض في إفريقيا.

**إذا:** يزداد عدد المصابين بمرض الخلايا المنجلية ويقل عدد المصابين بمرض الملاريا المسبب للوفاة.

## 3- الجينات المتعددة المتقابلة:

(هي حالة وراثية فيها يتحكم في الصفة أكثر من جينين متقابلين في جميع أفراد النوع غير أن الفرد لا يرث من أبويه سوى جينين اثنين فقط)

**أمثلة:** - وراثه فصائل الدم في الإنسان - وراثه لون الفراء في الأرانب.

## مثال 1/ فصائل الدم في الإنسان:

A , B , AB , O هي أربع فصائل للدم في الإنسان يتحكم فيها 3 جينات هي IA , IB , i

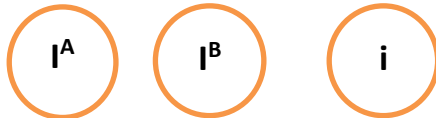
**ملحوظة:** فصائل الدم تعد مثلا على كل من: السيادة التامة وانعدام السيادة والجينات المتعددة المتقابلة.

## ملحوظة :

IA , IB سائدين على الجين i

IA , IB بينهما سيادة مشتركة

الأمشاج المحتملة للأب



الأم	IA	IAIA	IAIB	IAi
شاح	IB	IAIB	IBIB	IBi
محتة	i	IAi	IBi	ii

## الطرز الجينية والمظهرية :

الطرز الشكلية (الفصائل)	الطرز الجينية	
الفصيلة A	IAIA	IAi
الفصيلة B	IBIB	IBi
الفصيلة AB	IAIB	
الفصيلة O	ii	

## عامل ريزيس Rh:

(هو بروتين في الدم سمي على اسم الفرد الريزيسي الذي أجريت عليه الدراسات).

**ملحوظة:** يورث هذا العامل من الاباء إلى الأبناء.

**أنواعه:** يوجد منه نوعين هما: (ساند)  $Rh^+$  و (متحي)  $Rh^-$ .

مثال/ لون الفراء في الأرناب: تسيطر 4 جينات على لون الفراء في الأرناب وهي: -

أي أن:  $C > c^h > c^{ch} > c$  تظهر تسلسلا سياديا كالتالي:  $C, c^h, c^{ch}, c$

C (جين اللون كامل) ساند على  $c^h$  (الشانشيلا) ساند على ch ساند على c (الهيملايا) (الأمهق)

**الطرز الجينية والشكلية:** (4 طرز شكلية يقابلها 10 طرز جينية).

**ملحوظة:** يظهر المزيد من ألوان الفراء بسبب التفاعل بين جين لون الفراء وجينات أخرى.

الطرز الجيني	الطرز الشكلي
CC - Cc <sup>ch</sup> - Cc <sup>h</sup> - Cc	اللون كامل
c <sup>ch</sup> c <sup>ch</sup> - c <sup>ch</sup> c <sup>h</sup> - c <sup>ch</sup> c	الشانشيلا
Cc <sup>h</sup> c <sup>h</sup> - c <sup>h</sup> c	الهيملايا
cc	الأمهق

4- تفوق الجينات:

(هي حالة وراثية فيها يخفي جين متحي اثار جين اخر ساند)

مثال: لون الشعر في كلاب اللابرادور.

**ملحوظة:** يتحكم في الصفة مجموعتين من الجينات المتقابلة هي:

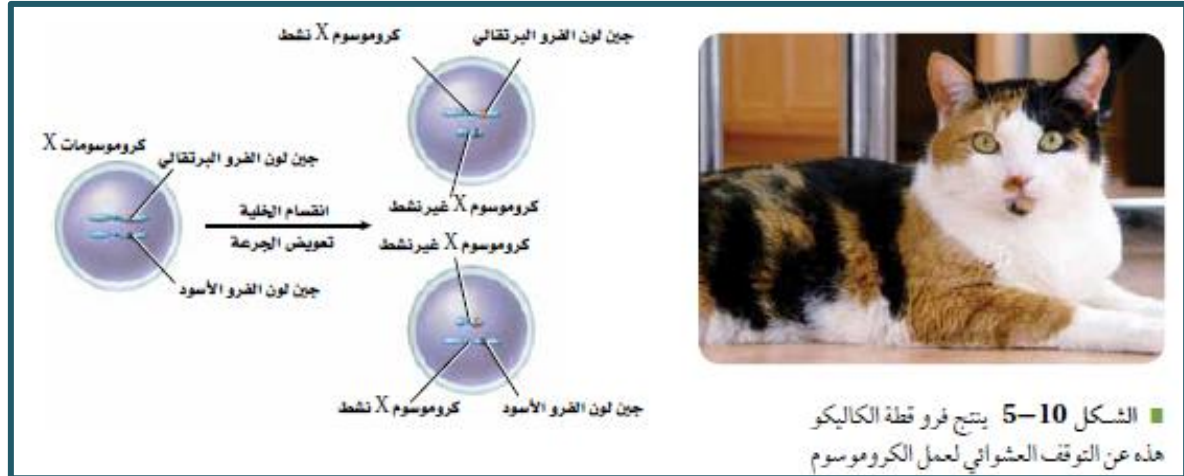
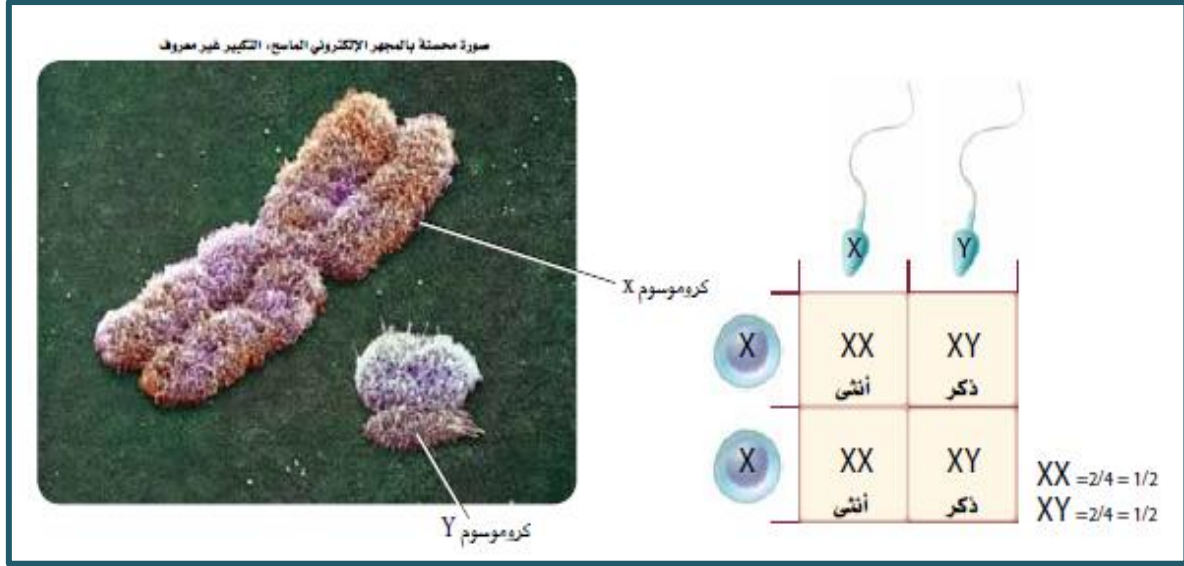
E : الجين الساند يحدد ما إذا كان الشعر ذو لون أسود أم لا - B الجين الساند يحدد درجة سواد الصبغة .

**الطرز الجينية والمظهرية:**

الصبغ	الطرز الشكلي	الطرز الجينية
يوجد الصبغ الأسود في فراء الكلاب	أسود	EEBB-EEBb-EeBB-EeBb
	بني (شيكولاته)	EEbb-Eebb
لا يوجد الصبغ الأسود في فراء الكلاب	أصفر	eeBB-eeBb
	أبيض	eebb

## 5- تحديد الجنس:

- تحتوي كل خلية في جسمك على 46 كروموسوم (23 زوج) ماعدا الأمشاج تحتوي على نصف هذا العدد.
- 22 زوج من هذه الكروموسومات تسمى الكروموسومات الجسمية.
- الزوج الثالث والعشرون يسمى الكروموسومان الجنسيان وهما يحددان جنس الفرد حيث يكونان متشابهان في الأنثى ويرمز لهما بالرمز (XX) , ويكونان مختلفان في الذكر ويرمز لهما بالرمز (XY).
- يتحدد جنس الأبناء بنوع الحيوان المنوي الذي يخصب البويضة كالتالي:



## 6- تعويض الجرعة:

- لأنثى الإنسان 22 زوج من الكروموسومات الجسمية وزوج من الكروموسومات الجنسية متشابه (XX).
- لدى الذكور 22 زوج من الكروموسومات الجسمية وكروموسومان جنسيان مختلفان (XY).
- الكروموسوم X كبير ويحمل عددا من الجينات المختلفة اللازمة لنمو الذكور والإناث مقارنة بالكروموسوم Y الصغير والذي يحمل جينات مرتبطة بتطور الصفات الذكرية بشكل أساسي.
- يوجد لدى الذكر جرعة واحدة X فقط.
- لدى الأنثى كروموسومان جنسيان لذا تبدو أن لديها جرعتين من كروموسوم X.
- لموازنة الفرق في الجرعة بين الذكر والأنثى يتوقف أحد الكروموسومان عن العمل في كل خلية جسمية في جسم الأنثى.



- هذا يُعرف **بتعويض الجرعة أو تعطيل الكروموسوم** في جميع خلايا جسم الإناث ويتم بشكل عشوائي.

**ملحوظة:** تعطل الكروموسوم، يحدث تعويض الجرعة في جميع الثدييات.

\* **لون الفراء في قطط الكاليكو:**

- اللون البرتقالي فيها ناتج عن تعطل X.

- البقع السوداء ناتجة عن تعطل كروموسوم الحامل X لجين اللون الأسود.

**أجسام بار:**

جسم بار / هو كروموسوم X المعطل داخل خلايا جسم الإناث فقط.

**ملحوظة:** في عام 1949 اكتشف العالم موري بار تركيبا كثيفا أسود

اللون في النواة في إناث قطط الكاليكو سمي فيما بعد جسم بار.

(يوجد جسم بار في إناث البشر).

**7- الصفات المرتبطة بالجنس:**

- هي الصفات التي تكون جيناتها محمولة على الكروموسوم **الجنسي** X.

**ملحوظة:** يتحكم في الصفة المرتبطة بالجنس جين واحد فقط في الذكر (لأن لديه كروموسوم جنسي واحد) بينما في الأنثى يتحكم في الصفة جينين (لأن الأنثى لديها كروموسومان جنسيان).

**لذلك:** فإن الصفة المتنحية المرتبطة بالجنس تكون في الذكور أكثر من الإناث لاحتمال أن يكون الجين الثاني في الأنثى ساند فيخفي أثر الجين المتنحي.

**أمثلة على صفات مرتبطة بالجنس/**

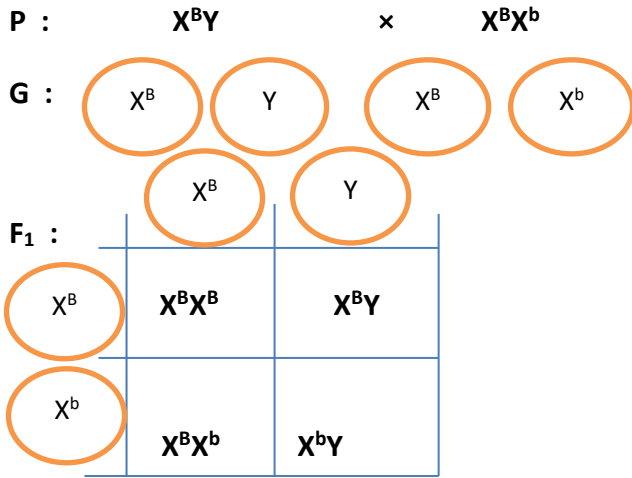
**1- عمى اللونين الأخضر والأحمر (صفة متنحية مرتبطة بالجنس):**

الشخص المصاب بهذا المرض لا يستطيع التمييز بين اللونين الأحمر والأخضر.

الطراز الشكلي	الطراز الجيني
ذكر طبيعي	$X^BY$
ذكر مصاب	$X^bY$
أنثى طبيعية	$X^BX^B$
أنثى حاملة للمرض	$X^BX^b$
أنثى مصابة	$X^bX^b$

**ملحوظة:** في هذه الحالة يرث المولود الذكر الصفة من أمه بينما المولودة الأنثى ترث الصفة من كلا الأبوين.

\* وضع على أسس وراثية ناتج تزاوج رجل سليم من مرض عمى الألوان بامرأة حاملة للمرض؟



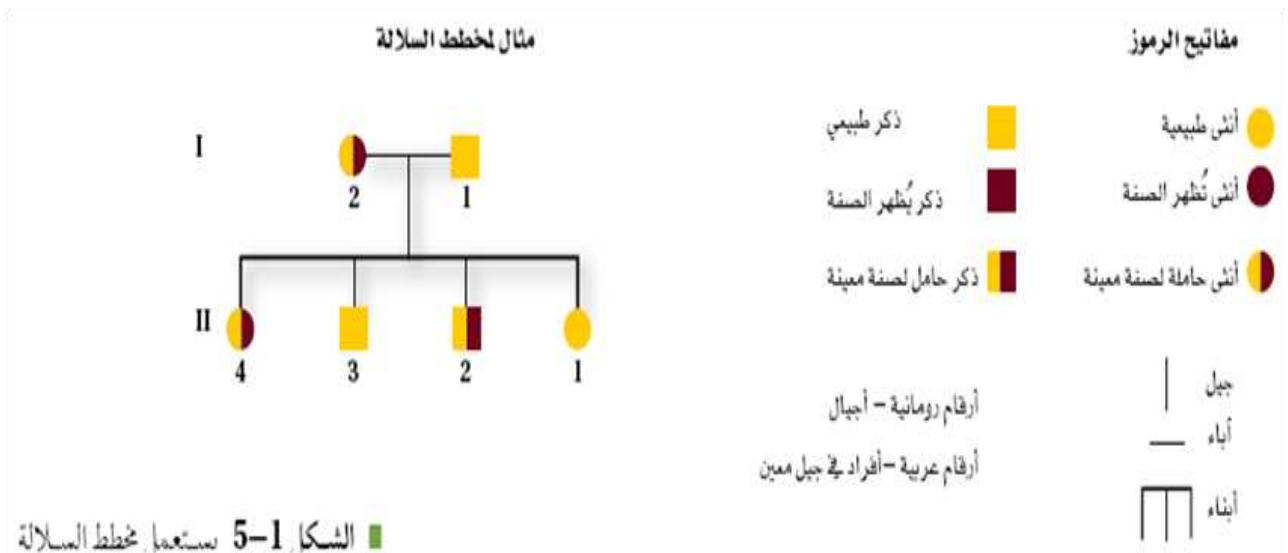
## 2- مرض نزف الدم (هيموفيليا):

سبب المرض: جين متنحي على الكروموسوم الجنسي X حيث يسبب وجوده نقص في بروتين تجلط الدم.

ملحوظة: الشخص المصاب بهذا المرض يظل ينزف لساعات طويلة، حتى لو أصيب بجرح بسيط، تم اكتشاف البروتين المسؤول عن تجلط الدم في القرن العشرين وكان يعطى للمصابين بالمرض لمنع وفاتهم في أعمار مبكرة.

الطرز الشكلي	الطرز الجيني
ذكر طبيعي	$X^NY$
ذكر مصاب	$X^nY$
أنثى طبيعية	$X^NX^N$
أنثى حاملة للمرض	$X^NX^n$
أنثى مصابة	$X^nX^n$

## شجرة النسب:



**ملحوظة:** في المخطط أعلاه الآباء (الأم حاملة للمرض والأب سليم) وجيل الابناء الفرد الأولى انثى سليمة والفرد الثاني ذكر حامل للمرض والفرد الثالث ذكر سليم والفرد الرابع انثى حاملة للمرض (**أكتب التراكيب الجينية للأفراد**).

### 8- الصفات المتأثرة بالجنس:

هي حالة وراثية (صفات) تكون جيناتها على الكروموسومات **الجسمية**، ولكنها تتأثر بالجنس، حيث تكون سائدة في أحد الجنسين ومتنحية في الجنس الآخر، ويسبب ظهور الصفة وجود الهرمونات الجنسية الذكرية أو الأنثوية.  
**مثال: صفة الصلع:** (سائدة عند الرجال ومتنحية عند النساء) لأن الهرمونات الذكرية ضرورية لظهور الصفة.

### الطرز الجيني والمظهري:

الطرز المظهري	الطرز الجيني
ذكر أصلع -- أنثى صلعاء	BB
ذكر أصلع -- أنثى طبيعية	Bb
ذكر طبيعي -- أنثى طبيعية	bb

س/ وضح على أسس وراثية ناتج تزاوج رجل وامرأة كلاهما تركيبه الجيني Bb بالنسبة لصفة الصلع؟

أنثى طبيعية × ذكر أصلع P :

Bb × Bb

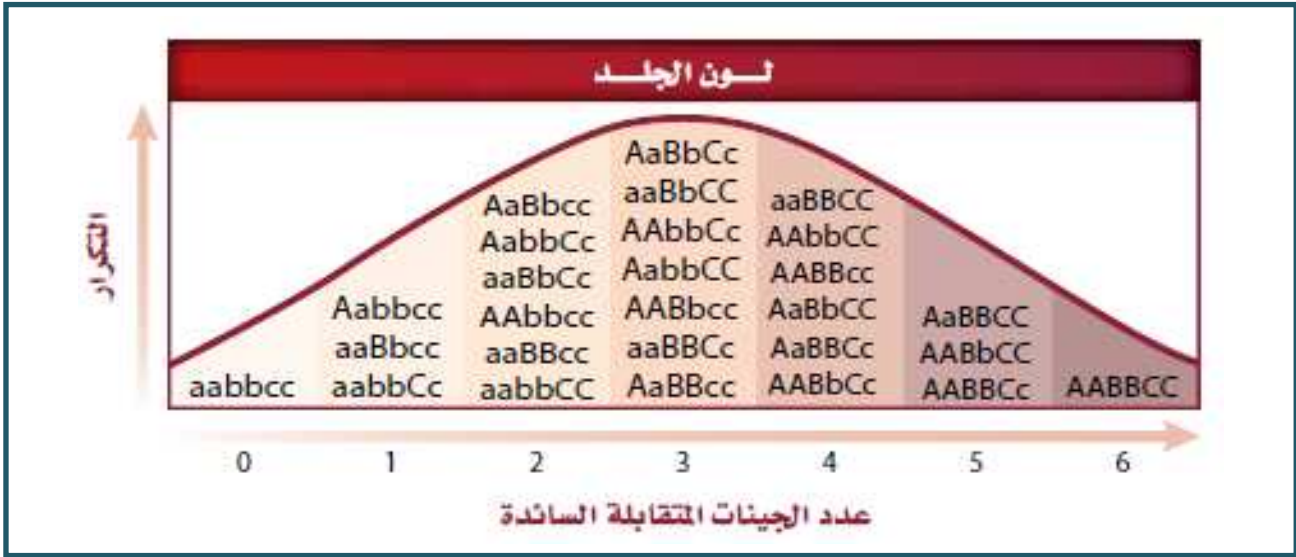
	B	b
B	BB	Bb
b	Bb	bb

### 9- صفات متعددة الجينات:

(هي الصفات التي تنشأ من التفاعل بين العديد من أزواج الجينات).

**أمثلة:** لون الجلد - طول القامة - لون العيون - نمط بصمة الأصابع.

**ملحوظة:** عند رسم منحنى تكرار عدد الجينات المتقابلة للصفات المتعددة الجينات.



يظهر منحنى يشبه الجرس (أي أن الطرز الشكلية في الوسط تكون أكثر من الطرز الشكلية على الأطراف).

### 10- التأثيرات البيئية:

للبيئة تأثير في الطرز الشكلي للفرد.

**مثال:** الإصابة بمرض القلب: يمكن أن تورث القابلية للإصابة بهذا المرض كما تساهم العوامل البيئية في الإصابة مثل (الغذاء والرياضة).

+ بعض العوامل البيئية الأخرى التي تؤثر في الطرز الشكلي هي :

أشعة الشمس - الماء - درجة الحرارة

\* أشعة الشمس والماء/



لا تحمل معظم النباتات الزهرية أزهار	عندما تكون أشعة الشمس غير كافية:
تفقد العديد من النباتات أوراقها	عند نقص الماء:

\* درجة الحرارة/

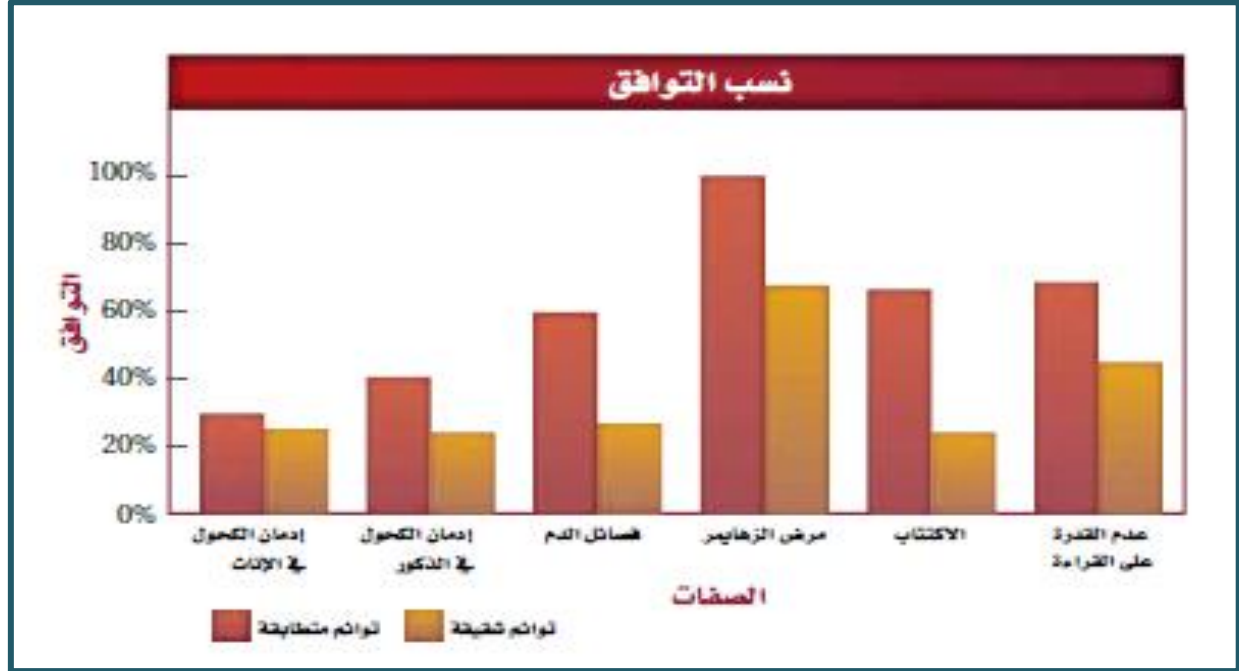
تؤثر درجة الحرارة في التعبير الجيني، **مثال:** لون الفراء في القطط السيامية.

لأن هذه المناطق من جسم القطة تقل درجة حرارتها عن درجة حرارة معظم الجسم (أي أن الجين المسؤول عن إنتاج لون الصبغة في جسم القطة السيامية يعمل تحت ظروف البرودة)	ذيل القطة وأقدامها وأذناها وأنفها غامقة اللون
لأنها المناطق الأكثر دفئاً في جسم القطة تعمل درجة الحرارة العالية فيها على تثبيط إنتاج الصبغة فتكون أفتح لونا	باقي لون جسم القطة فاتح

دراسات حول التوائم / (هي دراسة اخرى لنمط الوراثة وتركز على التوائم المتطابقة).

س/ ما الهدف منها؟ (فصل التأثيرات الجينية عن التأثيرات البيئية).

- \* التوائم المتطابقة متماثلة وراثياً (أي أن كلا التوأمين المتطابقين يحصلان على الصفة نفسها).
- \* استنتج العلماء أن الصفات التي تظهر بكثرة في التوائم المتطابقة تتحكم فيها الوراثة بشكل جزئي على الأقل.
- \* كما يعتقد العلماء أن الصفات التي تظهر بشكل مختلف في التوائم المتطابقة تتأثر بشكل كبير بالبيئة.
- \* نسبة التوائم الذين يظهرون معا صفة معينة تسمى نسبة التوافق (لاحظ الشكل التالي).
- \* يبين الشكل الفروق الكبيرة بين التوائم الشقيقة والمتطابقة من حيث التأثير بالوراثة.



### الكروموسومات والوراثة في الإنسان

دراسات المخطط الكروموسومي

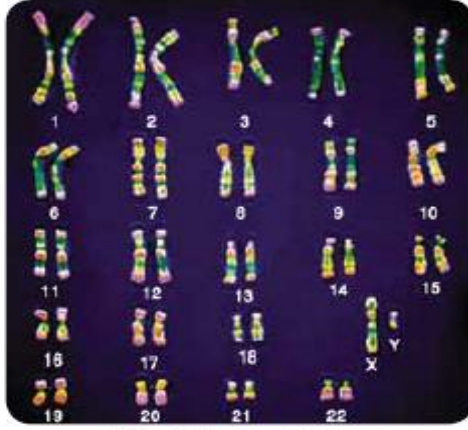
المخطط الكروموسومي: (هو صورة مجهرية لأزواج الكروموسومات مرتبة بشكل متناقص في الطول).

ملحوظة: يتم عمل المخطط الكروموسومي باستعمال صور للكروموسومات المصبوغة خلال الطور الاستوائي حيث توضح الشرائط المصبوغة الأماكن المتطابقة على الكروموسومات المتشابهة.

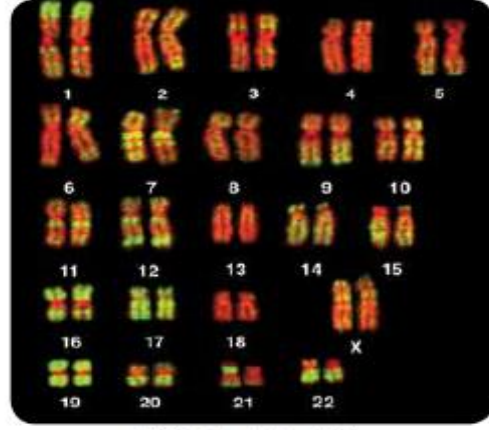
- \* يتكون المخطط الكروموسومي للإنسان من 23 زوج من الكروموسومات سواء كان للذكر أو الأنثى.
- \* الـ 22 زوج من الكروموسومات الجسمية تكون متطابقة في حين لا يتطابق زوج الكروموسومات الجنسية.



الشكل 16-5 يُرتب المخطط الكروموسومي أزواج الكروموسومات المتماثلة من الأطول إلى الأقصر.  
ميز أي كروموسومين يترتيبان بشكل منفصل ومغاير لأزواج الكروموسومات الأخرى؟



صورة مجسنة بالمجهر الضوئي: التكبير X 1400



صورة مجسنة بالمجهر الضوئي: التكبير X 1400

### القطع النهائية (التيلوميرات):

- تعريفها:** هي أغطية واقية لأطراف الكروموسومات، وتتكون من (DNA) مرتبط مع البروتينات.
- وظيفتها:** 1- تعمل واقيا يحمي تركيب الكروموسوم . 2- هي الجزء اللازم لتضاعف DNA.
- 3- اكتشف العلماء أنه قد يكون للقطع النهائية دور في كل من الشيخوخة والسرطان.

### عدم انفصال الكروموسومات/

(هو الانقسام الخلوي الذي تفشل فيه الكروماتيدات الشقيقة في الانفصال بعضها عن بعض بصورة صحيحة)

**ملحوظة:** يحدث أحيانا عدم الانفصال خلال الانقسام المنصف الأول أو الثاني.

- \* الأمشاج الناتجة لا تحصل على العدد الصحيح من الكروموسومات
- \* عندما يلحق أحد هذه الأمشاج مشيجا اخر فإن النسل الناتج لا يحصل على العدد الصحيح من الكروموسومات.
- \* عدم الانفصال يمكن أن يؤدي إلى نسخ إضافية لكروموسوم معين أو نسخة واحدة فقط من كروموسوم معين.
- \* الحصول على مجموعة من ثلاث كروموسومات من النوع نفسه يسمى ثلاثية المجموعة الكروموسومية أما الحصول على كروموسوم واحد فيسمى أحادية المجموعة الكروموسومية.

**ملحوظة:** يمكن أن يحدث عدم الانفصال في أي مخلوق تتكون أمشاجه بواسطة الانقسام المنصف .



**عدم الانفصال في الكروموسومات الجنسية: لاحظ الجدول التالي:**

عدم الانفصال في الكروموسومات الجنسية						الجدول 4-5	
OY	XYY	XXY	XY	XXX	XO	XX	الطراز الجيني
							مثال
يسبب الوفاة	ذكر سليم أو طبيعي إلى حد كبير	ذكر مصاب بمتلازمة كليتفلتر	ذكر طبيعي	أنثى طبيعية تقريباً	أنثى مصابة بمتلازمة تيرنر	أنثى طبيعية	الطراز الشكلي

**ملحوظة:** الفرد المصاب بمتلازمة تيرنر يملك كروموسوم جنسي واحد فقط (نتج هذه الحالة عن تلقيح مشيج خال من الكروموسوم).

**جدول يوضح الاختلال عدد الكروموسومات (الشذوذ الكروموسومي في الإنسان)**

السبب	الطراز الجيني	الطراز الشكلي	عدد الكروموسوم	الخلل في الكروموسومات	مكان الخلل	ملاحظات
-	XY	ذكر طبيعي	46 (44+ XY)	لا يوجد خلل	أفراد طبيعيين	
-	XX	أنثى طبيعية	46 (44+ XX)	لا يوجد خلل		
عدم الانفصال في الكروموسومات الجنسية	XO	أنثى مصابة بمتلازمة تيرنر	45 (44+ X)	الجنسية	لا يوجد أحد كروموسوم X الجنسي	بسبب: تلقيح مشيج خال من الكروموسوم X
	XXX	أنثى طبيعية إلى حد كبير	47 (44+XXX)	الجنسية	يوجد كروموسوم جنسي X اضافي	- تحدث في الإناث فقط - تسمى متلازمة ثلاثية أكس
	XXY	ذكر مصاب بمتلازمة كلاينفلتر	47 (44+XXY)	الجنسية	يوجد كروموسوم جنسي X اضافي	- تحدث في الذكور فقط
	XYY	ذكر طبيعي إلى حد كبير	47 (44+XYY)	الجنسية	يوجد كروموسوم جنسي Y اضافي	- تحدث في الذكور فقط - تحدث خلال تكوين الحيوانات المنوية
	OY	ذكر - يسبب الوفاة	45 (44+ Y)	الجنسية	لا يوجد كروموسوم X الجنسي	- تسمى متلازمة توريت - تحدث بسبب تلقيح بويضة خالية من X
	-	-	ذكر مصاب بمتلازمة داون	47 (45+ XY)	الجسدية (الجسمية)	زيادة كروموسوم X في زوج الكروموسومات رقم 21
-	-	أنثى مصابة بمتلازمة داون	47 (45+ XX)			

**الفحص الجنيني** يتم عمل فحوصات مختلفة لمراقبة كل من الأم والجنين في الحالات التالية:

- 1- الأزواج الذين يشكون أنهم ربما يكونون ناقلين لاختلال وراثي معين.
- 2- الأزواج الكبار في العمر.

فحوصات جنينية		الجدول 5-5
الأخطار	الفوائد	الضحص
<ul style="list-style-type: none"><li>• عدم الراحة التي تشعر بها الأم.</li><li>• احتمال ضئيل للعدوى.</li><li>• خطر الإجهاض.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• تشخيص الاختلالات الكروموسومية.</li><li>• تشخيص التشوهات الأخرى.</li></ul>	أخذ عينة من السائل الأمنيوسي (الرهلي).
<ul style="list-style-type: none"><li>• خطر الإجهاض.</li><li>• خطر العدوى.</li><li>• خطر تعرض الجنين للتشوهات في الأطراف.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• تشخيص الاختلالات الكروموسومية.</li><li>• تشخيص اختلالات وراثية معينة.</li></ul>	أخذ عينات من خملات الكوريون.
<ul style="list-style-type: none"><li>• خطر النزيف من مكان أخذ العينة.</li><li>• خطر العدوى.</li><li>• ربما يتسرب السائل الأمنيوسي (الرهلي).</li><li>• خطر موت الجنين.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• تشخيص الاختلالات الكروموسومية أو الوراثة.</li><li>• اختبار مشكلات الدم في الجنين أو مستويات الأكسجين.</li><li>• إمكانية إعطاء الأدوية للجنين قبل الولادة.</li></ul>	أخذ عينات من دم الجنين.

**ملحوظة:** على الأطباء أن يراعوا الكثير من العوامل قبل إجراء هذه الفحوصات من أهمها المشكلات الصحية السابقة للأم والجنين كذلك.

## المادة الوراثية DNA

### اكتشاف المادة الوراثية:

- \* عرف العلماء أن المعلومات الوراثية محمولة على الكروموسومات في الخلايا حقيقية النواة.
- \* أهم مكونين للكروموسومات هما **DNA** وال**بروتين**.

### س/ أي منهما يعد المادة الوراثية؟

### تجارب العالم جريفث

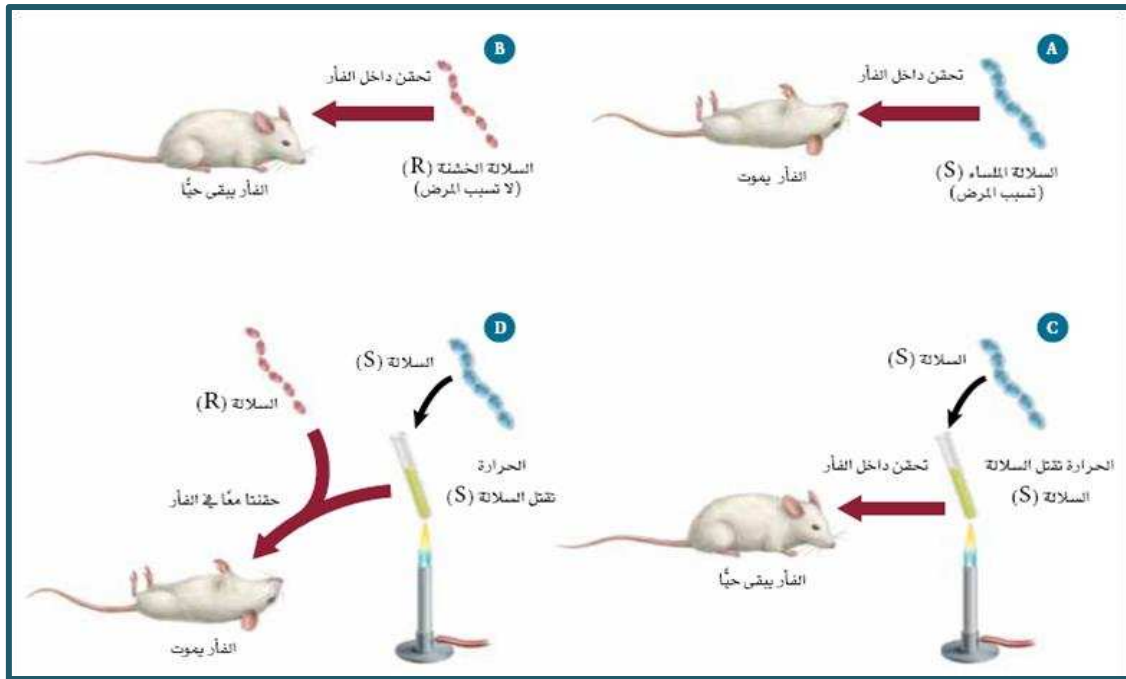
- أجرى أول تجربة لإثبات أن DNA هو المادة الوراثية عام 1928.

- أجرى العالم فريدريك جريفث تجاربه على سلالتين من البكتيريا المسببة للالتهاب الرئوي هما :-

السلالة (R)	السلالة (S)
ليس لها غلاف من السكر	لها غلاف من السكر
خشنة	ملساء
لا تسبب الالتهاب الرئوي	تسبب التهاب الرئة

**ملحوظة:** لاحظ العالم جريفث أن أحد السلالتين يمكنها أن تتحول إلى الشكل الآخر.

### خطوات التجربة التي أجراها جريفث:





النتيجة	الخطوة
ماتت الفئران	تم حقن الفئران بسلالة S الحية المسببة للمرض
لم تمت الفئران	تم حقن الفئران بسلالة R الحية والتي لا تسبب المرض
لم تمت الفئران	تم قتل السلالة S حراريا وحقن الفئران بها
ماتت الفئران	تم خلط خلايا R حية مع خلايا S الميتة وحقنت بها الفئران
لوحظ الصفة الملساء عليها	عزل جريفت خلايا بكتيرية حية من الفئران الميتة وعند فحصها

انتقل العامل المسبب للمرض من البكتيريا S الميتة إلى البكتيريا R الحية فأصبحت ملساء

الملاحظة

حدث تحول من البكتيريا الحية R إلى البكتيريا الحية S.

الاستنتاج

**ملحوظة:** أرست هذه التجربة مرحلة البحث لمعرفة المادة المسببة للمرض.

### تجارب العالمان هيرشي وتشيس

- أجرى العالمان هيرشي وتشيس عام 1952 تجاربهما على فيروس آكل البكتيريا (نوع من الفيروسات يهاجم البكتيريا) .

- وفرت نتائج هيرشي وتشيس الدليل الدامغ على أن DNA هو عامل التحول.

**\* العوامل التي جعلت تجارب هيرشي وتشيس ملانمة لإثبات أن ( DNA ) هو المادة الوراثية:**

1- فيروس آكل البكتيريا المستعمل في التجربة يتكون من والبروتين فقط DNA.

2- لا تستطيع الفيروسات أن تتضاعف بنفسها، لذلك يجب أن تحقن الفيروسات مادتها الوراثية داخل خلايا حية لتتمكن من

التكاثر.

**لذلك:** وسما هيرشي وتشيس كلا من مكوني الفيروس DNA والبروتين (ليحددا أي مكون يحقن داخل البكتيريا فيكون هو المادة الوراثية) .

**ملحوظة:** يدخل الفوسفور في تكوين DNA ولا يدخل في تكوين البروتين ولا يدخل في تكوين DNA.

### خطوات التجربة (سمية التجربة الحقن بالإشعاع):

1- حقن العالمان مجموعة من الفيروسات بالفوسفور المشع  $^{32}P$  الذي يدخل في تكوين الـ DNA (المجموعة 1).

2- وحقنا مجموعة أخرى من الفيروسات بالكبريت المشع  $^{35}S$  الذي يدخل في تكوين البروتين (المجموعة 2).

3- سمحا لمجموعتي الفوسفات بمهاجمة البكتيريا.

**ملحوظة:** عندما تهاجم الفيروسات البكتيريا فإنها تلتصق على السطح الخارجي لها وتحقن مادتها الوراثية داخلها.

3- بدأ هيرشي وتشيس في تفحص مجموعتي البكتيريا ولاحظ التالي:

المجموعة	الملاحظة	الاستنتاج
الأولى (1)	وجدا أن DNA الفيروس المحقون بالفسفور المشع $^{32}\text{P}$ تم حقه داخل البكتيريا ووجدا أن الفيروسات التي انطلقت من البكتيريا المصابة بعد فترة من الزمن تحتوي على فسفور مشع $^{32}\text{P}$	DNA هو حامل المعلومات ال وراثية
الثانية (2)	وجدا أن البروتينات الموسومة بالكبريت المشع $^{35}\text{S}$ ظلت خارج الخلايا البكتيرية وقد حدث تضاعف للفيروسات داخل الخلايا البكتيرية مما يشير إلى أن المادة الوراثية المسؤولة عن التضاعف دخلت إلى الخلايا البكتيرية ولم يوجد أي $^{35}\text{S}$ داخلها	يؤكد أن DNA هي المادة الوراثية وليس البروتين

5- استنتج كلا من هيرشي وتشيس اعتمادا على نتائجهما أن DNA هي **المادة الوراثية** وهي التي تنتقل من جيل إلى جيل في الفيروسات.

ملخص نتائج هيرشي وتشيس		الجدول 1-6	
المجموعة 2 (الفيروسات مميزة بـ $^{35}\text{S}$ )		المجموعة 1 (الفيروسات مميزة بـ $^{32}\text{P}$ )	
سائل يحتوي على فيروسات	بكتيريا مُصابة	سائل يحتوي على فيروسات	بكتيريا مُصابة
<ul style="list-style-type: none"> <li>توجد بروتينات مميزة.</li> <li>لم تضاعف الفيروسات.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>لا توجد بروتينات فيروس مميزة بـ (<math>^{35}\text{S}</math>).</li> <li>تضاعف الفيروس.</li> <li>لم تكن الفيروسات الجديدة مميزة.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>لا يوجد DNA مميز.</li> <li>لم تضاعف الفيروسات.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DNA فيروس مميزة بـ (<math>^{32}\text{P}</math>) داخل خلايا البكتيريا.</li> <li>تضاعف الفيروس.</li> <li>الفيروسات الجديدة تحوي <math>^{32}\text{P}</math>.</li> </ul>

DNA هو المادة الوراثية ويوفر المعلومات المطلوبة لبناء فيروسات جديدة.

### تركيب DNA

- يتكون DNA من وحدات تسمى النيوكليوتيدات (النيوكليوتيدات هي وحدات بناء الأحماض النووية).
- حدد عالم الكيمياء الحيوية **(ليفن)** التركيب الأساسي للنيوكليوتيدات والتي تتكون من:
  - 1- سكر خماسي الكربون
  - 2- مجموعة فوسفات
  - 3- قاعدة نيتروجينية

**ملحوظة:** الحمضان النوويان الأساسيان في الخلية هما DNA و RNA.

### الفرق بين نيوكليوتيدة DNA و نيوكليوتيدة RNA:

نيوكليوتيدة RNA	نيوكليوتيدة DNA
تحتوي على سكر الرايبوز	تحتوي على سكر رايبوز منقوص الأكسجين
تحتوي على مجموعة فوسفات	تحتوي على مجموعة فوسفات
تحتوي على إحدى أربع قواعد نيتروجينية هي: الأدينين - الجوانين - <b>اليوراسيل</b> - السائتوسين	تحتوي على إحدى أربع قواعد نيتروجينية هي: الأدينين - الجوانين - <b>الثيامين</b> - السائتوسين

## القواعد النيتروجينية

### قواعد البريميدين

### قواعد البيورين

#### أحادية الحلقة

#### ثنائية الحلقة

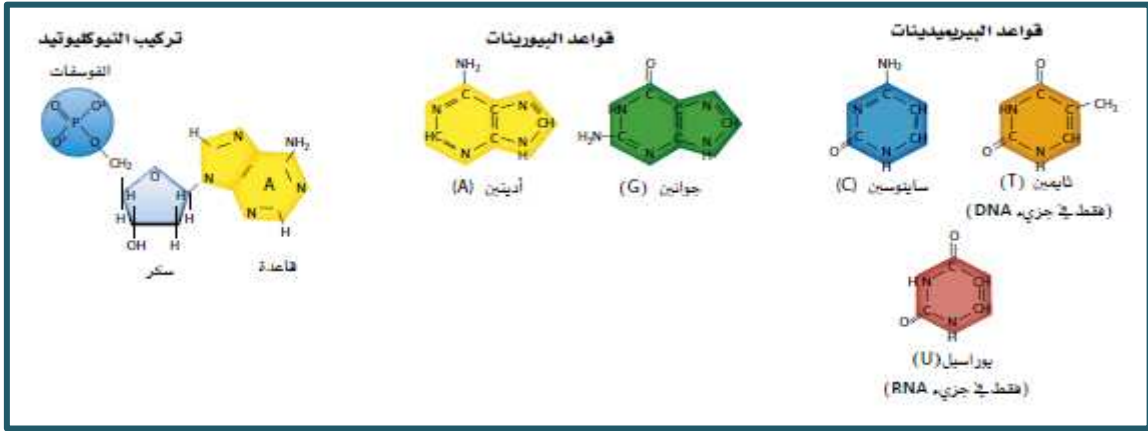
الثيامين T

اليوراسيل U

السايروسين C

الجوانين G

الأدينين A



محاولات التعرف على شكل وتركيب جزيء DNA:

**\* (العالم موريس ويلكنز):**

(استخدم تقنية تشتت الأشعة السينية) وهي تقنية تصوير الأشعة السينية على جزيء DNA .

**\* (العالمية روزالند فرانكلين):**

التقطت الصورة 51 المشهورة الان لجزيء DNA وجمعت بينهاها التي بينت أن:

جزيء DNA حلزوني مزدوج أو على شكل سلم ملتوي مكون من شريطين من

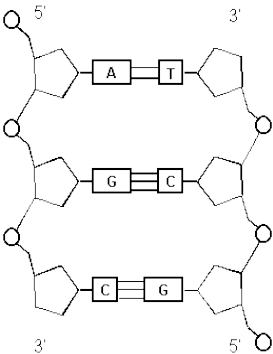
النيوكليوتيدات ملفت أحدهما حول الآخر.

**ملحوظة:** جزيء وهو المادة الوراثية لجميع المخلوقات الحية وهو مكون من شريطين من النيوكليوتيدات أحدهما مكمل للآخر ومزدوجين بدقة وملتفين ليكونا لولبا مزدوجا.

**\* (العالمان واطسون وكريك):**

استخدما صورة فرانكلين لتشتت الأشعة السينية وقاسا معا عرض اللولب والمسافات بين

القواعد وقاما ببناء نموذج مزدوج للولب يتوافق مع أبحاث الاخرين.



## خصائص نموذج لولب واطسون وكريك

- 1- يتكون جزيء DNA من شريطين يتكونان من رايبوز منقوص الأكسجين وفوسفات بشكل متبادل.
- 2- يرتبط كلا من السائتوسين مع الجوانين بثلاث روابط هيدروجينية (ثلاثية)
- 3- يرتبط الثيامين مع الأدينين بواسطة رابطتين هيدروجينيتين (ثنائية)

## تركيب DNA:

- \* يشبه جزيء DNA سلم ملتوي (شريطان مرتبطان كالسلم).
- \* كل شريط عبارة عن مجموعة من النيوكليوتيدات ترتبط مع بعضها بروابط تساهمية.
- \* يمثل حاجز الحماية للسلم السكر المنقوص الأكسجين والفوسفات بشكل متبادل جانبي السلم.
- \* تشكل أزواج القواعد النيتروجينية درجات هذا السلم فترتبط مع بعض بروابط هيدروجينية.

ملحوظة: دائما ترتبط قاعدة **بيورين** ثنائية مع قاعدة **بريميدين** أحادية وينتج عن هذا:

- 1- يظل بعد حاجزي الحماية عن بعضهما ثابت (هيكل سكر الفوسفات).
- 2 - عدد قواعد البيورين يساوي عدد قواعد البريميدين في نموذج DNA.  
( C + T = G + A ) ----- ( A = T و C = G )

## ملحوظات:

- يستعمل ازدواج القواعد التكاملي لوصف الارتباط الدقيق بين قواعد البيورينات والبريميدينات.
- خاصية تضاعف جزيء DNA يمكن من خلالها أن يحدد الشريط الأصلي ترتيب القواعد في الشريط الجديد.
- يتم تحديد اتجاه الشريط تبعا لذرات الكربون في جزيء السكر ومجموعة الفوسفات المرتبطة بها.
- شريطي DNA متعاكسين بالنسبة لبعضهما البعض (يكون اتجاه أحد الشريطين 5- إلى 3- والاخر في الاتجاه 3- إلى 5-) وهذا يجعل القواعد النيتروجينية متقابلة فتتمكن من الازدواج .

## تركيب الكروموسوم:

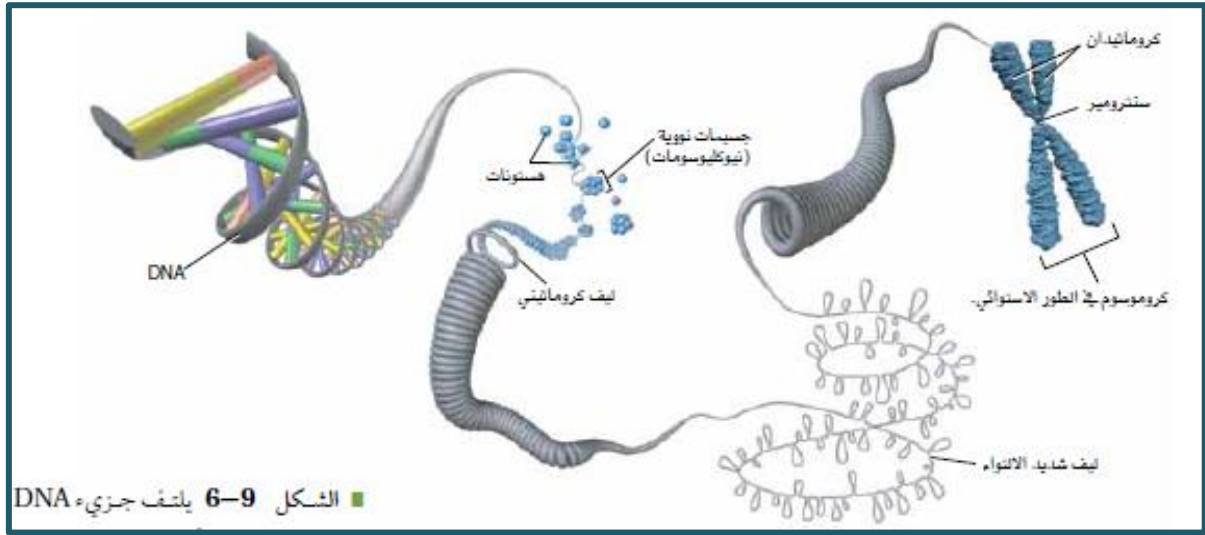
في بدائية النواة: يوجد جزيء DNA في **السيتوبلازم** ويتكون من: - حلقة DNA - بروتينات مرتبطة

في حقيقية النواة: يتكون جزيء DNA في الخلايا حقيقية النواة كالتالي:

- يكون على صورة كروموسومات منفردة (يتراوح طول الكروموسوم بين 51 مليون إلى 245 مليون زوج من القواعد النيتروجينية)
- يلتوي شريط DNA بشدة حول مجموعة من البروتينات شبيهة بالخرز تسمى **الهستونات**.
- تجذب بروتينات الهستون الموجبة الشحنة نحو مجموعات الفوسفات سالبة الشحنة في جزيء DNA لتشكل جسيما نوويا (**نيوكليوسوم**) .

- تتجمع النيوكليوسومات معا لتكون **ألياف كروماتينية**.

- تلتوي الألياف الكروماتينية بشدة لتكون تركيب DNA المعروف.



**تضاعف DNA شبه المحافظ:**

اقترح كلا من **واطسون** و**كريك** طريقة تضاعف DNA الشبه محافظ حيث:

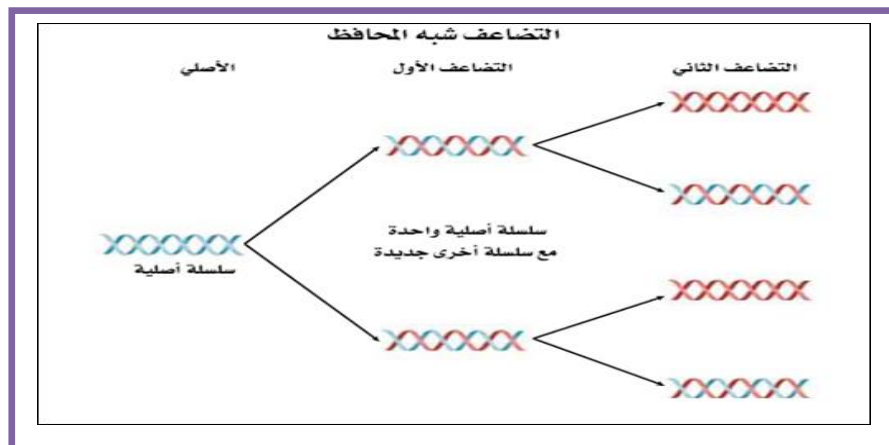
ينفصل شريطا جزيء DNA الأصليان ويستعملان كقوالب حيث ينتج شريطين جديدين من DNA كل شريط مزدوج جديد مكون من شريط مفرد أصلي وآخر جديد وذلك خلال **الطور البيئي** للانقسام المتساوي أو المنصف.

**مراحل التضاعف الشبه محافظ:** يتم على ثلاث مراحل متتالية هي: -



أولا / **فك الالتواء:** تتم عملية فك الالتواء وفق الخطوات التالية: -

- 1- يقوم **إنزيم فك حلزوني** (DNA هيليكيز) بفك التواء DNA وفصل شريطي DNA عن بعضهما عن طريق كسر الروابط الهيدروجينية بين القواعد النيتروجينية فتتشكل أشرطة مفردة من DNA .
- 2- ترتبط مجموعة من البروتينات تسمى **البروتينات المرتبطة** بأشرطة DNA المفردة لإبقاء الأشرطة منفصلة عن بعضها البعض خلال عملية التضاعف.
- 3- يضيف إنزيم آخر يسمى **إنزيم بدء RNA** قطعة صغيرة من RNA تسمى **بداية RNA** إلى شريط DNA





ثانيا / إزدواج القواعد النيتروجينية: وتتم وفق الخطوات التالية: -

1- يعمل إنزيم بلمرة DNA على إضافة النيوكليوتيدات الملائمة إلى الشريط الجديد من DNA (حيث يضيف النيوكليوتيدات الجديدة إلى الطرف 3' للشريط الجديد).

ملحوظة: كل قاعدة ترتبط بالمكملة لها (ترتبط A مع T وترتبط C مع G)

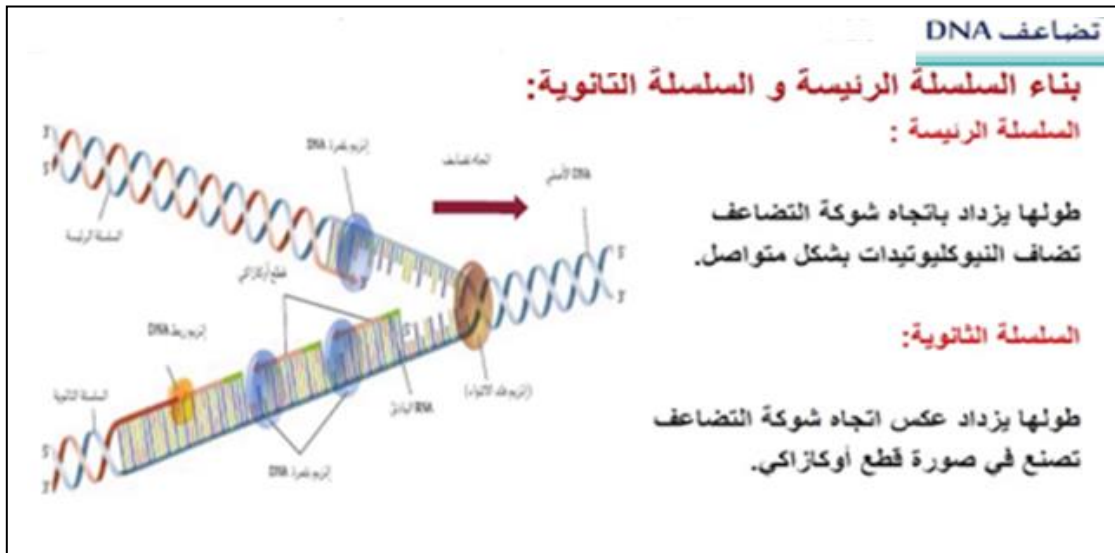
2- بهذه الطريقة تسمح القوالب بإنتاج نسخا متطابقة لجزيء DNA الأصلي الحلزوني المزدوج.

ملحوظات هامة: يتم بناء شريطي DNA الجديدين بشكل مختلف قليلا كالتالي: -

- الشريط الرئيسي: يُصنع بشكل متواصل ومستمر في الاتجاه 5' إلى الاتجاه 3' (بإضافة نيوكليوتيدات جديدة إلى الطرف 3').
- الشريط الثانوي: ينمو بعيدا عن الشريط الرئيسي (عكسه) وعلى شكل قطع تسمى قطع أوكازاكي باستعمال إنزيم بلمرة DNA وفي الاتجاه من 3' إلى الطرف 5' ثم تربط هذه القطع لاحقا بواسطة إنزيم ربط.

ملحوظة: طول قطعة أوكازاكي من 100 : 200 نيوكليوتيدة في الخلية حقيقية النواة .

يسمى هذا بالتضاعف الشبه محافظ لأن أحد الشريطين يُصنع بشكل مستمر والاخر يُصنع بشكل متقطع



ثانيا / عملية الربط: تتم هذه العملية وفق الخطوات التالية:

- 1- تضاعف DNA في الخلية حقيقية النواة يبدأ عادة في أماكن عدة على طول الكروموسوم.
- 2- عندما يصل إنزيم بلمرة DNA إلى موقع بدء RNA فإنه يزيل جزيء بدء RNA ويستبدله بنيوكليوتيدة DNA.
- 3- يقوم إنزيم ربط DNA بربط الجزيئين معا.

### DNA و RNA والبروتين

المبدأ الأساسي:

المبدأ الأساسي اللازم لقراءة الجينات والتعبير عنها هو إنتاج جزيء RNA من جزيء DNA الذي يوجه عملية بناء البروتين.






**RNA جزىء:** هو حمض نووي يشبه جزىء DNA وهو يحتوى على سكر رايبوز وقاعدة نيتروجينية يوراسيل بدلا من الثيامين وهو شريط مفرد.

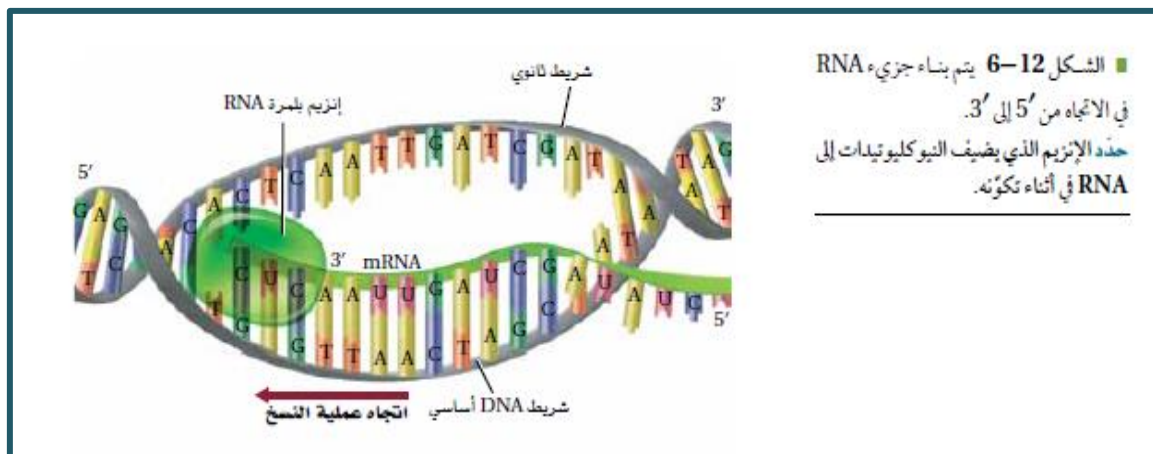
جزىء RNA	جزىء DNA
يدخل فى تكوينه سكر الرايبوز	يدخل فى تكوينه سكر الرايبوز منقوص الأوكسجين
يدخل فى تكوينه القواعد النيتروجينية: الأدينين - الجوانين - <u>الثيامين</u> - السايٲوسين	يدخل فى تكوينه القواعد النيتروجينية: الأدينين - الجوانين - <u>الثيامين</u> - السايٲوسين
شريط مفرد	شريط مزدوج

### أنواع جزىء RNA

يوجد ثلاث أنواع من RNA، تختلف فى شكلها ووظائفها كالتالى:

الاسم	mRNA الرسول	rRNA الرايبوسومي	tRNA الناقل
الوظيفة	يحمل المعلومات الوراثية من DNA فى النواة ليوجه بناء البروتينات فى السيتوبلازم	يرتبط مع البروتينات لبناء الرايبوسومات فى السيتوبلازم	ينقل الأحماض الأمينية من السيتوبلازم إلى الرايبوسومات
الشكل			
التركيب	أشرطة طويلة من نيوكليوتيدات RNA تنتج مكملة لشريط من DNA	نوع من RNA يرتبط بالبروتينات	قطع صغيرة من نيوكليوتيدات RNA

### بناء البروتين: تتم عملية بناء البروتين على مراحل كالتالى:



## أولاً/ عملية النسخ:

(هي عملية نسخ شفرة بناء البروتين من على جزيء DNA إلى جزيء mRNA في النواة)

أنها عملية يتم فيها بناء mRNA من DNA القالب، (حيث تعمل إحدى سلسلتي DNA كقالب لتكوين سلسلة فردية من mRNA).

ومعنى ذلك

ملحوظة: - تتم عملية النسخ في النواة.

- ينتقل بعد ذلك جزيء mRNA إلى السيتوبلازم من أجل صناعة البروتين عن طريق الرايبوسومات.

## خطوات عملية النسخ:

1- ينفك شريط DNA بالنواة ويرتبط به إنزيم بلمرة RNA (وهو الإنزيم الذي ينظم عملية بناء RNA) في منطقة محددة يبدأ عندها بناء mRNA.

2- يبدأ إنزيم بلمرة RNA ببناء mRNA حيث يتحرك الإنزيم على طول أحد اشترطة DNA في الاتجاه من 3- إلى 5- ويسمى هذا الشريط الـ DNA الذي تمت قراءته بالشريط القالب (الشريط الذي لم يتم قراءته يسمى اللقالب). (يُصنع mRNA مكملًا نيوكليوتيدات DNA).

3- يطلق جزيء mRNA وينفك إنزيم بلمرة RNA عن DNA , ويتحرك mRNA الجديد خارجاً من النواة إلى السيتوبلازما عبر ثقب الغشاء النووي (الثقوب النووية) .

ملحوظة: - يتم بناء شريط mRNA من الاتجاه 5- إلى 3- بإضافة نيوكليوتيدات RNA جديدة في الطرف 3- .  
- يتم إضافة اليوراسيل بدلا من الثيامين حتى يكتمل صنع جزيء mRNA.

## ثانياً/ عملية المعالجة:

\* لاحظ العلماء أن طول mRNA الحامل لشفرة بناء البروتين أقصر من طول DNA المنسوخ منه.

\* اكتشف العلماء أن جزيئات mRNA تخضع لعملية تعديل منها إزالة أجزاء وذلك قبل مغادرتها النواة.

تتلخص عملية المعالجة في التالي:

1- إزالة جزء وسطي mRNA وهو جزء غير فاعل لا يتضمن شفرات لبناء البروتين في DNA. ويسمى هذا الجزء من mRNA (إنترون).

2- التحام الأجزاء الفاعلة من mRNA ويسمى الجزء الواحد منها (إكسون) وهي أجزاء من DNA تحتوي على شيفرات ستترجم بعد قطع الإنترونات إلى بروتينات.

3- تشكل السلسلة الناتجة من فصل إنترونات والتحام إكسونات سلسلة mRNA الناضجة.

4- ينتقل mRNA الناضجة عبر غشاء النواة إلى الرايبوسومات في السيتوبلازم حيث يتم بناء البروتين.

## الشفرة الوراثية:

توصل العلماء إلى أن **20 حمض أميني** تستعمل في بناء البروتينات، لذلك يجب أن يوفر DNA على الأقل 20 شفرة مختلفة من أربع قواعد نيتروجينية.

لذلك افترض العلماء عدة فرضيات للشفرة الوراثية كالتالي:

**الشفرة أحادية:** مكونة من قاعدة واحدة إذاً عدد الشفرات

4 شفرات وبالتالي لا تكفي للـ 20 حمض أميني.

**الشفرة ثنائية:** مكونة من قاعدتين وعدد الشفرات

$16 = 4 \times 4 = 2^4$  شفرة وهي لا تكفي أيضاً للـ 20 حمض أميني.

**الشفرة ثلاثية:** مكونة من 3 قواعد وعدد الشفرات

$64 = 4 \times 4 \times 4 = 3^4$  شفرة وهنا :

(عدد الشفرات أكثر من عدد الأحماض الأمينية)

يفسر ذلك على أن:

(للحمض الأميني الواحد أكثر من شفرة - هناك ثلاث شفرات

غير مسؤولة عن أحماض أمينية تسمى شفرات التوقف)

**الكودون:** هو شفرة وراثية مكونة من 3 قواعد نيتروجينية في DNA أو mRNA.

**ملحوظة:** - الكودون AUG مسؤول عن الحمض الأميني ميثونين ويعمل **(كودون بدء)** في سلسلة عديد الببتيد دائماً.

- هناك 3 كودونات عديمة المعنى لا ترمز لأي حمض أميني وتسمى كودونات التوقف هي

. UAA - UGA - UAG .

## ثالثاً/ عملية الترجمة:

بعدما يُصنع mRNA وتتم معالجته داخل النواة ينتقل إلى السيتوبلازم ويتحرك نحو الريبوسومات حيث ترتبط الريبوسومات بالطرف 5- عندما يتحرك وتبدأ قراءة الشفرة والترجمة **لبناء البروتين** من خلال عملية الترجمة.

## دور tRNA في عملية الترجمة :

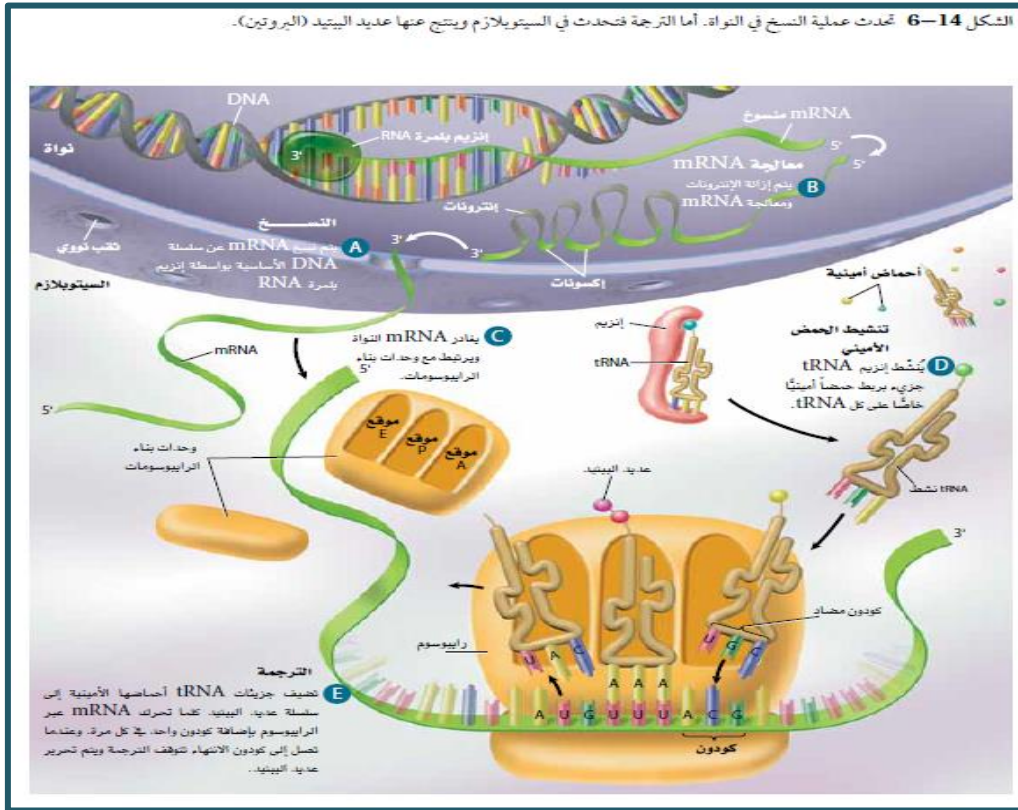
\* تعمل كمفسرات لترتيب الكودونات على mRNA (مترجم للشفرة على mRNA).

\* ينطوي شريط tRNA ويتم تنشيطه بإنزيم يعمل على ربط حمض أميني محدد على النهاية الخاصة به في الطرف 3- .

\* في منتصف شريط tRNA المنطوي يكون هناك ترتيب مكون من 3 قواعد يسمى الكودون المضاد .

\* كل كودون مضاد هو مكمل للكودون على mRNA .

**ملحوظة:** الشفرة على DNA و RNA تقرأ من 5- إلى 3- ولكن الكودون المضاد يُقرأ من 3- إلى 5- .



### دور الريبوسومات في عملية الترجمة:

- 1- يتكون الريبوسوم من وحدتين بنائيتين تكونان غير مرتبطتان معاً عندما لا تكونان مشتركتان في عملية بناء البروتين وعندما يترك mRNA النواة ويدخل في السيتوبلازم تجتمع وحدتا الريبوسوم معاً ويرتبطان بـ mRNA لتكوين الريبوسوم الفعال.
- 2- يحتوي الريبوسوم على ثلاث مواقع (أحاديد) مهمة هي P و A و E لكل موقع دوره الذي ستتعرف لاحقاً .
- 3- عندما يرتبط mRNA مع الريبوسوم يتحرك tRNA الحامل للحمض الأميني ميثيونين (أول حمض أميني في سلسلة عديد الببتيد) مع كودونه المضاد UAC ويرتبط مع كودون البدء AUG على mRNA على النهاية -5 (في الموقع P من الريبوسوم).
- 4- يتحرك جزيء tRNA آخر نحو الموقع A والمحتوي على الكودون الثاني UUU للـ mRNA ويرتبط معه tRNA بكودون مضاد AAA حاملاً حمض أميني فينيل الأئين.
- 5- يعمل جزء من rRNA عمل إنزيم محفز لتكوين رابطة ببتيدية بين الحمضين الأمينيين في الموقعين A و P وعند ربط الحمضين الأمينيين يتحرر tRNA من الموقع P إلى الموقع E حيث يغادر الريبوسوم .
- 6- يتحرك الريبوسوم بمقدار كودون (3 قواعد نيروجينية) على mRNA بحيث يتغير موقع tRNA من الموقع A إلى الموقع P .
- 7- عندئذ يدخل tRNA جديداً إلى الموقع A مكملاً الكودون الثالث على mRNA.
- 8- تستمر عملية إضافة أحماض أمينية جديدة وتكوين روابط حسب ما تحدده تتابع الكودونات على mRNA.
- 9- يستمر الريبوسوم في التحرك إلى أن يدخل الموقع A أحد كودونات التوقف حيث يشير هذا الكودون إلى انتهاء تكوين سلسلة عديد الببتيد (صنع البروتين) وهو لا يوجد له أي tRNA وهنا يستقبل الموقع A بروتينا خاصا بدلا من tRNA حيث يعمل هذا البروتين على فصل سلسلة عديد الببتيد المتكونة .
- 10- بذلك تنتهي عملية الترجمة وتفصل الوحدتان البنائيتان للريبوسوم عن بعضهما.



## جين واحد - إنزيم واحد:

بدأ العلماء دراسة العلاقة بين الجينات والبروتينات وكانت البداية كالتالي:

### العالمان جورج بيدل وإدوارد تاتوم عام 1940:

استعملا فطر نيوروسبورا لإظهار العلاقة بين الجينات والإنزيمات وقدا دليلا على أن الجين قد يكون مسئولاً عن إنزيم كالتالي:

1- عرضت أبواغ فطر النيوروسبورا للأشعة السينية وزرعت في وسط كامل ووسط أدنى لمعرفة أيهما حدث به طفرة.

**ملحوظة:** لم تتمكن الأبواغ من النمو في الوسط الأدنى.

**ملحوظة:** الوسط الكامل هو الوسط الصناعي الذي يحتوي على جميع الأحماض الأمينية التي يحتاج إليها الفطر لينمو ويعمل أما الوسط الأدنى هو الذي لا يحتوي على أحماض أمينية.

2- قام العالمان بفحص الفطر لمعرفة الحمض الأميني الذي ينقصه.

3- نمت أبواغ الفطر في وسط أدنى يحتوي على حمض أميني معين (وليكن الأرجينين مثلاً)

4- افترض العالمان أن الفطر الذي به طفرة ينقصه الإنزيم المطلوب لتصنيع الأرجينين.

لذلك توصلوا إلى ما يعرف بفرضية (جين واحد - إنزيم واحد) وعدلت هذه الفرضية فيما بعد إلى حقيقة هي :

**الجين مسئول عن تصنيع عديد ببتيد واحد**