

## طبيعة الخبر الوراثي والية تعبيره – الهندسة الوراثية

### مدخل عام :

رغم تنوع الكائنات الحية، ورغم الفروق البينية والسلالية داخل كل جنس، يلاحظ دائماً أن هناك وحدة على مستوى الآلية الوظيفية عند كل الأجسام الحية، كما أن مختلف البروتينات المكونة لمختلف البنيات، تتكون من تسلسل الأحماض الأمينية، وتختلف هذه البروتينات فيما بينها بعدد ونوع وترتيب الأحماض الأمينية، وأن الصفات الشكلية والفيزيولوجية والسلوكية، تنتقل عبر السلالات المتعاقبة، الشيء الذي يبين أن هناك خبر وراثي ينتقل من جيل إلى آخر. وقد سخر الإنسان علم الوراثة، فيما يعرف بالهندسة الوراثية، لتعديل الصفات عند بعض الكائنات الحية.

- أين يتموضع الخبر الوراثي ؟
- كيف يتم نقل الخبر الوراثي من جيل لآخر ؟
- ما هي الطبيعة الكيميائية للخبر الوراثي ؟
- ما العلاقة بين الصفات الوراثية والخبر الوراثي ؟
- ما علاقة نوع وترتيب الأحماض الأمينية للبروتينات بطبيعة الخبر الوراثي ؟
- ما مبادئ الهندسة الوراثية وتقنياتها ؟ وما مجالات تطبيقها ؟

## الفصل الأول:

# طبيعة الخبر الوراثي

### تمهيد:

ينتُج التوأمان الحقيقيان عن بيضة واحدة، بعد التقاء مشيج ذكري ومشيج أنثوي. تقسم هذه البيضة إلى خلتين، تتطور كل منهما، لتعطيان في الأخير جنينين متشابهين، يشتراكان في جل الصفات. هذا التشابه بين التوأم يدل على أنهما تلقيا نفس الخبر من الخلية الأصلية (البيضة) وبالتالي فالصفات الوراثية، يحكمها برنامج وراثي دقيق، يتموضع على مستوى الخلايا، و ينتقل من خلية إلى أخرى أثناء تكاثرها.

- أين يتموضع الخبر الوراثي على مستوى الخلية؟
- كيف ينتقل هذا الخبر عبر خلايا الكائن الحي؟
- ما هي الطبيعة الكيميائية للخبر الوراثي؟

### I - أين يتواجد الخبر الوراثي؟

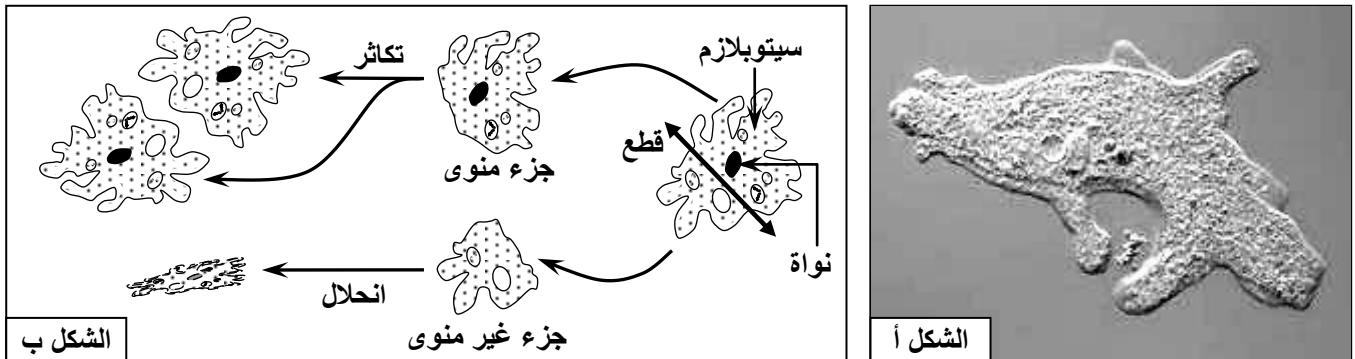
#### ① الكشف عن تموضع الخبر الوراثي داخل الخلية

أ - تجربة القطع عند الأميبية Amibe: [أنظر الوثيقة 1](#).

##### الوثيقة 1: تجربة القطع عند الأميبية Amibe

الأميبق (الشكل أ) كائن حي وحيد الخلية، وهي عبارة عن كتلة بروتوبلازمية مجهرية يتراوح قطرها بين 127 و  $340\mu\text{m}$ ، غير منتظمة الشكل تحتوى على نواة حقيقية واحدة، وتحرك حركة انزلاقية بطيئة باستخدام الأرجل الكاذبة (Pseudopodes).

يبين الشكل ب من الوثيقة رسوما تخطيطية لمراحل تجربة القطع عند هذه الأميبق.



ماذا تستخلص من تحليل نتائج هذه التجربة؟

نلاحظ أن الجزء الذي يحتوي على النواة يستمر في الحياة، ويتكاثر. نستنتج أن النواة ضرورية لحياة الخلية وتکاثرها.

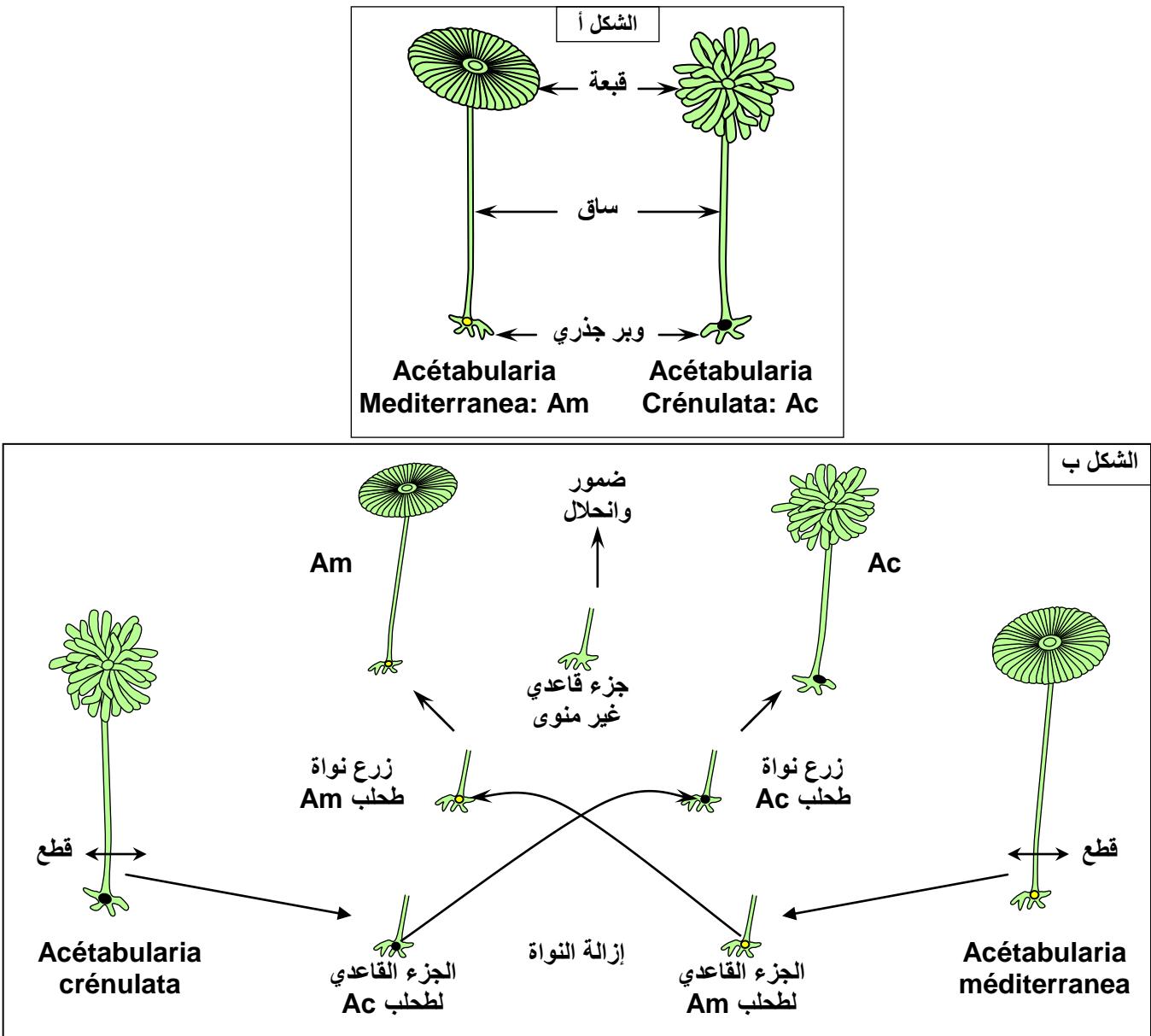
ب - تجربة القطع والتطعيم عند الأسيتابولاريا Acetabularia: [أنظر الوثيقة 2](#).

##### الوثيقة 2: تجربة القطع والتطعيم عند الأسيتابولاريا

تعد الأسيتابولاريا Acetabularia من بين الطحالب الخضراء البحرية الوحيدة الخلية. ويمثل الشكل أ رسوما تخطيطية لنوعين من هذا الطحلب.

قام Hamerling ومساعدوه بتجربة القطع والتطعيم على النوعين المذكورين أعلاه من طحلب الأسيتابولاريا. يبين الشكل ب من الوثيقة ظروف ونتائج هذه التجربة.

- 1) حدد الهدف من هذه التجربة.
- 2) وضع فرضية تفسر بواسطتها تشكيل القبعة.



(1) الهدف من هذه التجربة هو تحديد دور النواة في حياة الخلية.

(2) نلاحظ أن الوبر الجذري الذي يحتوي على النواة، وحده يستمر في العيش ويجدد خلية كاملة (طلب)، بنفس صفات الخلية الأصل للنواة، أي أن شكل القبعة مرتبط بنوع النواة. انطلاقاً من هذا يمكن افتراض أن النواة هي المسؤولة عن تشكل القبعة، إذن هي الحاملة للخبر الوراثي.

### ج - تجربة الاستنساخ عند العجموم (Crapaud) Xénopes : انظر الوثيقة 3.

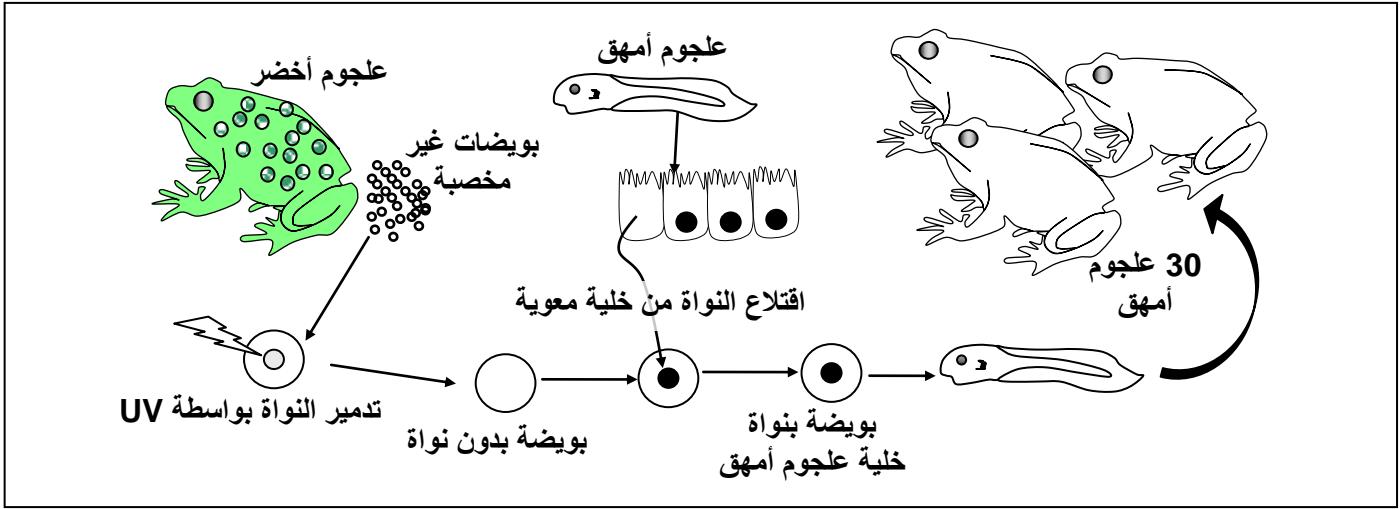
#### الوثيقة 3: تجربة الاستنساخ عند العجموم (Crapaud) Xénope



قصد تحديد تموضع الخبر الوراثي داخل الخلية، قام العالم Gurdon سنة 1960 بتجربة على سلالتين من العاجم: عجموم عادي (متواش) وعجموم أمهق (أنظر الصورة جانبها).

لقد قام هذا العالم بأخذ نواة خلية معوية لشرغوف أمهق، وزرعها داخل بويضة عجموم عادي، بعد أن قام بتعريف هذه البويضة للأشعة فوق البنفسجية UV بهدف تدمير نواتها الأصلية. تمثل الرسوم التخطيطية أسفله مراحل التجربة والنتائج المحصل عليها.

انطلاقاً من معطيات هذه التجربة، بين كيف مكنت تجربة Gurdon من تأكيد المعطيات الواردة في تجارب التقاطيع الخلوية عند الأسيتابولاريا بخصوص تموضع الخبر الوراثي.



لقد أدى زرع نواة شرغوف أمهق داخل بويضة بدون نواة لعلجوم عادي، إلى إعطاء علجم مهقاء. يتبيّن من هذا أن العلجم الناتجة عن الاستنساخ، لها صفات العلجم الذي أخذت منه النواة، وبالتالي فالصفة أمهق انتقلت من نواة العلجم الأمهق وليس سينوبلازم العلجم العادي. هذه المعطيات تؤكّد استنتاجات تجارب التقطيع الخلوي عند الأسيتابولاريا، حيث أن النواة هي موضع الخبر الوراثي.

## ② خلاصة:

يتبيّن من كل التجارب السابقة أن النواة ضرورية لحياة الخلية ولتوالدها، وأن هذه النواة هي التي تتحكم في التكوين الشكلي للخلية. إذن المادة الناقلة لصفات الوراثية توجد في النواة. أي أن الخبر الوراثي يتواجد على مستوى النواة.

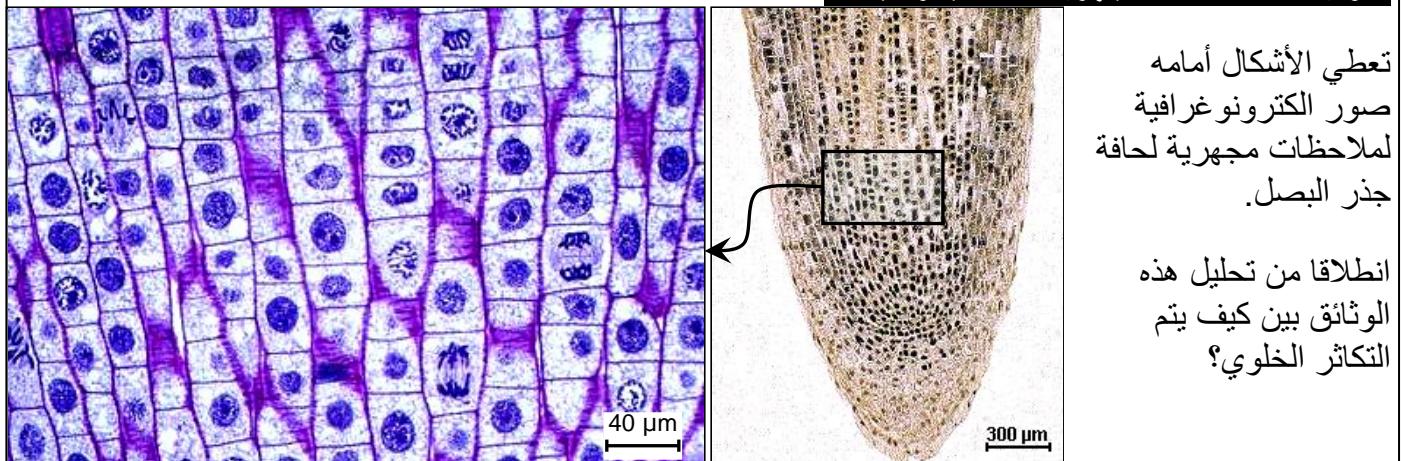
## II – انتقال الخبر الوراثي عبر الانقسام الخلوي.

### ① الانقسام غير المباشر عند خلية نباتية.

يتم نمو المتعضيات وتتجدد خلاياها بالتكاثر الخلوي، الذي يتم عبر الانقسام الخلوي، حيث تنقسم الخلايا الأم، لتعطي خلايا بنت مشابهة لها. ويسمى هذا الانقسام بالانقسام غير المباشر (Mitosis). يحافظ هذا الشكل من التوالد على الهوية البيولوجية للخلية. فكيف تتدخل هذه الآلية في انتقال الخبر الوراثي؟

#### أ – ملاحظة خلية نباتية في طور الانقسام غير المباشر. انظر الوثيقة 4.

الوثيقة 4: ملاحظة مجهرية لحافة جذر البصل.



تبين هذه الملاحظة أن الجدر يتكون من خلايا صغيرة ذات نوى مختلفة المظهر: بعضها كبير الحجم، وكروي الشكل، محاطة بغشاء نووي، وتضم شبكة كثيفة من الخيوط النووية تسمى الصبغين كما تحتوي على نويات، تعتبر هذه الخلايا في طور السكون، بعض الخلايا تلاشت بها النواة وعوضت ببنيات على شكل خيوط تسمى الصبغيات Chromosomes، وتعتبر في حالة انقسام غير مباشر.

### الوثيقة 5: مراحل الانقسام غير المباشر.

★ يعطي الشكل أ من الوثيقة 5 صوراً الكترونografية لبعض الخلايا في طور الانقسام.

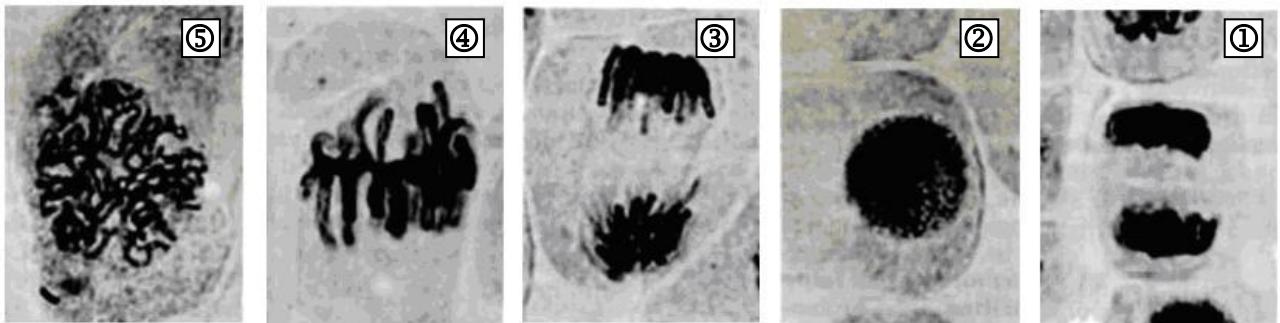
(1) أعط عنواناً مناسباً لكل صورة من الصور 1، 2، 3، 4، و 5 بعد ترتيبها زمنياً والتعليق عليها.

★ يعطي الشكل ب من الوثيقة 5 رسوماً تخطيطية لملحوظات مجهرية لخلايا نباتية وحيوانية في طور الانقسام.

(2) أعط الأسماء المناسبة لعناصر كل رسم ثم حدد اسم كل طور وعدد الصبغيات. ماذا تستنتج من ذلك؟

(3) صف أهم مميزات كل مرحلة من مراحل الانقسام غير المباشر؟

الشكل أ: صور الكترونografية لبعض الخلايا في طور الانقسام.



الشكل ب: رسوم تخطيطية لملحوظات مجهرية لخلايا نباتية وحيوانية في طور الانقسام

خلية حيوانية

خلية نباتية

المرحلة التمهيدية	المرحلة الاستوائية	المرحلة الانفصالية	المرحلة النهائية
<p>عدد الصبغيات: 4</p>	<p>عدد الصبغيات: 6</p> <p>1 = جدار هيكلي 2 = غشاء سيتوبلازمي 3 = سيتوبلازم 4 = نوية 5 = غشاء نووي 6 = صبغيات</p>	<p>عدد الصبغيات: 6</p> <p>1 = كمة قطبية 2 = جدار هيكلي 3 = سيتوبلازم 4 = صبغيات 5 = ألياف قطبية 6 = ألياف صبغية 7 = نجمية</p>	<p>المرحلة الاستوائية</p>
<p>عدد الصبغيات: 4</p>	<p>عدد الصبغيات: 6</p> <p>1 = كمة قطبية 2 = صبغيات 3 = اختناق استوائي 4 = نجمية</p>	<p>عدد الصبغيات: 6</p>	<p>المرحلة الانفصالية</p>
<p>عدد الصبغيات: 4</p>	<p> عدد الصبغيات: 6</p> <p>1 = خلستان بنтан 2 = فاصل غشائي 3 = نواة بنت</p>	<p> عدد الصبغيات: 6</p>	<p>المرحلة النهائية</p>

(1) الترتيب الزمني للصور مع التعليق:

★ الترتيب الزمني للصور هو: ② ← ③ ← ④ ← ⑤ ← ①.

★ التعليق على الصور:

✓ الصورة ②: قبل الدخول في الانقسام غير المباشر، تضم النواة شبكة كثيفة من الخيوط النووية هي الصبغين. نقول أن الخلية في مرحلة السكون Interphase.

✓ الصورة ⑤: يختفي الصبغين الذي يتجمع على شكل خيوط تسمى الصبغيات Chromosomes. نقول أن الخلية في المرحلة التمهيدية Prophase.

✓ الصورة ④: توضع الصبغيات وسط الخلية مشكلة صفيحة استوائية. نقول أن الخلية في المرحلة الاستوائية Métaphase.

✓ الصورة ③: انصال الصبغيات إلى مجموعتين، تهاجر كل مجموعة في اتجاه أحد قطبي الخلية. نقول أن الخلية في المرحلة الانفصالية Anaphase.

✓ الصورة ①: اختفاء الصبغيات ليحل محلها الصبغين في كل قطب من قطبي الخلية، حيث تتشكل نواتين يظهر بينهما فاصل. نقول أن الخلية في المرحلة النهائية Télophase.

(2) الأسماء المناسبة لعناصر الشكل بـ من الوثيقة وعدد الصبغيات: أنظر الشكل بـ من الوثيقة.

نستنتج من هذه المعطيات أن الانقسام غير المباشر يمكننا من المرور من خلية أم بـ عدد  $2n$  من الصبغيات لنحصل على خلتين كل واحدة بـ عدد  $2n$  من الصبغيات، أي نفس الخبر الوراثي للخلية الأم.

(3) مميزات مراحل الانقسام غير المباشر:

#### a - الطور التمهيدي La prophase

تتميز هذه المرحلة في بدايتها بتكاثف الصبغين وانتظامه على شكل خيوط تسمى الصبغيات، كل صبغي مكون من وحدتين، نسمى كل واحد منها صبغي Chromatide، مرتبطين على مستوى الجزيء المركزي Centromère، في نهاية هذه المرحلة يتلاشى الغشاء النووي والنوويات، وتظهر منطقة فاتحة في قطبي الخلية، هي عبارة عن كمات قطبية Fuseau achromatique، يظهر بينهما مغزل لالوني Calottes polaires.

#### b - الطور الاستوائي La métaphase

خلال هذه المرحلة تصبح الصبغيات أكثر وضوحاً، وتتموضع على المستوى الاستوائي للخلية مكونة الصفيحة الاستوائية La plaque équatoriale.

#### c - الطور الانفصالى L'anaphase

تتميز هذه المرحلة بانشطار الجزيء المركزي، ليعطي جزيئين مركزيين، يتصل كل منهما بصبغي، لينضاعف عدد الصبغيات. تكون مجموعتين متساويتين من حيث عدد الصبغيات، فتتم هجرة كل مجموعة نحو أحد قطبي الخلية نتيجة تقصير الألياف الصبغية إنها الهجرة القطبية.

#### d - الطور النهائي La télophase

تتجمع الصبغيات وتشكلها الانفرادي الواضح، وتحول إلى كثلة من الصبغين، ويكون الغشاء النووي والنوويات، ويختفي مغزل الانقسام، ويتكون جدار أولي للغشاء السيليلوزي يفصل بين خلتين بنتين متوفران على نفس عدد الصبغيات.

## ② الانقسام غير المباشر عند خلية حيوانية.

من خلال ملاحظة مراحل الانقسام غير المباشر عند خلية حيوانية، يتبين أنه يشبه انقسام الخلية النباتية في خطوطه العريضة، مع وجود اختلافين رئيسيين:

- تتوفر الخلية الحيوانية على عضي خاص يسمى الجسم المركزي Le centrosome، مكون من مريكيزين 2Centrioles، يشكل كل واحد منهما نجمة قطبية Aster، يتكون بينهما المغزل اللالوني أثناء الانقسام الخلوي.

• خلال الطور النهائي، يتم انفصال الخلويتين البنتين، بواسطة حلقة قلوصية تظهر على مستوى استواء الخلية، تنقبض فتفصل الخلية إلى جزأين متساويين، وتسمى هذه الظاهرة بالاختناق الاستوائي L'étranglement équatorial.

### ③ مفهوم الدورة الخلوية. أنظر الوثيقة 6.

The diagram illustrates the cell cycle. It shows a large circle divided into six sectors labeled clockwise from top-left:  $G_1$ ,  $S$ ,  $G_2$ ,  $M$ ,  $A$ , and  $T$ . The  $G_1$  sector contains a nucleus with chromatin. The  $S$  sector shows DNA replication. The  $G_2$  sector contains a larger nucleus. The  $M$  sector shows the cell dividing. The  $A$  sector shows the daughter cells. The  $T$  sector shows the final stage of division.

**الوثيقة 6: مفهوم الدورة الخلوية.**

يبين الرسم التخطيطي أمامك، مظاهر الصبغيات خلال دورة خلوية.

ماذا تستخلص من تحليل هذه المعطيات؟

$= G_1$	مرحلة النمو الأولى
$= S$	مرحلة التركيب
$= G_2$	مرحلة النمو الثانية
$= P$	المرحلة التمهيدية
$= M$	المرحلة الاستوائية
$= A$	المرحلة الانفصالية
$= T$	المرحلة النهائية

★ يكون كل انقسام غير مباشر مسبوقاً بمرحلة سكون، تتميز بالتطورات التالية:

- ✓ في الفترة  $G_1$ : يكون خيط الصبغين دقيقاً وطويلاً.
- ✓ في الفترة  $S$ : يخضع الصبغين لعملية التضاعف.
- ✓ في  $G_2$ : الصبغين مضاعف. كل خيط يعتبر نسخة لقرينه المرتبط به على مستوى الجزيء المركزي.

★ بعد مرحلة السكون تدخل الخلية في الانقسام غير المباشر، والذي يتميز بالتطورات التالية:

- ✓ في المرحلة التمهيدية (P): يتولّب الصبغين لتظهر الصبغيات.
- ✓ في المرحلة الاستوائية (M): تظهر الصبغيات أقصى تولّب.
- ✓ في المرحلة الانفصالية (A): تتفصل صبغيات كل صبغي لتعطي صبغين متماثلين.
- ✓ في المرحلة النهائية (T): يزال تولّب الصبغيات وتعود من جديد إلى حالة الصبغين لندخل في مرحلة السكون.

يمثل مجموع مرحلة الانقسام غير المباشر، ومرحلة السكون التي تسبقها، دورة خلوية. والتي تؤدي إلى ظهور خلويتين بنتين جديدين . تأخذ كل خلية نفس الصبغيات أي نفس الخبر الوراثي كأختها، وهذا ما يفسر التشابه بين الخلويتين البنتين من جهة وبين الخلويتين البنتين والخلية الأم من جهة أخرى.

ادن تنتقل الأذيرة الوراثية من جيل إلى آخر دون تغيير، فنتكلم عن النقل المطابق للخبر الوراثي.

## III – الطبيعة الكيميائية للمادة الوراثية.

### ① الكشف عن الطبيعة الكيميائية للمادة الوراثية.

#### أ – تجربة Griffith (1928)

#### الوثيقة 7: تجربة Griffith

في سنة 1928 قام العالم الإنجليزي Frederick Griffith بلاحظة المكورات الثانوية الرئوية Les pneumocoques، وهي بكتيريا تسبب التهاب الرئة، وتوجد على شكلين مختلفين:

- ✓ شكل يحتوي على محفظة (علبية) ويكون لمات ملساء، نرمز لها بالحرف S (Smooth). يميز هذا الشكل بكونه حاد (ممرض).
- ✓ شكل بدون محفظة ويكون لمات حرشة (خشنة)، نرمز لها بالحرف R (rough). وهذا الشكل غير حاد.

## الوثيقة 7: تجربة Griffith

في محاولة منه لتحويل البكتيريا S إلى بكتيريا R غير معدية، قام هذا العالم بالتجارب الملخصة على الجدول التالي:

التجربة	ظروف التجربة	النتائج	تحليل دم الفأر
①	حقن مكورات S حية	موت الفأر	حيّة S
②	حقن مكورات R حية	يبقى الفأر حيّا	غياب المكورات الرئوية
③	حقن مكورات S ميّة (فقدت المحفظة)	يبقى الفأر حيّا	غياب المكورات الرئوية
④	حقن مكورات S ميّة + مكورات R حية	موت الفأر	حيّة S

ماذا تستنتج من خلال تحليل نتائج أبحاث Griffith ؟

### ب - تحليل واستنتاج:

#### ★ التحليل:

- عند حقن فأر سليم بالمكورات الرئوية S حية، يلاحظ موت هذا الفأر. هي إذن بكتيريات حادة.
- عند حقن فأر آخر سليم بالمكورات R حية، يلاحظ بقاء هذا الفأر حيّا. هي إذن بكتيريات غير حادة.
- بعد تدمير المكورات S وحقنها لفأر سليم، يلاحظ بقاء هذا الفأر حيّا. إذن، فالمكورات S الميّة فقدت قدرتها المرضية، بفعل فقدانها للمحفظة.
- عند حقن فأر سليم بالمكورات S الميّة (غير المرضية)، والمكورات R، يلاحظ موت هذا الفأر. كما أن تحليل عينة من دم هذا الفأر الميت، كشف عن تواجد مكورات S حية.

#### ★ استنتاج:

نستنتج أن العامل المسؤول عن موت الفأر، هو تواجد المحفظة، حيث أن المكورات R التي لا تتوفر على المحفظة لا تؤثر على الفأر.

نستنتج من التجربة الأخيرة لـ Griffith أن المكورات S الحية التي تم الكشف عنها في دم الفأر الميت، لا يمكن أن تنتج إلا عن تحول المكورات R الحية إلى S حية، ولتفسير هذا التحول افترض Avery أن S الميّة، حولت R الحية، إلى S حية، وذلك عن طريق مادة نقلتها إليها، سماها Griffith : العلة المحولة Principe transformant .

### ج - التحقق من فرضية Griffith:

a - تجربة Avery ومساعدوه: أنظر الوثيقة 8.

## الوثيقة 8: أبحاث McCarthy , MacLeod , Avery

لمعرفة العلة المحولة، أي تحديد العامل المسؤول عن تحول البكتيريا R غير الممرضة، إلى بكتيريا S ممرضة، قام هؤلاء الباحثون بإضافة أنزيمات خاصة لتفكيك بعض المكونات الكيميائية للبكتيريا، فكانت النتائج كالتالي:

- بكتيريا R حية + بكتيريا S ميتة + أنزيم محل للبروتينات = تحول البكتيريا R إلى بكتيريا S حية.
- بكتيريا R حية + بكتيريا S ميتة + أنزيم محل للدهون = تحول البكتيريا R إلى بكتيريا S حية.
- بكتيريا R حية + بكتيريا S ميتة + أنزيم محل L ARN = تحول البكتيريا R إلى بكتيريا S حية.
- بكتيريا R حية + بكتيريا S ميتة + أنزيم محل L ADN = عدم تحول البكتيريا R إلى بكتيريا S حية.
- حقن ADN بكتيريا S لبكتيريا R حية ثم حقن هذه الأخيرة للفأر = موت الفأر وبين تحليل دمه وجود بكتيريا S حية.

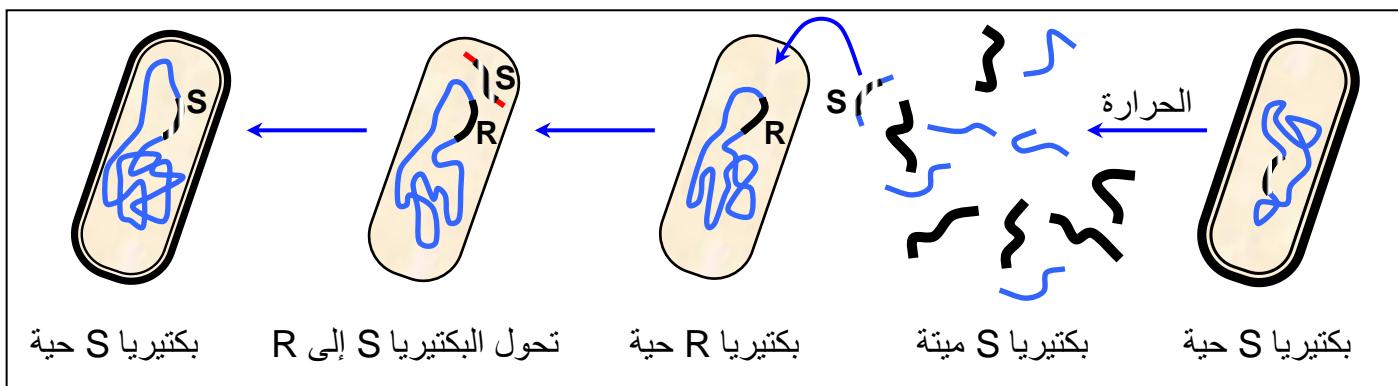
ماذا تستنتج من خلال تحليل نتائج تجربة Avery ومساعدوه؟

### b - تحليل واستنتاج:

- نلاحظ أن العلة المحولة لا تتأثر بالأنزيمات المُحللة للبروتينات، والمُحللة للدهون، والمُحللة L ARN.
- نلاحظ أن التحول البكتيري لا يحدث عند استعمال أنزيمات محل L ADN، (الحمض النووي الريبيوزي ناقص الأكسجين Acide désoxyribonucléique). كما أن حقن ADN البكتيريا S، لبكتيريا R، يحول هذه الأخيرة إلى بكتيريا S حية.

نستنتج من هذه المعطيات أن العنصر المسؤول عن تحويل البكتيريا R الحية إلى بكتيريا S حية، هو ADN، وبالتالي فالعلة المحولة هي جزيئة ADN.

### c - تفسير آلية التحول البكتيري: أنظر الرسم أسفله.



بعد موت المكورات S الحادة يتجزأ ADN إلى أجزاء صغيرة، فيدمج جزء من ADN المكورات S الميتة في المكورات R الحية، التي تصبح لها القدرة على تركيب المحفظة المسئولة عن المرض، وبالتالي تصبح مكورات S حية. يعني هذا نقل صفة وراثية جديدة من S إلى R.

### d - دورة حياة العائشة Bactériophage: أنظر الوثيقة 9

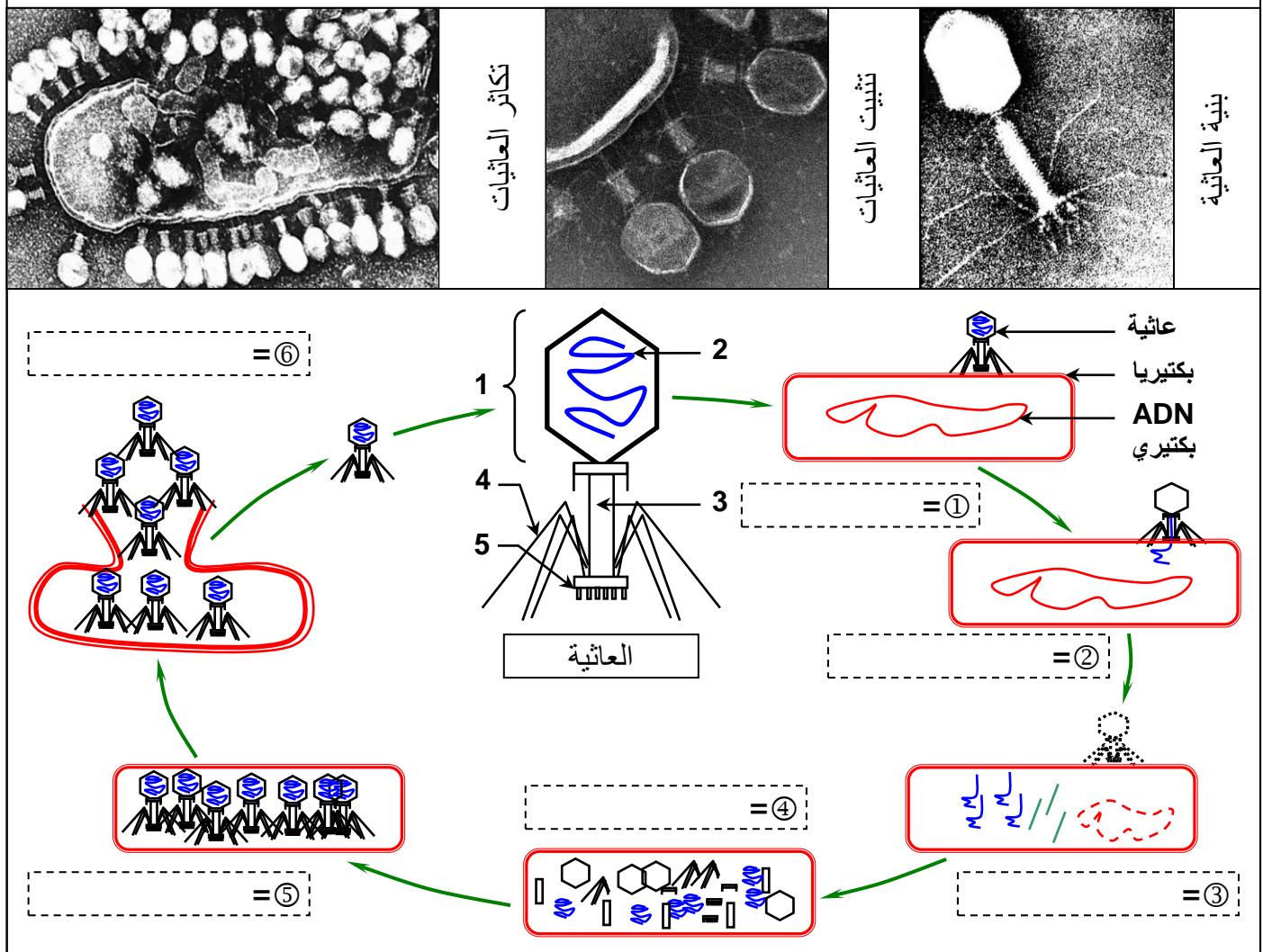
#### الوثيقة 9: آلية تكاثر العائشات.

بعد تجارب Avery ومساعديه، واقتراهم لطبيعة العلة المحولة، تمكّن العالمين Alfred Hershey وMartha Chase (1952)، من تأكيد الطبيعة الكيميائية للخبر الوراثي.

لقد اعتمد هذان العالمان في تجاربهم على تكاثر العائشات Bactériophage، التي تعتبر نوع من أنواع الفيروسات، التي تتکاثر على حساب البكتيريات، ويتم ذلك على مراحل (أنظر الصور الإلكترونغرافية والرسم التخطيطي أسفله).

تعتبر الفيروسات نظاما حيا، لها شكل هندسي مكون من بروتينات يتوسطها حمض نووي ADN وأحيانا ARN. في حالة الزكام والسيだ. ليس لها استقلاب خاص بها بل تتكاثر على حساب خلايا أخرى.

اعتمادا على معطيات هذه الوثائق ماذا يمكنك استخلاصه من تفسير آلية تكاثر العائشات؟



★ تتكون العاثية من رأس (1) يحتوي على جزيئه الـ ADN (2)، وتحيط بها طبقة بروتينية تسمى العمد (3). تحتوي العاثية كذلك على خبيطات (4) ومسطح به أشواك (5) يُسهل عملية ثبيتها على البكتيريات.

★ تتكاثر العاثية على حساب البكتيريا، ويتم ذلك على مراحل هي:

- ① ثبيت العاثية على البكتيريا.
- ② تسرب جزيئة ADN العاثية إلى سيتوبلازم البكتيريا.
- ③ تضاعف ADN العاثية وتلاشي ADN البكتيريا.
- ④ تركيب مكونات العاثية داخل البكتيريا.
- ⑤ تجميع مكونات العاثية وتركيب عاثيات جديدة.
- ⑥ انفجار البكتيريا وتحرير عاثيات جدد مشابهة للعاثية الأصلية.

★ يتبيّن من دورة حياة العاثية أن هذه الأخيرة تحقن فقط خبرها الوراثي، المتمثل في جزيئه ADN، ليتم تركيب عاثيات جديدة مشابهة للعاثية الأصلية. وبذلك يتّأكد أن ADN يمثل الخبر الوراثي.

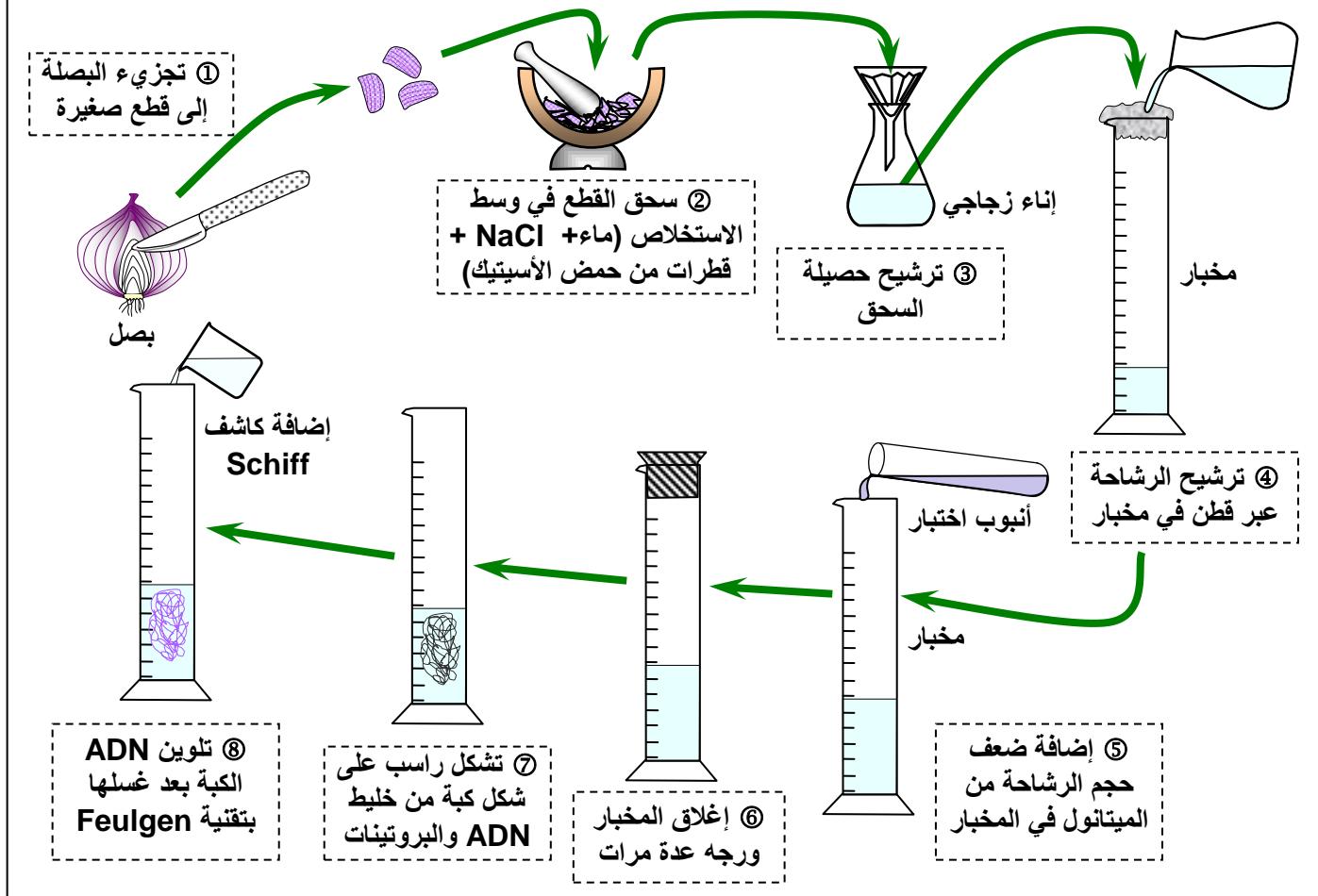
#### هـ - خلاصة:

انطلاقاً من تجربتي Avery وGriffith ومُساعديه، إضافةً إلى تجربتي العالمين Hershey وChase، يمكن استخلاص أن المادة الوراثية الحاملة لخبر الوراثي هي عبارة عن جزيئه ADN، تتموضع في النواة وتنتقل عبر الصبغيات خلال الانقسام الخلوي.

## ② استخلاص مادة ADN من الخلايا والكشف عنها. انظر الوثيقة 10

### الوثيقة 10: استخلاص مادة ADN من الخلايا والكشف عنها.

للكشف عن مادة ADN تستعمل طريقة Feulgen، إذ تعتمد هذه التقنية على استعمال كاشف Schiff وهو مادة عديمة اللون تتلون بالأحمر عند اتصالها بـ ADN. تبرز الرسوم أسفله مراحل تجربة استخلاص جزيئة ADN من خلايا بصلة البصل. إذا علمت أن الصبغين يتلون بالأحمر بواسطة كاشف Schiff، ماذا تستخلص من نتائج تجربة استخلاص ADN حول العلاقة بين الصبغين وـ ADN المستخلص.



تبرز نتائج تقنية Feulgen أن جزيئة ADN مكون أساسى للصبغيات، وهي بذلك الحاملة للخبر الوراثي.

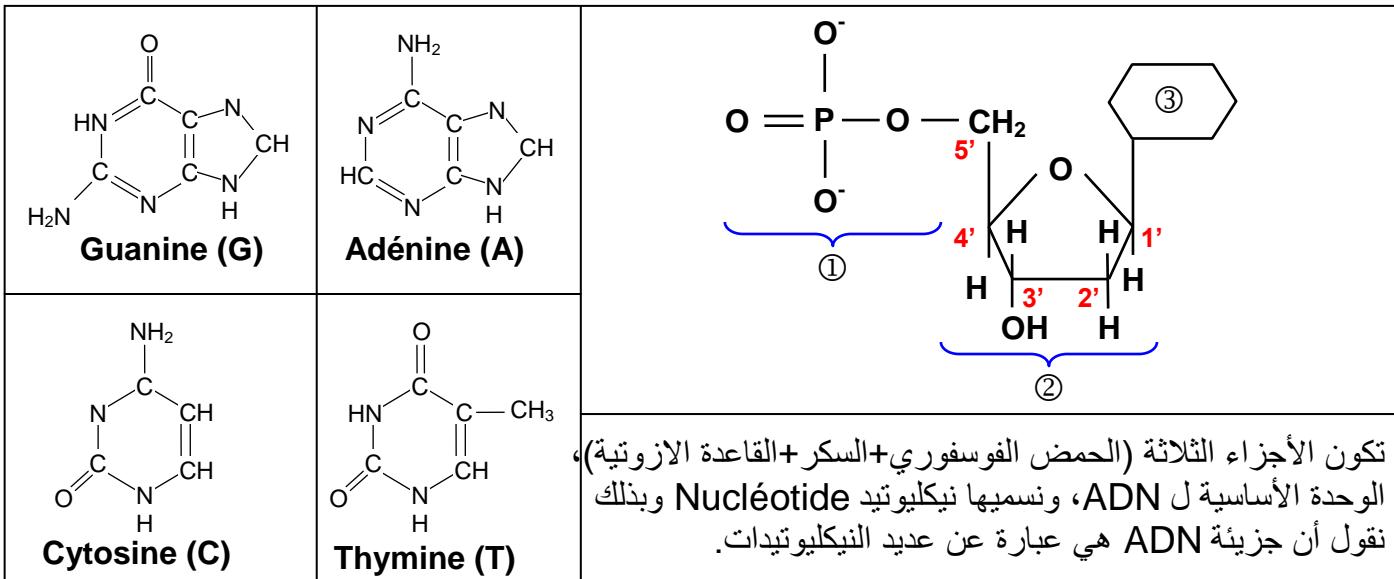
**ملحوظة:** بينت دراسات أخرى وجود جزيئة ADN على مستوى الميتوكندرى والبلاستيدية الخضراء، لكنها تحكم فقط في بعض خصائص هذه العضيات.

## IV - التركيب الكيميائي لجزيئة ADN وبنيتها. ① المكونات الكيميائية لجزيئة ADN. انظر الوثيقة 11

### الوثيقة 11: التركيب الكيميائي لجزيئة ADN.

اعتماداً على الحلمة الأنزيمية، أمكن عزل مختلف مكونات جزيئة ADN، إذ تعتبر جزيئة ADN جزيئه كبيرة تتكون من ثلاثة عناصر هي:

- ١ حمض فسفوري Acide phosphorique.
- ٢ سكر الريبيوز ناقص الأكسجين Désoxyribose.
- ٣ قاعدة ازوتية Base azotée وهي إما:
  - \* الأدنين Adénine (A)
  - \* الغوانين Guanine (G)
  - \* التيمين Thymine (T)
  - \* السيتوزين Cytosine (C)



بيت حلماء جزيئات ADN، ذات مصادر مختلفة أنها تتكون من ثلاثة عناصر هي:

- حمض فوسفوري  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .
- سكر خماسي هو الريبيوز ناقص أوكسجين  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_4$ .
- قواعد ازوتية G, T, C, A.

و يمثل النيكليلوتيد الوحدة الأساسية ل ADN.

## ② بنية جزيئة ADN.

أ - نتائج أبحاث Chargaff: انظر الوثيقة 12

### الوثيقة 12: بنية جزيئة ADN

ساهمت أبحاث العالم Erwin Chargaff سنة 1950 في فتح الباب أمام تحديد بنية جزيئة ADN. فلقد قام هذا الباحث بتحديد نسب القواعد الأزوتية الأربع، A, T, C, G، في جزيئات ADN ذات مصادر مختلفة، فحصل على النتائج الممثلة في الجدول أسفله.

A+G/C+T	G / C	A / T	التركيب من القواعد الأزوتية ب %				الأجسام
			T	C	G	A	
1.03	1.01	1.05	29.4	19.8	19.9	30.9	الإنسان
1.03	1.02	1.04	28.3	21.0	21.4	29.3	الخروف
0.97	0.95	0.98	29.3	21.5	20.5	28.8	الدجاج

ما المعلومات الممكن استخلاصها من أبحاث Chargaff بخصوص بنية ADN؟

## ب - تحليل واستنتاج.

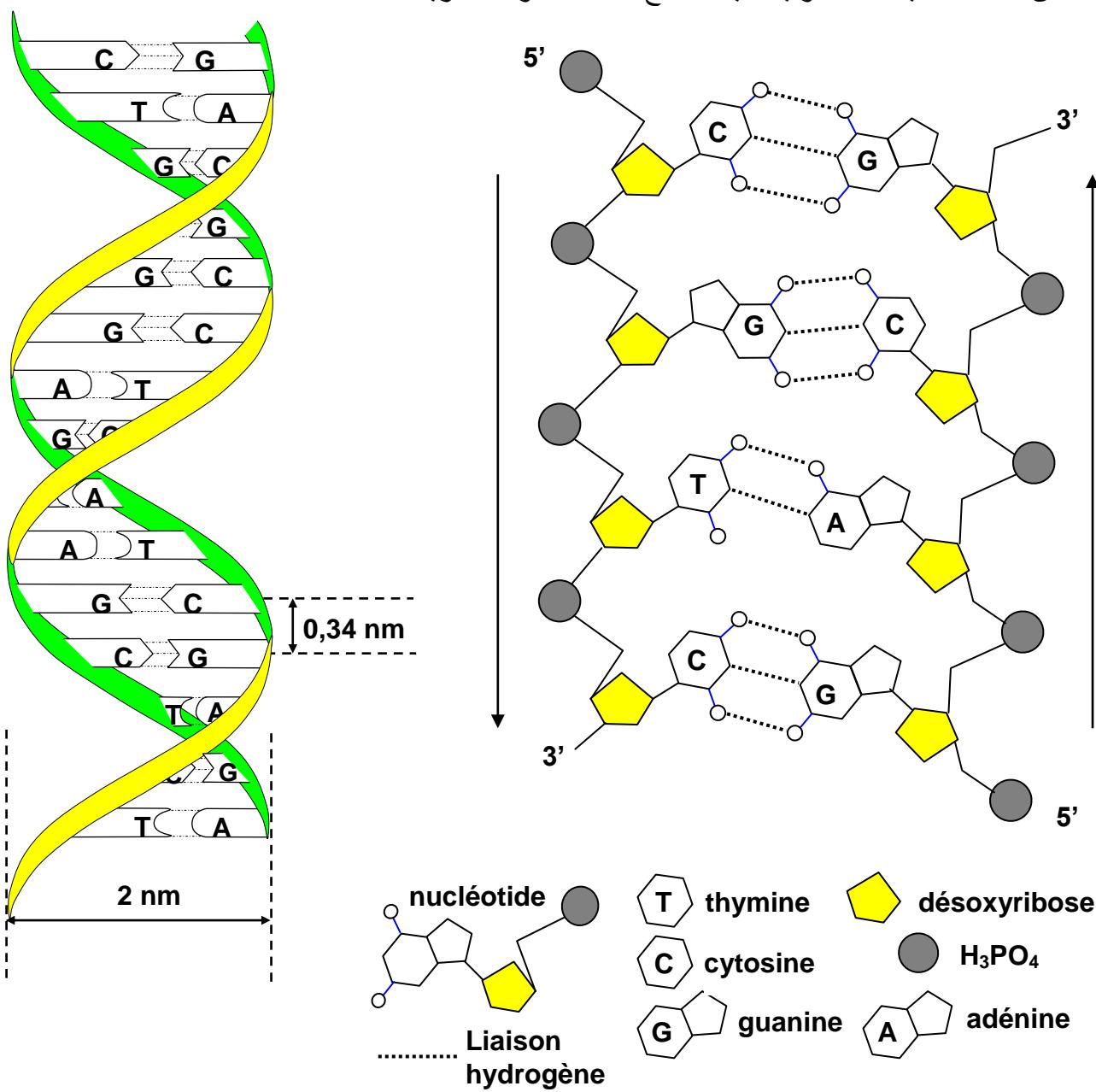
نلاحظ بالنسبة لجميع المتغيريات أن العلاقة  $A/T = G/C = 1$ ، كما أن  $(A + G) / (T + C) = 1$ ، وذلك لأن مقدار G يساوي مقدار T، ومقدار C يساوي مقدار G. هذه المعطيات تدعوا لافتراض أن هناك تكامل بين A و T من جهة وبين C و G من جهة أخرى. كما يمكن الإفتراض أن هذه القواعد الأزوتية مرتبطة فيما بينها (A مع T و C مع G).

## ج - أنموذج CRICK و WATSON

انظر الوثيقة 13.

## الوثيقة 13: نموذج Crick و Watson لتفسير بنية جزيء ADN.

تعتبر أبحاث العالمين Crick و Watson سنة 1953، من أهم محطات تحديد بنية جزيء الـ ADN بشكل دقيق، حيث اقتربا نموذج اللولب المضاعف الممثل في الوثيقة أسفله. صفت من خلال معطيات هذه الوثيقة كيف تندمج مختلف مكونات جزيء الـ ADN.



انطلاقاً من نموذج Crick و Watson، يتبيّن أن جزيء ADN، هي عبارة عن لولب مضاعف Double hélice، حيث يتكون كل لولب من متالية من النيكليلوتيدات، والتي ترتبط فيما بينها عن طريق الحمض الفسفوري بواسطة الكربون'5 لسكر الريبيوز ناقص أكسجين للنيكليلوتيد الأول والكربون'3 لسكر الريبيوز ناقص أكسجين للنيكليلوتيد المولالي، وهكذا إلى نهاية اللولب، وبالتالي تكون هناك نهايتي حرتين: 3' و 5'، ومن تم نصطلح على التوجيه 5' ← 3'. وبما أن جزيء ADN مضاعف، فلكي يكتمل اللولبين يجب أن يكونا متضاداًقطبيّة. نقول إن لولبي ADN مضاداً التوازي. يرتبط اللولبان بعضهما ببعض، بروابط هيدروجينية على مستوى القواعد الازوتية.

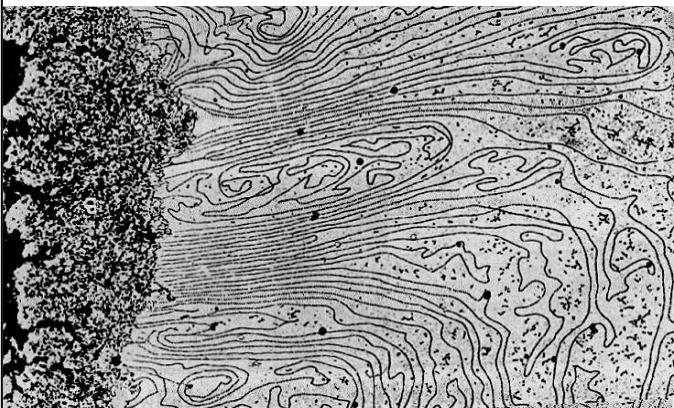
## V – العلاقة بين الصبغين، الصبغيات، و ADN.

① **بنية الصبغين.** انظر الشكل أ من الوثيقة 14.

يعطي الشكل أ من الوثيقة 14، ملاحظة بالمجهر الإلكتروني لصبغي استوائي، تمت معالجته بواسطة أنزيمات نوعية تحل البروتينات. انطلاقاً من هذه الملاحظة استخرج بنية الصبغين.

## الوثيقة 14: العلاقة بين الصبغين الصبغيات و ADN.

الشكل أ: ملاحظة الكترونغرافية لصبغي استوائي معالج بواسطة أنزيمات نوعية تحل البروتينات.



انطلاقاً من تحليل معطيات هذه الوثيقة، استخرج بنية الصبغين والصبغيات وحدد العلاقة البنوية بين الصبغين الصبغيات و ADN.

تبين الملاحظة المجهرية لصبغين خلية أنه يتكون من خيوط متشابكة، يبلغ قطر الواحد منها 30nm، وتسمى هذه الخيوط خيوط نوية Les nucléofilaments. بينت الدراسات أن الخيط النووي يتكون من جزيئة ADN ملولبة حول حبات من البروتينات، مكونة نكليوزومات Les histones، كما نسمى هذه البروتينات Nucléosomes.

### ② بنية الصبغيات.

أنظر الشكل ب من الوثيقة 14.

إن للصبغين والصبغيات نفس التركيب الكيميائي، إذ يعتبر ADN مكون مشترك بين الصبغين والصبغيات:

- يلتف كل خيط ADN حول هيستونات، فيشكل خيط نوي.
- تتلوّب الخيوط النووية تلوّباً طفيفاً، فتشكل الصبغين.
- عند دخول الخلية في انقسام غير مباشر، يزداد تلوّب الخيط النووي حول نفسه، فتظهر الصبغيات. ويصبح هذا التلوّب شديداً وقصرياً، في المرحلة الاستوائية، مما يجعل الصبغيات جد واضحة.
- في نهاية الانقسام تتم إزالة تلوّب الخيوط النووية للصبغيات، لتعود إلى حالة الصبغين.

### ③ العلاقة بين الصبغين، الصبغيات، و ADN.

يلاحظ خلال الانقسام الخلوي، أنه عندما تظهر الصبغيات، يختفي الصبغين، والعكس صحيح. كما أن للصبغين والصبغيات نفس التركيب الكيميائي (ADN + هيستونات)، فهما إذ يمثلان عنصراً واحداً، يتغير شكله حسب درجة تلوّب الخيط النووي، وذلك حسب مراحل الدورة الخلوية.

## VI - آلية مضاعفة جزيئه ADN.

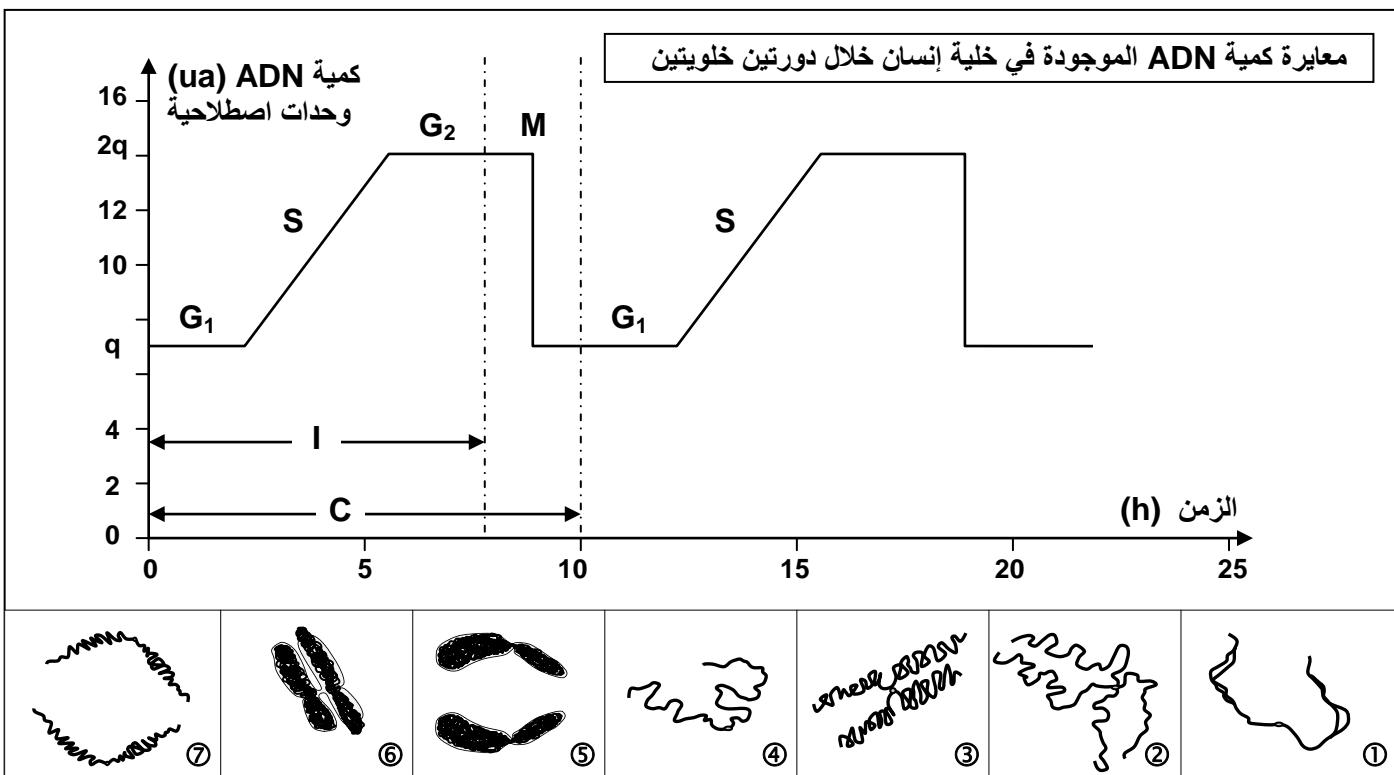
### ① الكشف عن مضاعفة جزيئه ADN.

أنظر الوثيقة 15.

## الوثيقة 15: آلية مضاعفة ADN وعلاقتها بالحفظ على الخبر الوراثي.

يعتبر الـ ADN المكون الأساسي للصبغيات والحامل الكيميائي للخبر الوراثي، وينتقل من جيل لآخر بواسطة الانقسام الخلوي غير المباشر. قصد فهم الآليات التي تضمن الحفاظ على الخبر الوراثي من دورة خلوية لأخرى، نقترح دراسة تطور كمية الـ ADN خلال دورة خلوية (أنظر الصفحة الموقلة).

- (1) سُمِّيَ المراحل المشار إليها بحروف على الوثيقة. ثم حدد المدة الزمنية التقريبية للمراحل: A، C، G<sub>1</sub>، M.
- (2) كيف تتطور كمية ADN في الخلية خلال الدورة الخلوية؟
- (3) أنسِب كل من أشكال الوثيقة (①، ②، ③، ...، ⑦)، لمراحل الدورة الخلوية المطابقة لها (M, G<sub>2</sub>, S, G<sub>1</sub>).  
• بين العلاقة بين كمية ADN في الخلية وشكل الصبغي في مختلف مراحل الدورة الخلوية.



(1) تسمية المراحل:

$I$  = مرحلة السكون، تدوم 8 ساعات، وتتكون من ثلاثة فترات هي:  
 $G_1$  = فترة النمو الأولى،  $S$  = فترة التركيب / التضاعف.  
 $G_2$  = فترة النمو الثانية.

$M$  = الانقسام غير المباشر، ويدوم ساعتين.  
 $C = M + I = 10$  ساعات.

(2) تغير كمية ADN في نواة الخلية خلال الدورة الخلوية على النحو التالي:

★ خلال الفترة  $G_1$  من مرحلة السكون تبقى كمية ADN مستقرة في القيمة  $q$ ، لتتضاعف خلال الفترة  $S$  وتتراءى إلى القيمة  $2q$ . فتبقى مستقرة في القيمة  $2q$  خلال الفترة  $G_2$ .

★ خلال الانقسام غير المباشر، تختفي كمية ADN، لتتراءى إلى القيمة  $2q$ ، بحيث أنه خلال المرحلة التمهيدية والاستوائية، كمية ADN مستقرة في القيمة  $2q$ ، وفي المرحلة الانفصالية والنهائية، تصبح كمية ADN مستقرة في القيمة  $q$ .

(3) نسب للمرحلة  $G_1$ ، الشكل 4. وللمرحلة  $S$ ، الشكل 1. وللمرحلة  $G_2$ ، الشكل 2. أما الأشكال 3، 5، 6، 7، فتنتمي المرحلة  $M$ ، أي الانقسام غير المباشر، (3) للمرحلة التمهيدية، 5 للمرحلة الانفصالية، 6 للمرحلة الاستوائية، 7 للمرحلة النهائية).

(4) تتكون الدورة الخلوية من مراحلتين:

★ مرحلة السكون، خلالها تتضاعف كمية ADN في نواة الخلية، ومع تضاعف الصبغيات حيث يصبح كل صبغي مكوناً من صبغتين.

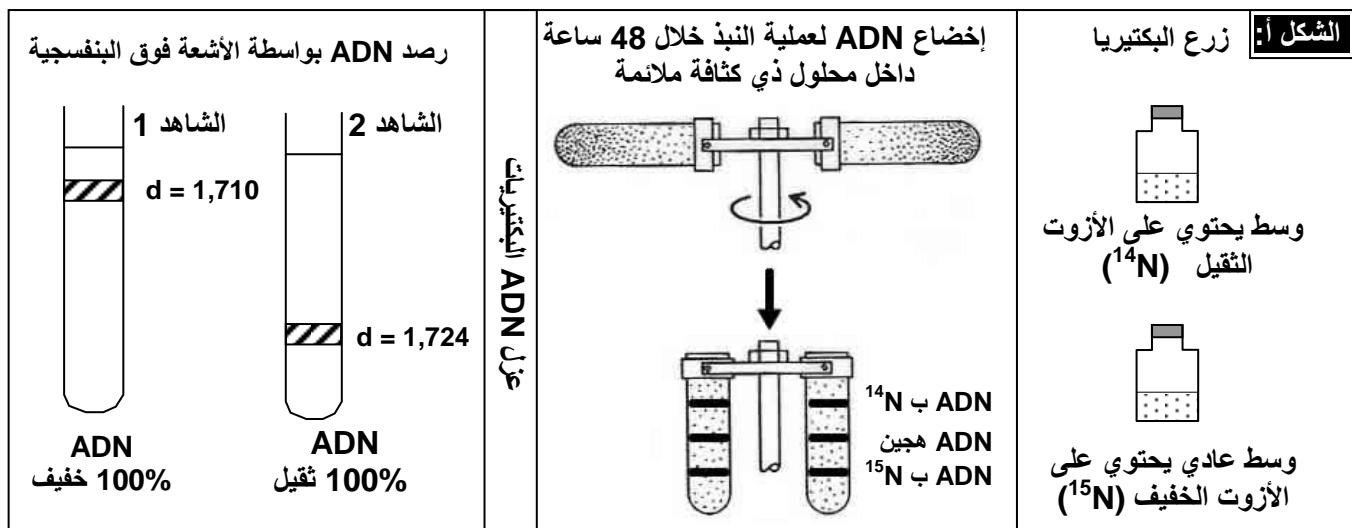
★ مرحلة الانقسام غير المباشر، خلالها تنشر الصبغيات على مستوى الجزيء المركزي، فتشكل مجموعتان متماثلتان من الصبغيات، تحتوي كل واحدة على الكمية  $q$  من ADN.

يتبيّن من هذا أن الخلية تضاعف كمية ADN التي تتوفّر عليها، لترتفع إلى القيمة  $2q$ ، أثناء فترة السكون، ثم تعود بعد ذلك إلى القيمة الأصلية  $q$  أثناء المرحلة الانفصالية للانقسام غير المباشر.

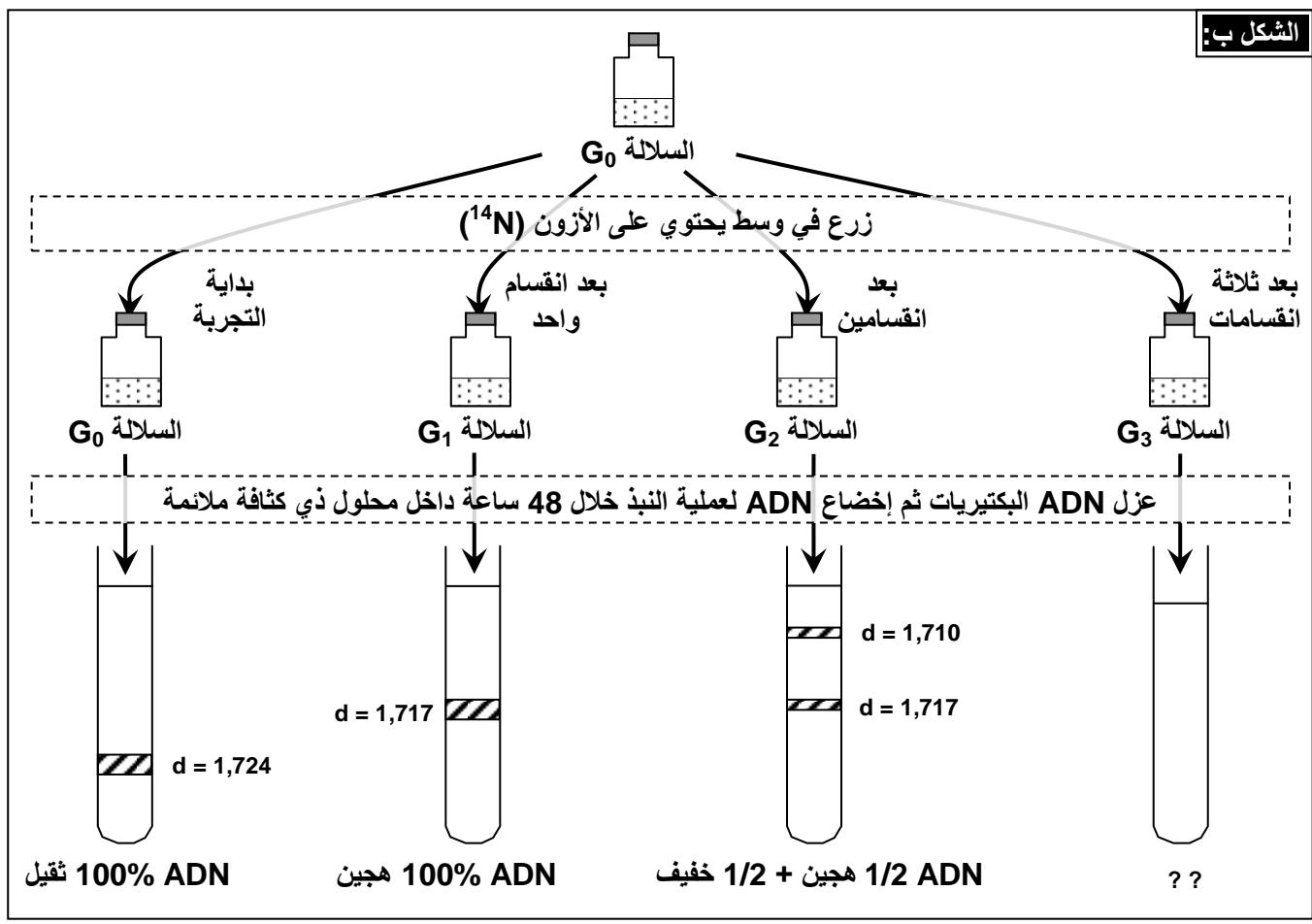
## الوثيقة 16: تجربة 1957 Stahl و Meselson.

بهدف تحديد الكيفية التي تتم بها مضاعفة ADN، قام العالمان Stahl و Meselson بإجراء التجارب التالية:

- ★ قام العالمان بتحضير بكتيريات عاديه، ذات ADN خفيف بوضعيتها في وسط اقتياطي يدخل في تركيبه الأزوت الخفيف  $N^{14}$ ، فحصلوا على بكتيريات كلها ذات ADN خفيف (الشاهد 1).
- ★ بعد ذلك، زرعوا هذه البكتيريات في وسط مغذي، حيث المصدر الوحيد للأزوت هو الأزوت الثقيل  $N^{15}$ . بعد عدة أجيال، حصل العالمان على بكتيريات ذات ADN ثقيل (الشاهد 2) : الجيل  $G_0$ .



- ★ وضع العالمان عينة من بكتيريات الجيل  $G_0$  في وسط اقتياطي به آزوت خفيف  $N^{14}$ ، و قاما بقياس كثافة هذه البكتيريات بواسطة تقنية النبذ Centrifugation، بعد انقسام واحد  $G_1$ ، ثم بعد انقسام ثان  $G_2$ ، ثم بعد انقسام ثالث  $G_3$ . يمثل الشكل ب من الوثيقة النتائج التجريبية المحصل عليها.



- 1) ماذا تستنتج من خلال تحليل نتائج تجربة Meselson وStahl؟  
 2) بالاعتماد على معطيات الوثيقة 17 ، ترجم الاستنتاجات السابقة على شكل رسوم تخطيطية محترما الطبيعة الفيزيائية لجزئية ADN، قصد تفسير نتائج تجربة Meselson وStahl.

### الوثيقة 17: النماذج المقترحة لتفسير آلية مضاعفة ADN.

لتحديد الكيفية التي تتم بها مضاعفة ADN تم اقتراح ثلاثة نماذج يمكن أن تتم بها هذه المضاعفة. تمثل الوثيقة أسفله رسوما تخطيطية للنماذج الثلاثة المقترحة:

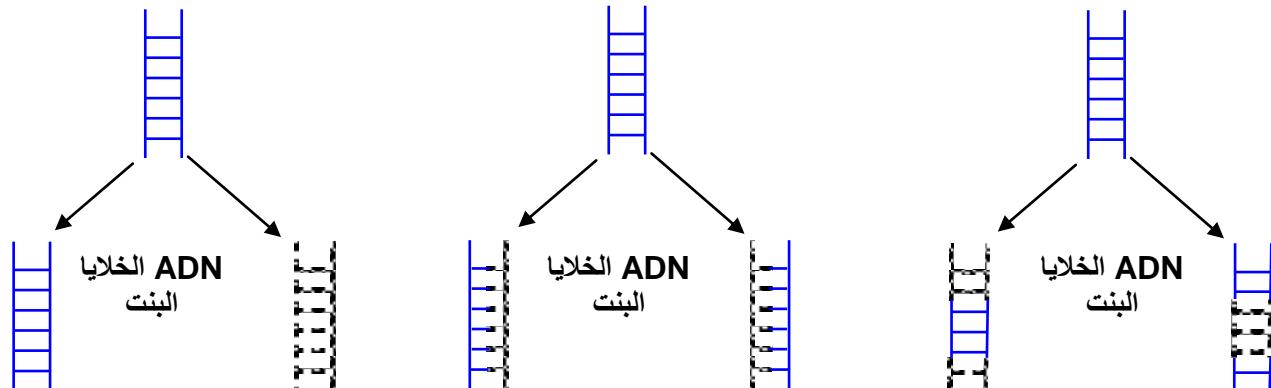
الخلية الأم ADN

الخلية الأم ADN

الخلية الأم ADN

الشريط القديم

الشريط الجديد



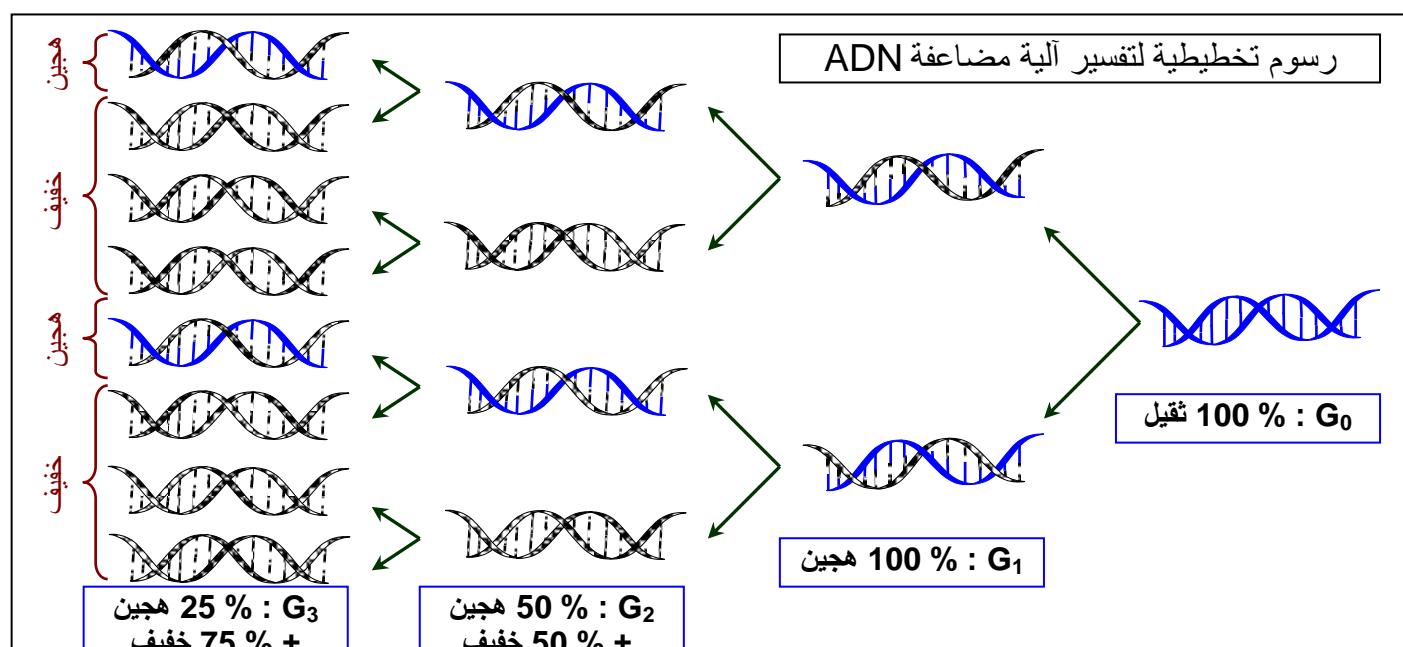
(1) يتبع من المعطيات التجريبية أن :

- ✓ الجيل G1: كل الخلايا لها  $d(\text{ADN}) = 1.717$  كثافة وسيطة بين ADN الثقيل (1.724) و ADN الخفيف (1.710) واعتبر هذا  $\text{ADN}$  هجين.
- ✓ الجيل G2: 50% من الخلايا لها ADN هجين و 50% لها ADN خفيف.
- ✓ الجيل G3: 25% من الخلايا لها ADN هجين و 75% لها ADN خفيف.

بناءاً على هذه النتائج، فان بنية وكثافة ADN الجيل الأول  $G_1$  لا يمكن تفسيرها إلا باعتبار كون نصف جزئية ADN الجيل الأول متوفراً على  $N^{14}$  والنصف الآخر على  $N^{15}$ .

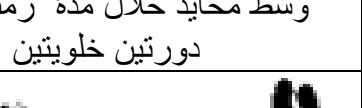
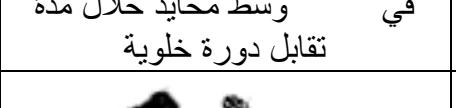
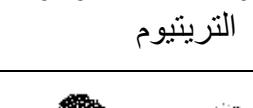
وبنية وكثافة ADN الجيل الثاني  $G_2$  لا يمكن تفسيرها إلا باعتبار كون نصف الجزيئات يتطابق مع ADN الجيل الأول، والنصف الآخر من الجزيئات لا يتوفّر إلا على  $N^{14}$  فقط.

- (2) من خلال ملاحظة النتائج المحصل عليها في تجربة Meselson وStahl، يتبع أن النموذج نصف المحافظ هو الملائم لتفسير آلية مضاعفة ADN. انظر الرسم أسفله:



## الوثيقة 18: تجربة Taylor.

وضع Taylor جذور نبات *Bellevalia* في وسط يحتوي على التيمدين معلم بالتربيتوم  $H^3$  ، وهو نظير إشعاعي النشاط للهdroجين. وبعد مرور 8 ساعات (مدة طور السكون)، أخرج Taylor هذه الجذور ثم غسلها ووضعها في وسط اقتياتي محاید (غير مشع)، وتتبع اندماج التيمدين بالتصویر الإشعاعي الذاتي وذلك أثناء الانقسامات الخلوية، ومن أجل تسهيل ملاحظة الصبغيات، أضاف Taylor للمحلول الاقتياتي مادة الكولشسين التي تمنع افتراق الصبغيات في نهاية الطور الاستوائي. فحصل على النتائج المبينة على الوثيقة التالية:

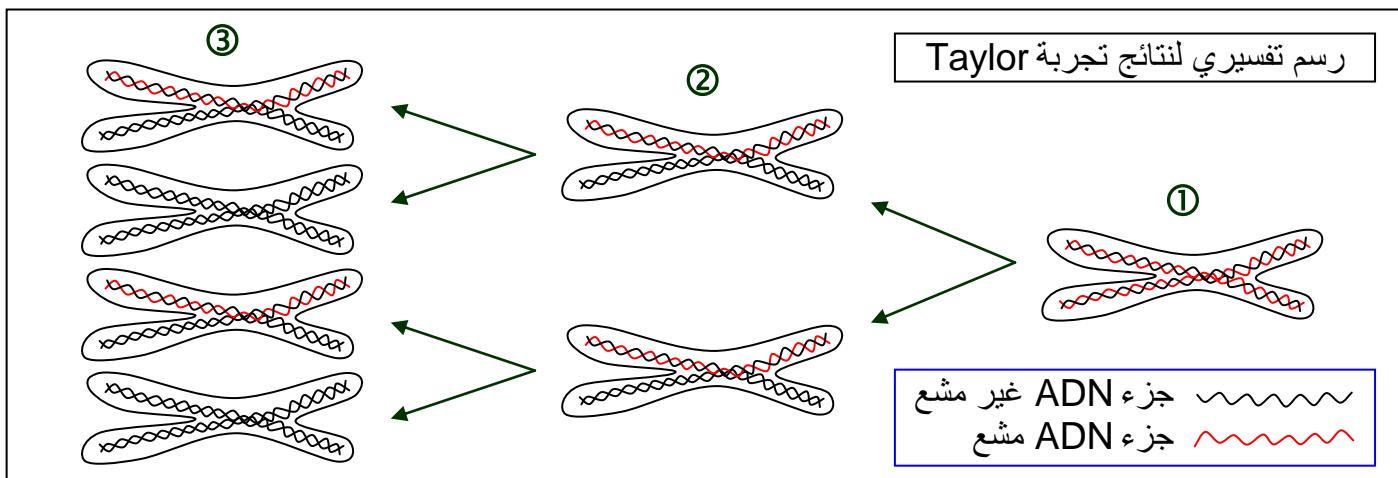
الوثيقة 3	② مظاهر الصبغيات بعد وضعها في وسط محاید خلال مدة زمنية تقابل دورة خلوية	① مظاهر الصبغيات بوجود التريتيوم
		

- 1) بين أهمية توظيف التيميدين والكولشيسين في هذه التجربة.
  - 2) صف نتائج هذه التجربة.
  - 3) فسر بواسطة رسوم نتائج هذه التجربة، مع العلم أن كل صب

1) التمييدين مكون لـ ADN، يحتوي على التيمين كقاعدة ازوتية، وتم استعماله مشاعاً لرصد إدماجه في جزيئة ADN الكولتشيسين مادة توقف الانقسام غير المباشر في المرحلة الاستوائية، حيث تكون الصبغيات جد واضحة، مما يمكن من ملاحظتها وتحديد نشاطها الإشعاعي.

2) مباشرة بعد المعالجة بالتيميدين المشع، نلاحظ أن كل الصبغى يظهر نشاطاً إشعاعياً.  
بعد مدة زمنية من المعالجة تقابل دورة خلوية، نلاحظ أن أحد صبغيات الصبغى يكون مشعاً، والأخر غير مشع.  
بعد مدة زمنية تقابل دورتين خلويتين، نلاحظ أن نصف الصبغيات يكون غير مشع، والنصف الآخر يتكون من  
صبغيات مشعة وصبغيات غير مشعة.

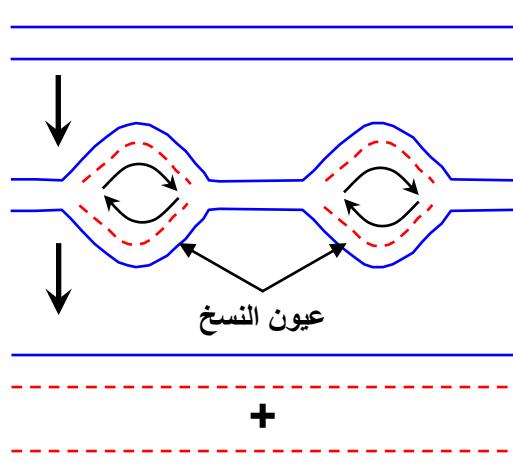
(3) تفسر نتائج هذه التجربة بكون كل لولب من لوليبي ADN، يعمل كقالب يشيد عليه لولب مكمل، مما ينتج عنه تكون جزيئتين متماثلتين لجزيئة ADN الأصل. ويلاحظ أنه أثناء المضاعفة يتم الاحتفاظ على نصف كل جزيئة أصلية، لذلك نتكلم عن التركيب النصف محافظ *Semi conservatif*. انظر الرسم أسفله.



**الوثيقة 18: آلية التضاعف نصف المحافظ لجزيئة ADN.**

يعطي الشكل أ من الوثيقة ملاحظة الكترونوجرافية لصبيغي في الفترة S من مرحلة السكون. تعطي الأشكال ب، ج، د من الوثيقة رسوما تخطيطية توضيحية لآلية المضاعفة نصف المحافظة لجزيئة ADN. من خلال معطيات هذه الوثائق، صفت كيف تم مضاعفة الـ ADN.

الشكل ج:

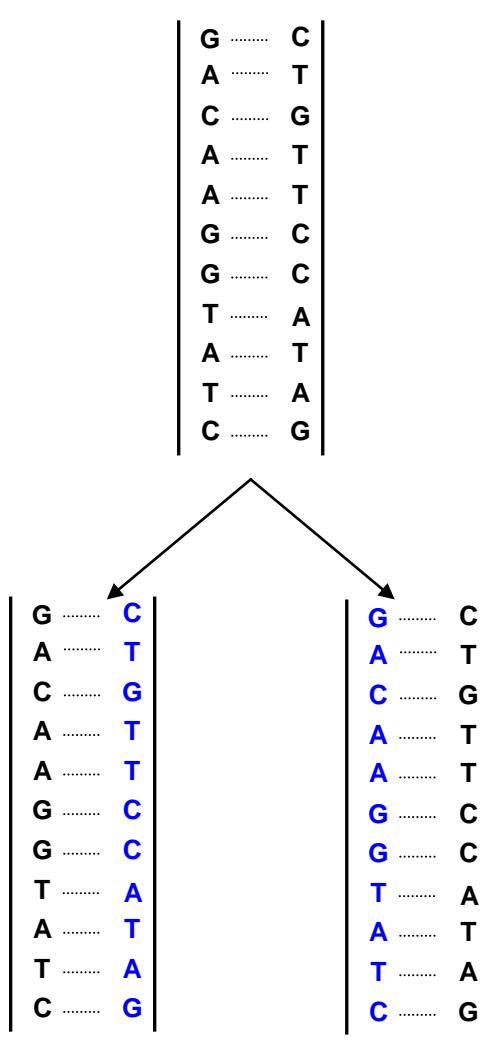


الشكل أ: ملاحظة الكترونوجرافية لصبيغي في الفترة S من مرحلة السكون



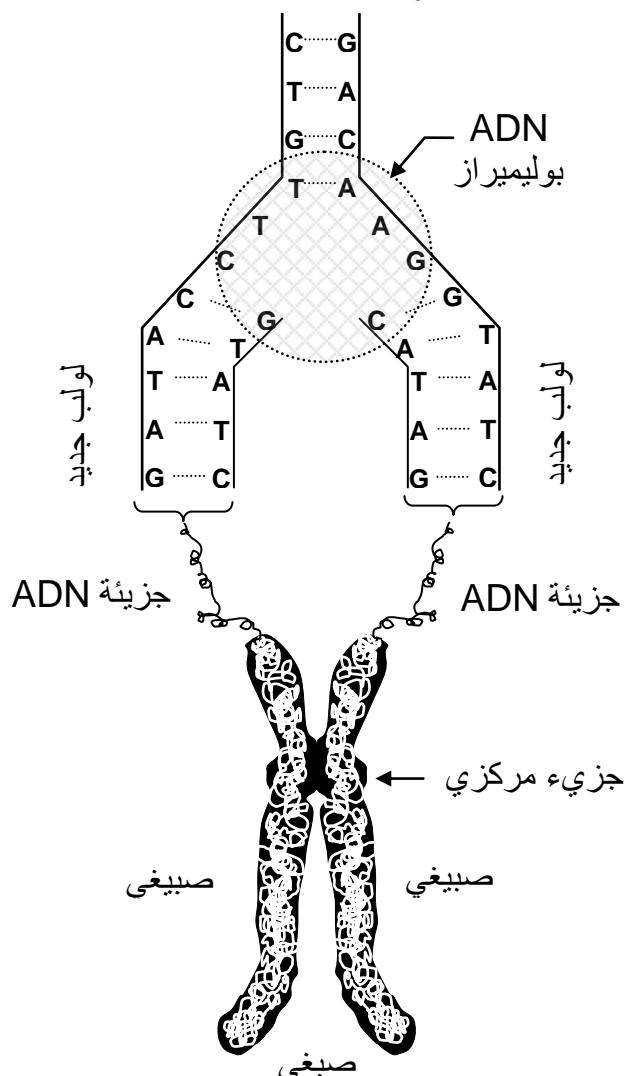
جزيئة ADN الأصلية

الشكل د:



جزيئة ADN الأصلية

الشكل ب:



يطلب تركيب ADN جزيئية أصلية، ونيكلويديات حرة، وأنزيمات، وطاقة. ويتم التركيب الإحيائي لـADN على الشكل التالي:

- ❖ تحت تأثير أنزيم خاص، يتم تفريق اللولبين المكملين، بانفصال الروابط الهيدروجينية الرابطة بين القواعد الازوتية، وبذلك تظهر مناطق افتراق اللولبين على شكل عيون النسخ (الشكل أ).
  - ❖ بلمرة تدريجية للنوكليوتيدات تحت تأثير أنزيم ADN بوليمراز، حيث يستعمل كل شريط قديم كنموذج لتشييد شريط جديد، وذلك مع احترام تكامل القواعد الازوتية مع تلك المتواجدة في اللولب الأصلي، A مع T و C مع G مع (الشكل ب)، نتكلم عن النسخ الجزيئي لـ ADN.
  - ❖ تم استطالة الشريطين الجديدين في الاتجاهين على مستوى عين النسخ، (الشكل ج) مما يؤدي إلى اتساعها، فتاتح ببعضها البعض ليتم الحصول على جزيئتين بنتين من ADN، كل واحدة تكون من شريط قديم، ورثته من الجزيئ الأصلي، مع شريط جديد (الشكل د).

## ملحوظة: