

الفصل الأول:

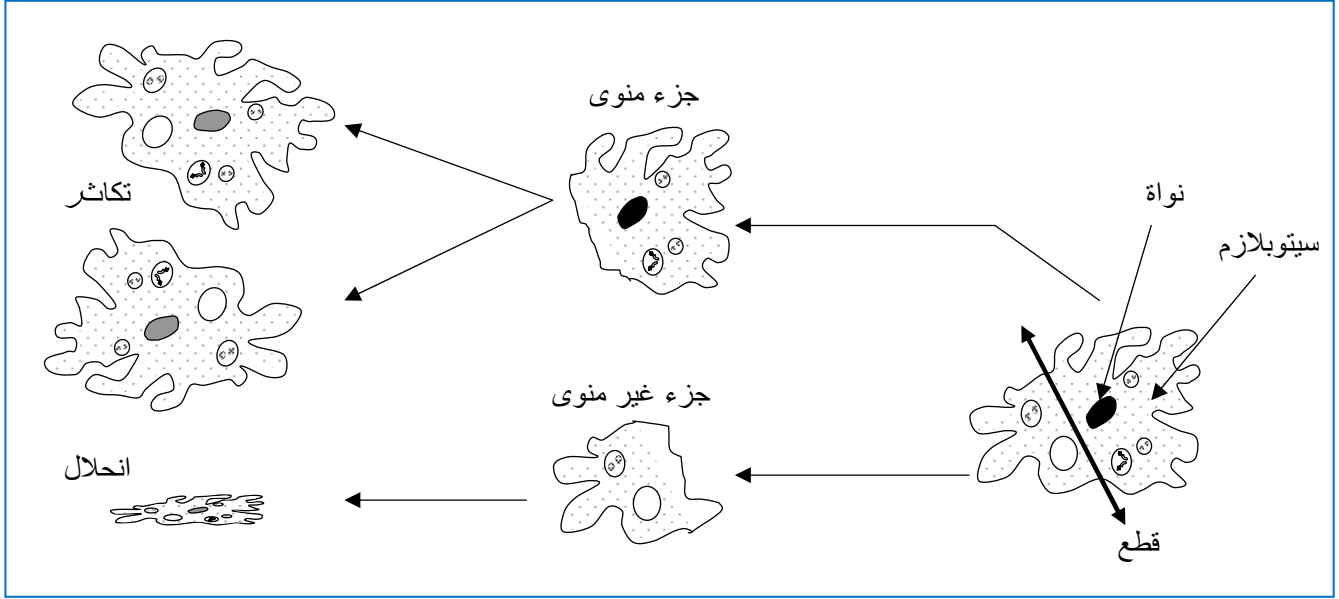
مفهوم الخبر الوراثي

1 - أين يتواجد الخبر الوراثي؟

① الكشف عن تموضع الخبر الوراثي داخل الخلية

a - تجربة القطع عند الأميبة Amibe : أنظر الرسم.

✗ يبين الرسم التالي نتائج تجربة القطع عند الأميبة. ماذا تستخلص من تحليل نتائج هذه التجربة؟



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

b - تجارب القطع والتطعيم عند الأسيتابولاريا Acetabularia: أنظر نشاط 1، تجربة 1 لوحة 1.

اللوحة 1

نشاط 1 دور النواة في حياة الخلية

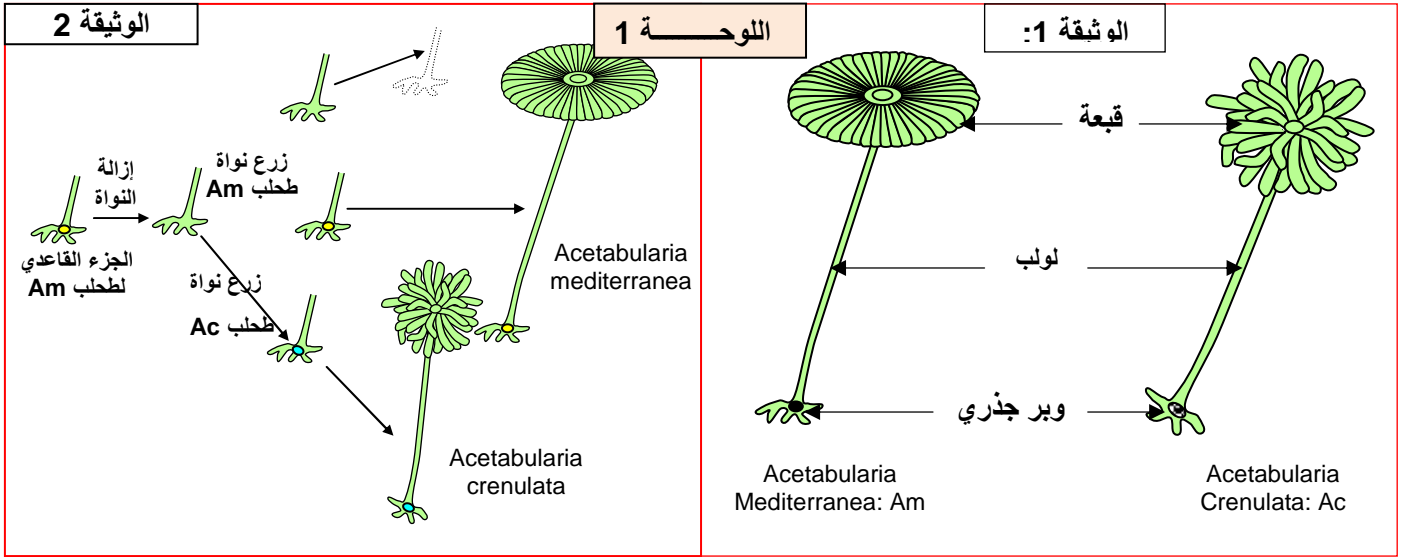
تعد الأسيتابولاريا Acetabularia من بين الطحالب الخضراء Les algues vertes البحرية الوحيدة الخلية. ويمثل شكلا الوثيقة 1 نوعين من هذا الطحلب. من أجل معرفة كيفية عمل المواد المسؤولة عن تحديد الشكل الخارجي (خاصة القبعة)، أنجزت مجموعة من التجارب

- التجربة 1 قام Hamerling ومساعدوه بتجربة القطع و التطعيم على النوعين المذكورين أعلاه من طحلب الأسيتابولاريا ، وتبين الوثيقة 2 ظروف ونتائج هذه التجربة.

1- حدد الهدف من هذه التجربة

2- ضع فرضية تفسر بواسطتها تشكل القبعة

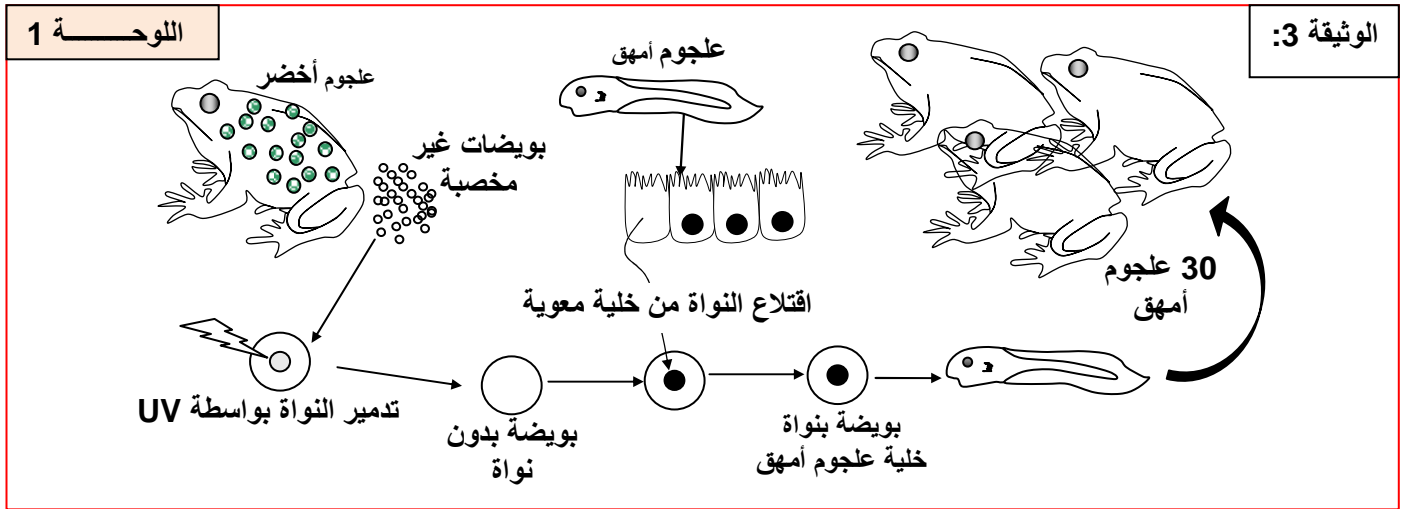
- التجربة 2 قصد تحديد تموضع الخبر الوراثي داخل الخلية، تم إنجاز التجارب المبينة على الوثيقة 3. انطلاقا من معطيات هذه التجربة، استنتج مكان تموضع الخبر الوراثي عند الكائنات المتعددة الخلايا.



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، 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.

c - تجربة الاستنساخ عند العلجوم (Crapaud) Xénopes : أنظر نشاط 1، تجربة 2 لوحة 1.



3) نلاحظ أن العلجوم الناتج عن الاستنساخ، له صفات العلجوم الذي أخذت منه النواة. إذن الصفات الوراثية محمولة على النواة. يعني أن الخبر الوراثي يتواجد بالنواة عند الكائنات المتعددة الخلايا.

② خلاصة:

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

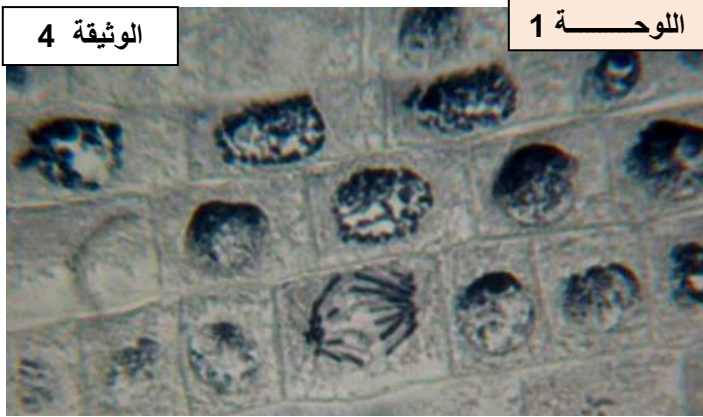
II - انتقال الخبر الوراثي عبر الانقسام الخلوي.

① الانقسام غير المباشر عند خلية نباتية.

ينمو الجسم وتتجدد خلاياه، عن طريق التكاثر الخلوي، الذي يتم عبر الانقسام الخلوي.

أثناء الانقسام الخلوي، تنقسم الخلايا الأم، لتعطي خلايا بنت مشابهة لها، ويسمى هذا الانقسام بالانقسام غير المباشر (Mitose).

أ - ملاحظة خلايا نباتية في طور الانقسام غير المباشر. أنظر نشاط 2، لوحة 1.



② نشاط 2 انتقال الخبر الوراثي عبر الانقسام الخلوي

يتم نمو المتعضيات وتجديد خلاياها بالتكاثر الخلوي ويحافظ هذا الشكل من التوالد على الهوية البيولوجية للخلية. فكيف تتدخل هذه الآلية في انتقال الخبر الوراثي؟

تعطي الوثيقة 4 صورة الكترولوغرافية لملاحظة مجهرية لحافة جذر البصل.

1 - انطلاقا من تحليل هذه الوثيقة بين كيف يتم التكاثر الخلوي؟

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

ب - مراحل الانقسام غير المباشر. أنظر نشاط 2، اللوحة 2.

اللوحة 2

تعطي الوثيقة 5 صورة الكترولوغرافية لبعض الخلايا في طور الانقسام.
2 - أعط عنوانا لكل صورة (1، 2، ...، 9) بعد ترتيبها والتعليق عليها

تعطي الوثيقة 6 رسوما تخطيطية لملاحظات مجهرية لبعض الخلايا في طور الانقسام.
3 - أعط الأسماء المناسبة لعناصر كل رسم ثم حدد اسم كل طور من أطوار الانقسام.

تبين الوثيقة 7 مظاهر الصبغيات خلال دورة خلوية.

4 - احسب عدد الصبغيات في كل طور، ماذا تستنتج؟

5 - ماذا تستنتج من هذه المعطيات؟

a - الطور التمهيدي La prophase

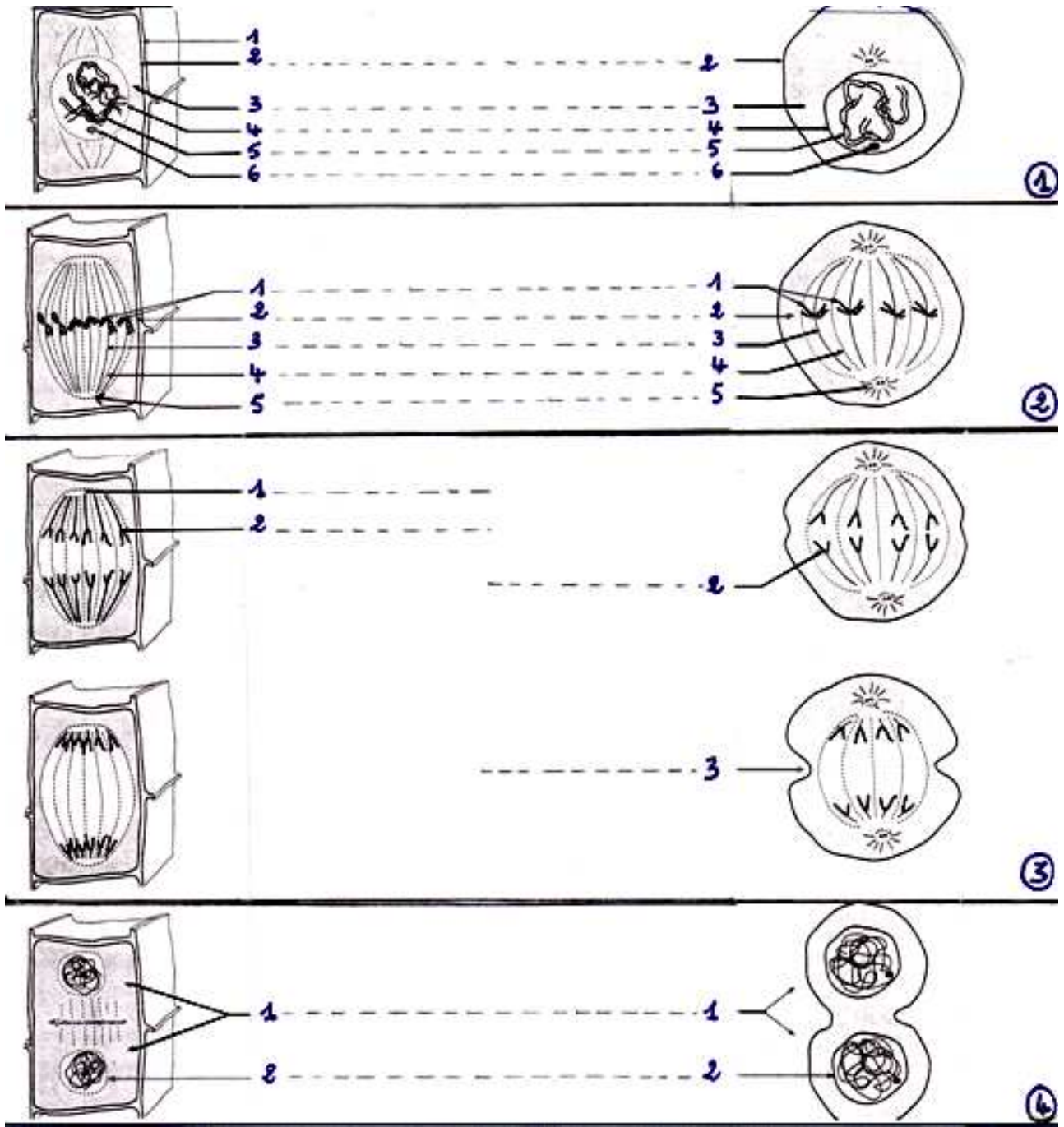
تتميز هذه المرحلة في بدايتها بتكاثف الصبغين و انتظامه على شكل خييطات تسمى الصبغيات، كل صبغي مكون من وحدتين، نسمي كل واحد منهما صبيغي Chromatide، مرتبطين على مستوى الجزيء المركزي Centromère، في نهاية هذه المرحلة يتلاشى الغشاء النووي و النويات، وتظهر منطقة فاتحة في قطبي الخلية، هي عبارة عن كمات قطبية Calottes polaires، يظهر بينهما مغزل لالوني Fuseau achromatique.

b - الطور الاستوائي La métaphase

خلال هذه المرحلة تصبح الصبغيات أكثر وضوحا، و تتموضع على المستوى الاستوائي للخلية مكونة الصفيحة الاستوائية La plaque équatoriale، و يكتمل تشكل مغزل الانقسام.

c - الطور الانفصالي L'anaphase

تتميز هذه المرحلة بانسطار الجزيء المركزي، ليعطي جزيئين مركزيين، يتصل كل منهما بصبيغي، ليتضاعف



② الانقسام غير المباشر عند خلية حيوانية.

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

- تتوفر الخلية الحيوانية على عضي خاص يسمى الجسم المركزي Le centrosome، مكون من مريكزين Centrioles 2، يشكل كل واحد منهما نجمة قطبية Aster، يتكون بينهما المغزل اللالوني أثناء الانقسام الخلوي.
- خلال الطور النهائي، يتم انفصال الخليتين البنيتين، بواسطة حلقة قلوصة 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 7، لوحة 3.

اللوحة 3

..... = G1
..... = S
..... = G2
..... = P
..... = M
..... = A
..... = T

الوثيقة 7:

The diagram illustrates the cell cycle in a circular path. It is divided into several phases: G1 (Growth 1), S (Synthesis), G2 (Growth 2), P (Prophase), M (Metaphase), A (Anaphase), and T (Telophase). The cycle is shown as a continuous loop, with the cell returning to G1 after completing the M phase. The diagram also shows the progression of chromosomes from single-chromatid structures in G1 to double-chromatid structures in S, and finally to sister chromatids in M.

يكون كل انقسام غير مباشر مسبقا بمرحلة سكون، تتميز بمضاعفة الصبغيات، ليصبح كل صبغي ناتج عن انقسام غير مباشر، مكونا من صبيغين متماثلين. ويمثل مجموع مرحلة الانقسام غير المباشر، ومرحلة السكون التي تسبقه، دورة خلوية. اذن تنتقل الدخيرة الوراثية من جيل إلى آخر دون تغيير، فنكلم النقل المطابق للخبر الوراثي.

III - الطبيعة الكيميائية للمادة الوراثية.

① الكشف عن الطبيعة الكيميائية للمادة الوراثية.

أ - تجربة Griffith (1928) أنظر نشاط 3، لوحة 4.

اللوحة 4

③ نشاط 3 التركيب الكيميائي للخبر الوراثي
قصد تحديد طبيعة الخبر الوراثي أنجزت التجارب التالية:

① أبحاث Griffith (1928)
في سنة 1928 قام العالم الإنجليزي Griffith بملاحظة المكورات الرئوية *Les pneumocoques* ، وهي بكتريا تسبب التهاب الرئة ، وتوجد على شكلين مختلفين:

- شكل يحتوي على محفظة (علبية) ويكون لمات ملساء، نرمرز لها بالحرف S (Smooth) . تتميز بكونها حادة (ممرضة).
- شكل بدون محفظة ويكون لمات حرسة (خشنة)، نرمرز لها بالحرف R (rough) . وهو شكل غير حاد.

في محاولة منه لتحويل البكتريا S إلى بكتريا R غير معدية، قام هذا العالم بالتجارب الملخصة على الجدول التالي:
ماذا تستنتج من خلال تحليل نتائج أبحاث Griffith ؟

التجارب	الظروف التجريبية	النتائج المحصل عليها	ملاحظة مجهرية للدم
1	حقن فأر A1 بمكورات رئوية S حية	يموت الفأر	وجود مكورات S حية
2	حقن فأر A2 بمكورات رئوية R حية	يبقى الفأر حيا	وجود مكورات R حية
3	حقن فأر A3 بمكورات رئوية S ميتة	يبقى الفأر حيا	عدم وجود مكورات S حية
4	حقن فأر A4 بخليط يحتوي على مكورات S ميتة ومكورات R حية	يموت الفأر	وجود مكورات S حية

ب - تحليل واستنتاج:

موت الفأر A1، ناتج عن حقنه بمكورات S حية، وهي بكتيريا حادة.
لم يموت الفأر A2، وذلك لكونه حقن بمكورات R حية، وهي بكتيريا غير حادة.
لم يموت الفأر A3، لكونه حقن بمكورات S ميتة، وهي بكتيريا غير حادة.
موت الفأر A4، ناتج عن حقنه بمكورات S ميتة، و R حية، فظهرت عنده مكورات S حية.
نستنتج من هذا التحليل، أن المكورات R الحية عند الفأر A4، تحولت إلى مكورات S حية، ولتفسير هذا التحول افترض Griffith أن المكورات S الميتة، حولت المكورات R الحية، إلى مكورات S حية، وذلك عن طريق مادة نقلتها إليها، سماها Griffith : العلة المحولة Principe transformant.

ج - التحقق من فرضية Griffith:

a - تجربة Avery و مساعدوه: أنظر نشاط 3، لوحة 4.

أبحاث Mc Carthy , Mc Leod , Avery

اللوحة 4

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:

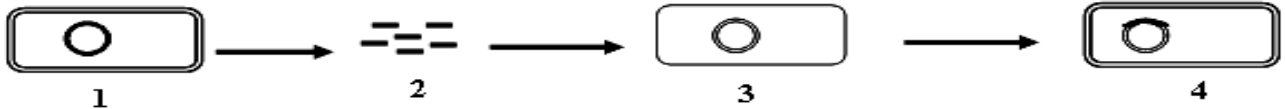
- بكتيريا R حية + بكتيريا S ميتة + أنزيم محلل للبروتينات = تحول البكتيريا R إلى بكتيريا S حية.
- بكتيريا R حية + بكتيريا S ميتة + أنزيم محلل للدهون = تحول البكتيريا R إلى بكتيريا S حية.
- بكتيريا R حية + بكتيريا S ميتة + أنزيم محلل ل ARN = تحول البكتيريا R إلى بكتيريا S حية.
- بكتيريا R حية + بكتيريا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

ماذا تستنتج من خلال تحليل نتائج تجربة Avery ومساعدوه ؟

ب - تحليل واستنتاج:

نلاحظ أن التحول البكتيري لا يحدث عند استعمال أنزيمات محلل ل ADN، (الحمض النووي الريبوزي ناقص الأوكسجين 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 R حية إلى S حية، هو ADN، وبالتالي فالعلة المحولة هي جزيئة ADN.

ج - تفسير آلية التحول البكتيري: أنظر الرسم.



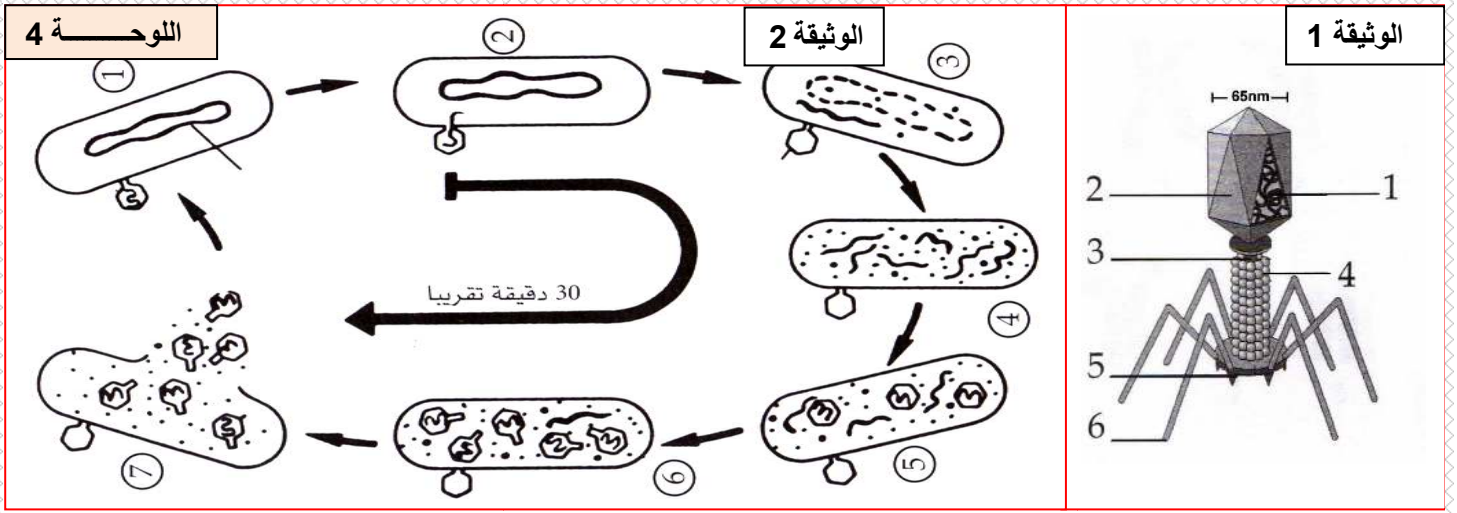
بعد موت المكورات S الحادة (1) يتجزأ ADN إلى أجزاء صغيرة (2) فيدمج جزء من ADN المكورات S، في ADN المكورات R الحية (3)، التي تصبح لها القدرة على تركيب المحفظة المسؤولة عن المرض، وبالتالي تصبح مكورات S حية. يعني هذا نقل صفة وراثية جديدة من S إلى R.

د - دورة حياة العاتية Bactériophage : أنظر الوثيقة 1، 2، لوحة 4.

اللوحة 4

تكاثر الحمات (الفيروسات) Les virus

تعتبر الفيروسات نظاما حيا، لها شكل هندسي مكون من بروتينات يتوسطها حمض نووي ADN وأحيانا ARN كحالة الزكام و السيدا. ليس لها استقلال خاص بها بل تتكاثر على حساب خلايا أخرى. مثلا العاتية Bactériophage (أنظر الوثيقة 1) تتكاثر على حساب البكتيريا. ويتم ذلك على مراحل (أنظر الوثيقة 2): ماذا يمكنك استنتاجه من هذه الوثائق لتفسير تكاثر العاتيات ؟



تتكاثر العاتية على حساب البكتيريا، ويتم ذلك على مراحل هي:

- ✓ تثبيت العاتية على البكتيريا، وتسرب جزيئة ADN العاتية إلى سيتوبلازم البكتيريا.
- ✓ تضاعف ADN العاتية وتلاشي ADN البكتيريا.
- ✓ تجميع مكونات العاتية داخل البكتيريا، وتركيب عاتيات جديدة.
- ✓ انفجار البكتيريا وتحرير عاتيات جدد مشابهة للعاتية الأصلية.

يتبين من دورة حياة العاتية أن هذه الأخيرة تحقق فقط خبرها الوراثي، المتمثل في جزيئة ADN، ليتم تركيب عاتيات جديدة مشابهة للعاتية الأصلية. وبذلك يتأكد أن ADN يمثل الخبر الوراثي.

ه - خلاصة:

انطلاقا مما سبق يمكن استخلاص ما يلي:

المادة الوراثية الحاملة للخبر الوراثي هي عبارة عن جزيئة ADN، تتموضع في النواة و تنتقل عبر الصبغيات خلال الانقسام الخلوي.

② الكشف عن مادة ADN.

لأجل ذلك تستعمل طريقة Feulgen، إذ تعتمد هذه التقنية على استعمال كاشف schiff الذي يكون عديم اللون ويتلون بالأحمر عند وجود ADN. تبرز نتائج تقنية Feulgen أن جزيئة ADN، مكون أساسي للصبغيات.

ملحوظة: نجد أيضا جزء من ADN على مستوى الميتوكوندري و البلاستيدة الخضراء لكنه يتحكم فقط في بعض خصائص هذه العضيات.

IV - التركيب الكيميائي لجزيئة ADN.

① المكونات الكيميائية لجزيئة ADN. أنظر نشاط 4، وثيقة 1، لوحة 5.

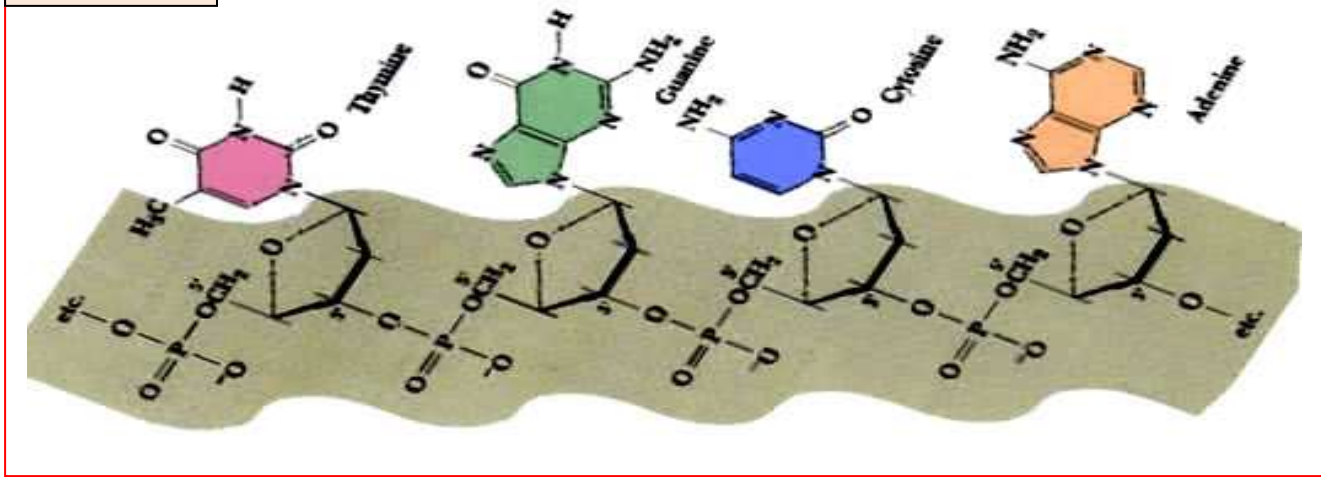
④ نشاط 4 الخصائص الكيميائية ل ADN و علاقته بالصبغين و الصبغيات

اللوحة 5

♥ الوثيقة 1 : تعتبر جزيئة ADN جزيئة كبيرة تتكون من ثلاثة أجزاء تتكرر في الفضاء :

- سكر الريبوز ناقص الأكسجين Désoxyribose
- حمض فسفوري Acide phosphorique
- قاعدة ازوتية Base azotée وهي إما: الأدينين (A) Adénine ، الغوانين (G) Guanine ، التيمين (T) Thymine ، السيتوزين (C) Cytosine .

تكون هذه الأجزاء الثلاثة، الوحدة الأساسية ل ADN ونسميها نيكليوتيد Nucléotide وبذلك نقول أن جزيئة ADN هي عبارة عن عديد النيكليوتيدات Polynucléotide. (أنظر الوثيقة 1)



بينت حلماً جزيئات ADN، ذات مصادر مختلفة أنها تتكون من ثلاثة عناصر هي:

- حمض فوسفوري H_3PO_4 .
 - سكر خماسي هو الريبوز ناقص أوكسجين، $C_5H_{10}O_4$.
 - قواعد ازوتية G، C، T، A.
- و يمثل النيكليوتيد الوحدة الأساسية لـ ADN و يتكون من: سكر ريبوزي ناقص أوكسجين + حمض فسفوري + قاعدة أزوتية A أو T أو C أو G، و بذلك يسمى ADN بعدد النيكليوتيدات.

② بنية جزيئة ADN.

a - نتائج Chargaff:

قام Chargaff بتحديد نسب القواعد الأزوتية الأربع، G، C، T، A، في جزيئات ADN ذات مصادر مختلفة، فحصل على النتائج المبينة على الوثيقة 2، لوحة 5.

اللوحة 5

♥ الوثيقة 2 : تعطي الوثيقة التالية نسبة القواعد الأزوتية في ADN عند بعض الأنواع من الكائنات :

نسبة القواعد الأزوتية			التركيب من القواعد الأزوتية ب mol %				الأجسام
A+G/C+T	G/C	A/T	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

عن ماذا تكشف نتائج هذه الدراسة؟

b - تحليل واستنتاج:

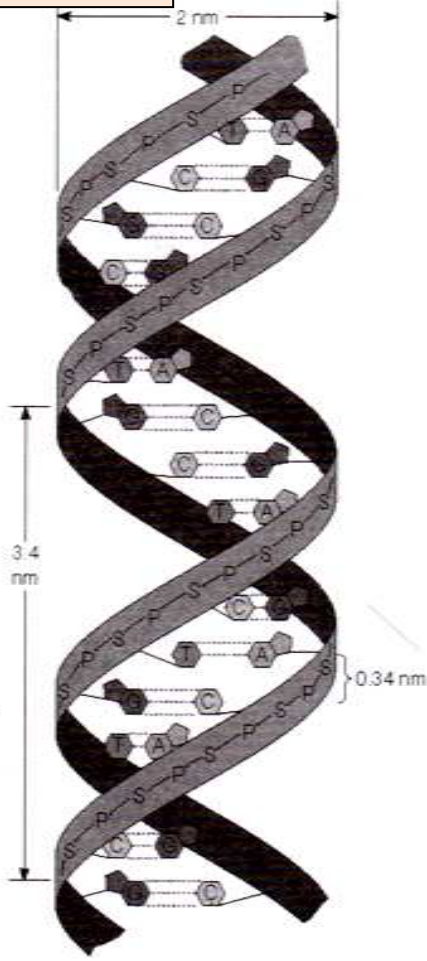
نلاحظ بالنسبة لجميع المتعضيات أن العلاقة $A/T = G/C = 1$ ، كما أن $A+G/T+C = 1$ ، وذلك لأن مقدار A يساوي مقدار T، ومقدار C يساوي مقدار G. نستنتج من هذا أن A ترتبط ب T، و C ترتبط ب G.

أنظر الوثيقة 3، لوحة 5.

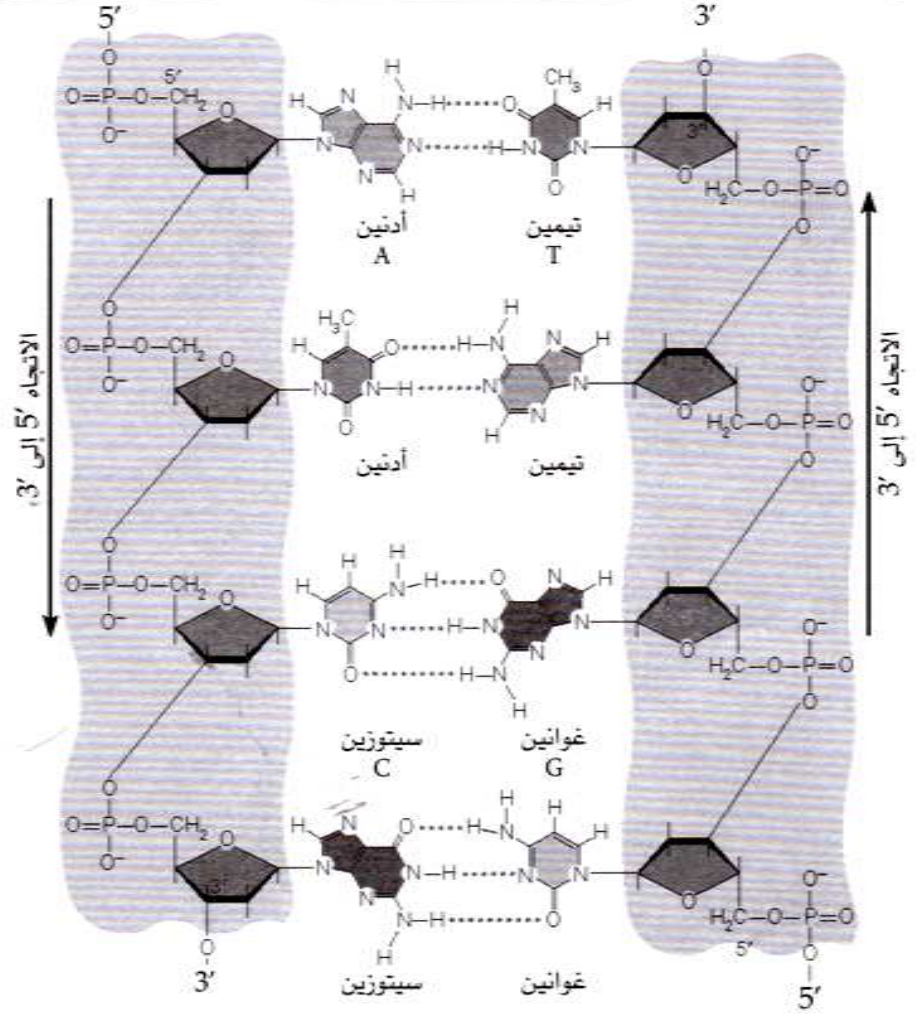
في سنة 1953 اقترح العالمان Crick و Watson، نموذجاً لجزيئة ADN، على أنها عبارة عن لولب مضاعف Double hélice. يتكون كل لولب من متتالية من النيكليوتيدات، والتي ترتبط فيما بينها عن طريق الحمض الفسفوري بواسطة الكربون 5' لسكر الريبوز ناقص أوكسجين للنيكليوتيد الأول و الكربون 3' لسكر الريبوز ناقص أوكسجين للنيكليوتيد الموالي، وهكذا إلى نهاية اللولب و بالتالي تكون هناك نهايتين حرتين: 3' و 5'، ومن تم نصطح على التوجيه 3' ← 5'.

و بما أن جزيئة ADN لولب مضاعف ، فلكي يكتمل اللولبين يجب أن يكونا متضادا القطبية
 5'---> 3' و 3'---> 5' . نقول إن لولبي ADN مضادا التوازي
 ويرتبط اللولبان بعضهما ببعض، بروابط هيدروجينية على مستوى القواعد الازوتية.

اللوحة 5



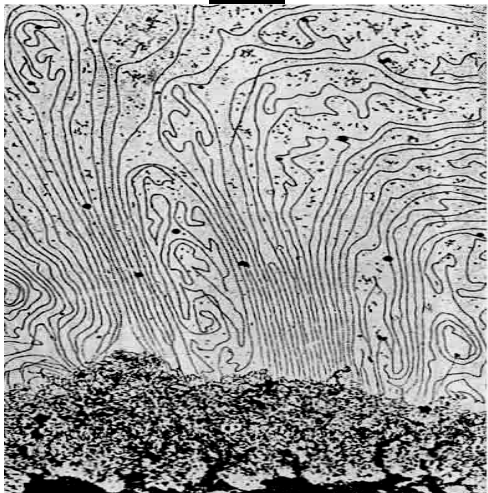
الوثيقة 3 : نموذج جزيئة ADN على شكل لولب مضاعف (تصور WATSON و CRICK)



اللوحة 6

♥ الوثيقة 1: الشكل أ بنية الصبغين، الشكل ب بنية الصبغى:

الشكل أ



V - العلاقة بين الصبغين، الصبغيات، و ADN.

① بنية الصبغين.

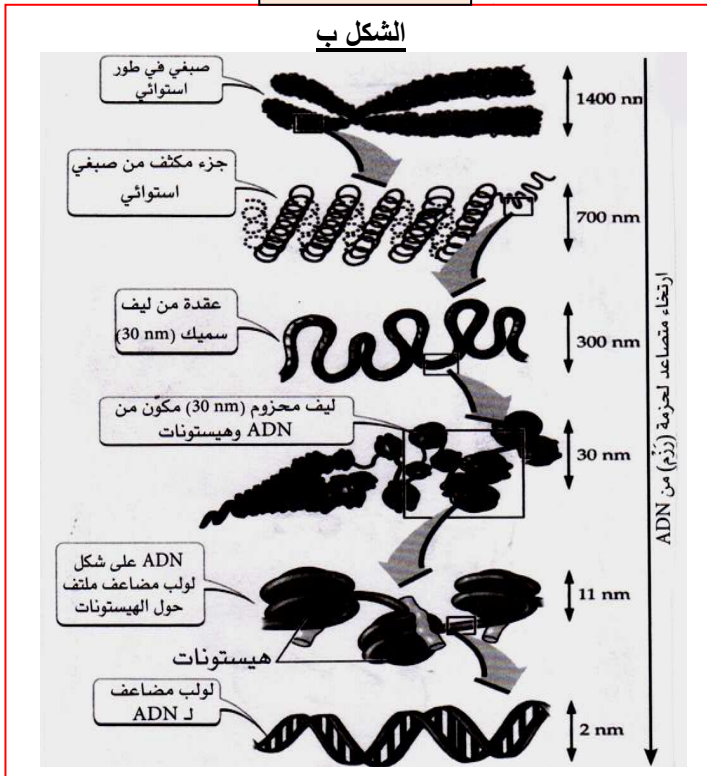
☒ يعطي الشكل أ من الوثيقة 1، لوحة 6، ملاحظة بالمجهر الالكتروني لصبغى استوائي، تمت معالجته بواسطة أنزيمات نوعية تحلل البروتينات.

انطلاقا من هذه الملاحظة استخرج بنية الصبغى.

☑ تبين الملاحظة المجهرية لصبغين خلية أنه يتكون من خييطات متشابكة، يبلغ قطر الواحد منها 30nm، وتسمى هذه الخييطات خييطات نووية Les nucléofilaments . بينت الدراسات أن الخييط النووي يتكون من جزيئة ADN ملولبة حول حبات من البروتينات، مكونة نكليوزومات Nucléosomes، كما نسمي هذه البروتينات : هيستونات Les histones .

② بنية الصبغيات. أنظر الشكل ب من الوثيقة 1، لوحة 6.

اللوحة 6



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

- يلتف كل خيط ADN حول هستونات، فيشكل خيط نووي.
- تتلولب الخييطات النووية لتولبا طفيفا، فتشكل الصبغين.
- عند دخول الخلية في انقسام غير مباشر، يزداد تلولب الخييط النووي حول نفسه، فتظهر الصبغيات. ويصبح هذا التلولب شديدا وقصويا، في المرحلة الاستوائية، مما يجعل الصبغيات جد واضحة.
- في نهاية الانقسام تتم إزالة تلولب الخييطات 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 + هستونات)، فهما إذن يمثلان عنصرا واحدا، يتغير شكله حسب درجة تلولب الخييط النووي، وذلك حسب مراحل الدورة الخلوية.

VI - آلية مضاعفة جزيئة ADN.

① الكشف عن مضاعفة جزيئة ADN. أنظر نشاط 5، وثيقة 1، لوحة 6.

اللوحة 6

⑤ نشاط 5 مضاعفة ال ADN وعلاقتها بالحفاظ على الخبر الوراثي:

يعتبر ال 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، نقوم بدراسة الوثائق التالية:

♥ الوثيقة 1: تمت معايرة كمية ADN الموجودة في خلية إنسان خلال دورتين خلويتين فحصلنا على النتائج المبينة على الوثيقة 1.

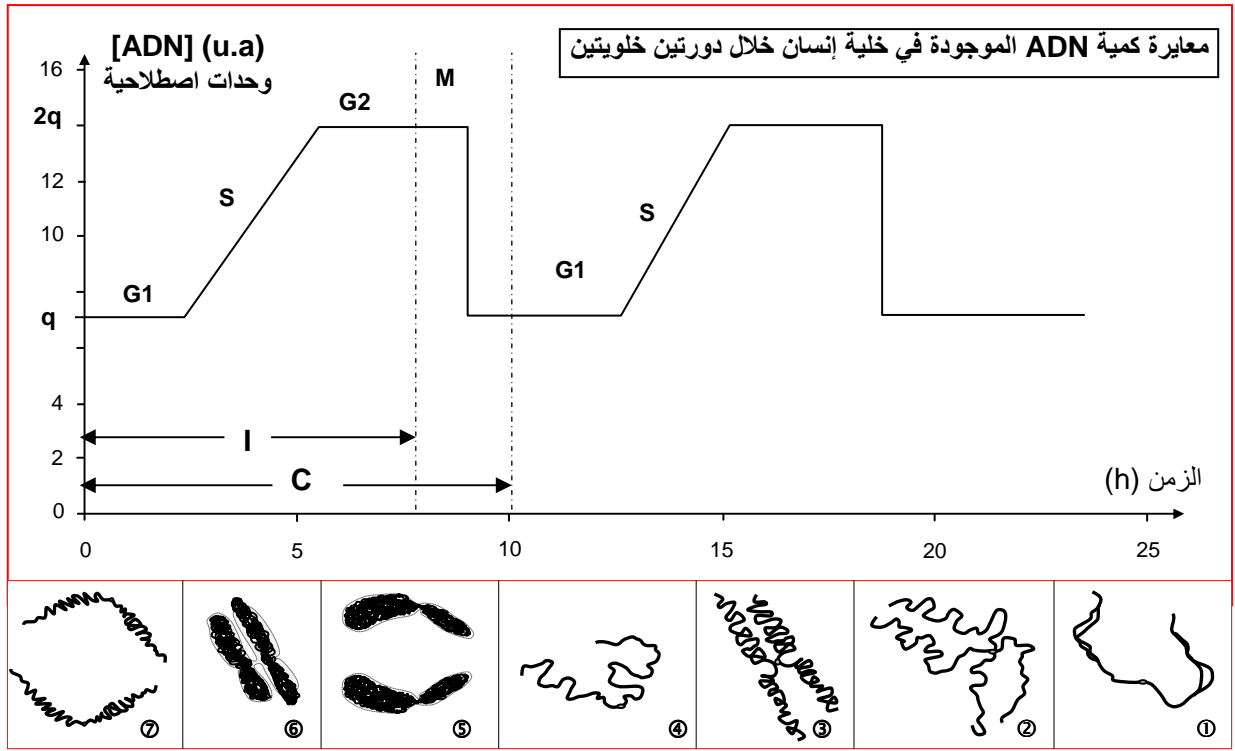
(1) سم المراحل المشار إليها بحروف على الوثيقة. ثم حدد المدة الزمنية التقريبية للمراحل: ا، و، C، و M.

(2) كيف تتطور كمية ADN في الخلية خلال الدورة الخلوية؟

(3) أنسب كل شكل من أشكال الوثيقة (①، ②، ③، ...، ⑦)، لمرحلة الدورة الخلوية

المطابقة له (M, G2, S, G1).

(4) 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 ثلاث فترات هي: $G1 =$ فترة النمو الأولى، $S =$ فترة التركيب / التضاعف، $G2 =$ فترة النمو الثانية. $M =$ الانقسام غير المباشر، ويدوم ساعتين. $C = M + I =$ دورة خلوية، وتدوم 10 ساعات.
- (2) تتغير كمية ADN في نواة الخلية خلال الدورة الخلوية على النحو التالي:

- ☆ خلال الفترة $G1$ من مرحلة السكون تبقى كمية ADN مستقرة في القيمة q ، لتضاعف خلال الفترة S وتمر من القيمة q إلى القيمة $2q$. فتبقى مستقرة في القيمة $2q$ خلال الفترة $G2$.
- ☆ خلال الانقسام غير المباشر، تنخفض كمية ADN، لتمر من القيمة $2q$ إلى القيمة q ، بحيث أنه خلال المرحلة التمهيديّة والاستوائية، كمية ADN مستقرة في القيمة $2q$ ، وفي المرحلة الانفصالية والنهائية، تصبح كمية ADN مستقرة في القيمة q .
- (3) ننسب للمرحلة $G1$ ، الشكل 4. وللمرحلة S ، الشكل 1. وللمرحلة $G2$ ، الشكل 2. أما الأشكال 3، 5، 6، 7، فننسب المرحلة M ، أي الانقسام غير المباشر، (3 للمرحلة التمهيديّة، 5 للمرحلة الانفصالية، 6 للمرحلة الاستوائية، 7 للمرحلة النهائية).

- (4) تتكون الدورة الخلوية من مرحلتين:
- ☆ مرحلة السكون، خلالها تتضاعف كمية ADN في نواة الخلية، ومع تضاعف ADN تتضاعف

حيث يصبح كل صبغي مكونا من صبيغيين.

☆ مرحلة الانقسام غير المباشر، خلالها تنتشر الصبغيات على مستوى الجزيء المركزي، فنتشكل

مجموعتان متماثلتان من الصبغيات، تحتوي كل واحدة على الكمية q من ADN.

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

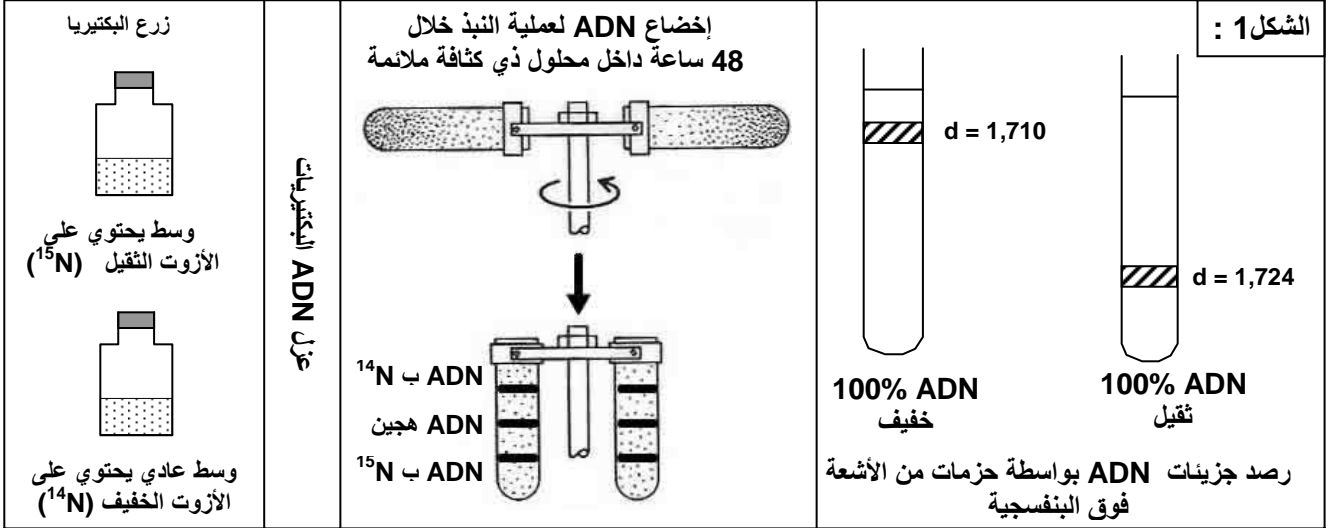
② آلية مضاعفة ADN.

أ - تجربة Stahl و Meselson. أنظر الوثيقة 2، لوحة 7.

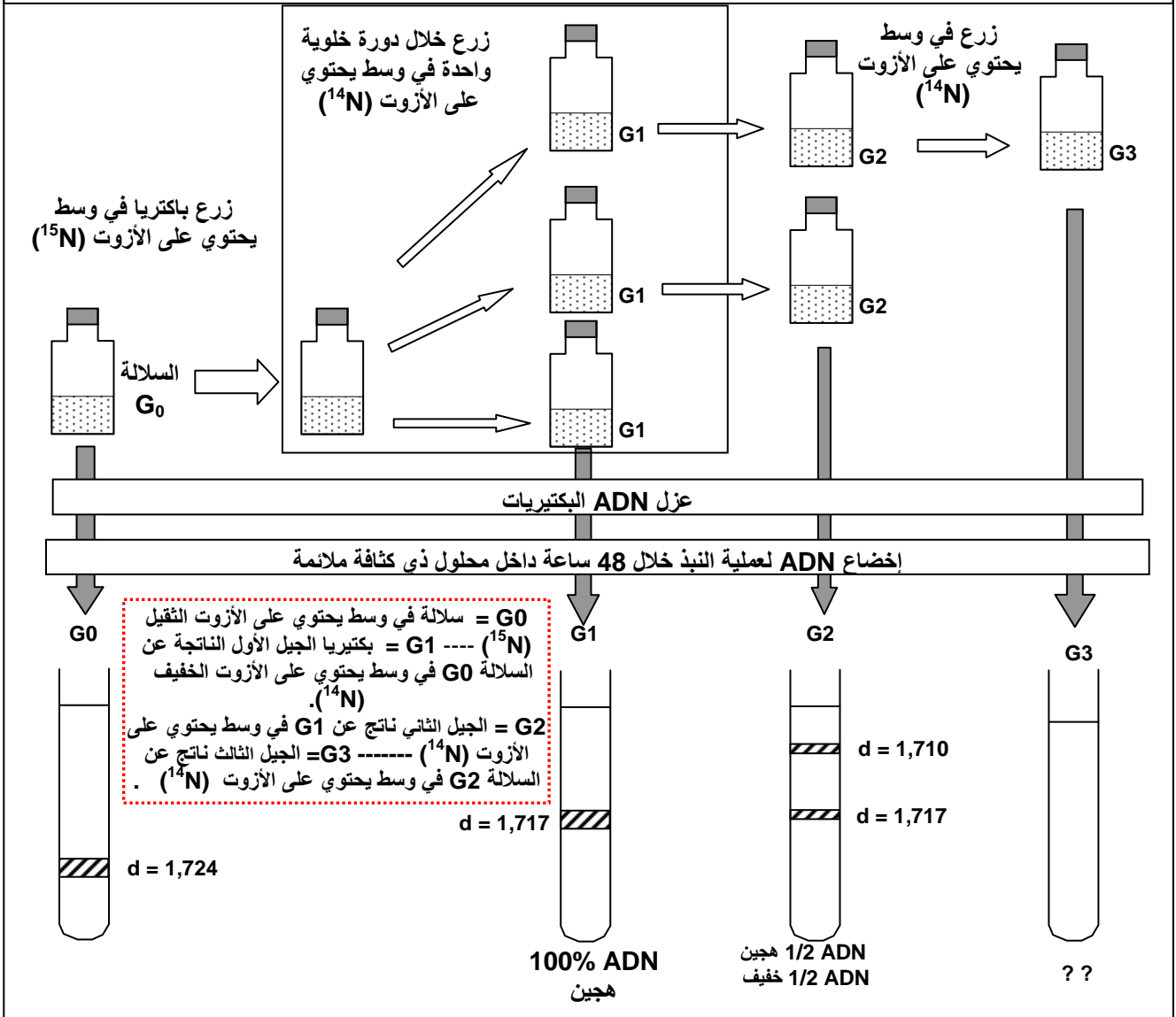
اللوحة 7

الوثيقة 2 : تجربة Stahl و Meselson

بواسطة تقنية النبد centrifugation ، تمكن Stahl و Meselson من عزل جزيئات ADN تحتوي على ذرات الأزوت الثقيل ^{15}N عن جزيئات ADN المشابهة والتي تحتوي على ذرات الأزوت الخفيف ^{14}N . كما هو مبين على الوثيقة 2 :
 (1) ماذا تستنتج من خلال تحليل نتائج تجربة Stahl و Meselson ؟
 (2) ترجم هذه الاستنتاجات على شكل رسوم تخطيطية محترما الطبيعة الفيزيائية لجزيئة ADN ، قصد تفسير نتائج التجربة .



الشكل 2 : البروتوكول التجريبي ونتائج تجارب Stahl و Meselson

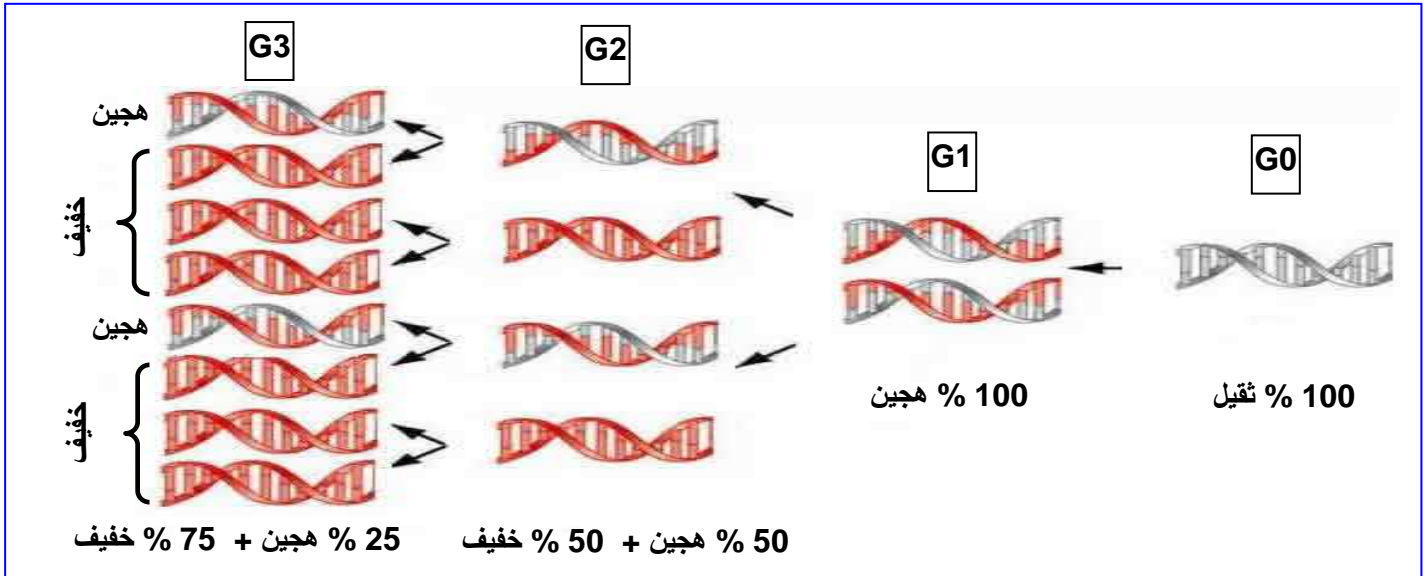


(1) يتبين من المعطيات التجريبية أن :

الجيل G1 : كل الخلايا لها $d(ADN) = 1.717$ (كثافة وسيطة بين ADN الثقيل (1.724) و ADN الخفيف (1.710)) واعتبر هذا الـ ADN هجيناً.
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.

بناء على هذه النتائج، فإن بنية وكثافة ADN الجيل الأول G1 لا يمكن تفسيرها إلا باعتبار كون نصف جزيئة ADN الجيل الأول تتوفر على ^{14}N والنصف الآخر على ^{15}N .
وبنية وكثافة ADN الجيل الثاني G2 لا يمكن تفسيرها إلا باعتبار كون نصف الجزيئات يطابق ADN الجيل الأول، والنصف الآخر من الجزيئات لا تتوفر إلا على ^{14}N فقط.

(2) أنظر الرسم :






ب - تجربة Taylor. أنظر الوثيقة 3، لوحة 8.

اللوحة 8

♥ الوثيقة 3 : تجربة Taylor

- وضع Taylor جذور نبات *Bellevalia* في وسط يحتوي على التيمدين معلم بالتريتيوم H^3 ، وهو نظير إشعاعي النشاط للهيدروجين.
وبعد مرور 8 ساعات (مدة طور السكون)، أخرج Taylor هذه الجذور ثم غسلها ووضعها في وسط ائقناتني محايد (غير مشع)، وتتبع اندماج التيمدين بالتصوير الإشعاعي الذاتي وذلك أثناء الانقسامات الخلوية، ومن أجل تسهيل ملاحظة الصبغيات، أضاف Taylor للمحلول الاقناتيني مادة الكولشيسين التي تمنع افتراق الصبغيات في نهاية الطور الاستوائي. فحصل على النتائج المبينة على الوثيقة 3 :
- (1) بين أهمية توظيف التيمدين والكولشيسين في هذه التجربة.
 - (2) صف نتائج هذه التجربة.
 - (3) فسر بواسطة رسوم نتائج هذه التجربة، مع العلم أن كل صبيغي يتكون من جزيئة ADN واحدة.

الوثيقة 3

③ مظهر الصبغيات بعد وضعها في وسط محايد خلال مدة زمنية تقابل دورتين خلويتين	② مظهر الصبغيات بعد وضعها في وسط محايد خلال مدة تقابل دورة خلوية	① مظهر الصبغيات بوجود التريتيوم
		

- 1) التيميدين مكون لـ ADN، يحتوي على التيمين كقاعدة ازوتية، وتم استعماله مشعا لرصد إدماجه في جزيئة ADN. الكولشيسين 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 الصبغي يظهر نشاطا إشعاعيا. بعد مدة زمنية من المعالجة تقابل دورة خلوية، نلاحظ أن أحد صبيغي الصبغي يكون مشعا، والأخر غير مشع. بعد مدة زمنية تقابل دورتين خلويتين، نلاحظ أن نصف الصبغيات يكون غير مشع، والنصف الأخر يتكون من صبيغيات مشعة وصبيغيات غير مشعة.
- 3) تفسر نتائج هذه التجربة بكون كل لولب من لولبي 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. أنظر الرسم.

