الوحدة الثانية

طبيعة الخبر الوراثي والية تعبيره – الهندسة الوراثية

مـــدخـــل عـــــام :

رغم تنوع الكائنات الحية، ورغم الفروق البيفردية والسلالية داخل كل جنس، يلاحظ دائما 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.

1) أين يتموضع الخبر الوراثي ؟
2) كيف يتم نقل الخبر الوراثي من جيل لآخر؟
3) ماهي الطبيعة الكيميائية للخبر الوراثي؟
4) ما العلاقة بين الصفات الوراثية والخبر الوراثي؟
5) ما علاقة نوع وترتيب الأحماض الأمينية للبروتينات بطبيعة الخبر الوراثي؟
6) ما مبادئ الهندسة الوراثية وتقنياتها ؟ وما مجالات تطبيقها ؟

الفصل الأول:

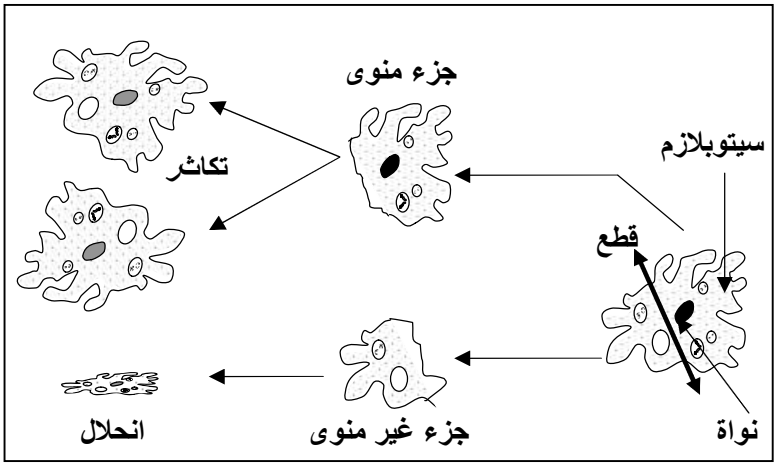
مفهوم الخبر الوراثي

I – 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، تجربة1 لوحة 1.

①نشاط 1 دور النواة في حياة الخلية

تعد الأسيتابولاريا Acétabularia من بين الطحالب الخضراء Les algues vertes البحرية الوحيدة الخلية.ويمثل شكلا الوثيقة1 نوعين من هذا الطحلب.

من أجل معرفة كيفية عمل المواد المسؤولة عن تحديد الشكل الخارجي (خاصة القبعة)، أنجزت مجموعة من التجارب

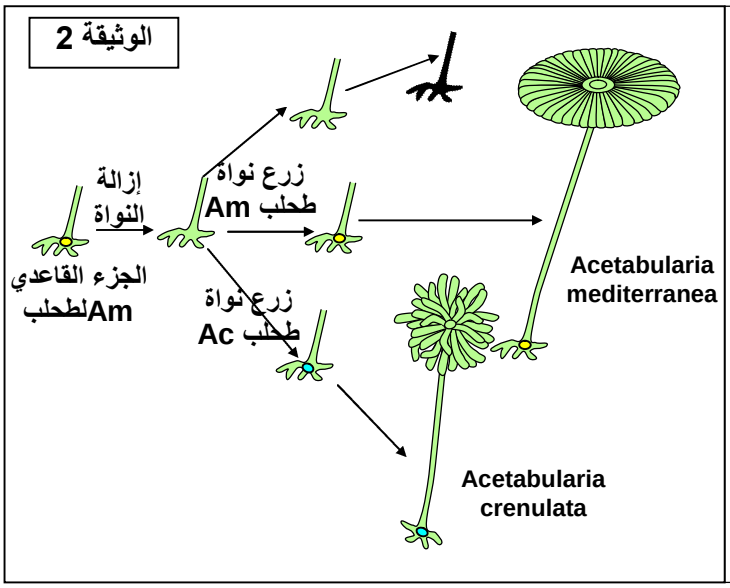
- التجربة 1 قام Hamerling ومساعدوه بتجربة القطع و التطعيم على النوعين المذكورين أعلاه من طحلب الأسيتابولاريا ، وتبين الوثيقة 2 ظروف ونتائج هذه التجربة.

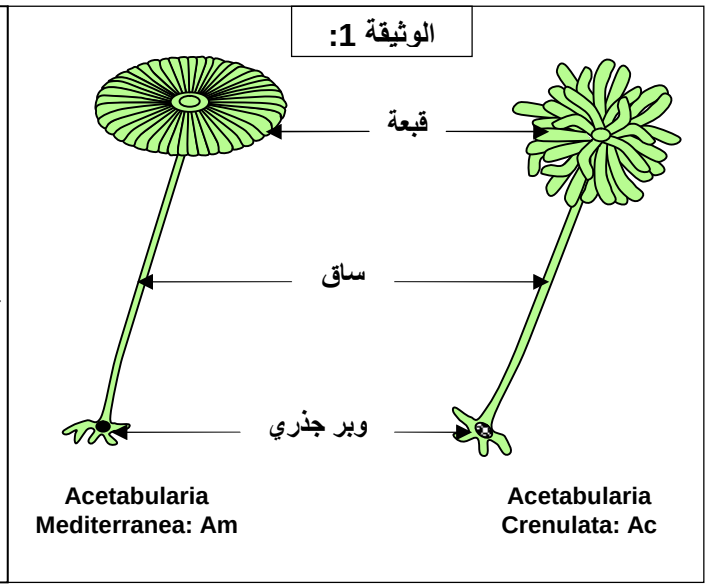
1- حدد الهدف من هذه التجربة

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.

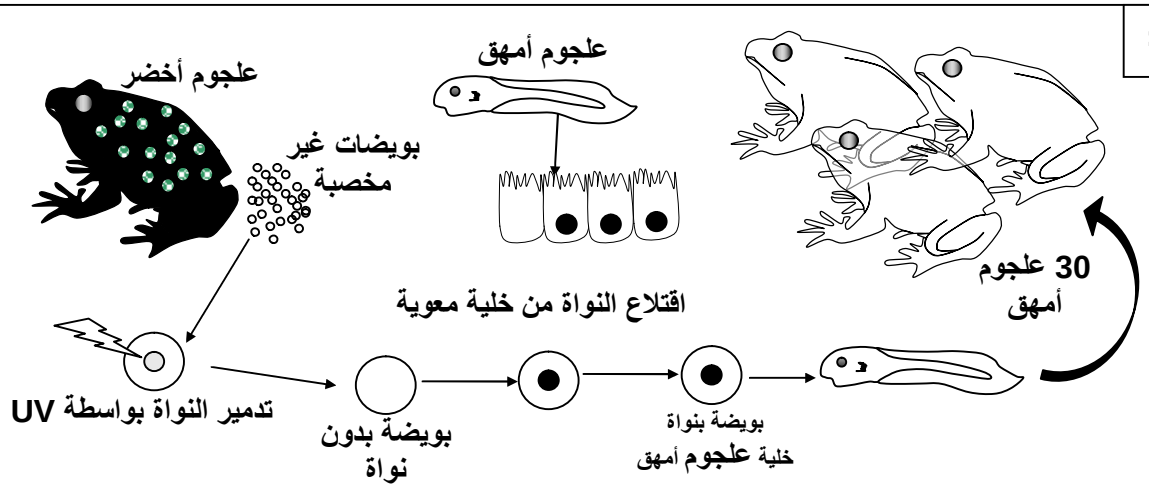




1) الهدف من هذه التجربة هو تحديد دور النواة في حياة الخلية.
2) نلاحظ أن الوبر الجذري الذي يحتوي على النواة، وحده يستمر في العيش ويجدد خلية كاملة، بنفس صفات الخلية الأصل للنواة، أي أن شكل القبعة مرتبط بنوع النواة. انطلاقا من هذا يمكن افتراض أن النواة هي المسؤولة عن تشكل القبعة، إذن هي الحاملة للخبر الوراثي.

c – تجربة الاستنساخ عند العلجوم Xénopes (Crapaud) : أنظر نشاط 1، تجربة2 لوحة 1.

الوثيقة 3:



3) نلاحظ أن العلجوم الناتج عن الاستنساخ، له صفات العلجوم الذي أخذت منه النواة. ادن 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، لوحة1.

الوثيقة 4

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 الكترونوغرافية لملاحظة مجهرية لحافة جذر البصل.

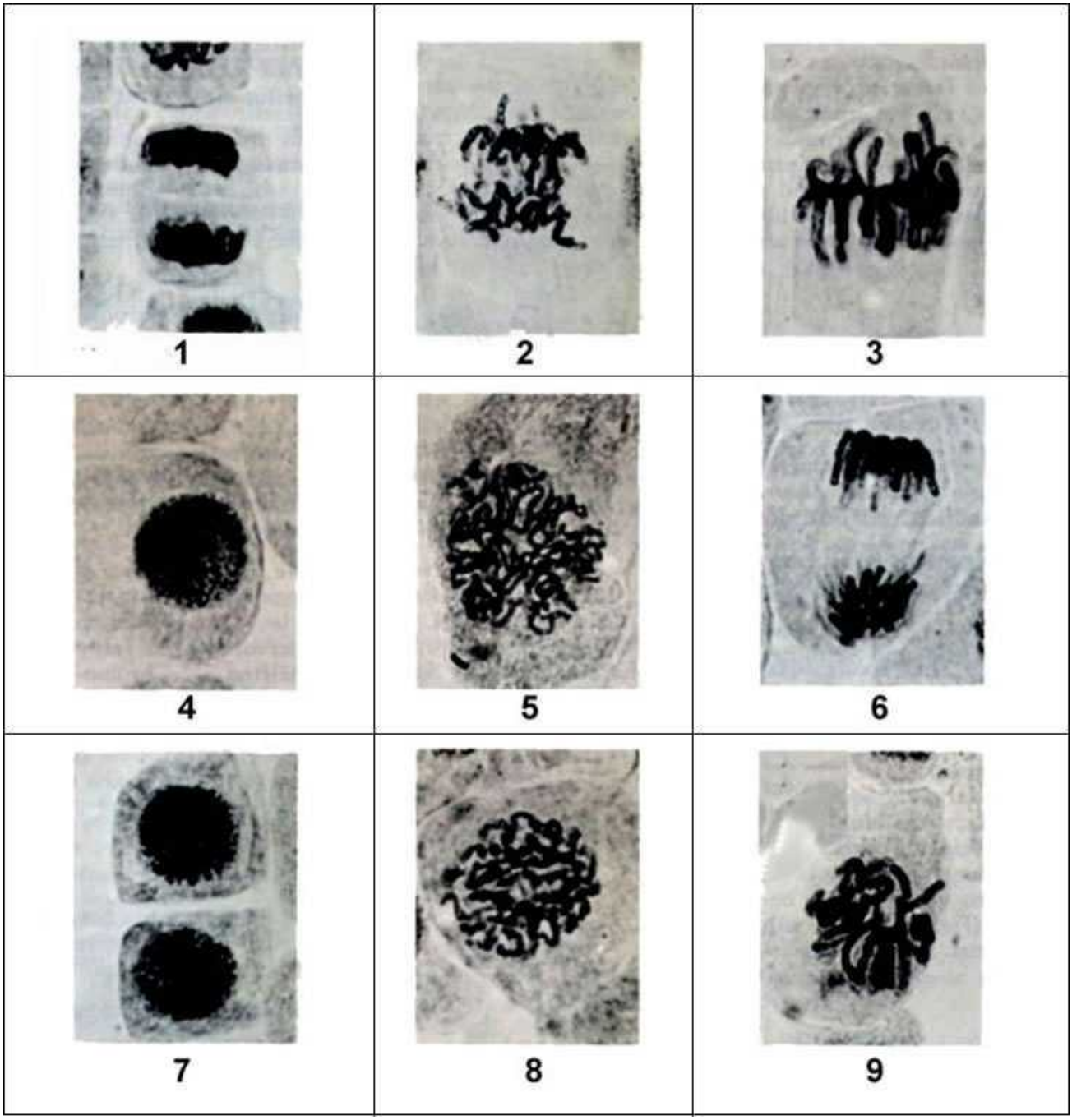
1 - انطلاقا من تحليل هذه الوثيقة بين كيف يتم التكاثر الخلوي؟

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 الخيبطات النووية تسمى الصبغين كما تحتوي على نويات، تعتبر هذه الخلايا في طور السكون، بعض الخلايا تلاشت بها النواة و عوضت ببنيات على شكل خيبطات تسمى الصبغيات Chromosomes، وتعتبر في حالة انقسام غير مباشر.

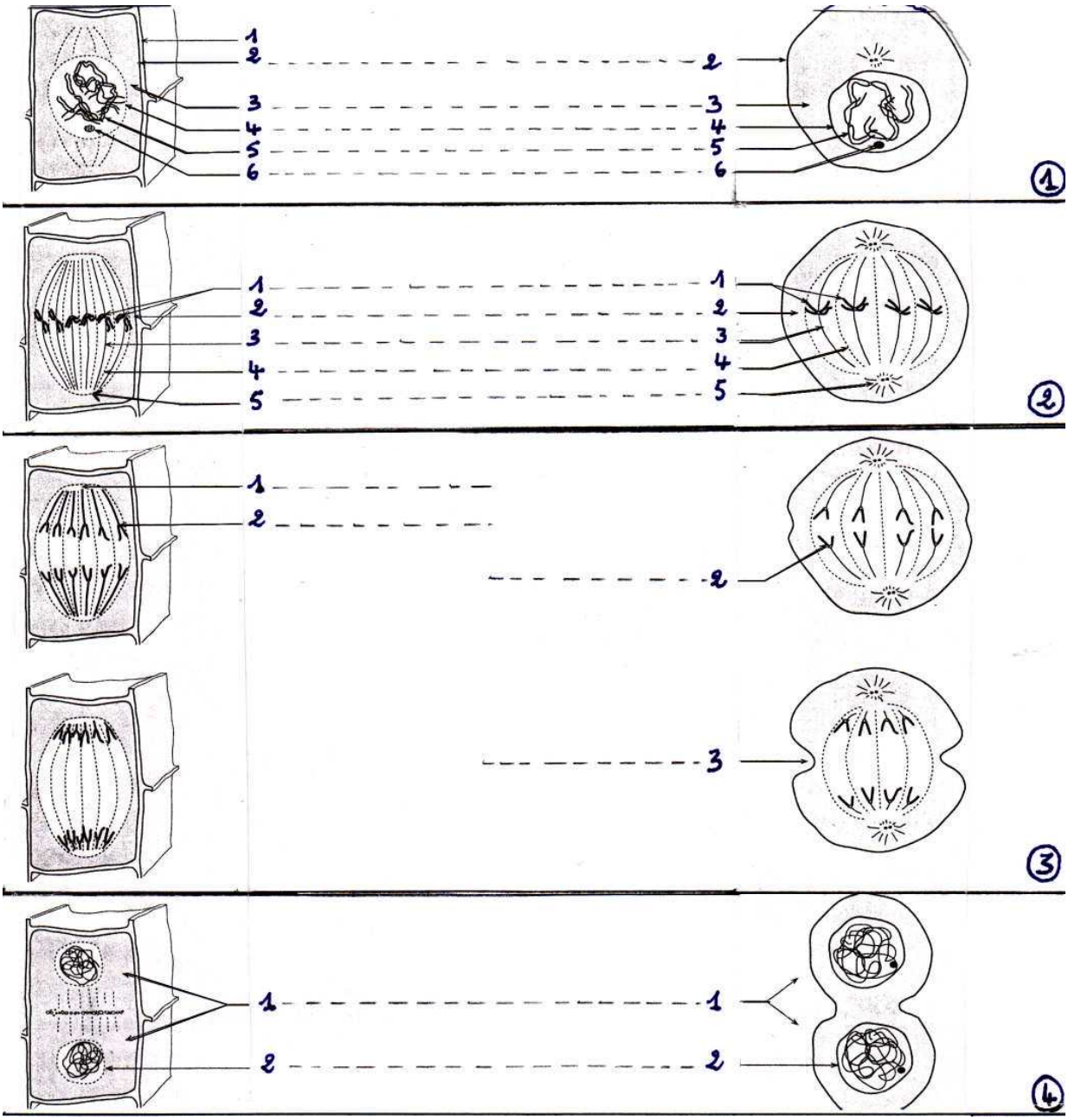
ب – مراحل الانقسام غير المباشر. أنظر نشاط 2، اللوحة 2.

تعطي الوثيقة 5 صورا الكترونوغرافية لبعض الخلايا في طور الانقسام.أعط عنوانا لكل صورة (1،2...،9) بعد ترتيبها والتعليق عليها
تعطي الوثيقة 6 رسوما تخطيطية لملاحظات مجهرية لبعض الخلايا في طور الانقسام. أعط الأسماء المناسبة لعناصر كل رسم ثم حدد اسم كل طور من أطوار الانقسام. ثم احسب عدد الصبغيات في كل طور، ماذا تستنتج ؟
تبين الوثيقة 7 مظاهر الصبغيات خلال دورة خلوية. ماذا تستنتج من هذه المعطيات ؟

الوثيقة 5



الوثيقة6



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 بانشطار الجزيء المركزي، ليعطي جزيئين مركزيين، يتصل كل منهما بصبيغي، ليتضاعف عدد الصبغيات. تتكون 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 و تتشابك و تفقد شكلها الانفرادي الواضح، و تتحول إلى كثلة من الصبغين، و يتكون الغشاء النووي و النويات، و يختفي مغزل الانقسام، و يتكون جدار أولي للغشاء السيليلوزي يفصل بين خليتين بنتين تتوفران على نفس عدد الصبغيات.

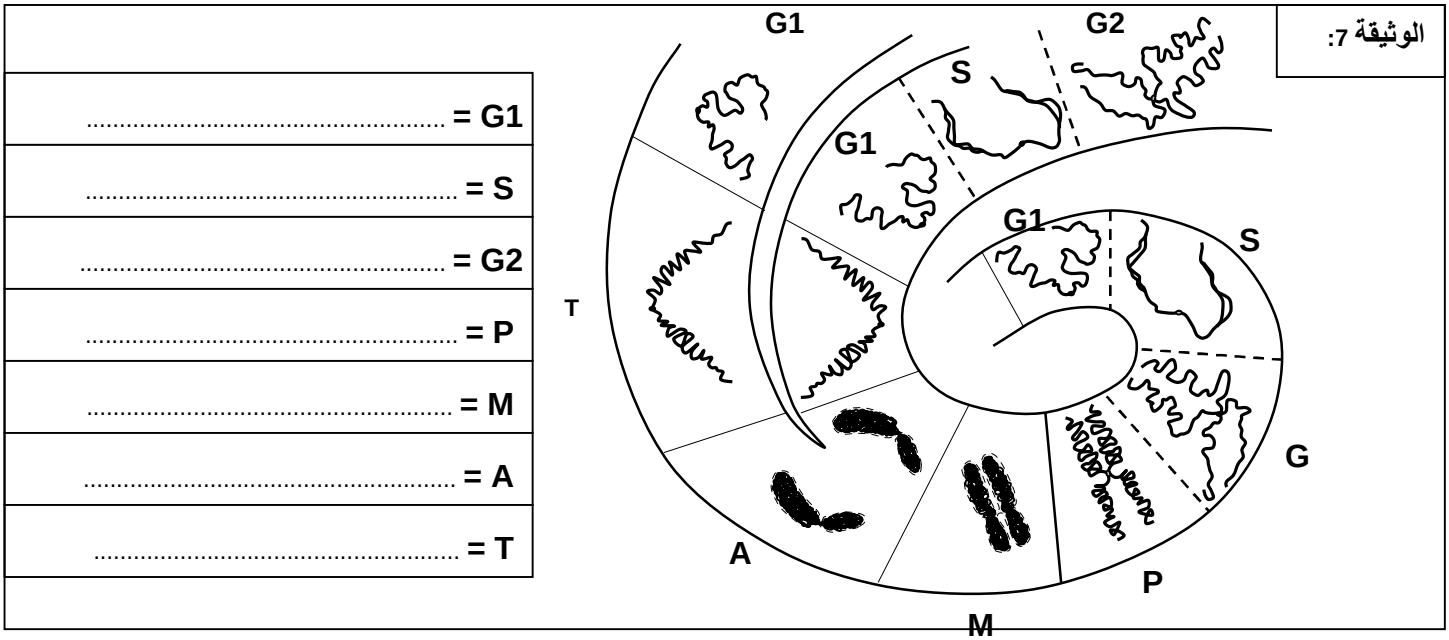
② الانقسام غير المباشر عند خلية حيوانية.

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 الجسيم المركزي Le centrosome، مكون من مريكزين 2Centrioles، يشكل كل واحد منهما نجيمة قطبية Aster، يتكون بينهما المغزل اللالوني أثناء الانقسام الخلوي.
- خلال الطور النهائي، يتم انفصال الخليتين البنتين، 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، لوحة3.

الوثيقة 7:



يكون كل انقسام غير مباشر مسبوقا بمرحلة سكون، تتميز بمضاعفة الصبغيات، ليصبح كل صبغي ناتج عن انقسام غير مباشر، مكونا من صبيغيين متماثلين. ويمثل مجموع مرحلة الانقسام غير المباشر، ومرحلة السكون التي تسبقه، دورة خلوية.
ادن تنتقل الدخيرة الوراثية من جيل إلى أخر دون تغيير، فنتكلم 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.

③ نشاط 3 التركيب الكيميائي للخبر الوراثي
قصد تحديد طبيعة الخبر الوراثي أنجزت التجارب التالية:
❶ أبحاث Griffith (1928)

في سنة 1928 قام العالم الإنجليزي Griffith بملاحظة المكورات الثنائية الرئوية Les pneumocoques ، وهي بكتريا تسبب التهاب الرئة ، وتوجد على شكلين مختلفين:
- **شكل يحتوي على محفظة (عليبة) ويكون لمات ملساء، نرمز لها بالحرف S (Smooth) . تتميز بكونها حادة (ممرضة).**
- **شكل بدون محفظة ويكون لمات حرشة (خشنة)، نرمز 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 فار 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 يمت الفأر A2، وذلك لكونه حقن بمكورات R حية، وهي بكتيريا غير حادة.
لم يمت 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.

❷ أبحاث Mc Carthy , Mc Leod , 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 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 ويبين تحليل دمه وجود بكتيريا S حية .**

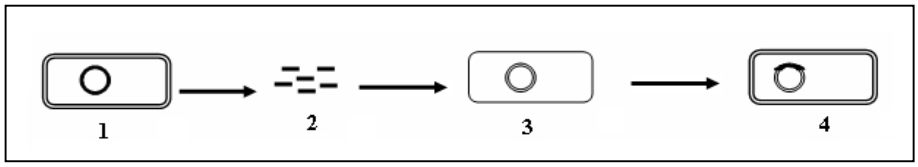
ماذا تستنتج من خلال تحليل نتائج تجربة Avery ومساعدوه ؟

b – تحليل واستنتاج:

نلاحظ أن التحول البكتيري لا يحدث عند استعمال أنزيمات محال 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.

c – تفسير آلية التحول البكتيري: أنظر الرسم.



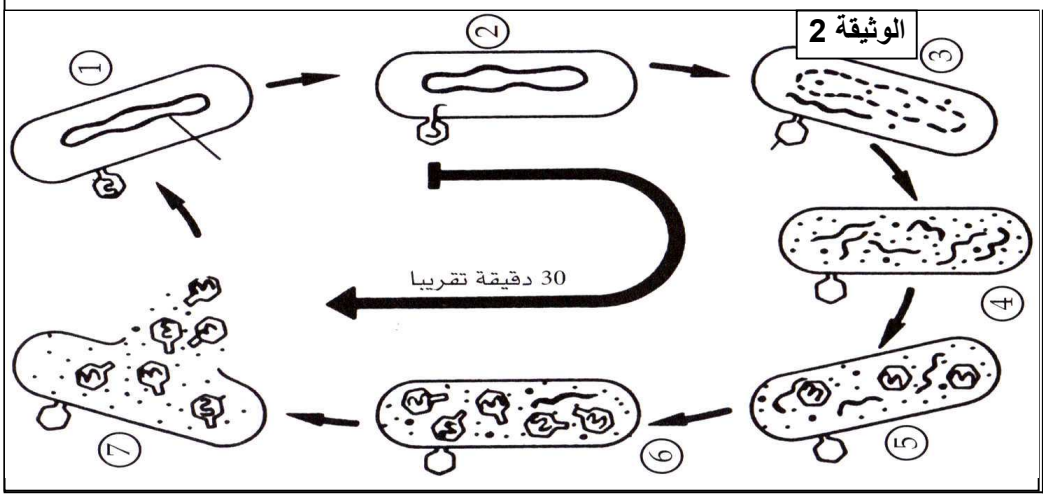
بعد موت المكورات S الحادة (1) يتجزأ ADN إلى أجزاء صغيرة (2) فيدمج جزء من ADN المكورات S ،في ADN المكورات R الحية (3)، التي تصبح لها القدرة على تركيب المحفظة المسؤولة عن المرض، وبالتالي تصبح مكورات S حية. يعني هذا نقل صفة وراثية جديدة من S إلى R .

د – دورة حياة العاتية Bactériophage : أنظر الوثيقة1،2،لوحة 4.

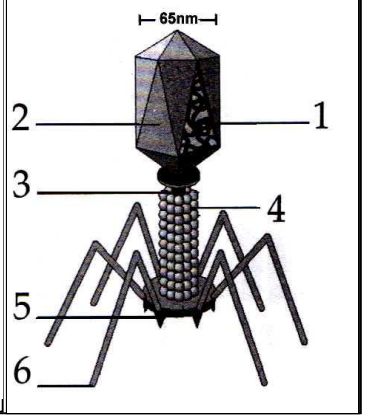
❸ تكاثر الحمات (الفيروسات) Les virus

تعتبر الفيروسات نظاما حيا، لها شكل هندسي مكون من بروتينات يتوسطها حمض نووي ADN وأحيانا ARN كحالة الزكام والسيدا.
ليس لها استقلاب خاص بها بل تتكاثر على حساب خلايا أخرى.مثلا العاثية Bactériophage (أنظر الوثيقة1) تتكاثر على حساب البكتيريا. ويتم ذلك على مراحل (أنظر الوثيقة 2): ماذا يمكنك استنتاجه من هذه الوثائق لتفسير تكاثر العاثيات ؟

الوثيقة 2



الوثيقة 1



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

- ✓ تثبيت العاتية على البكتيريا، وتسرب جزيئة ADN العاثية 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 تحقن 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**.

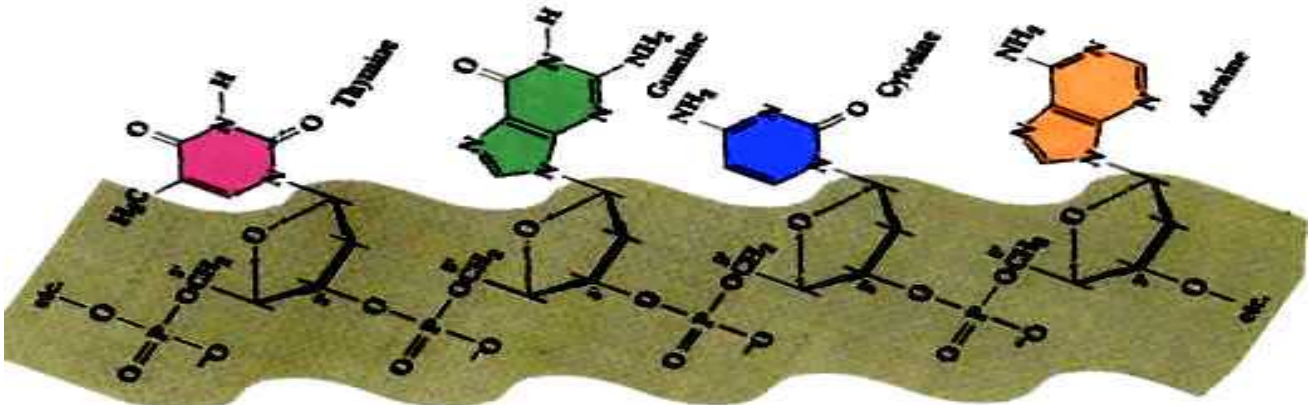
① المكونات الكيميائية لجزيئة **ADN**. أنظر نشاط 4، وثيقة1، لوحة 5.

♥ **الوثيقة 1 : تعتبر جريئة 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: الأدنين(Adénine (A ، الغوانين(Guanine (G ، التيمين Thymine (T) ، 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)

الوثيقة 1 :



بينت حلمأة 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 أكسجين + حمض فسفوري + قاعدة أزوتية A أوT أو C أوG، و بذلك يسمى ADN بعديد النيكليوتيدات.

② بنية جزيئة ADN.

a – نتائج Chargaff:

قام Chargaff بتحديد نسب القواعد الأزوتية الأربع، A, T, C, G، في جزيئات ADN ذات مصادر مختلفة، فحصل على النتائج المبينة على الوثيقة 2، لوحة5.

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

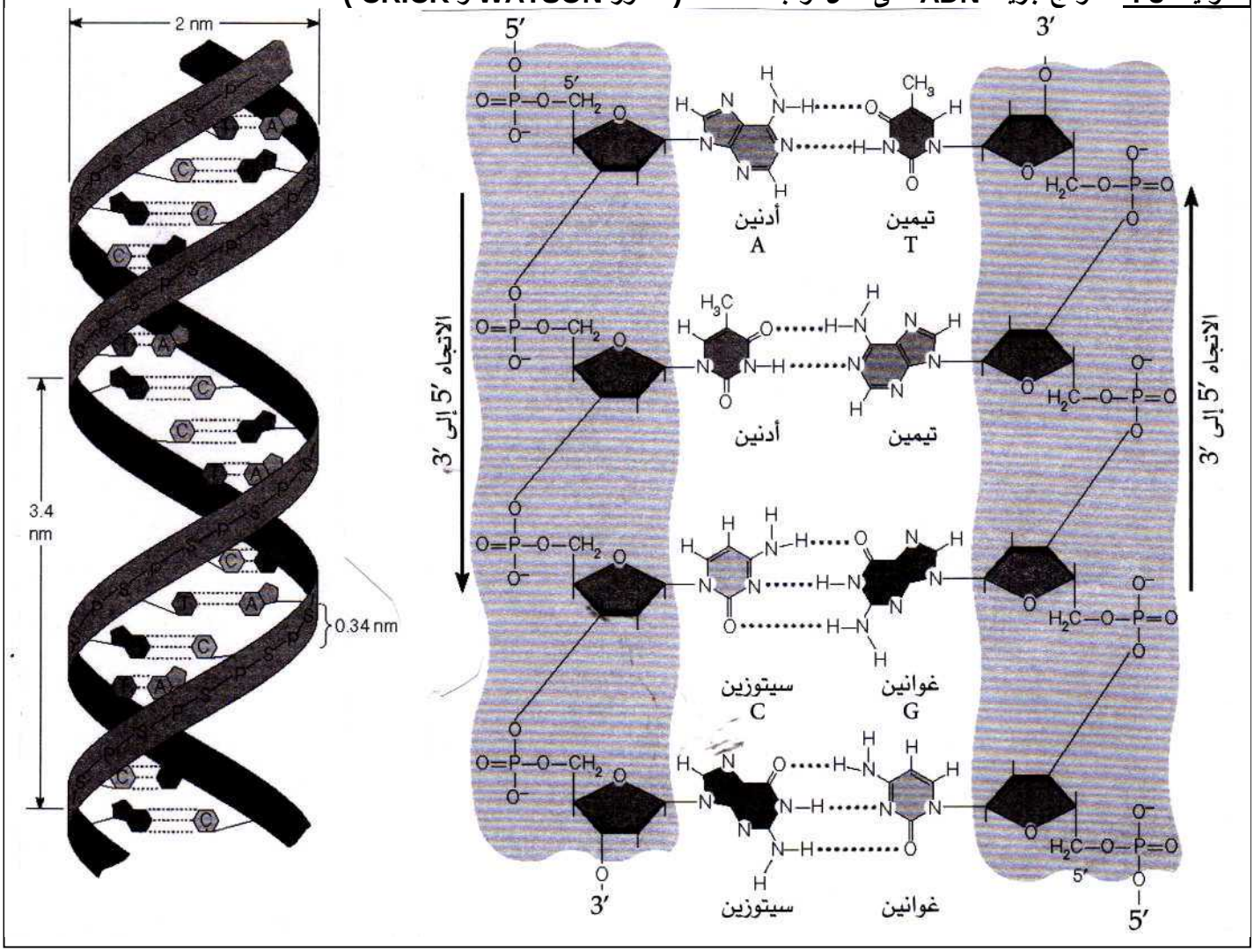
الأجسام	التركيب من القواعد الازوتية ب mol %				نسبة القواعد الازوتية		
	A	G	C	T	A /T	G/C	A+G/C+T
الإنسان	30.9	19.9	19.8	29.4	1.05	1.01	1.03
الخروف	29.3	21.4	21.0	28.3	1.04	1.02	1.03
الدجاج	28.8	20.5	21.5	29.3	0.98	0.95	0.97

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، وC ترتبط ب G.
أنظر الوثيقة 3، لوحة 5.

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



في سنة 1953 اقترح العالمان Watson و Crick، نموذجا 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 أكسجين للنيكليوتيد الأول و الكربون '3 لسكر الريبوز ناقص أكسجين للنيكليوتيد الموالي، وهكذا إلى نهاية اللولب و بالتالي تكون هناك نهايتين حرتين: '3 و '5 ، ومن تم نصطلح 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.

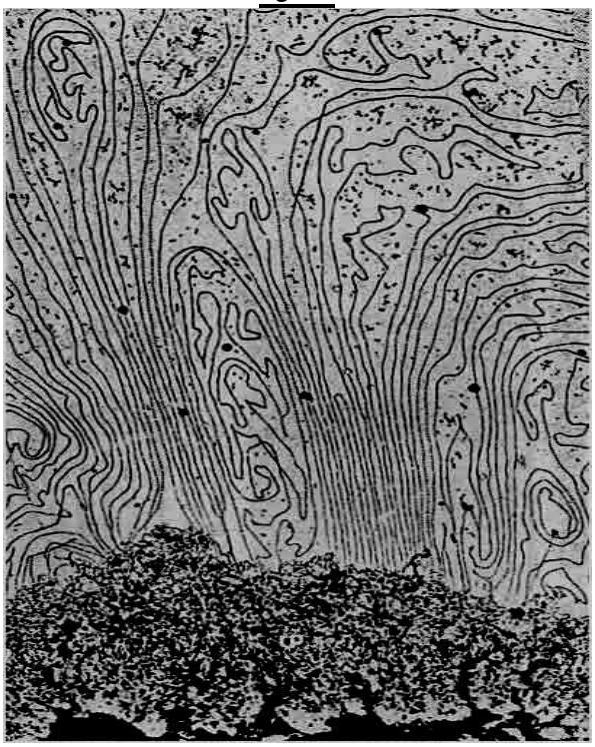
V – العلاقة بين الصبغين، الصبغيات، و ADN.

① بنية الصبغين.

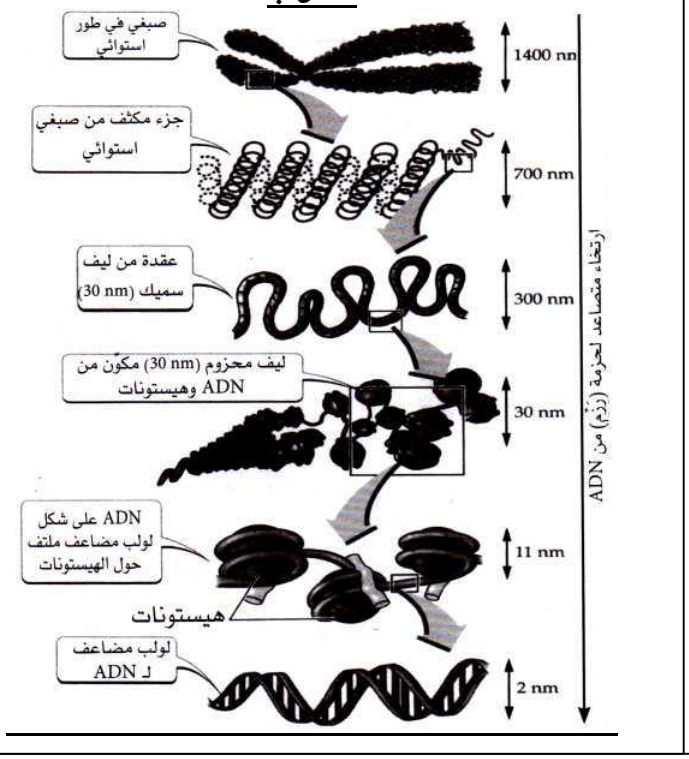
☒ يعطي الشكل أ من الوثيقة 4، لوحة 6، ملاحظة بالمجهر الالكتروني لصبغي استوائي، تمت معالجته بواسطة أنزيمات نوعية تحلل البروتينات. انطلاقا من هذه الملاحظة استخرج بنية الصبغين.

♥ الوثيقة 4: الشكل أ بنية الصبغين La chromatine ، الشكل ب بنية الصبغي Le chromosome :

الشكل أ



الشكل ب



☑ تبين الملاحظة المجهرية لصبغين خلية أنه يتكون من خيوطات متشابكة، يبلغ قطر الواحد منها ¡30nm وتسمى هذه الخيوطات خيوطات نووية Les nucléofilaments .

بينت الدراسات أن الخيط 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 4 ،لوحة 6.

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

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

VI – آلية مضاعفة جزيئة ADN.

① الكشف عن مضاعفة جزيئة ADN. أنظر نشاط 5،وثيقة1، لوحة6.

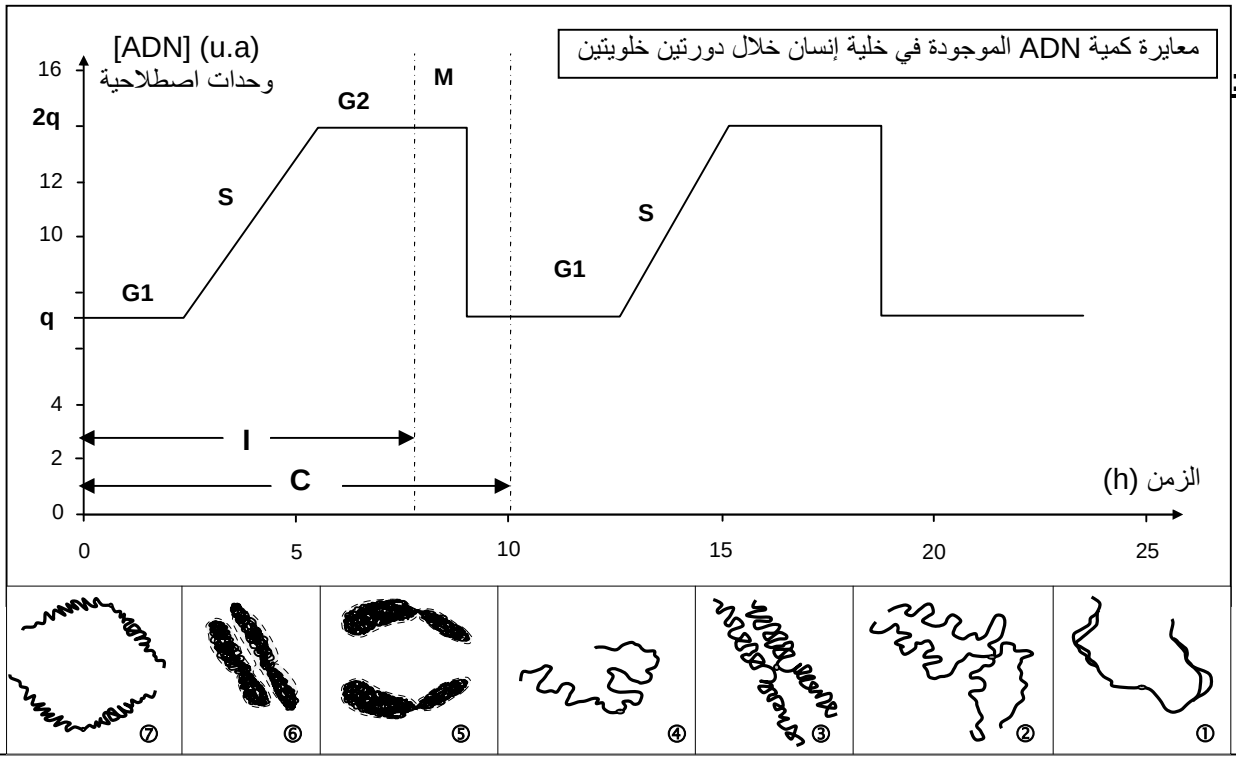
⑤ نشاط 5 مضاعفة ال ADN وعلاقتها بالحفاظ على الخبر الوراثي:

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:

♥ الوثيقة1 : 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: I، وC ، 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.

الوثيقة1:



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، لتتضاعف 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 التمهيدية 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، فتنسب المرحلة M، أي الانقسام غير المباشر، (3 للمرحلة التمهيدية، 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 الصبغيات حيث يصبح كل صبغي مكونا من صبيغيين.

★ مرحلة الانقسام غير المباشر، خلالها تنشطر الصبغيات على مستوى الجزيء المركزي، فتتشكل 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 **Meselson** و **Stahl**. أنظر الوثيقة 2، لوحة 7.

♥ الوثيقة 2 : تجربة Meselson و Stahl

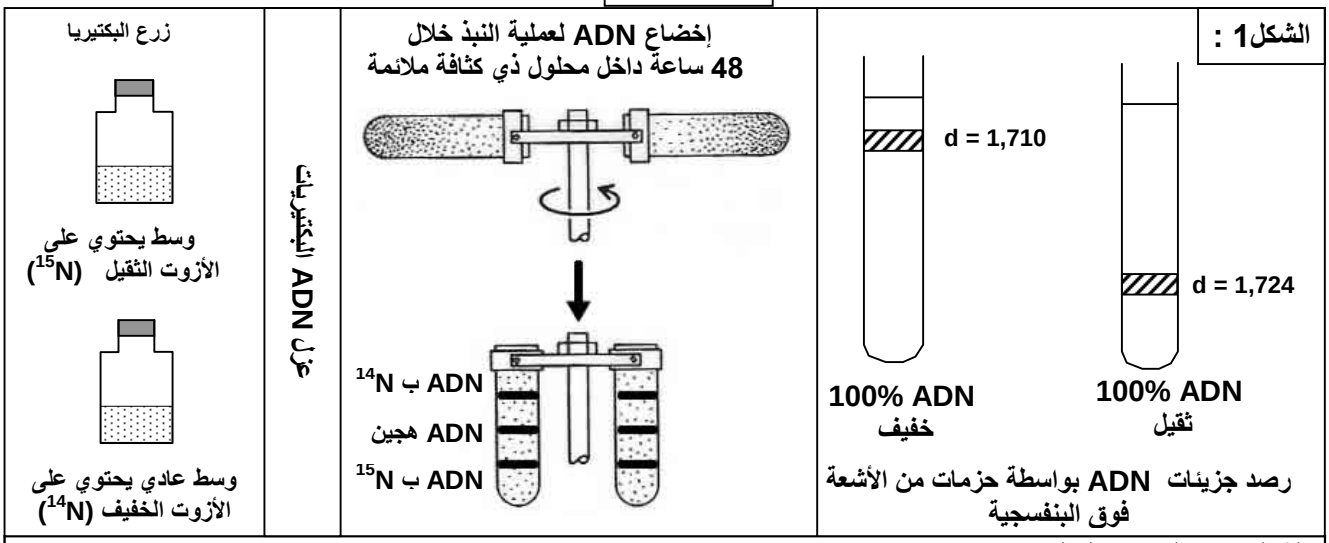
بواسطة تقنية النبذ centrifugation ، تمكن Meselson و Stahl من عزل جزيئات ADN تحتوي على ذرات الأزوت الثقيل ^{15}N عن جزيئات ADN المشابهة والتي تحتوي على ذرات الأزوت الخفيف ^{14}N . كما هو مبين على الوثيقة 2 :

1) ماذا تستنتج من خلال تحليل نتائج تجربة Meselson و Stahl ؟

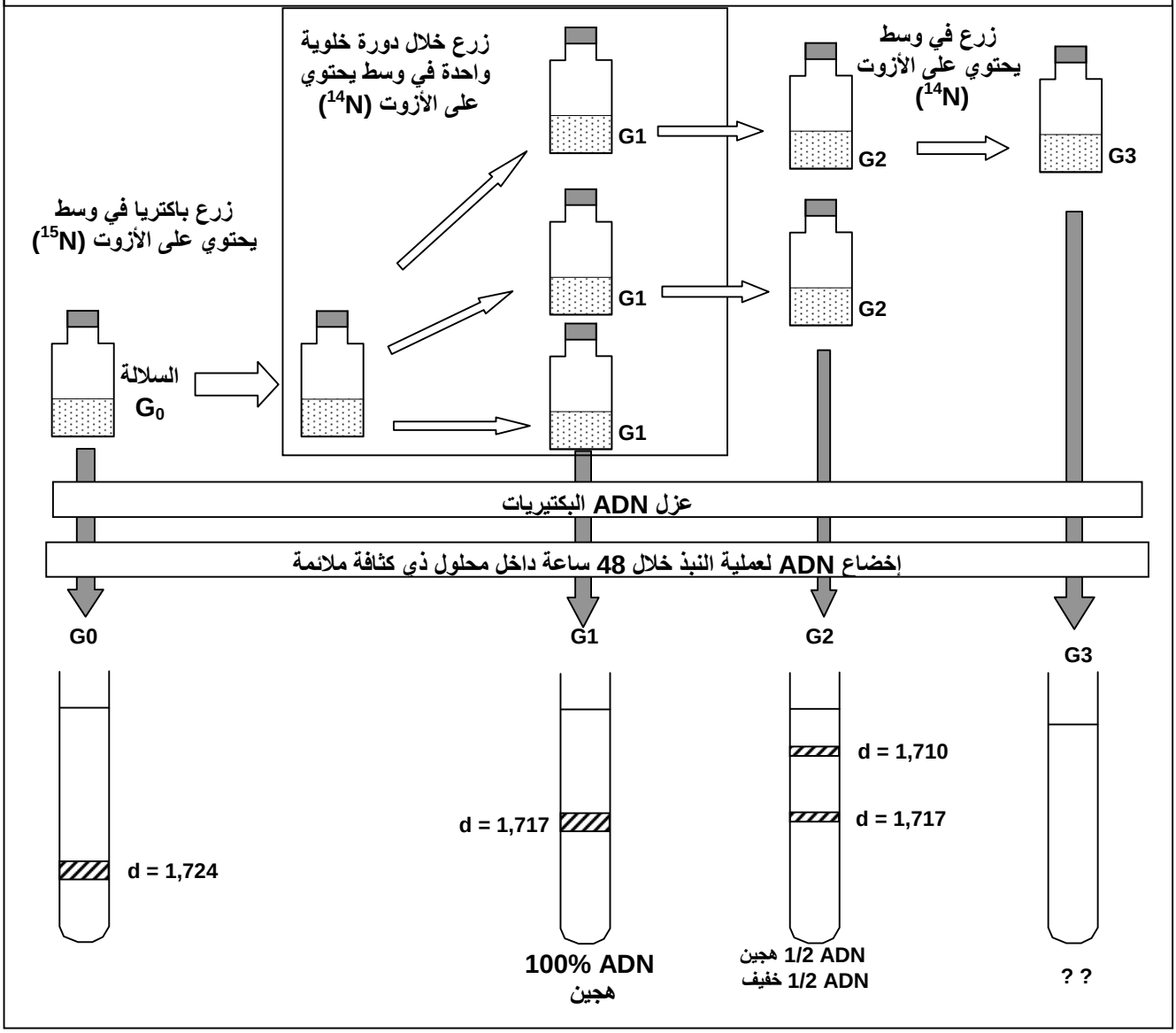
2) ترجم هذه الاستنتاجات على شكل رسوم تخطيطية محترما الطبيعة الفيزيائية لجزيئة ADN، قصد تفسير نتائج التجربة .

الوثيقة2:

الشكل1 :



الشكل 2 : البروتوكول التجريبي ونتائج تجارب Meselson و sthall



G0 = سلالة في وسط يحتوي على الأزوت الثقيل (^{15}N) –
G1 = بكتيريا الجيل الأول الناتجة عن السلالة G0 في وسط يحتوي على الأزوت الخفيف (^{14}N) .
G2 = الجيل الثاني ناتج عن G1 في وسط يحتوي على الأزوت (^{14}N) ----
G3 = الجيل الثالث ناتج عن السلالة G2 في وسط يحتوي على الأزوت (^{14}N) .

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 هجينا.

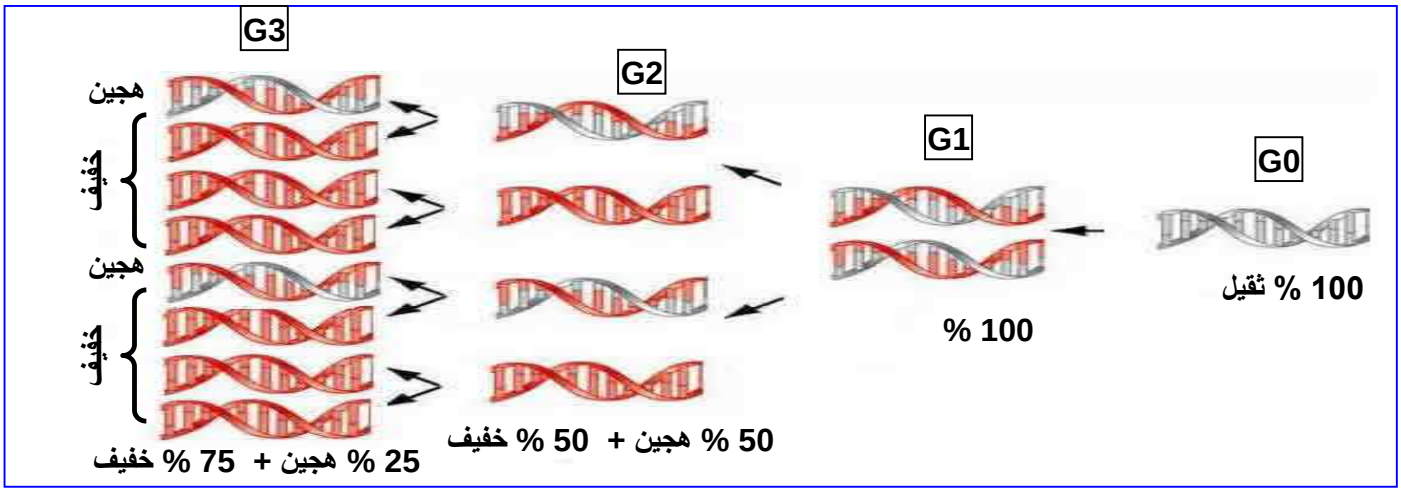
الجيل G2 : 50% من الخلايا لها ADN هجين و % 50 لها AND خفيف.

الجيل G3 : 25% من الخلايا لها ADN هجين و % 75 لها AND خفيف.

بناءا على هذه النتائج، فان 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 يتوفر إلا على ^{14}N فقط.

2) أنظر الرسم :



ب – تجربة **Taylor**. أنظر الوثيقة 3، لوحة 8.

♥ الوثيقة 3 :تجربة Taylor

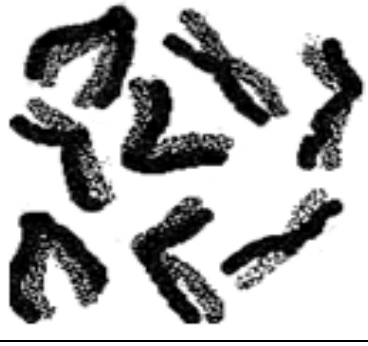
وضع Taylor جذور نبات Bellevalia في وسط يحتوي على التيمدين معلم بالتريتيوم H^3 ، وهو نظير إشعاعي النشاط للهدروجين.

وبعد مرور 8 ساعات (مدة طور السكون)، أخرج Taylor هذه الجذور ثم غسلها ووضعها غي وسط اقتياتي محايد (غير مشع)، وتتبع اندماج التيمدين بالتصوير 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 الوثيقة3 :

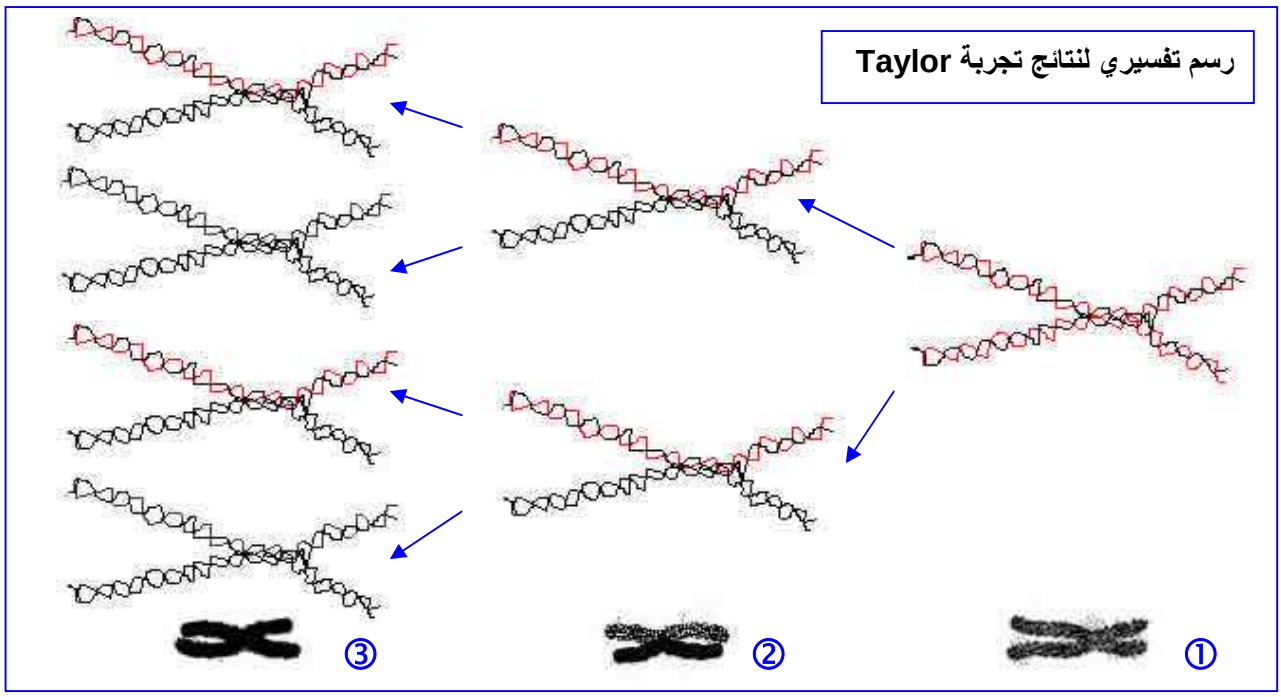
1) بين أهمية توظيف التيميدين والكولشيسين في هذه التجربة.

2) صف نتائج هذه التجربة.

3) فسر بواسطة رسوم نتائج هذه التجربة، مع العلم أن كل صبيغي يتكون من جزيئة ADN واحدة.

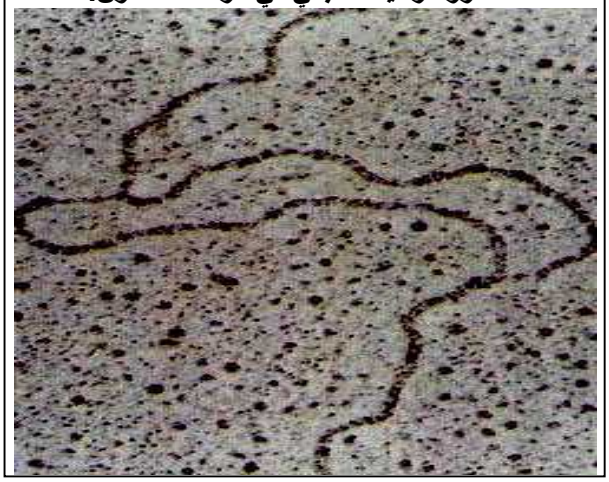
الوثيـــــــــــقة 3		
① مظهر الصبغيات بوجود التريتيوم	② مظهر الصبغيات بعد وضعها في وسط محايد خلال مدة تقابل دورة خلوية	③ مظهر الصبغيات بعد وضعها في وسط محايد خلال مدة زمنية تقابل دورتين خلويتين
		

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 صبيغيي 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 لواب من لولبي ADN، يعمل كقالب يشيد عليه لواب 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.



ج – التضاعف النصف محافظ لجزيئة **ADN**. أنظر الوثيقة 4، لوحة 8.

الوثيقة 4:
الشكل 1:
ملاحظة الكترونغرافية لصبغي في مرحلة السكون.

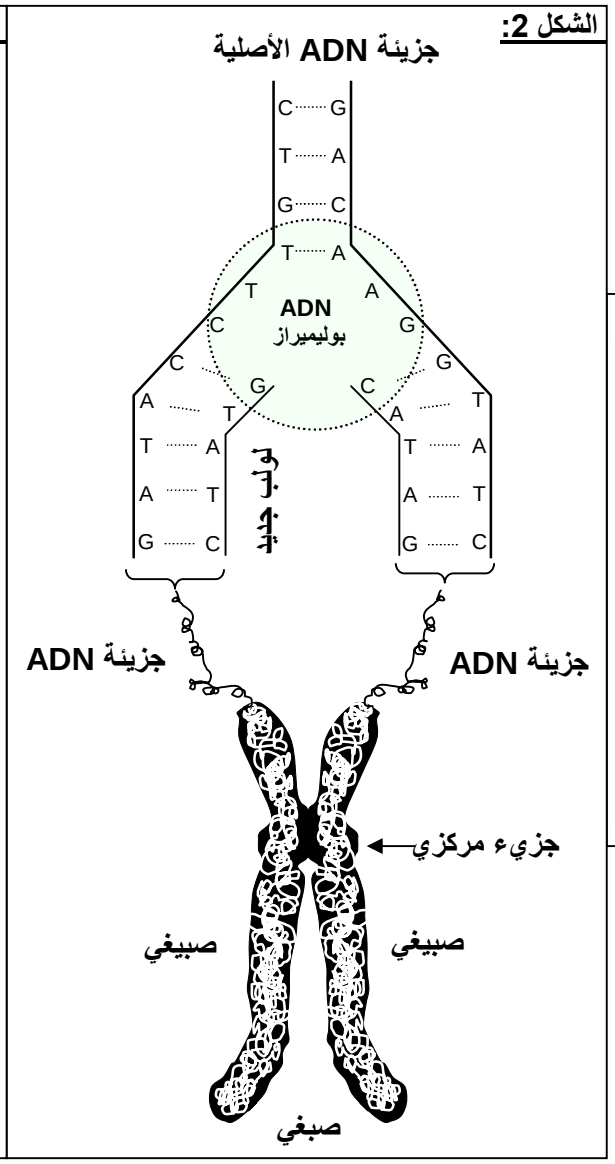


يتطلب تركيب ADN جزيئة أصلية، ونيكليوتيدات حرة، وأنزيمات، وطاقة. ويتم التركيب الإحيائي لـ ADN على الشكل التالي:

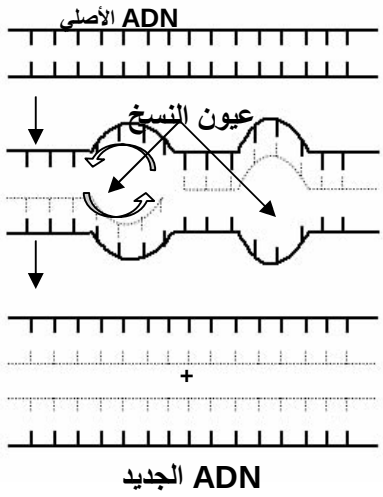
✶ تحت تأثير أنزيم خاص، يتم تفريق اللولبين المكملين، بانفصال الروابط الهيدروجينية الرابطة بين القواعد الازوتية، وبذلك تظهر مناطق افتراق اللولبين على شكل عيون النسخ (الشكل 1).

✶ بلمرة تدريجية للنكليوتيدات تحت تأثير أنزيم ADN بوليميراز، حيث يستعمل كل شريط قديم كنموذج لتشييد شريط جديد، وذلك مع احترام تكامل القواعد الازوتية مع تلك المتواجدة في اللواب الأصلي، (الشكل2)، نتكلم عن النسخ الجزيئي لـ ADN.

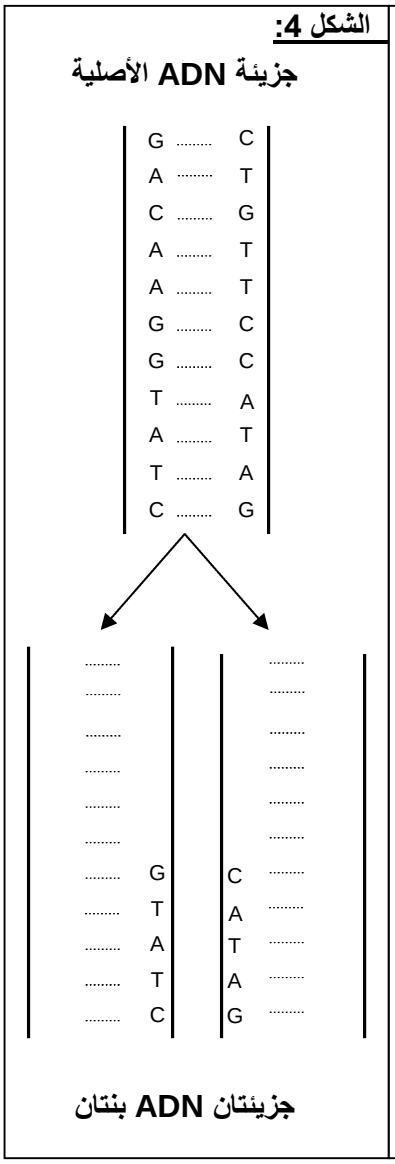
الشكل 2:



الشكل 3 :



الشكل 4:



✶ تتم استطالة الشريطين الجديدين في الاتجاهين على مستوى عين النسخ، (الشكل3) مما يؤدي إلى اتساعها، فتلتحم ببعضها البعض ليتم الحصول على جزيئتين بنتين من ADN، كل واحدة تتكون من شريط قديم، ورثته من الجزيئة الأصلية، مع شريط جديد. (الشكل4)