الفصل الثاني:
تعبير الخبر الواثي

تمهيد:

من خلال دراسة تجارب GRIFFITH تبين أن هناك علاقة بين المادة الوراثية (ADN)، وظهور أو غياب صفة معينة. فما هي هذه العلاقة؟ وكيف يتحكم ADN في ظهور صفات وراثية قابلة للملاحظة والقياس؟

I – مفهوم الصفة، المورثة، الحليل، والطفرة.

① مفهوم الصفة الوراثية.

الصفة الوراثية هي ميزة نوعية أو كمية، تميز فردا عن باقي أفراد نوعه، وتنقل عبر الأجيال.
بعض الصفات تلاحظ بالعين المجردة (لون الأزهار مثلا)، في حين لا تبرز أخرى إلا بواسطة اختبارات أو تحاليل خاصة (الفصيلة الدموية مثلا).

② العلاقة بين الخبر الوراثي والصفة.

أ – **تجارب.** أنظر نشاط 1، لوحة1.

① نشاط 1 مفهوم الصفة، المورثة، الحليل، والطفرة.

من خلال التجربتين التاليتين نحاول تتبع انتقال بعض الصفات الوراثية .

♥ التجربة 1 :

نختار إحدى الكائنات الحية التي لها دورة نمو قصيرة زمنيا مثل بكتريا Echerichia-Coli. إذا كانت الظروف ملائمة تنقسم هذه البكتريا فنحصل على مستعمرة بكتيرية (colonie) تدعى اللمة (clone)، تكون البكتريا بها لها نفس الخصائص والمتطلبات. و قد تتوالد هذه البكتريا في وسط أدنى (أملاح معدنية + غراء + سكر) = (M.m). ومن مميزات هذه البكتيريا أنها غير قادرة على العيش والتكاثر في وسط يحتوي على المضاد الحيوي (Antibiotique) المسمى ستريبتوميسين Streptomycine، حيث تعتبر حساسة لهذا المضاد الحيوي فنرمز لها بـ Strep S.

بعد زرع هذه البكتيريا في وسط بدون ستريبتوميسين، تم تشتيلها (نقلها) إلى أوساط مختلفة كما هو مبين على الوثيقة1:

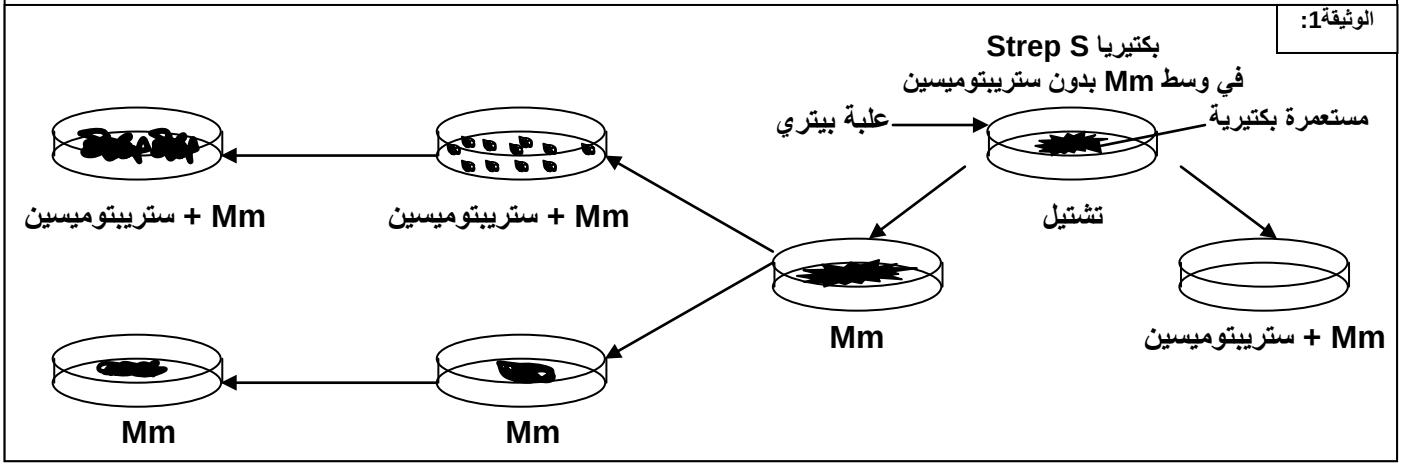
1) انطلاقا من هذه المعطيات، أعط تعريفا للمة.
2) صف هذه التجربة، ثم حدد ما هو المشكل الذي تطرحه هذه النتائج؟
3) اقترح تفسيرا لنتائج هذه التجربة.

♥ التجربة 2 :

نضع بكتريا Strep s غير قادرة على العيش في وسط لا يحتوي على االلاكتوز (Lactose).وتتطلب هذه البكتريا هذا الأخير للعيش ولهذا يرمز إليها ب (Lac -) ، ادن هذه البكتريا سيرمز إليها ب (Strep s , Lac -). إذا تتبعنا هذه التجارب فإننا نحصل بالإضافة للبكتريا المذكورة سابقا على أنواع أخرى والتي هي : (Strep r , Lac -) ، (Strep r , Lac +), (Strep s , Lac +) .

4) ماذا تستنتج من تحليل معطيات التجربة 2 ؟
5) اربط بين نتائج التجربتين وبنية جزيئة ADN ثم استخلص مفهوم المورثة Le gène و مفهوم الحليل L'allèle .

الوثيقة1:



ب – تحليل واستنتاج.

1) اللمة هي مجموعة من الأفراد لهم نفس الخبر الوراثي، ومن تم نفس الصفات.

2) نلاحظ أن البكتيريا لا تتكاثر عند وجود الستريبتوميسين (Strep S)، لكن تظهر تلقائيا بكتيريات أخرى في هذا الوسط، مقاومة للستريبتوميسين، نصطلح على تسميتها (Strep R).
المشكل المطروح هو كيف أصبحت البكتيريا Strep S بكتيريا Strep R ؟

3) بما أن الصفة Strep S وراثية، والصفة Strep R بدورها وراثية، فان المتحكم فيهما هو ADN.
لا يمكن ادن تفسير تحول البكتيريا Strep S إلى بكتيريا Strep R إلا بحدوث تغير فجائي على مستوى ADN، ونسمي هذا التغير بالطفرة Mutation، فنقول أن البكتيريا Strep R بكتيريا طافرة أما البكتيريا Strep S فهي بكتيريا متوحشة.

4) نلاحظ في هذه التجربة صفتين:
★ العلاقة بالستريبتوميسين: وتظهر شكلين، الشكل المتوحش Strep S، والطافر Strep R.
★ العلاقة باللاكتوز: وتظهر شكلين، الشكل المتوحش Lac^-، والشكل الطافر Lac^+.
وهكذا فالسلالة المتوحشة بالنسبة للصفتين هي: (Strep S, Lac^-).
والسلالة الطافرة بالنسبة للصفتين هي: (Strep R, Lac^+).
نلاحظ أن ظهور طفرة في صفة ما غير مرتبط بالضرورة بظهور طفرة في الصفة الأخرى، ويمكن تفسير ذلك بأن قطعتي ADN المتحكمتين في الصفتين مختلفتان.

5) بما أن التغير على مستوى المادة الوراثية ADN أدى إلى تغير على مستوى الصفة، فهذا يعني أن كل صفة يقابلها جزء خاص من ADN، يسمى مورثة Gène.

③ العلاقة مورثة – بروتين / بروتين - صفة.

أ – مثال أول : تجربة Beadle et Tatum: أنظر نشاط 2، لوحة1.

② نشاط 2 العلاقة صفة – بروتين – مورثة
قصد الكشف عن هذه العلاقة نعمل على استثمار المعطيات التالية:
♥ تجربة Beadle و Tatum
النوروسبورا Neurospora عفن مجهري على شكل غزل فطري، ينمو عادة على الخبز. يمكن للسلالة المتوحشة أن تعيش في وسط أدنى يحتوي على سكر + ماء + أملاح الأمونيوم. بينما توجد سلالة طافرة غير قادرة على العيش في هذا الوسط.
نقوم بزرع السلالة الطافرة في وسط أدنى + الحمض ألأميني التريبتوفان L'acide aminé Tryptophane فنلاحظ أن هذه السلالة قادرة على العيش والتكاثر في هذا الوسط وحده.
1) ماذا تستنتج من هذه التجربة؟
يتم تركيب التريبتوفان عبر سلسلة من التفاعلات الأنزيمية، يمكن تلخيصها فيما يلي:

أملاح الأمونيوم (وسط أدنى)	← أنزيم E1	حمض أنترانيليك Antranilique	← أنزيم E2	أندول Indole	← أنزيم E3	تريبتوفان Tryptophane

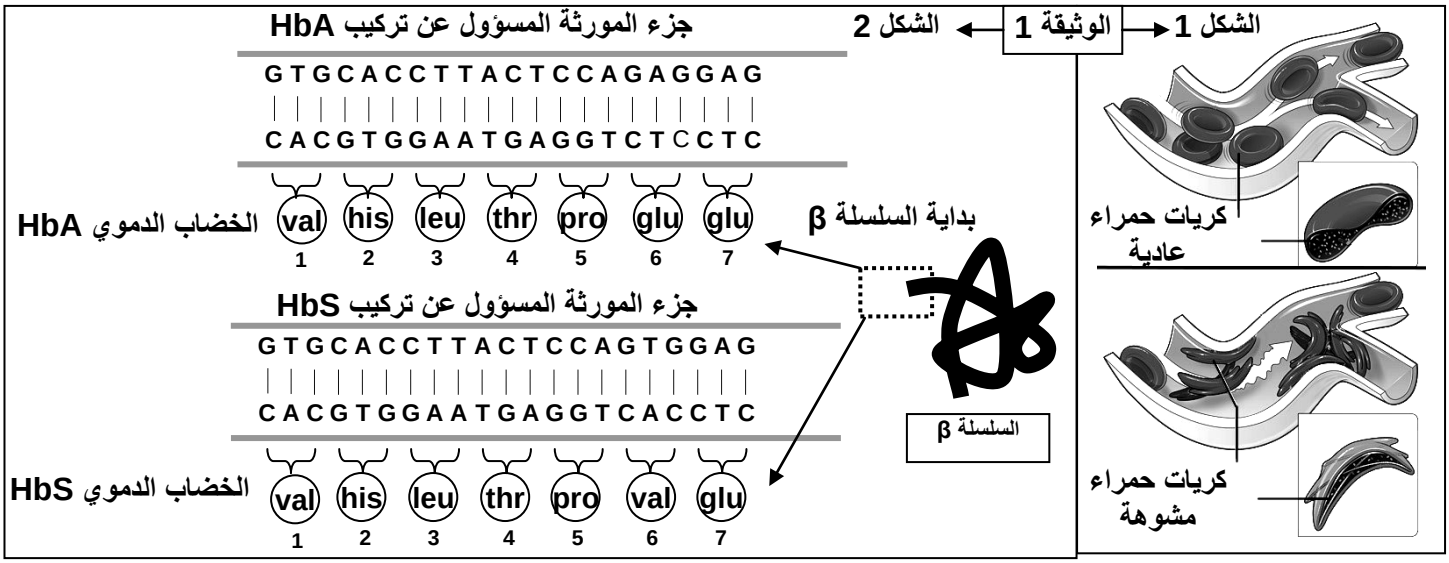
2) ماذا تستخلص إذا علمت أن بعض السلالات الطافرة يكفيها وجود حمض أنترانيليك في الوسط لكي تعيش وتتكاثر ؟

1) نلاحظ أن السلالة الطافرة غير قادرة على تركيب التريبتوفان في وسط أدنى يتكون من أملاح الأمونيوم فقط. لذا نرمز لهذه السلالة ب Try^-، ونقول أنها سلالة غير ذاتية التركيب للتريبتوفان Auxotrophe pour la tryptophane. بينما السلالة المتوحشة Try^+ فهي ذاتية التركيب للتريبتوفان Autotrophe pour la tryptophane.
نستنتج من هذه الملاحظة أن الصفة مرتبطة بالقدرة على تركيب بروتيني معين.

2) إن السلالة الطافرة Try^- غير قادرة على تحديد التحول أملاح الأمونيوم ← حمض الأنترانيليك.
وذلك لغياب الأنزيم E1.
نستخلص ادن أن كل صفة مرتبطة بتركيب بروتيني معين، والذي يرتبط بدوره بتركيب أنزيمي معين.

ب – مثال ثاني : فقر الدم المنجلي L'anémie falciforme أنظر الوثيقة 1، لوحة 2

الوثيقة 1
الخضاب الدموي بروتين يوجد داخل الكريات الحمراء و له دورين، وظيفي يتجلى في نقل الغازات التنفسية، و بنيوي يتجلى في إعطاء الشكل الكروي المقعر للكريات الحمراء.
فقر الدم ألمنجلي مرض استقلابي ناتج عن تركيب خضاب دموي Hémoglobine غير عادي (تشوه الكريات الحمراء تصبح منجلية الشكل) يرمز له ب (HbS)، بينما يرمز لخضاب الدم العادي ب (HbA) .أنظر الوثيقة1، شكل1.
عند تحرير (HbS) للأكسيجين يصبح الخضاب غير دواب ويترسب على شكل ابر تشوه مظهر الكريات الحمراء التي تفقد ليونتها وتسد الشعيرات الدموية، مما ينتج عنه فقر في إمداد الخـــــــــــلايا بالأكسيجين.
يعطي الشكل2 تسلسل الأحماض الأمينية المكونة لجزء من جزيئة الخضاب الدموي مع جزء من المورثتين المتحكمتين في تركيبهما.
1) قارن سلسلتي HbA و HbS من جهة ومورثة HbA و HbS من جهة أخرى.
2) ماذا تستنتج ؟



1) يكمن الاختلاف الوحيد بين السلسلة β للخضاب الدموي HbA والخضاب الدموي HbS، في تعويض الحمض الأميني رقم 6 (Glu) في HbA بالحمض الأميني Val في HbS.
وأن متتالية القواعد الأزوتية لجزء المورثة HbA تختلف عن متتالية القواعد الازوتية لجزء المورثة HbS، إذ استبدل الزوج النيكليوتيدي رقم 17، حيث تم استبدال A – T في HbS بـ T – A في HbA.

2) إن استبدال متتالية القواعد الازوتية في المورثة، ترتب عنه تغيير في متتالية الأحماض الأمينية في البروتين. نستنتج أن هناك علاقة بين المورثة والبروتين.
إن كل تغيير في بنية البروتين، يؤدي إلى تغيير في المظهر الخارجي لصفة معينة (تغير بنية الخضاب تغير شكل الكريات الحمراء)، هذا يدل على وجود علاقة بين الصفة والبروتين.

ج – خلاصة.

إن كل صفة تترجم وجود بروتين بنيوي، أو نشاط بروتيني مختص، وأن كل تغير في تعاقب القواعد الازوتية (النيكليوتيدات) داخل جزيئة ADN ، ينتج عنه تغير في تعاقب الأحماض الأمينية داخل السلسلة البروتينية. وهذا يعني أن ترتيب النيكليوتيدات في جزيئة ADN، هو الذي يحدد طبيعة وترتيب الأحماض الأمينية في البروتينات.

تسمى كل قطعة من ADN تتحكم في صفة وراثية معينة مورثة، وبما أن الصفة لها عدة أشكال، فان للمورثة المتحكمة فيها عدة أشكال كذلك، وكل شكل يسمى حليلا Allele.

مثال : صفة العلاقة بالستريبتوميسين لدى البكتيريا E.coli:

الحليل المتوحش StrepS ، الحليل الطافر StrepR.

II – آلية تعبير الخبر الوراثي: من المورثة إلى البروتين.

المورثات قطع من ADN، وموقعها النواة، أما تركيب البروتينات فيتم على مستوى السيتوبلازم. فما الذي يلعب دور الوسيط بين النواة والسيتوبلازم؟

① الوسيط بين النواة والسيتوبلازم.

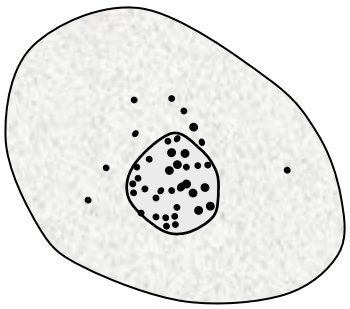
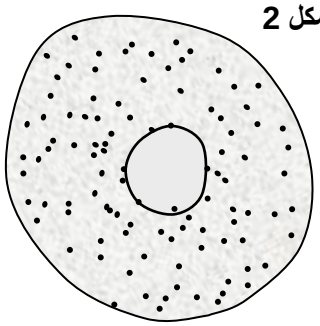
أ – معطيات تجريبية.

انطلاقا من معطيات الوثيقة1، لوحة2، حدد طبيعة الوسيط بين النواة والسيتوبلازم.

الوثيقة 1: تجربة الايسام الإشعاعي .

تضم الخلايا جزيئات يقارب تركيبها الكيميائي تركيب ADN، وتسمى ARN. نكشف عن تموضع الجزيئتين معا في خلايا البنكرياس، باستعمال خليط من ملونين : أخضر الميتيل الذي يلون ADN بالأزرق المخضر، و البيرونين الذي يلون ARN بالوردي. يضاف إلى وسط زرع الخلايا مكون نوعي لـ ARN مشع، ثم نلاحظ تطور الإشعاع داخل الخلية فنحصل على النتائج المبينة على الشكل1 و2.

ماذا تستنتج من معطيات التجربة؟ حدد الخاصية المميزة لـ ARN معللا نعته ب ARN الرسول.

الوثيقة 1:	الشكل 1	الشكل 2
		
	صورة إشعاعية ذاتية لخلية زرعت مدة 15 mn بوجود بشير مشع نوعي لـ ARN	صورة إشعاعية ذاتية لخلية مماثلة عرضت مدة 15 mnلنفس البشير المشع، ثم زرعت مدة ساعة ونصف في وسط يحتوي على بشائر أخرى عادية

ب – تحليل واستنتاج.

نلاحظ في المرحلة الأولى من التجربة تركيز الإشعاع في نواة الخلية، وفي المرحلة الثانية من التجربة انتقل الإشعاع نحو السيتوبلازم.

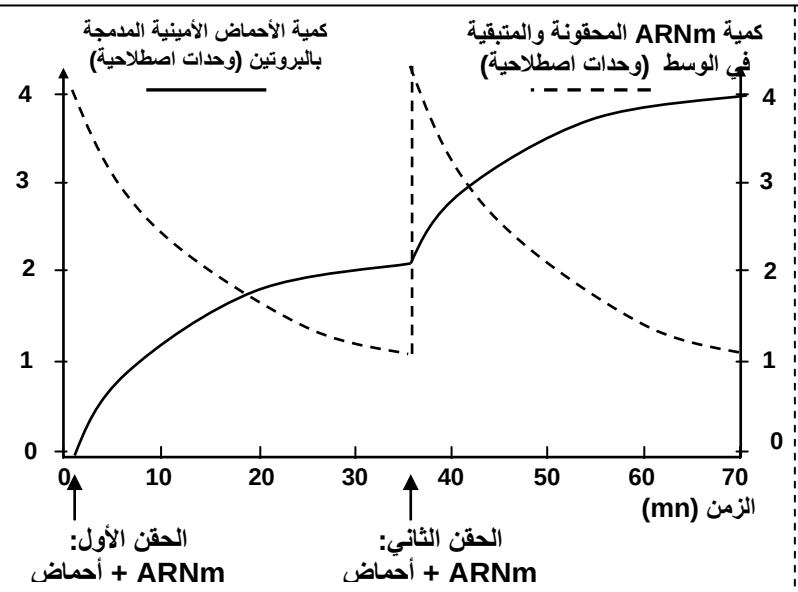
نستنتج من هذه الملاحظات أن ARN يركب داخل النواة، وينتقل بعد ذلك إلى السيتوبلازم. وهكذا يمكن افتراض أن الوسيط بين المورثات في النواة، و البروتينات في السيتوبلازم، هو ARN، لذلك سمي ARN الرسول، ونرمز له ب ARNm. (ARN méssager).

ج – التحقق من الفرضية. أنظر الوثيقة 2، لوحة3.

♥ **الوثيقة 2 : تجربة تركيب البروتينات في الزجاج.**

انطلاقا من عصيات كولونية نعد مستخلصا يحتوي على جميع المكونات السيتوبلازمية اللازمة لتركيب البروتينات، ماعدا ADN. بعد ذلك نضيف لهذا المستخلص كميتين من ARNm وأحماض أمينية، خلال فترتين مختلفتين.
يعطي المبيان أمامه، تطور كمية ARNm والأحماض الأمينية المدمجة في البروتينات بعد كل حقن.

1) صف نتائج هذه التجربة.
2) ماذا تستنتج؟



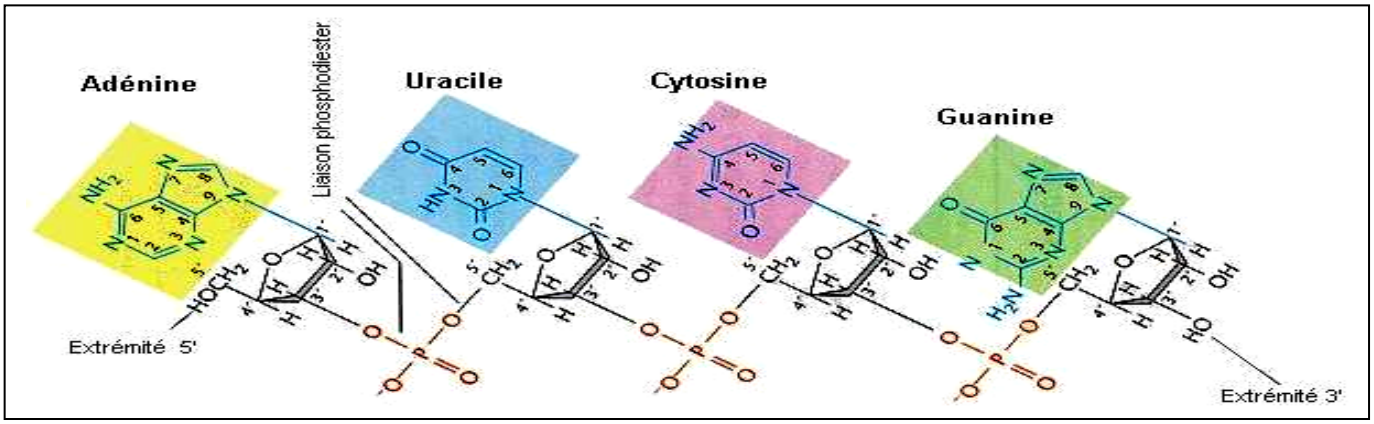
1) بعد كل حقن لـ ARNm والأحماض الأمينية، ترتفع كمية الأحماض الأمينية المدمجة في البروتينات، مع انخفاض في كمية ARNm.
2) نستنتج من هذه التجربة أن هناك علاقة مباشرة بين تركيب البروتين ووجود ARNm، أي أن ARNm هو فعلا الوسيط بين المادة الوراثية على مستوى النواة، وتركيب البروتينات على مستوى السيتوبلازم.

② بنية جزيئة ARN. أنظر الوثيقة 3، لوحة3.

♥ **الوثيقة 3 : تعطي الوثيقة التالية جزء المورثة المسؤولة عن تركيب الخضاب الدموي HbA و ARNm المناسب له. قارن الجزيئتين.**

GUGCACCUUACUCCAGAGGAG **ARNm المناسب لـ ADN المسؤول عن تركيب HbA** **U = قاعدة ازوتية هي الأوراسيل (Uracile)**	GTGCACCTTACTCCAGAGGAG CACGTGGAATGAGGTCTCCTC **جزء من ADN المسؤول عن تركيب HbA**

ARN هو الحمض النووي الريبوزي Acide ribonucléique، يتكون من سلسلة من النيكليوتيدات على شكل لولب واحد (شريط واحد)، وكل نيكليوتيد يتكون من حمض فوسفوري + سكر الريبوز + قاعدة ازوتية تكون إما الأدنين A، أو الغوانين G، أو السيتوزين C، أو الأوراسيل U.



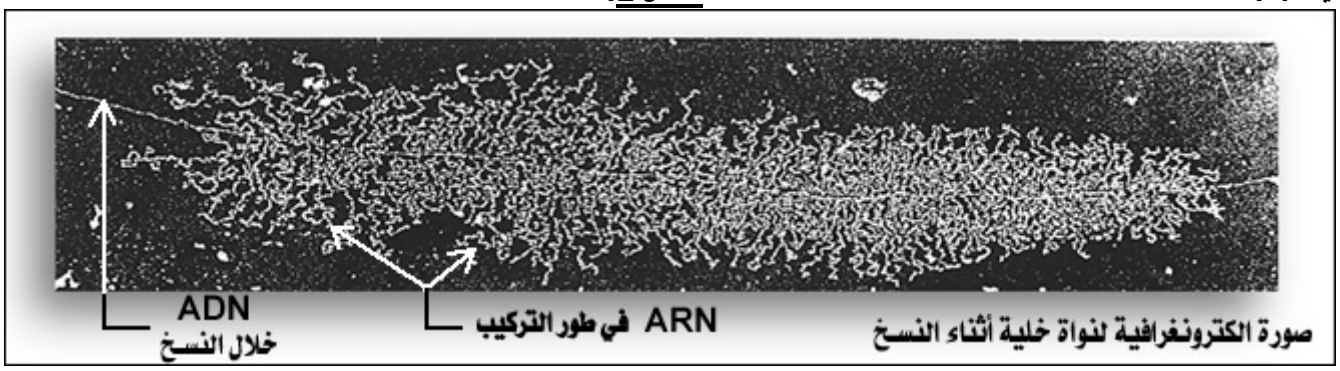
③ مراحل تعبير المورثة.

أ – مرحلة نسخ ARN: من المورثة إلى ARNm.

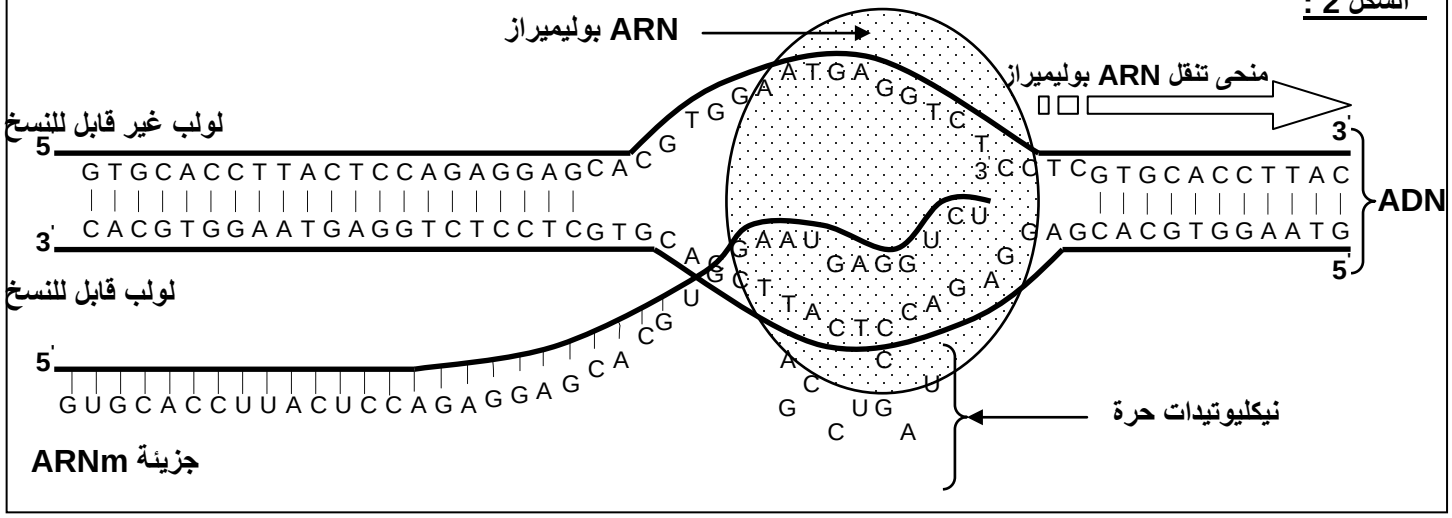
☒ انطلاقا من الوثيقة 4، لوحة 3، حدد مراحل تركيب ARNm انطلاقا من ADN.

الوثيقة 4 .

الشكل 1:



الشكل 2 :



☑ إن تركيب ARNm يتم داخل النواة، ثم ينتقل إلى السيتوبلازم حاملا الخبر الوراثي، أو الشفرة الضرورية لتركيب البروتين.

إن ARNm هو نسخة لأحد شريطي ADN، وتسمى عملية تركيب ARNm بالاستنساخ والتي تتم كما يلي:

- يتعرف أنزيم ARN polymérase على الإشارات الوراثية المسؤولة عن انطلاق تركيب ARNm ويلتصق بها.
- يعمل ARN polymérase على تفريق لولبي جزيئة ADN على اثر انفصام الروابط الكيميائية التي تجمع القواعد الازوتية المتاكملة فيما بينها.
- تعمل ARN polymérase على بلمرة النيكليوتيدات الخاصة بـ ARNm، وذلك حسب تكامل القواعد الازوتية لـ ARNm، (G أمام C و U أمام A).
- تتعرف ARN polymérase على الوحدات الرمزية المسؤولة عن نهاية الاستنساخ، فتتوقف عن البلمرة، وتستعيد جزيئة ADN حالتها الأصلية.

ب – مرحلة الترجمة في السيتوبلازم: من ARNm إلى البروتين.

a – معطيات حول الطفرات: أنظر الوثيقة1، لوحة 4.

④ نشاط 4 العلاقة بين نكليوتيدات ADN ومتتالية الأحماض الأمينية و أدوات تعبير الخبر الوراثي :

♥ **الوثيقة 1 : معطيات حول الطفرات**

كشفت دراسة الطفرات عن ما يلي:

- **يؤدي تغيير نيكليوتيد واحد أو اثنان أو ثلاثة نيكليوتيدات متتالية في المورثة، إلى تغيير متتالية النيكليوتيدات في ARNm، وبالتالي تغيير حمض أميني واحد في البروتين.**
- **يؤدي تغيير أربع أو خمس أو ست نيكليوتيد متتالية في المورثة، إلى تغيير متتالية النيكليوتيدات في ARNm، وبالتالي تغيير حمضين أمينيين في البروتين.**

عن ماذا تكشف هذه المعطيات ؟

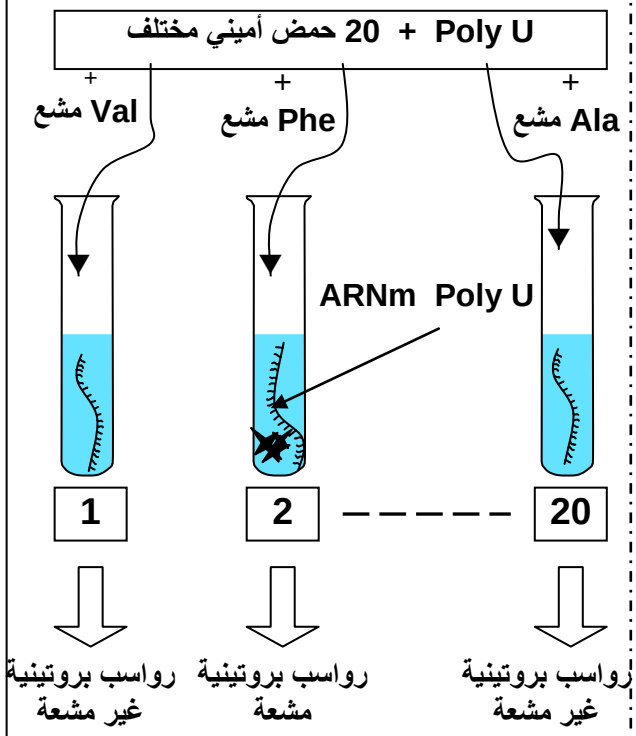
تبين هذه المعطيات ما يلي:

- هناك علاقة بين النيكليوتيدات المكونة لـ ARNm والأحماض الأمينية للبروتين.
- إن الإشارة لحمض أميني واحد في البروتين، يتم بواسطة ثلاثة نيكليوتيدات في ARNm.

b – تجارب Nirenberg و Matthaei أنظر الوثيقة2، لوحة 4.

♥ **الوثيقة 2 : تجارب Nirenberg و Matthaei.(1962)**

عزل مستخلص خلوي من بكتيريا E.coli يتوفر على كل العناصر السيتوبلازمية اللازمة لتركيب البروتينات،(ريبوزومات، ATP، GTP، Mg2+ ، أنزيمات). ماعدا ADN، وARNm.
وضع المحتوى الخلوي تحت حرارة 37°C في 20 أنبوب اختبار، ثم أضيف لكل أنبوب اختبار 20 حمض أميني . حيث أن كل أنبوب يتميز بكون حمض أميني واحد موسوم بالكربون المشع 14C . بعد ذلك تضاف إلى كل وسط جزيئات ARNm اصطناعية ، ذات متتالية نيكليوتيدية معروفة، مثلا متتالية مكونة من نيكليوتيدات لا تحتوي إلا على قاعدة ازوتية واحدة هي الأوراسيل - U - وبذلك يرمز له بـ Poly U ARNm.
في آخر التجربة وسط واحد من هذه الأوساط يظهر سلسلة عديد الببتيد مشعة، هذا الوسط يتميز بتوفره على الحمض الأميني الفينيلالانين .
1) ماذا تستنتج من هذه المعطيات ؟
عندما نستعمل ARN Poly-C نحصل على متتالية من البرولين Pro.
عندما نستعمل ARN Poly-A نحصل على متتالية من الليزين Lys.
عندما نستعمل ARN Poly-GU نحصل على متتالية من حمضين أمينيين السيستين - الفالين Val-Cys.
2) حدد الوحدة الرمزية التي تطابق كل حمض أميني من الأحماض الأمينية التي تكشف عنها التجارب السابقة.



1) يتبين من هذه المعطيات أن الطابع الوراثي الأساسي يوجد على شكل ثلاثي من النيكليوتيدات، حيث أن الثلاثي UUU يرمز للحمض الأميني الفينيلالانين.
2) الوحدة الرمزية CCC ترمز للحمض الأميني البرولين. والوحدة الرمزية AAA ترمز للحمض الأميني الليزين . والوحدة الرمزية GUG ترمز للحمض الأميني الفالين، والوحدة الرمزية UGU ترمز للحمض الأميني السيستين.

نستخلص من هذه التجارب أن كل ثلاثي نيكليوتيدي يشكل وحدة رمزية Codon، ويرمز لأحد الأحماض الأمينية. وباستعمال نفس التقنية التجريبية السابقة، تمكن الباحثون من تحديد الوحدات الرمزية التي تشير إلى

20 نوعا من الأحماض الأمينية المكونة للبروتينات، فتم تجميع النتائج المحصل عليها في جدول الرمز الوراثي الممثل على الوثيقة 3، لوحة4.

♥ **الوثيقة 3 : تبعا لتجارب مماثلة للتجارب السابقة تم الحصول على نتائج الجدول الممثل على الوثيقة 3 (جدول الرمز الوراثي) Code génétique الذي يعطي مختلف التوافقات الممكنة لأربع نيكليوتيدات مأخوذة ثلاثة بثلاثة ومعاني هذه التركيبات.**

الحرف الأول		الحرف الثاني U		الحرف الثاني C		الحرف الثاني A		الحرف الثاني G		الحرف الثالث
U	U	UUU	الفينيلالنين Phe	UCU	سيرين Ser	UAU	تيروزين Tyr	UGU	سيستيين Cys	U
		UUC		UCC		UAC		UGC		C
		UUA	لوسين Leu	UCA		UAA	بدون معنى STOP	UGA	بدون معنىSTOP	A
		UUG		UCG		UAG		UGG	تريبتوفان Trp	G
	C	CUU	لوسين Leu	CCU	برولين Pro	CAU	هستدين His	CGU	أرجينين Arg	U
		CUC		CCC		CAC		CGC		C
		CUA		CCA		CAA	غلوتامين Gln	CGA		A
		CUG		CCG		CAG		CGG		G
	A	AUU	ازولوسين Ileu	ACU	تريونين Thr	AAU	أسبارجين Asn	AGU	سيرين Ser	U
		AUC		ACC		AAC		AGC		C
		AUA		ACA		AAA	ليزين Lys	AGA	أرجينين Arg	A
		AUG	ميثيونين Met	ACG		AAG		AGG		G
	G	GUU	فالين Val	GCU	ألنين ala	GAU	حمض أسبارتيك Asp	GGU	غليسين Gly	U
		GUC		GCC		GAC		GGC		C
		GUA		GCA		GAA	حمض الغلوتاميك Glu	GGA		A
		GUG		GCG		GAG		GGG		G

يتبين من هذه الوثيقة أن الرمز الوراثي يتكون من 4^3 أي 64 وحدة رمزية تتكون من ثلاثيات من النيكليوتيدات، حيث أن عدة ثلاثيات ترمز لنفس الحمض الأميني، وبعض الثلاثيات لا ترمز لأي حمض أميني نقول أنها بدون معنى أو قف، هي (UGA , UAG , UAA).

c – مراحل الترجمة:

✸ العناصر اللازمة للترجمة:

يحتاج تركيب البروتينات بالإضافة إلى ARNm و المورثة إلى:

⇦ ريبوزومات الوثيقة 4 شكل 1 لوحة 5 وهي عضيات سيتوبلازمية صغيرة يتشكل كل واحد منها من وحدة صغيرة و وحدة كبيرة، وتتكون كل وحدة من ARN ريبوزومي (ARNr) و من بروتينات. وتتكون الريبوزومات داخل النوية.

⇦ ARN ناقل (ARNt) الموجود بالسيتوبلازم، ويختص بنقل الأحماض الأمينية الحرة المطابقة للوحدة الرمزية. تتكون جزيئة ARNt من نيكليوتيدات وتتضمن موقعين: أنظر الوثيقة 4 شكل 2 لوحة 5

- موقع يحتوي على ثلاث نيكليوتيدات مكملة للوحدة الرمزية المشيرة لحمض أميني معين، ويسمى هذا الثلاثي النيكليوتيدي مضاد الوحدة الرمزية Anticodon.
- موقع لتثبيت الحمض الأميني المناسب للوحدة الرمزية.

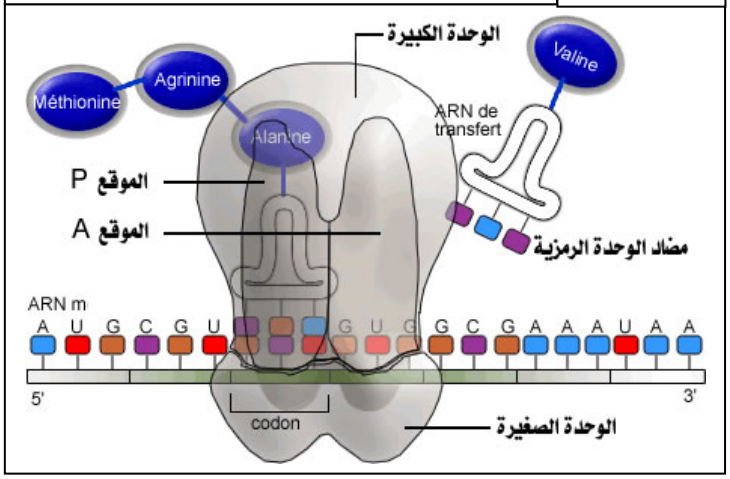
⇦ أحماض أمينية و هي 20 حمض أميني طبيعي.

⇦ طاقة لمختلف مراحل التركيب ، مصدرها الاستقلاب الطاقي.

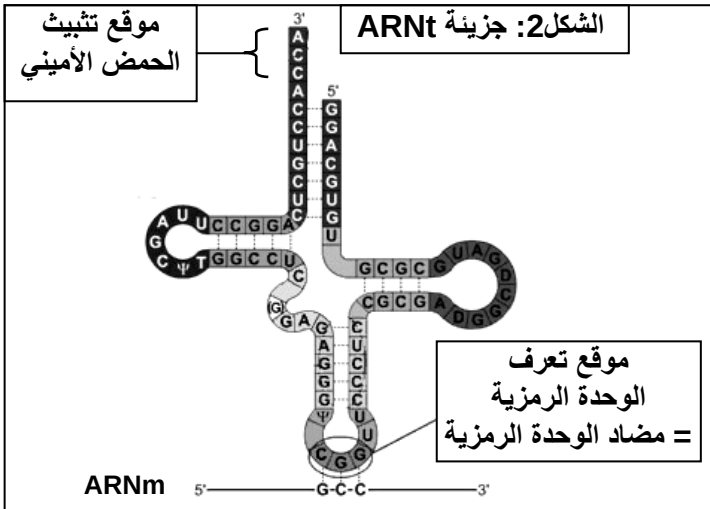
⇦ عوامل منشطة

الوثيقة 4:

الشكل1: الريبوزوم وعلاقته بـ ARNm و ARNt

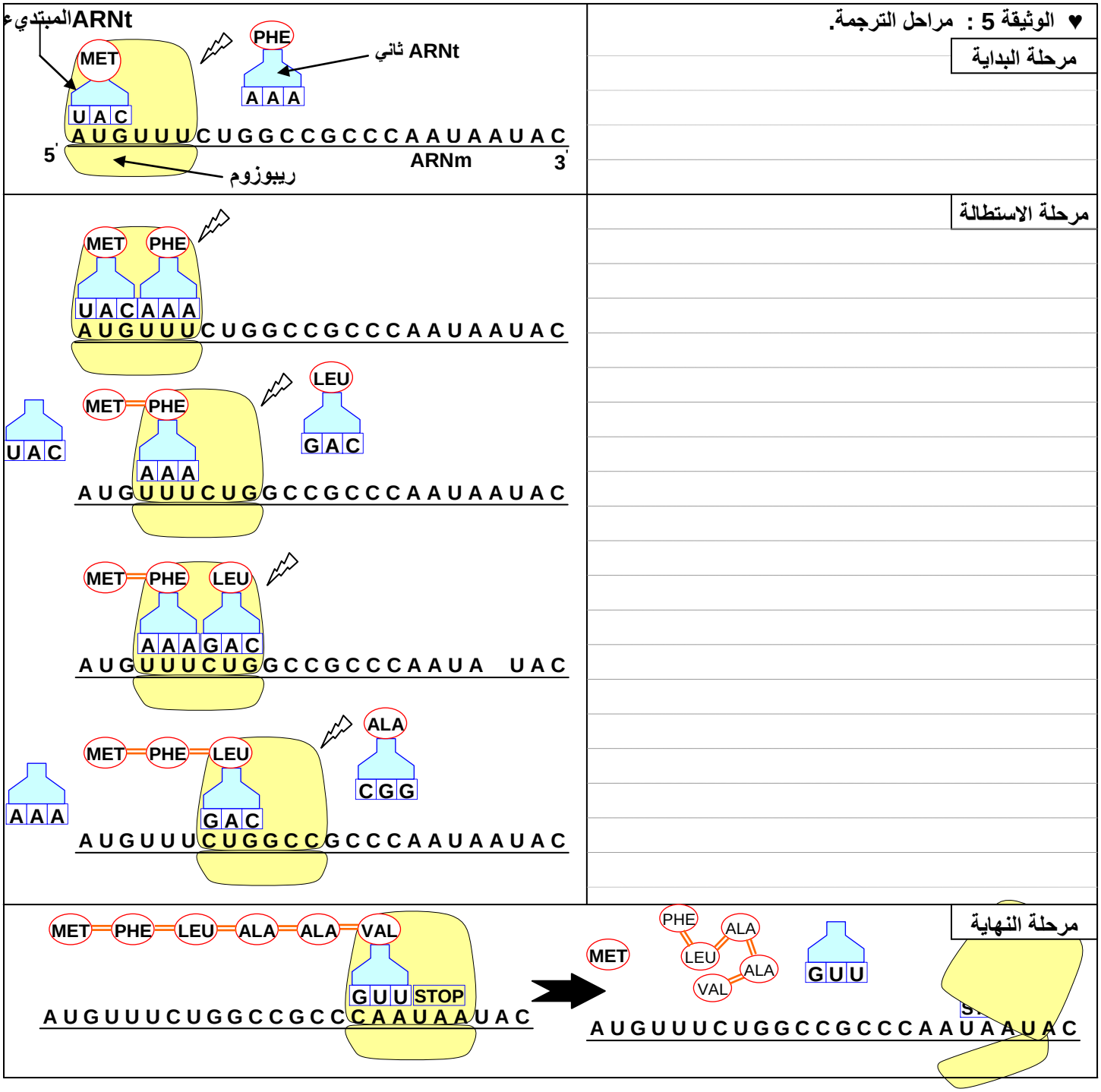


الشكل2: جزيئة ARNt



✸ مراحل الترجمة: أنظر الوثيقة 5 لوحة 5

♥ الوثيقة 5 : مراحل الترجمة.



يمكن تلخيص ظاهرة تركيب البروتينات في ثلاثة مراحل أساسية وهي:

⇦ المرحلة الأولى:.البداية

خلال هذه المرحة تلتصق وحدتي الريبوزومات بـ ARNm، على مستوى الوحدة الرمزية AUG، التي تمثل إشارة البدء، وترمز للحمض الأميني الميثيونين الذي يرتبط بـ ARNt خاص يسمى ARNt المبتديء، والحامل لمضاد الوحدة الرمزية UAC.

⇦ المرحلة الثانية:الاستطالة

وصول ARNt آخر حاملا معه حمض أميني ثاني مطابق للوحدة الرمزية الموالية على ARNm .
تتشكل رابطة ببيتيدية بين Met و الحمض الأميني الموالي، فتنفصل الرابطة بين Met و ARNt المبتديء الذي يغادر الريبوزوم.
يتحرك الريبوزوم بوحدة رمزية واحدة، ليصل ARNt ثالث، وهكذا تتضاعف الأحماض الأمينية في السلسلة الببيتيدية.

⇦ المرحلة الثالثة:النهاية

عندما يصل الريبوزوم إلى الوحدة الرمزية قف (UAA أوUAG أوUGA) لا يدمج أي حامض أميني، إذ لا يوجد أي ARNt متكامل مع هذه الوحدات الرمزية. فتفترق وحدتي الريبوزوم عن بعضهما البعض و عن ARNm و يتم تحرير السلسلة الببيتيدية. كما ينفصل الحمض الأميني Met عن باقي السلسلة الببيتيدية .

ملحوظة:

إن جزيئة واحدة من ARNm تتم ترجمتها في نفس الوقت بواسطة عدة جسيمات ريبية، تنتقل على طول خييط ARNm، مما يسمح بتكون عدة بروتينات في نفس الوقت.