المجال التعلمي I : التخصص الوظيفي للبروتينات . الوحدة التعلمية آليات تركيب البروتين .

النشاط 01: تذكير بالمكتسبات

- تركب الخلية أنواع مختلفة من البروتينات المتخصصة وظيفيا تحت إشراف أنواع مختلفة من المورثات ، حيث أن كل مورثة تشرف على تركيب نوع محدد من البروتينات .
- يُترجم التعبير المورثي (التعبير عن المعلومات الوراثية) على المستوى الجزيئي بتركيب بروتين مصدر النمط الظاهري للفرد على المستوى العضوي ،الخلوي و الجزيئي . ☜ تعبير مورثي = تركيب البروتين على مستوى الخلية .
- يتموضع الحمض الريبي النووي منقوص الأوكسجين(ADN) في النواة عند الخلايا حقيقية النواة .
- يعتبر الـADN الدعامة الجزيئية للمعلومة الوراثية ، أي أن المورثات محمولة على الـADN وهي قطعة(جزء) منه .
- المورثة عبارة عن تتالي عدد محدد من النيكليوتيدات . ☜ معلومة وراثية = مورثة = قطعة من الـ ADN .

المشكلة العلمية : ماهي آليات تركيب البروتين على مستوى الخلية الحية ؟

النشاط 02: مقر تركيب البروتين

تتميز الخلايا حقيقية النواة بنظام غشائي داخلي يقسمها إلى عدة حجرات تدعى العضيات .

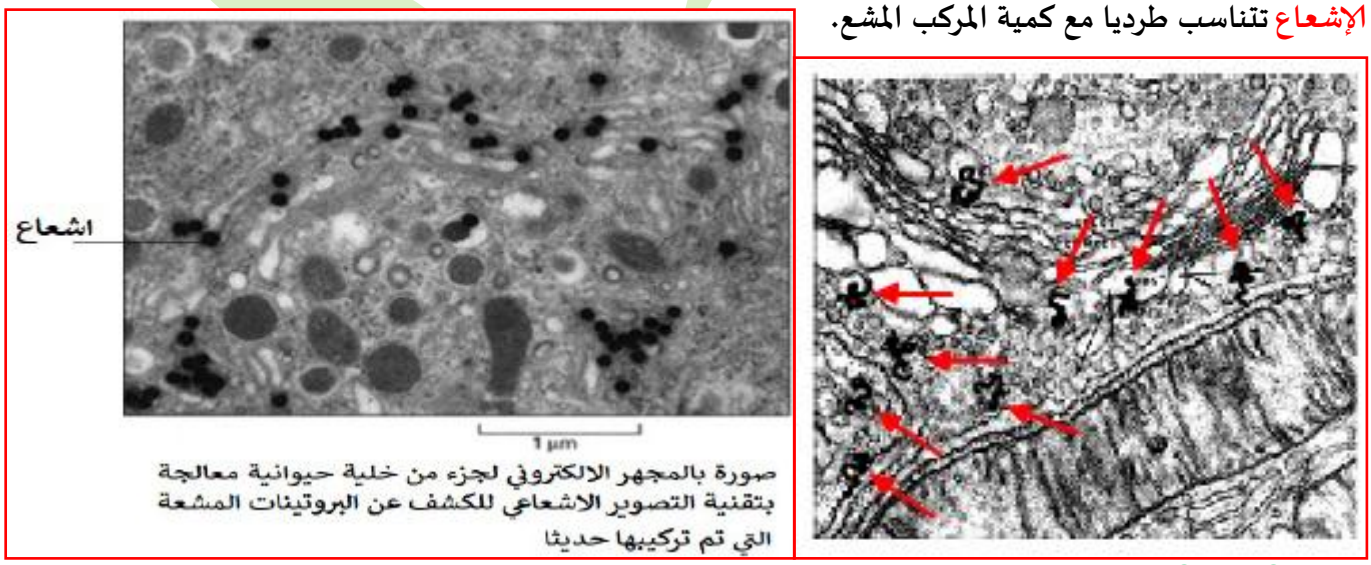
تساؤل : ماهو مقر تركيب البروتين على مستوى الخلية حقيقية النواة ؟

1- إظهار مقر تركيب البروتين على مستوى الخلية حقيقية النواة :

تقنية الوسم بالنظائر المشعة : يتم استعمال جزيئات أو مركبات مشعة(موسومة بنظير مشع) أي بها نظائر مشعة مثل : C^{14}، O^{18}، H^{3} ، ثم تتم الملاحظة بتقنية التصوير الإشعاعي الذاتي التي يتم خلالها تصوير الإشعاعات الصادرة من النظائر المشعة الموجودة في العينة المدروسة حيث يظهر الإشعاع على شكل بقع سوداء .

الهدف من التقنية : تتبع مسار أو مصير الجزيئة المشعة أو المركب المشع الذي يدخل في تركيبه الجزيئة المشعة أو التحولات التي تطرأ عليه.

☜ نسبة الإشعاع تتناسب طرديا مع كمية المركب المشع.



صورة بالمجهر الالكتروني لجزء من خلية حيوانية معالجة بتقنية التصوير الاشعاعي للكشف عن البروتينات المشعة التي تم تركيبها حديثا

تحليل الوثيقة(2) ص 12

التعرف على الوثيقة : صورة بالمجهر الإلكتروني لجزء من خلية حيوانية معالجة بتقنية التصوير الإشعاعي الذاتي .

التحليل و التفسير: ظهور الإشعاع(بقع سوداء) في الهيولى مما يدل على وجود البروتينات المشعة في الهيولى تم تركيبها إنطلاقا من الأحماض الأمينية المشعة مما يدل على أن مقر تركيب البروتين عند الخلايا حقيقية النواة هو الهيولى .

الإستنتاج :الهيولى هي مقر تركيب البروتين عند الخلايا حقيقية النواة إنطلاقا من الأحماض الأمينية الناتجة عن الهضم.

2- إنتقال العلومة الوراثية : تركيب البروتين عند الخلايا حقيقية النواة يتم على مستوى الهيولى و يتطلب معلومة وراثية تتواجد في النواة ، ولذلك لا بد من انتقال المعلومة الوراثية من النواة إلى الهيولى مقر تركيب البروتين .

تساؤل : كيف يتم انتقال المعلومة الوراثية من النواة مقر المعلومة الوراثية إلى الهيولى مقر تركيب البروتين ؟

الفرضيات المقترحة :

1 - تنتقل المعلومة الوراثية (المورثة= قطعة الـ **ADN**) من النواة إلى الهيولى .

2 - تنتقل نسخة من المعلومة الوراثية من النواة إلى الهيولى مقر تركيب البروتين .

إختبار مدى صحة الفرضيتين السابقتين :

◄ **تحليل نتائج إختبار فولجن :** بعد معالجة خلية بكاشف شيف خلال فترة تركيب البروتين ، تتلون النواة فقط باللون الأحمر البنفسجي و عدم تلون الهيولى ،**مما يدل على أن** المورثة (قطعة الـ ADN) لا تنتقل من النواة إلى الهيولى مقر تركيب البروتين .

و بالتالي : الفرضية (1) خاطئة .

◄ **تحليل نتائج تجريبية (الوثيقة 3 ص 13)**

- تُركب خلايا المجموعة الأولى (الخلايا الأصلية لكريات الدم الحمراء) بروتين الهيموغلوبين مما يدل على امتلاكها للمعلومة الوراثية الخاصة ببروتين الهيموغلوبين(مورثة الهيموغلوبين) .

- تُركب خلايا المجموعة الثانية(الخلايا البيضية للضفدع) بروتينات خاصة بها ولم تركب بروتين الهيموغلوبين مما يدل على أن الخلايا البيضية للضفدع لا تمتلك المعلومة الوراثية الخاصة ببروتين الهيموغلوبين(مورثة الهيموغلوبين) .

- خلايا المجموعة الثالثة (**خلايا بيضية للضفدع محقونة بحمض ريبي نووي ARN مُستخلص من الخلايا الأصلية لكريات الدم الحمراء**) ركبت بروتين الهيموغلوبين رغم أنها لا تمتلك المعلومة الوراثية الخاصة بالهيموغلوبين ، مما يدل على أن الـ **ARN** يحمل نسخة من المعلومة الوراثية الموجودة في النواة وينقلها إلى الهيولى مقر تركيب البروتين .

نتيجة : يتم إنتقال نسخة من المعلومة الوراثية من النواة إلى الهيولى مقر تركيب البروتين بواسطة نوع من الأحماض الريبية النووية يدعى ARN الرسول ويرمز له بالرمز ARNm لأنه يحمل رسالة وراثية من النواة إلى الهيولى .

◄ **تحليل الوثيقة 4 ص 14**

تعليل إستعمال اليوراسيل المشع *U:

☜ تم استعمال اليوراسيل لأنه قاعدة آزوتية مميزة للـ ARN (يدخل في تركيب الـ ARN فقط) .

☜ استعمال الإشعاع لتتبع مسار الـ ARN المشع الذي يدخل في تركيبه اليوراسيل المشع .

التعرف على الوثيقة : صورة بالمجهر الضوئي لخلية حيوانية معالجة بتقنية التصوير الإشعاعي الذاتي .

التحليل والتفسير :

education-onec-dz.blogspot.com

بعد فترة قصيرة : ظهور الإشعاع في النواة فقط **مما يدل على** تشكل الـ ARNm مُشع في النواة (تشكيل نسخة من المعلومة الوراثية الموجودة في النواة) .

بعد فترة طويلة : تناقص الإشعاع في النواة وظهوره في الهيولى **مما يدل** على انتقال الـ ARNm من النواة مقر المعلومة الوراثية إلى الهيولى مقر تركيب البروتين .

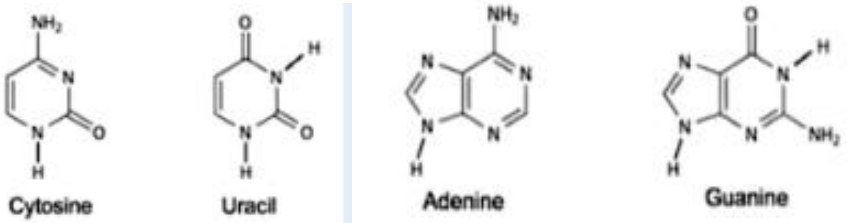
نتيجة :يؤمن انتقال المعلومة الوراثية من النواة إلى موقع تركيب البروتين(الهيولى) نمط من الأحماض الريبية النووية يدعى الحمض الريبي النووي الرسول ARNm الذي يتم تركيبه في النواة مقر المعلومة الوراثية بظاهرة الإستنساخ ، ثم ينتقل إلى الهيولى مقر تركيب البروتين . و بالتالي : الفرضية (2) صحيحة .

تساؤل : ماهو التركيب الكيميائي للـ ARN ؟

3- التركيب الكيميائي للـ ARN : تحليل الوثيقة 5 ص 14

ينتج عن الإماهة الكلية لجزيئة الـ ARN :

- أربع أنواع من القواعد الأزوتية : **U،C،G،A** .
- سكر خماسي $C_5H_{10}O_5$ (الريبوز Ribose) .
- حمض الفوسفور H_3PO_4.



مما يدل على أن هذه العناصر هي التركيب الكيميائي (المكونات الكيميائية) للـ ARN .

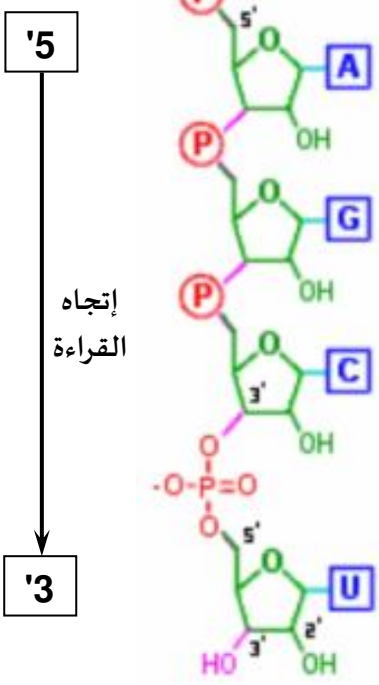
تساؤل : ماهي بنية جزيئة الـARN؟

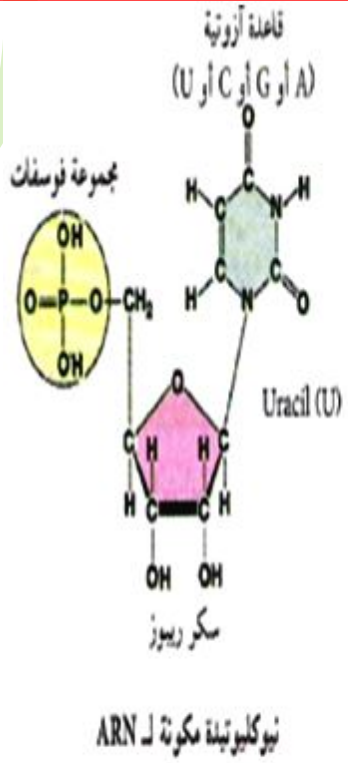
4- بنية جزيئة الـ ARN : تحليل الوثيقة 6 ص 15

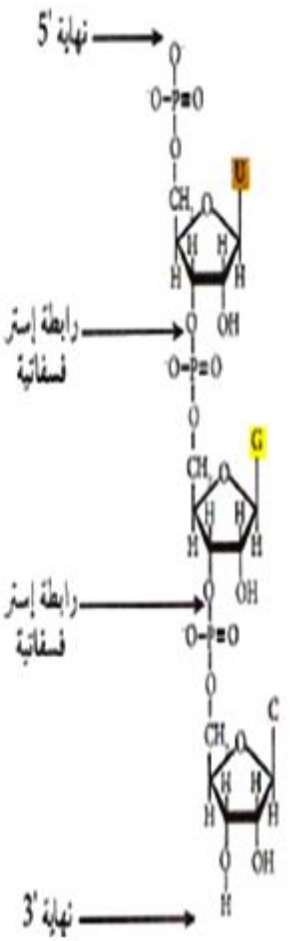
- ينتج عن الإماهة الجزئية للـ ARN عدد من النيكليوتيدات الريبية مما يدل على أن الـ **ARN هو جزيئة متعددة النيكليوتيد** أي يتكون من إرتباط عدد من النيكليوتيدات بواسطة روابط أستر فوسفاتية.
- تتشكل الرابطة الأستر فوسفاتية بين مجموعة **OH** لذرة الكربون **'3** للنيكليوتيدة الأولى ومجموعة **OH** لمجموعة الفوسفات لذرة الكربون **'5** للنيكليوتيدة الموالية ، **وهكذا تتشكل سلسلة وحيدة خطية (غير متفرعة) متعددة النيكليوتيد** .
- **إتجاه قراءة تتالي النيكليوتيدات في سلسلة الـ ARN يكون من '5 إلى '3.**

نتيجة: الـ ARN هو سلسلة خطية وحيدة متعددة النيكليوتيد ، تتشكل نتيجة لإرتباط عدد من النيكليوتيدات الريبية بواسطة روابط أستر فوسفاتية .

النكليوتيدة الريبية هي النيكليوتيدة الذي يدخل في بناءه ا الريبوز (سكر خماسي الكربون) .







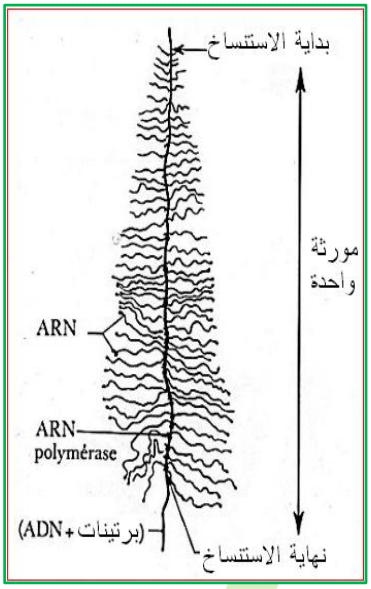
النشاط 03 : إستنساخ المعلومة الوراثية الموجودة في ADN النواة

تتشكل جزيئة الـ ARN نتيجة لإستنساخ (نسخ) المعلومة الوراثية الموجودة في ADN النواة .

المشكلة العلمية : كيف يتم استنساخ المعلومة الوراثية الموجودة في ADN النواة ؟

1- ملاحظة ظاهرة الإستنساخ بالمجهر الإلكتروني :

تحليل الوثيقة(2) ص 17.



تبين الملاحظة بالمجهر الإلكتروني ظاهرة استنساخ بعض المورثات (مورثة1، مورثة 2) ،
حيث يظهر عدد كبير من سلاسل الـ ARNm المتجمعة حول خيط الـ ADN .
تكون سلاسل الـ ARNm متزايدة في الطول كلما اتجهنا من بداية المورثة إلى نهايتها .

كتابة البيانات : أ- ARNm ، ب- ADN.

التعليل : سمك الـ ADN أكبر من سمك ARNm لأن جزيئة الـ ADN مكونة من سلسلتين متعددتي النيكليوتيد ، بينما جزيئة الـ ARNm مكونة من سلسلة واحدة متعددة النيكليوتيد .
في كل نقطة اتصال سلسلة الـ ARNm بخيط الـ ADN يوجد **إنزيم الـ ARN بوليميراز** مما يدل على تدخل هذا الإنزيم في عملية الإستنساخ .

نتيجة : تتمثل متطلبات الإستنساخ في :

- معلومة وراثية (قطعة ADN) .
- إنزيم الـ ARN بوليميراز(يعمل على ربط النيكليوتيدات الريبية الحرة لتركيب سلسلةARNm متعددة النيكليوتيد)
- نيكليوتيدات ريبية حرة .(الوحدات البنائية لسلسلة الـ ARNm)
- طاقة تستمد من إماهة الـ ATP.(ضرورية لإنتقال إنزيم الـ ARN بوليميراز وتشكيل الروابط الأستر فوسفاتية)

2- مراحل الإستنساخ : تحليل الوثيقة(4) ص 18

① - مرحلة الإنطلاق (البداية) : يتثبت إنزيم الـ ARN بوليميراز على بداية المورثة (قطعة ADN)المراد إستنساخها حيث يعمل على فتح سلسلتي الـ ADN عن طريق تكسير الروابط الهيدروجينية .

②- مرحلة الإستطالة : ينتقل إنزيم الـ ARN بوليميراز على طول إحدى سلسلتي الـ ADN (سلسلة الـ ADN المستنسخة – القالب-) حيث يقوم بربط النيكليوتيدات الريبية الحرة مع بعضها بواسطة روابط أستر فوسفاتية بشكل مكمل لتتابع النيكليوتيدات في سلسلة الـ ADN المستنسخة مما يؤدي إلى تركيب سلسلة ARNm متعددة النيكليوتيد التي يزداد طولها (تستطيل)كلما انتقل إنزيم الـ ARN بوليميراز باتجاه نهاية المورثة وهذا راجع إلى زيادة عدد النيكليوتيدات الريبية المدمجة في سلسلة ARNm .

③- مرحلة النهاية : عند وصول إنزيم الـ ARN بوليميراز إلى نهاية المورثة تتوقف عملية الإستنساخ حيث ينفصل كل من إنزيم الـ ARN بوليميراز و سلسلة ARNm عن المورثة ، ويُعاد ربط سلسلتي الـ ADN من جديد .

education-onec-dz.blogspot.com

ملاحظات هامة :

✍ إتجاه الإستنساخ على مستوى سلسلة الـ ADN المستنسخة يكون من **3'** إلى **5'** .

✍ الـ ARNالناتج في نهاية الإستنساخ مباشرة عند الخلايا حقيقية النواة يُدعى الـ ARNالطلائعي (الأولي،ما قبل الرسول) ويرمز له بالرمز ARNp ، يتحول بعد النضج إلى ARNm على مستوى النواة ثم يخرج إلى الهيولى مقر تركيب البروتين.

✍ العلاقة بين سلسلة الـ ARNm وسلسلتي الـ ADN : تحليل الوثيقة(5) ص 18

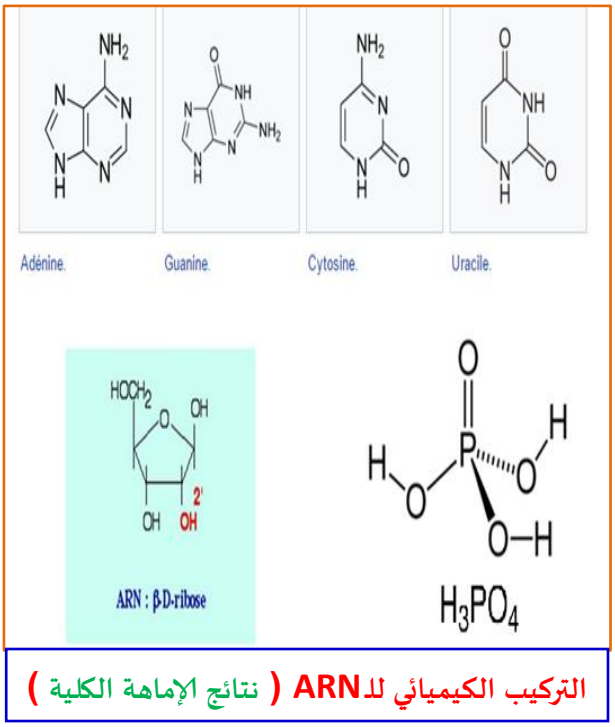
- تتابع النيكليوتيدات في سلسلةARNm يكامل تتابع النيكليوتيدات في سلسلة الـ ADN المستنسخة .
- تتابع النيكليوتيدات في سلسلةARNm يماثل تتابع النيكليوتيدات في سلسلة الـ ADN غير المستنسخة مع استبدال التايمين(**T**) في الـ ADN باليوراسيل (**U**) في الـ ARNm .

خلاصة عامة حول الإستنساخ (النسخ) عند الخلايا حقيقية النواة

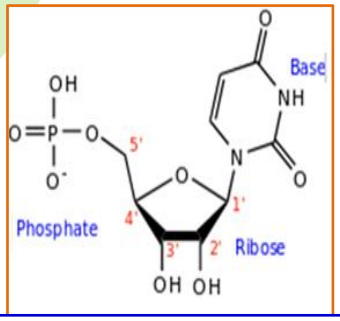
- يؤمن انتقال المعلومة الوراثية من النواة إلى الهيولى موقع تركيب البروتينات، نمط آخر من الأحماض النووية يدعى الحمض الريبي النووي الرسول (ARN_m) الذي يحمل نسخة من المعلومة الوراثية الموجودة في ADN النواة.
- الحمض الريبي النووي ARN عبارة عن جزيئة قصيرة، تتكون من خيط مفرد واحد، متشكل من تتالي نيكليوتيدات ريبية تختلف عن بعضها حسب القواعد الآزوتية الداخلة في تركيبها (الأدنين، الغوانين، السيتوزين، اليوراسيل).
- النكليوتيد الريبي هو النيكليوتيد الذي يدخل في بناء ه الريبوز:سكر خماسي الكربون.
- اليوراسيل قاعدة آزوتية مميزة للأحماض الريبية النووية.
- يتم التعبير عن المعلومة الوراثية التي توجد في الـ ADN على مرحلتين:

✍ مرحلة الإستنساخ : تتم في النواة ويتم خلالها التصنيع الحيوي لجزيئة الـ ARN_m انطلاقا من احدى سلسلتي الـ ADN (السلسلةالناسخة) في وجود أنزيم الـ ARN بوليمراز ،و تخضع لتكامل النكليوتيدات بين سلسلةالـ ARN_m والسلسلة الناسخة .

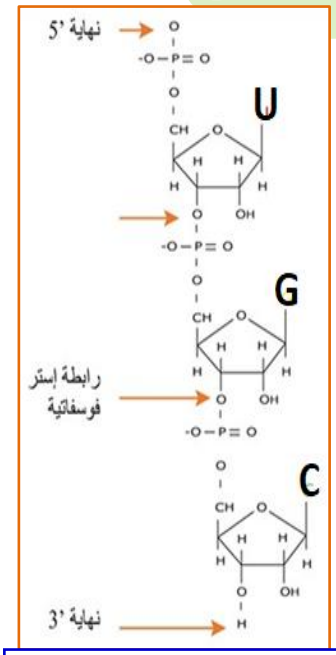
✍ مرحلة الترجمة: توافق التعبير عن المعلومة الوراثية التي يحملها الـ ARN_m إلى متتالية أحماض أمينية في الهيولى الخلوية.



التركيب الكيميائي للARN (نتائج الإماهة الكلية)

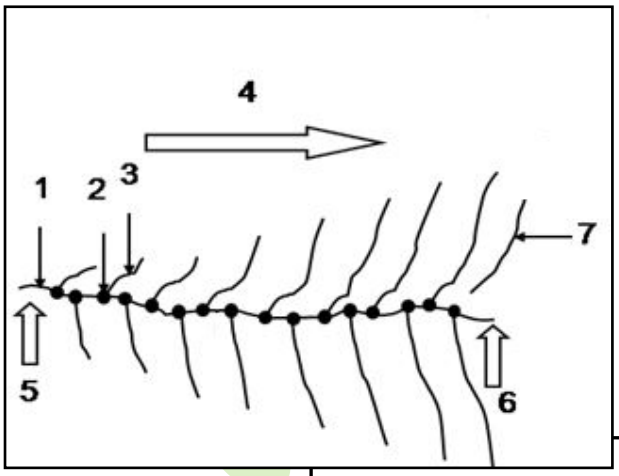


النيكليوتيدة الريبية (الوحدة البنائية للARN)



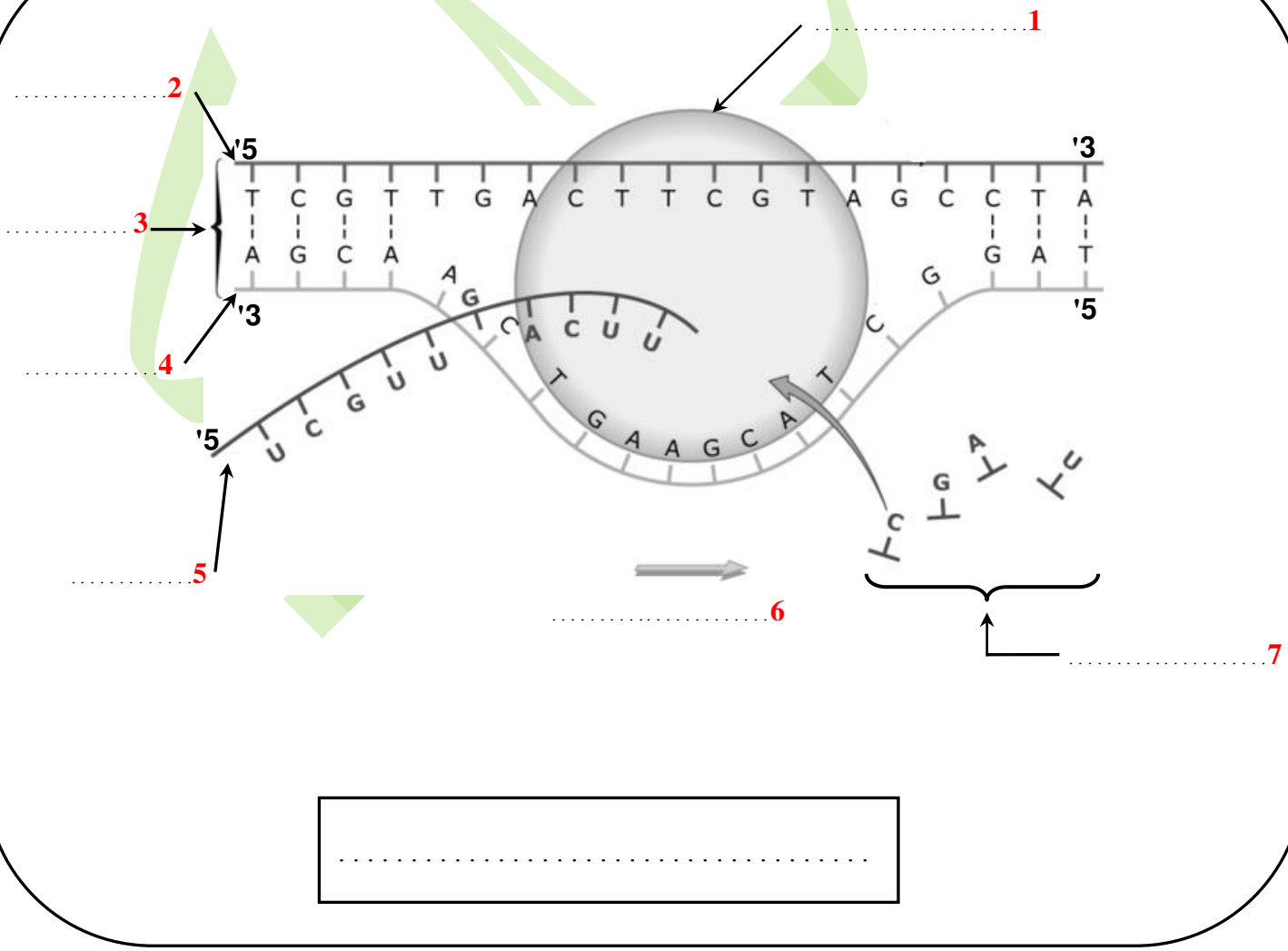
رسم تخطيطي لبنية الـARN
(سلسلة متعددة النيكليوتيد)

البيانات :



- 1 .....
- 2 .....
- 3 .....
- 4 .....
- 5 .....
- 6 .....

.....



.....

مقر حدوث الإستنساخ عند الخلايا حقيقية النواة : النواة

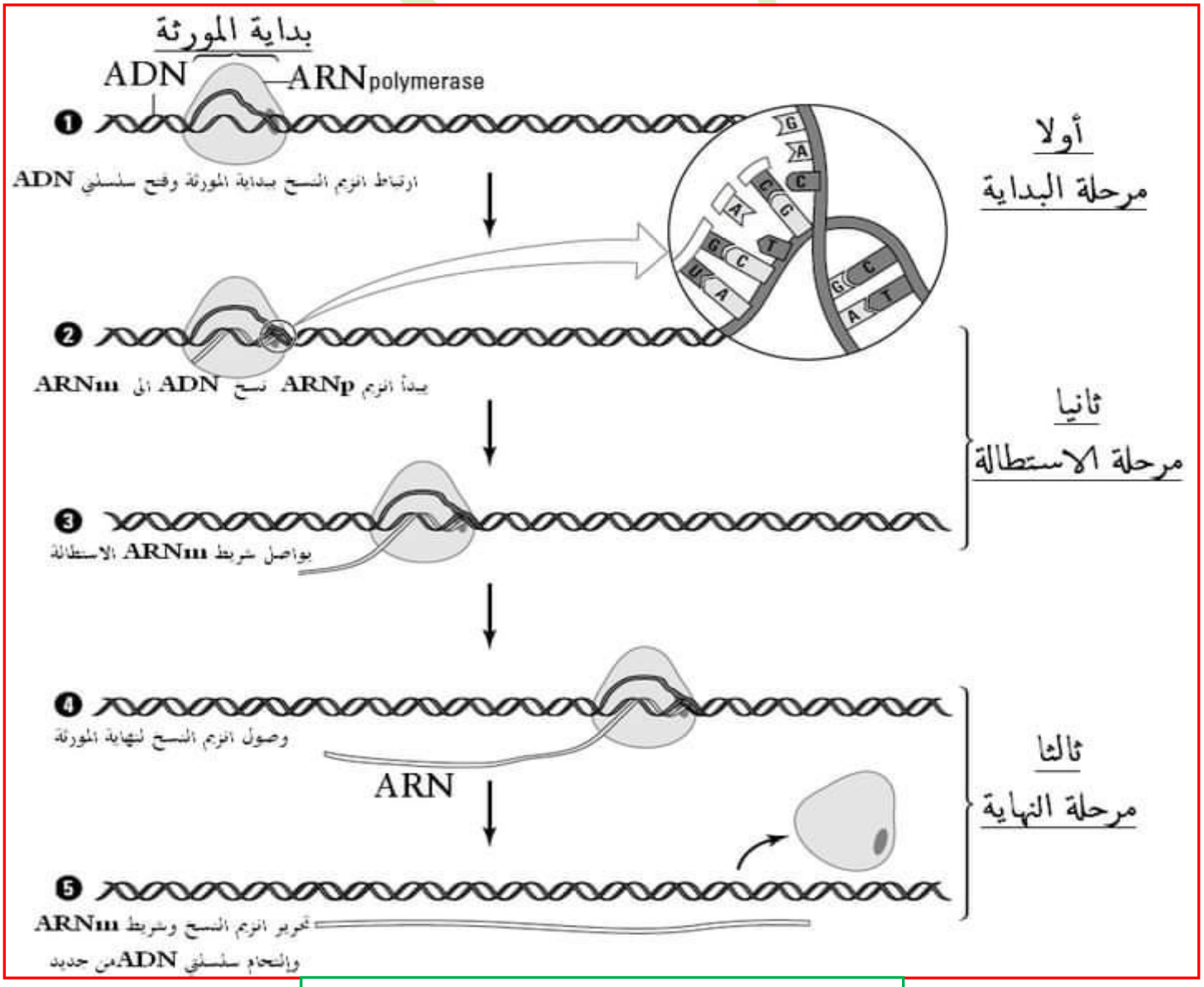
متطلبات الإستنساخ و دورها :

العنصر	دوره
مورثة **(ADN)**	يحمل المعلومات الوراثية المُراد استنساخها (خاصة بالبروتين المُراد تركيبه) .
نيكليوتيدات ريبية حُرّة	الوحدات البنائية للـ **ARN** .
إنزيم **ARN** بوليميراز	فتح سلسلتي الـ **ADN** و ربط النيكليوتيدات الريبية مع بعضها البعض لبناء سلسلة الـ **ARN**.
طاقة **(ATP)**	ضرورية لعمل إنزيم الـ **ARN** بوليميراز و تشكيل الروابط الأسترفوسفاتية .

آلية حدوث الإستنساخ : يتم خلال الإستنساخ التركيب الحيوي لجزيئة الـ ARNm (الرسول) إنطلاقا من إحدى سلسلتي الـ ADN وهي سلسلة الـ ADN المستنسخة(الناسخة) و بتدخل إنزيم الـ ARN بوليميراز الذي يعمل على ربط النيكليوتيدات الريبية الحُرّة مع بعضها البعض بواسطة روابط أسترفوسفاتية وبشكل مكمل لتتابع النيكليوتيدات في سلسلة الـ ADN المستنسخة وباستهلاك طاقة تُستمد من إماهة الـ ATP .

نواتج الإستنساخ : ينتج عن الإستنساخ جزيئة ARNm وهي نسخة من المعلومة الوراثية الموجودة في ADN النواة .

مصير الـ ARNm : ينتقل إلى الهيولى مقر تركيب البروتين ليتم ترجمته إلى متتالية أحماض أمينية (بروتين) .



رسم تخطيطي يوضح مراحل الإستنساخ

النشاط 04 : الترجمة .

يتم على مستوى الهيولى ترجمة الرسالة الوراثية (النووية) الموجودة في جزيئة الـ ARNm إلى رسالة بروتينية (بروتين)

تساؤل : كيف يتم ترجمة الرسالة الوراثية (النووية) المكتوبة بـ 4 أحرف (4 أنواع من القواعد الآزوتية) إلى رسالة بروتينية مكتوبة بـ 20 حرف (20 نوع من الأحماض الأمينية التي تدخل في تركيب البروتين) ؟

1- مفهوم الشفرة الوراثية (Code génétique):

ماهو إحتمالات عدد القواعد الأزوتية التي تُشفرلحمض أميني واحد (تُعبر عن حمض أميني واحد) ؟

الإحتمال الأول : كل قاعدة آزوتية تعبر عن حمض أميني واحد : $4^1 = 4$ ⇦ يتم التعبير عن 4 أنواع فقط من الأحماض الأمينية ، ويبقى 16 نوع غير معبر عنها وبالتالي فهذا الإحتمال خاطيء .

الإحتمال الثاني : كل زوج (ثنائية) من القواعد الآزوتية تعبر عن حمض أميني واحد : $4^2 = 16$ ⇦ يتم التعبير عن 16 نوع فقط من الأحماض الأمينية ، ويبقى 4 أنواع غير معبر عنها وبالتالي فهذا الإحتمال خاطيء .

الإحتمال الثالث : كل ثلاثية من القواعد الآزوتية تعبر عن حمض أميني واحد : $4^3 = 64$ ⇦ يمكن من خلال هذا الإحتمال التعبير عن جميع أنواع الأحماض الأمينية التي تدخل في تركيب البروتين بحيث يمكن لعدة ثلاثيات من القواعد الآزوتية أن تعبر عن نفس الحمض الأميني .

نتيجة : تُنسخ المعلومة الوراثية بشفرة خاصة تُدعى الشفرة الوراثية .

إنّ وحدة الشفرة الوراثية هي ثلاثية من القواعد الآزوتية تدعى الرامزة Codon أي أن سلسلة الـ ARNm(الشفرة الوراثية) تتكون من عدد معين من الرامزات ، بحيث تُشفر كل رامزة لنوع واحد فقط من الأحماض الأمينية .

2- تحليل مقارن لتتابع النيكليوتيدات وتتابع الأحماض الأمينية باستعمال برنامج Anagène :

يُستعمل برنامج Anagène في :

- عرض ومقارنة تتابع النيكليوتيدات في ADN و ARNm و تتابع الأحماض الأمينية في البروتين
- إجراء الإستنساخ من ADN إلى ARNm . ترجمة ARNm إلى بروتين.
- مقارنة تتابع النيكليوتيدات بين قطعتي ADN (02 مورثات) إحداهما طافرة لتحديد نوع الطفرة الوراثية .
- مقارنة تتابع النيكليوتيدات بين عدة قطع ADN (عدة مورثات) لتحديد نسب الإختلاف والتشابه بينها .

- **من خلال مقارنة تتابع النيكليوتيدات وتتابع الأحماض الأمينية باستعمال برنامج Anagène نجد :**

عدد الأحماض الأمينية في السلسلة الببتيدية = عدد الرامزات مما يؤكد أنّ وحدة الشفرة الوراثية هي ثلاثية من القواعد الآزوتية تدعى الرامزة .

3- مميزات الشفرة الوراثية (دراسة جدول الشفرة الوراثية) : تحليل الوثيقة(1) ص 20

- يُعتبر جدول الشفرة الوراثية القاموس الذي نعتمد عليه لترجمة الشفرة الوراثية (لغة وراثية) إلى معلومة بروتينية .
- **تُشفر عادة لنفس الحمض الأميني عدة رامزات (مترادفات) ماعدا ا لحمض أميني الميثونين Met الذي تشفر له رامزة واحدة فقط هي AUG و الحمض الأميني التربتوفان Trp الذي تشفر له الرامزة UGG .**
- **الرامزات التالية : UAA, UAG, UGA التي لا تُشفر لأي حمض أميني وتمثل رامزات التوقف .**
- **تبدأ الشفرة الوراثية (سلسلة الـ ARNm)دائما بالرامزة AUG التي تدعى رامزة الإنطلاق،وتنتهي بإحدى رامزات التوقف UAA ، UAG ، UGA التي تفصل بين المورثات .**

يفسر الفرق بين عدد الرامزات (64 رامزة) وعدد الأحماض الأمينية التي تدخل في تركيب البروتين (20 نوع) بأن عدة رامزات تعبر عن نفس الحمض الأميني .

النشاط 05: مراحل الترجمة .

تساؤل : ماهي مراحل الترجمة ومتطلبات حدوثها ؟

1- مقر تركيب البروتين على مستوى الهيولى :

تحليل الوثيقة(1) ص 24 . التعليمة : حدّد مقر تركيب البروتين في الهيولى إنطلاقا من تحليل الوثيقة (1) ص 24 .

التعرف على الوثيقة : تمثل الوثيقة صورا مأخوذة بالمجهر الإلكتروني و معالجة بتقنية التصوير الإشعاعي الذاتي لخلايا مزروعة في وسط به أحماض أمينية مشعة.

التحليل و التفسير: يظهر الإشعاع (بروتينات مشعة) على مستوى عدد من الريبوزومات المرتبطة بسلسلةARNm تدعى متعدد الريبوزوم(Polysome) مما يدل على أن تركيب البروتين في الهيولى يتم على مستوى متعدد الريبوزوم .

نتيجة : **مقر تركيب البروتين على مستوى الهيولى هو متعدد الريبوزوم أين يتم ربط الأحماض الأمينية في متتالية محددة .**

تعريف متعدد الريبوزوم Polysome : **هو عدد من الريبوزومات المرتبطة بسلسلة ARNm ، حيث كل ريبوزوم يقوم بتركيب سلسلة ببتيدية .**

أهمية متعدد الريبوزوم : يسمح متعدد الريبوزوم بتركيب كمية كبيرة من البروتين (عدد كبير من السلاسل البروتينية) خلال وقت قصير حيث تتم ترجمة سلسلة ARNm من طرف عدد من الريبوزومات في نفس الوقت تقريبا ، ولذلك يُعتبر متعدد الريبوزوم وسيلة فعالة للتحكم في سرعة تركيب البروتين و كمية البروتين المركبة حسب احتياجات الخلية .

2- متطلبات الترجمة :

أ - أنماط الARN الهيولية :

التعليمة:إعتمادا على التحليل المقارن لنتائج التجارب الموضحة في الوثيقة(2) ص 25 ومعطيات الوثيقة(3) ص 25 و باستدلال علمي حدّد أنماط الـ ARN الهيولية .

التحليل المقارن لنتائج الوثيقة(2) ص 25 خلال وخارج فترة تركيب البروتين

الشوكات (1 ، 2 ، 3 ، 4) تظهر دائما في الهيولى سواء خلال أو خارج فترة تركيب البروتينمما يدل على وجود 4 أنواع من الـARN دائما في الهيولى سواءا خلال أو خارج فترة تركيب البروتين ، بينما الشوكة رقم5 تظهر فقط خلال فترة تركيب البروتينمما يدل على أن الشوكة 5 هي ARNm الذي يتم تركيبه خلال مرحلة الإستنساخ التي تحدث فقط خلال قيام الخلية بتركيب البروتين .

تحديد الأنواع الأربعة الأخرى من الـ ARN الهيولية (الشوكات : 1 ، 2 ، 3 ، 4 في الوثيقة 2)

تحليل جدول الوثيقة(3) ص 25

الشوكات (1 ، 2 ، 4) هي الـARN الريبوزومي (ARNr) حيث يوجد 3 أنواع منه تختلف عن بعضها في الوزن الجزيئي ومعامل الترسيب و عدد النيكليوتيدات ،أما الشوكة (3) هي الـARN الناقل (ARNt) .

نتيجة : يوجد ثلاث أنماط من الـ ARN الهيولية هي : الـ ARNm (الرسول) ، الـ ARNr (الريبوزومي) و الـ ARNt (الناقل) .

ب - الريبوزوم : بنية الريبوزوم : تحليل الوثيقة(5) ص 26

- يتكون الريبوزوم من تحت وحدتين : تحت صغرى (30 S) وتحت وحدة كبرى (50 S) .
- تحتوي تحت الوحدة الكبرى للريبوزوم على موقعين تحفيزيين(P , A) خاصين بارتباط الـ ARNt ونفق خاص بخروج السلسلة الببتيدية.
- تحتوي تحت الوحدة الصغرى للريبوزوم على موقع خاص بتثبت الـARNm .

ملاحظة : **خلال فترة تركيب البروتين يكون الريبوزوم وظيفي** حيث تكون تحت الوحدتين الكبرى والصغرى مرتبطتين . **خارج فترة تركيب البروتين يكون الريبوزوم غير وظيفي** حيث تكون تحت الوحدتين الكبرى والصغرى منفصلتين .

ج - الـ ARN الناقل (ARNt) : تحليل الوثيقة(6) ص 27

التعليمة : حدّد المميزات (الخصائص) البنيوية لـ **ARNt** إنطلاقا من النموذج ثلاثي الأبعاد .

الـ **ARN الناقل (ARNt)** عبارة عن سلسلة وحيدة متعددة النيكليوتيد ، تنطوي لتعطي بنية ثلاثية الأبعاد على شكل حرف **(L)** مقلوب . تسمح البنية الفراغية ثلاثية الأبعاد لـ ARNt ببروز موقعين :

☜ **موقع خاص بتثبت الحمض الأميني .**

☜ **موقع ضد الرامزة** (الرامزة المضادة **anti codon**)عبارة عن ثلاثية من القواعد الأزوتية تُكامل إحدى رامزات الـ ARNm

وهذا ما يجعل الـ ARNt متخصص وظيفيا حيث أن كل نوع من الـ ARNt متخصص في نقل نوع واحد فقط من الأحماض الأمينية حسب رامزته المضادة .

مثال :

الـ **ARNt** ذو الرامزة المضادة **AAA** متخصص في نقل الحمض الأميني **Phe**الذي تشفر له الرامزة **UUU** التي تكامل الرامزة المضادة لهذا الـ **ARNt .**

الـ **ARNt** ذو الرامزة المضادة **UAC** متخصص في نقل الحمض الأميني **Met**الذي تشفر له الرامزة **AUG** التي تكامل الرامزة المضادة لهذا الـ **ARNt .**

- تنشيط الأحماض الأمينية**لا يمكن للأحماض الأمينية أن تدخل في تركيب البروتين إلا إذا كانت مُنشطة(مرتبطة بـARNt)**

● **متطلبات تنشيط الأحماض الأمينية :** تحليل الوثيقة(7) ص 28 يتطلب تنشيط الأحماض الأمينية :

①- أحماض أمينية .

②- ARNt .

③ - إنزيم الربط النوعي(Amino Acetyl ARNt Synthetase)

④ - طاقة تستمد من إماهة **ATP**

● **آلية تنشيط الأحماض الأمينية :** تحليل الوثيقة(8) ص 28

✍ يوجد عدة أنواع من إنزيم الربط النوعي ، كل نوع متخصص في تنشيط نوع واحد فقط من الأحماض الأمينية ، وهذا راجع إلى البنية الفراغية لهذا الإنزيم التي تسمح ببروز موقعين ، موقع خاص بتثبت نوع واحد فقط من الأحماض الأمينية وموقع خاص بتثبت نوع واحد فقط من الـ **ARNt** ، مما يسمح بربط كل حمض أميني بالـ **ARNt** الخاص به فقط .

✍ يتم تنشيط الحمض الأميني كما يلي :

- يتثبت الحمض الأميني والـ **ARNt** الخاص به في المواقع الفعالة لإنزيم الربط النوعي بسبب التكامل البنيوي بينهم.
- ثم إماهة جزيئة **ATP** فتتحرر طاقة تُستغل في تشكيل رابطة بين الحمض الأميني والـ **ARNt** الخاص به .
- يتحرر المعقد(حمض أميني ــ **ARNt**)عن إنزيم الربط النوعي .

نتيجة : تتمثل متطلبات الترجمة في :

- **ARNm : يحمل نسخة من المعلومة الوراثية الخاصة بالبروتين المُراد تركيبه.**
- **الريبوزومات : تقوم بترجمة الشفرة الوراثية إلى رسالة بروتينية (سلسلة ببتيدية)**
- **الأحماض الأمينية : الوحدات البنائية للبروتين .**
- **ARNt : يقوم بنقل الأحماض الأمينية ووضعها في موقعها المحدد من السلسلة الببتيدية .**
- **إنزيم الربط النوعي : ربط الحمض الأميني بالـ ARNt الخاص به (تنشيط الأحماض الأمينية)**
- **طاقة : ضرورية لتنشيط الأحماض الأمينية والترجمة .**

3- مراحل الترجمة : تتمثل مراحل الترجمة في :

- مرحلة الإنطلاق : يرتبط الـ **ARNm** بتحت الوحدة الصغرى للريبوزوم على مستوى رامزة الإنطلاق **AUG** ، ثم يتثبت الـ **ARNt** الحامل للحمض الأميني في الموقع **P** حيث تكون ضد رامزته **UAC** تُكامل رامزة الإنطلاق **AUG** . بعد ذلك ترتبط تحت الوحدة الكبرى للريبوزوم بتحت الوحدة الصغرى فيصبح الريبوزوم وظيفي حيث يكون الموقع **A** شاغرا و يتشكل بذلك معقد الإنطلاق .

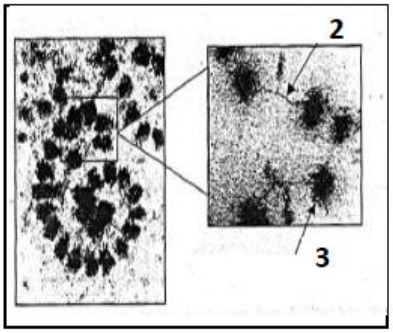
- ثم يتثبت **ARNt** آخر حامل للحمض الأميني الثاني في الموقع **A** للريبوزوم حيث تكون ضد رامزته تكامل الرامزة الثانية في سلسلة **ARNm** ، و تتشكل رابطة ببتيدية بين الحمضين الأمينيين الأول والثاني ثم ينفصل الحمض الأميني الأول عن **ARNt** الخاص به الذي يغادر الموقع **P** للريبوزوم .

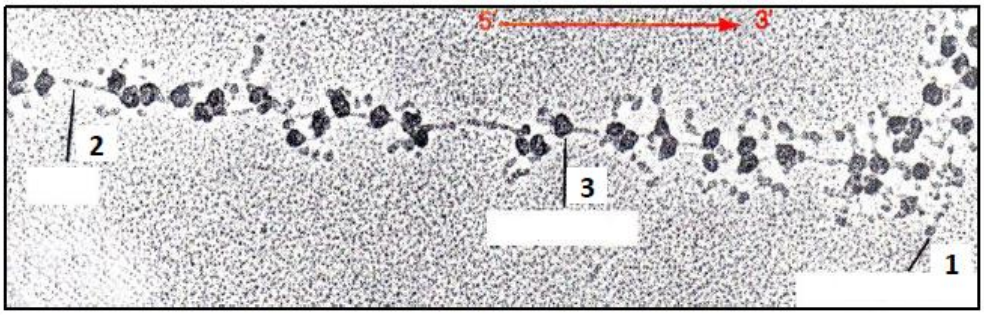
- مرحلة الإستطالة : بعد شغور الموقع **P** للريبوزوم ، ينتقل الريبوزوم على طول سلسلة **ARNm** برامزة واحدة مما يؤدي إلى تواجد **ARNt** الحامل للحمض الأميني رقم **2** في الموقع **P** ويصبح الموقع **A** شاغرا مما يسمح بتثبت **ARNt** آخر حامل لحمض أميني ثالث في الموقع **A** ، ثم تتشكل رابطة ببتيدية بين الحمض الأميني الثالث وثنائي الببتيد، ثم ينفصل **ARN** عن الحمض الأميني الثاني فيصبح الموقع **P** شاغرا ، وهكذا ينتقل الريبوزوم على طول سلسلة **ARNm** مما يؤدي إلى استطالة السلسلة الببتيدية بسبب زيادة عدد ا أحماض الأمينية المدمجة في السلسلة الببتيدية .

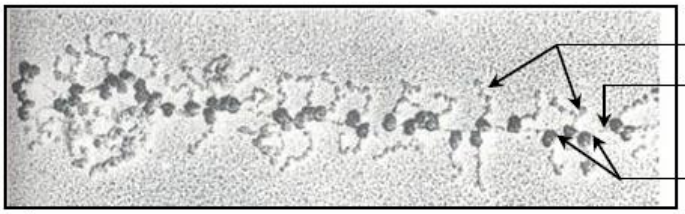
- مرحلة النهاية : عند وصول الريبوزوم إلى رامزة التوقف في نهاية سلسلة **ARNm** تتوقف عملية الترجمة حيث تنفصل تحت وحدتي الريبوزوم والسلسلة الببتيدية عن سلسلة **ARNm** وبعد ذلك يتم فصل الحمض الأميني ميثيونين عن السلسلة الببتيدية .

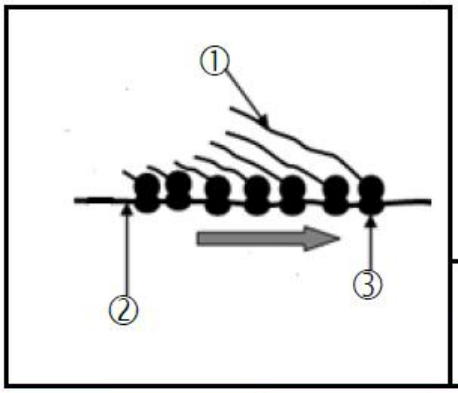
ملاحظات هامة :

- **دور ARNm في عملية التعبير المورثي(تركيب البروتين على مستوى الخلية) :** يلعب دور الوسيط بين النواة مقر المعلومة الوراثية و الهيولى مقر تركيب البروتين ، حيث ينقل نسخة من المعلومة الوراثية الموجودة في **ADN** النواة إلى الهيولى مقر تركيب البروتين .
- **دور ARNm في مرحلة الترجمة (تركيب البروتين على مستوى الهيولى) :** يحمل نسخة من المعلومة الوراثية المُراد ترجمتها
- **دور ADN في عملية التعبير المورثي (تركيب البروتين على مستوى الخلية) :** يحمل المعلومات الوراثية الخاصة بالبروتين المُراد تركيبه ، وتتمثل هذه المعلومات في عدد ، نوع و ترتيب الأحماض الأمينية الداخلة في تركيب البروتين .
- **دور ADN في مرحلة الإستنساخ :** يحمل المعلومات الوراثية المُراد استنساخها .
- **العلاقة بين المورثة و البروتين :** تتابع النيكليوتيدات في جزيئة الـ **ADN** يتحكم في تتابع رامزات الـ **ARNm** والتي بدورها تتحكم في تتالي الأحماض الأمينية في السلسلة الببتيدية و بالتالي فإن البروتينات محددة بعدد و نوع وترتيب الأحماض الأمينية كما هو محدد في المعلومة الوراثية الموجودة في **ADN** النواة .



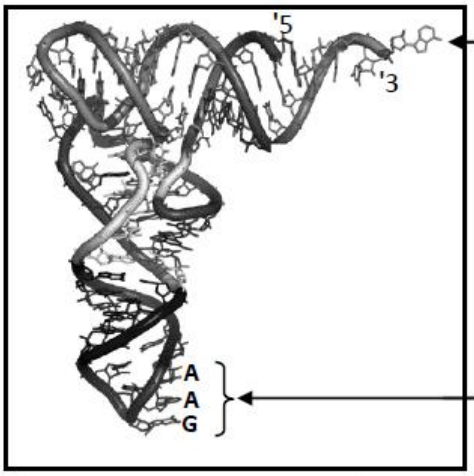






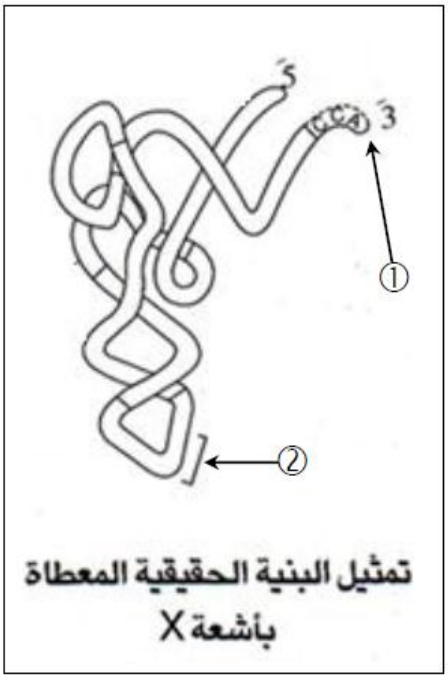
.....

.....

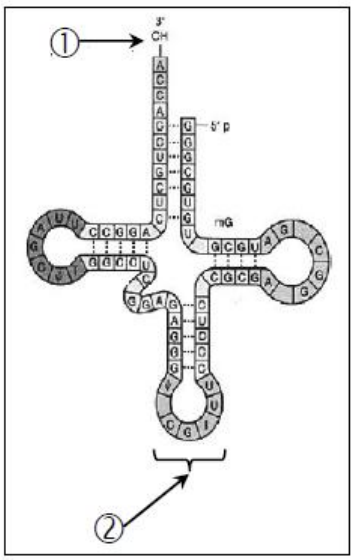


①.....

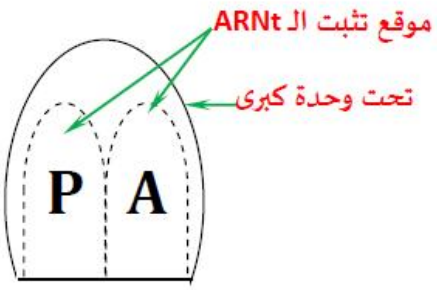
②.....

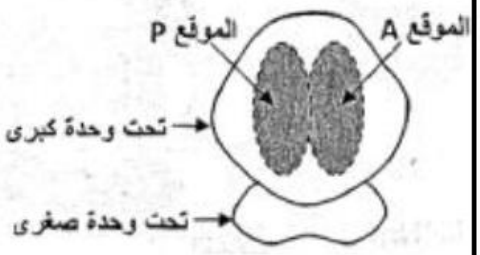


تمثيل البنية الحقيقية المعطاة بأشعة X

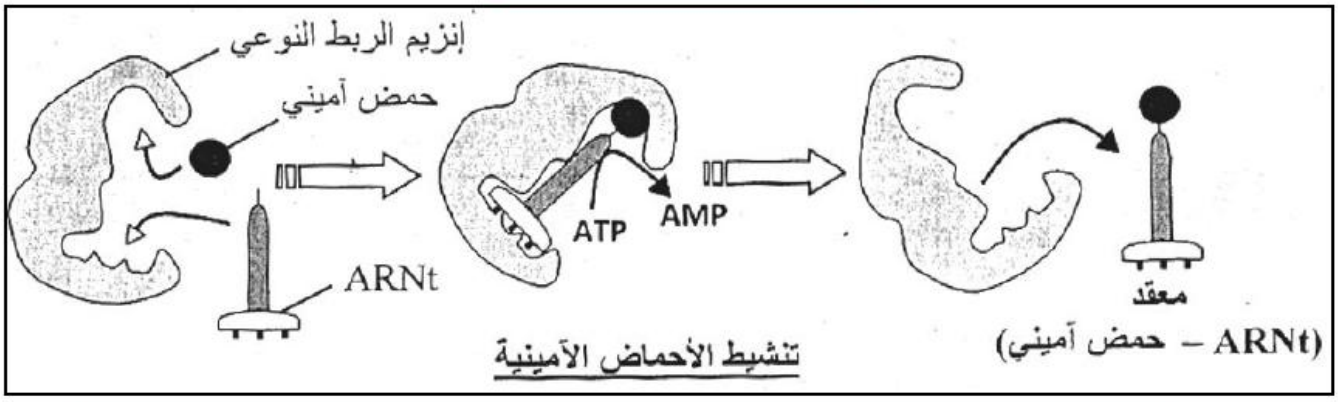


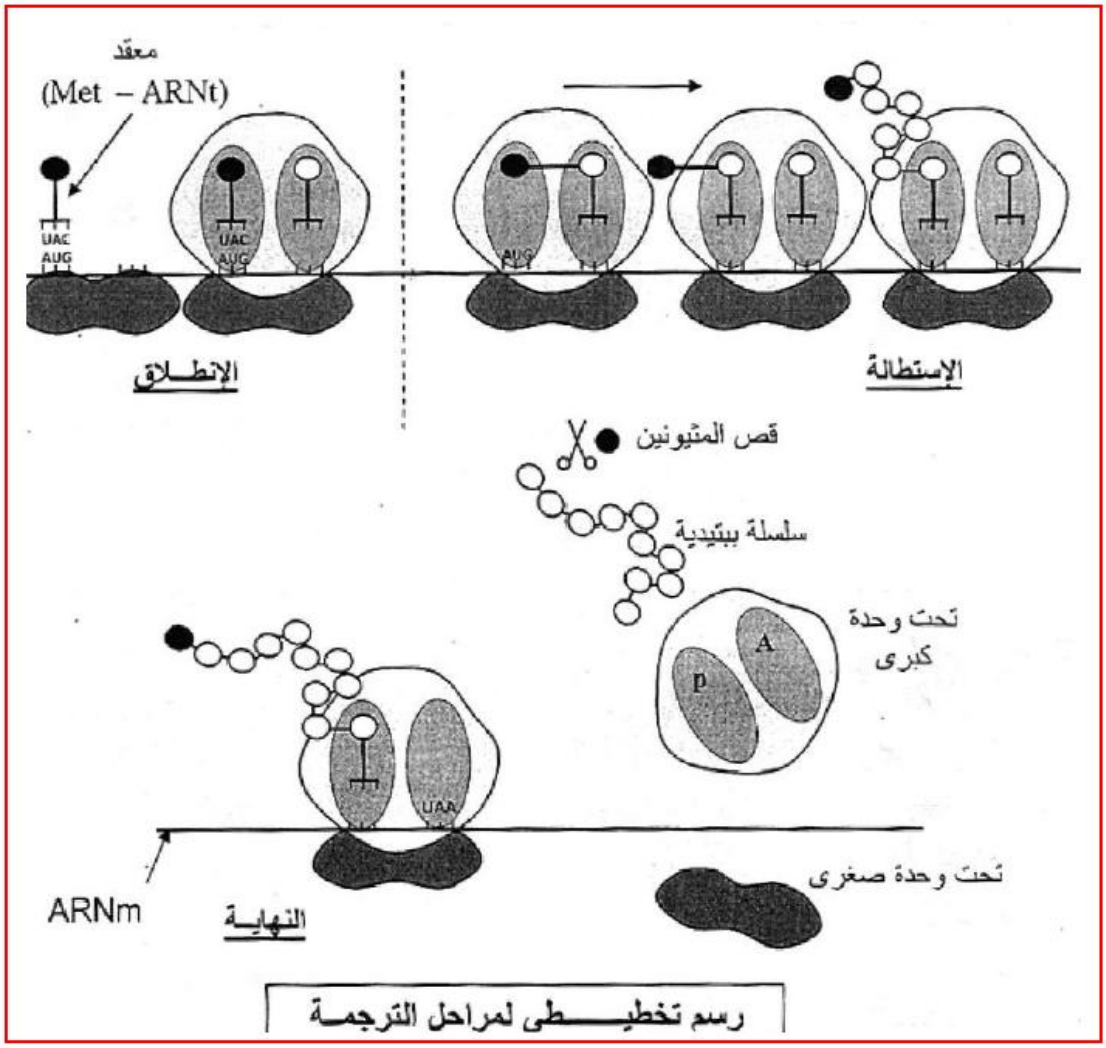
.....

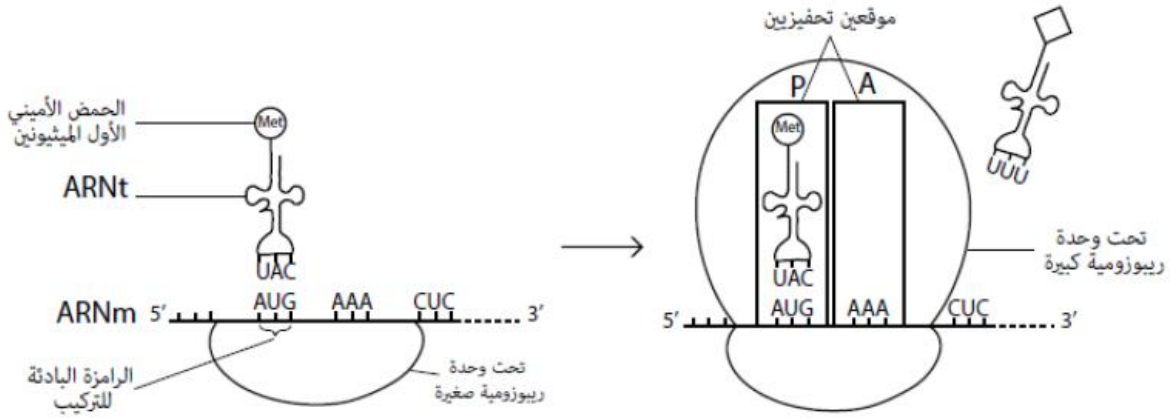




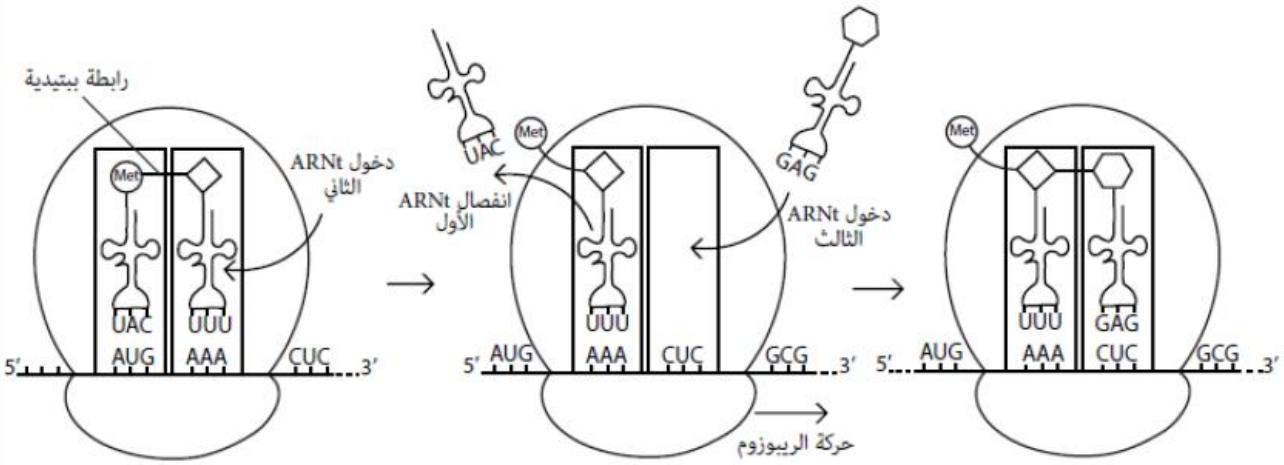
رسم تخطيطي لبنية الريبوزوم



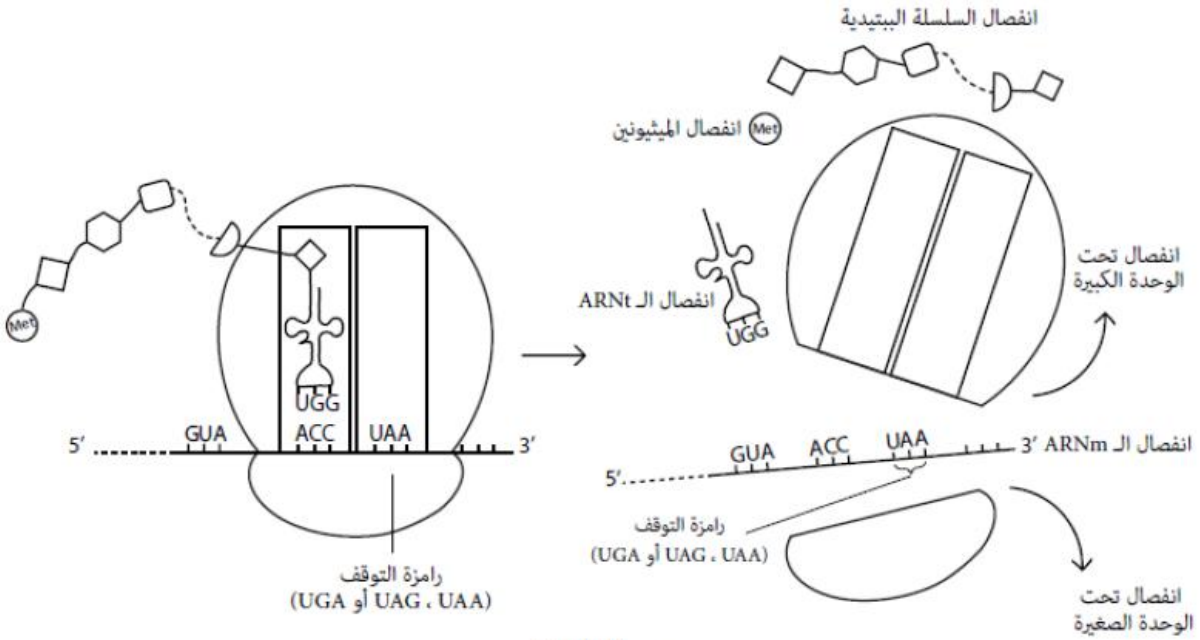




مرحلة البداية

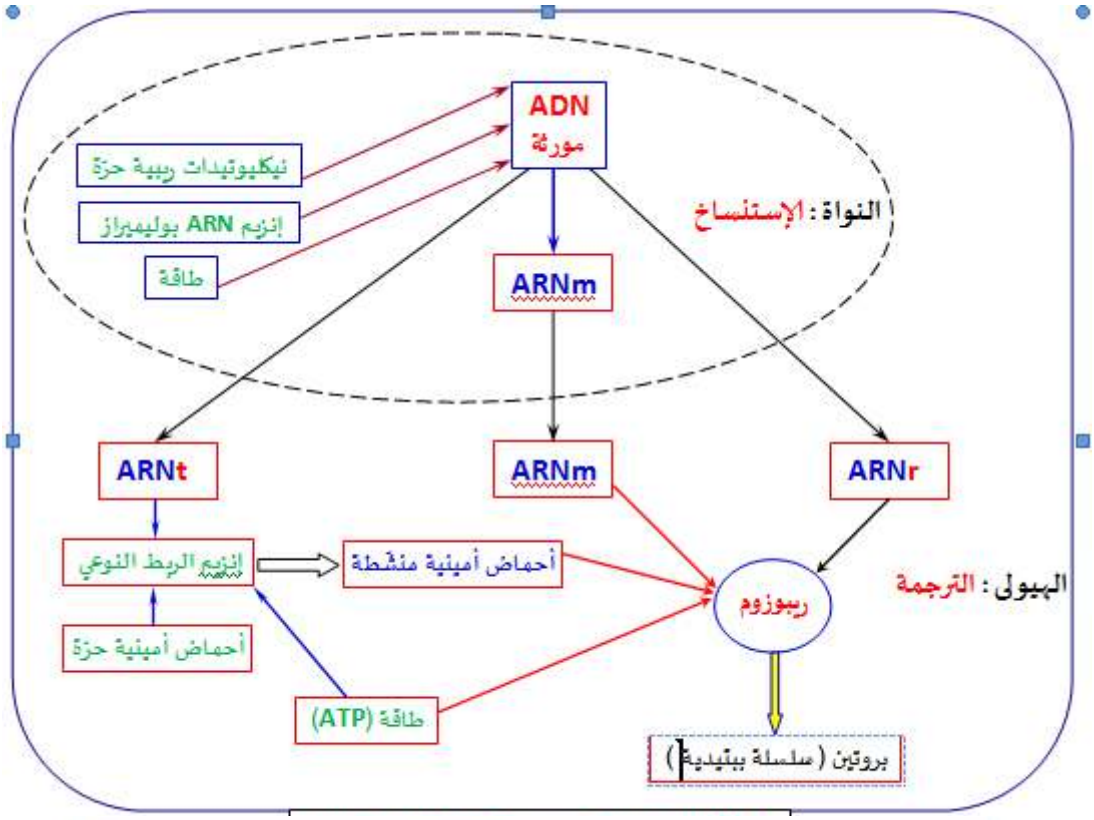


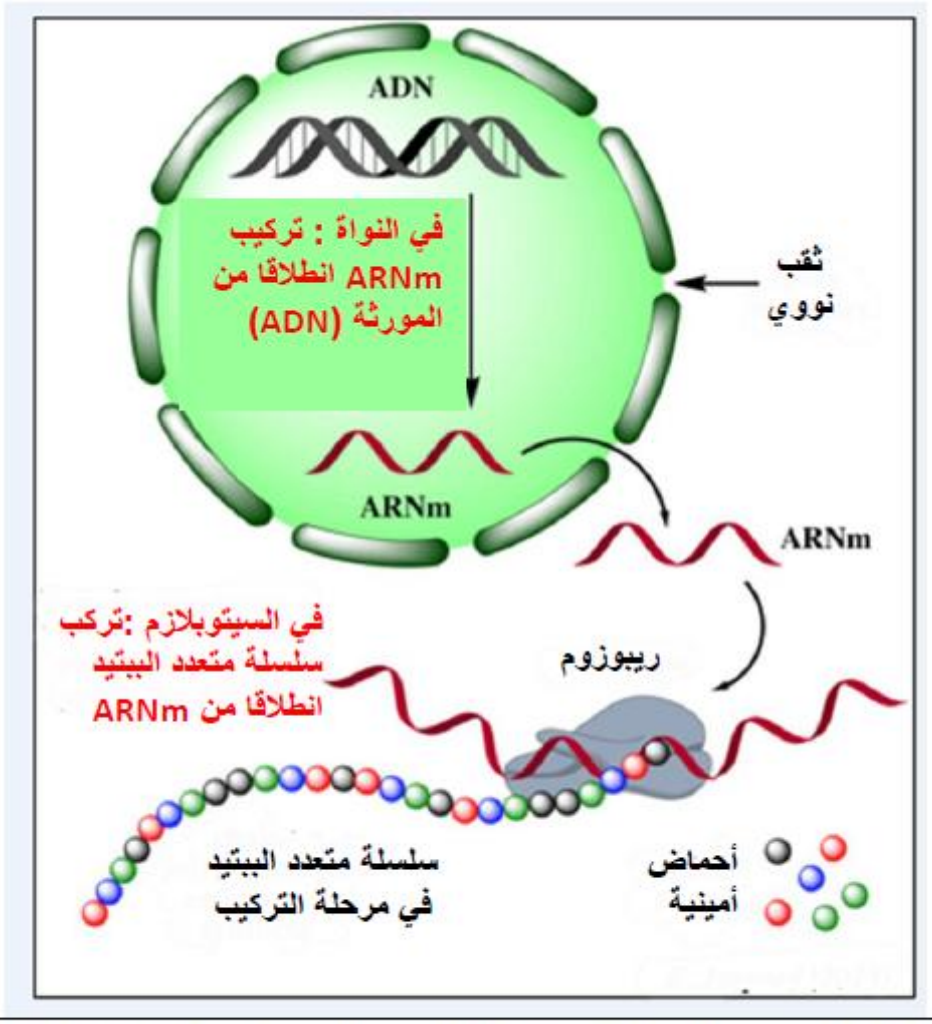
مرحلة الاستطالة



مرحلة النهاية

رسم تخطيطي يمثل مراحل عملية الترجمة





رسم تخطيطي مبسط يوضح مراحل التعبير المورثي عند حقيقيات النوى