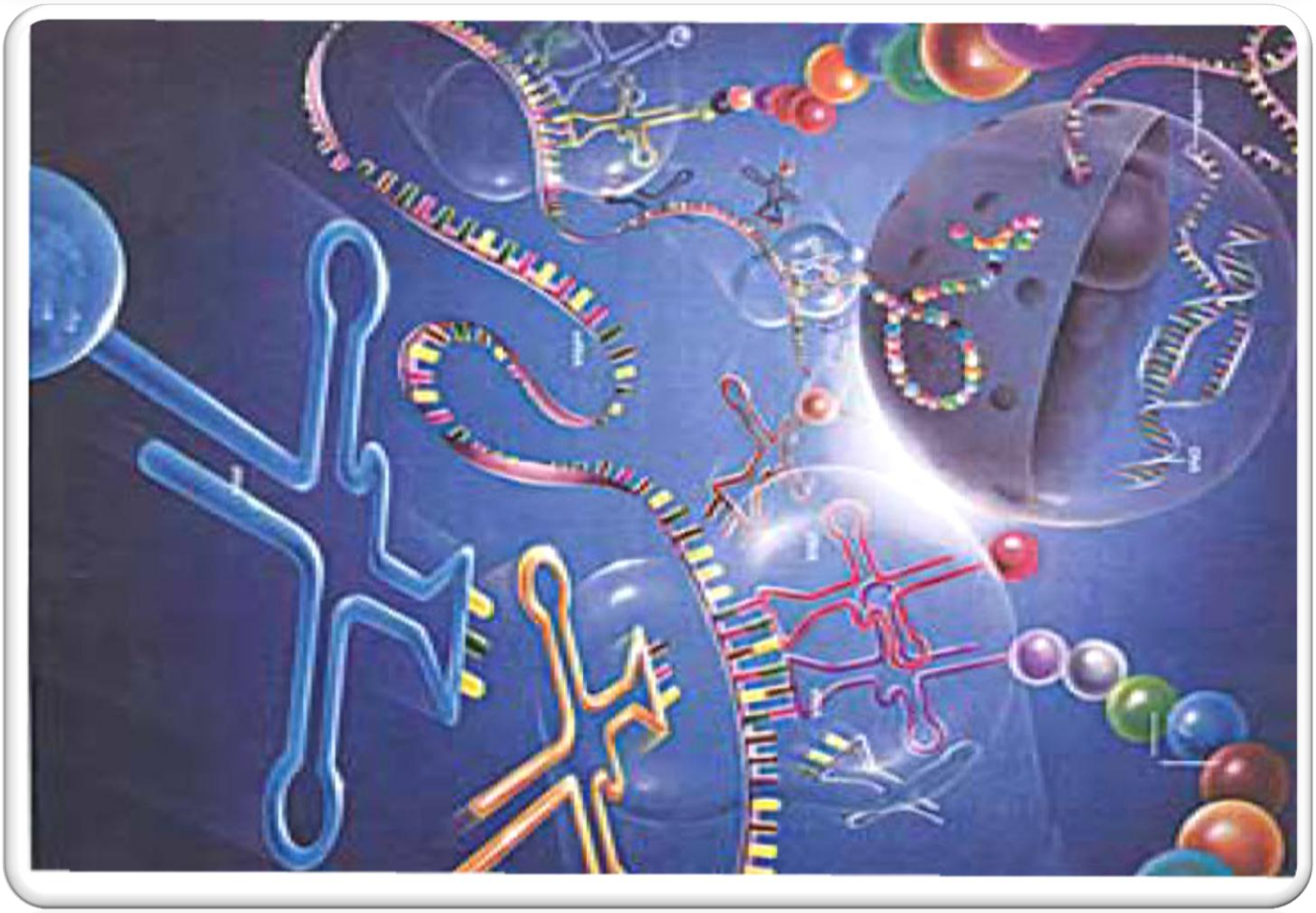
تحضير بكالوريا 2015 الحصيلة المعرفية للوحدة1 :

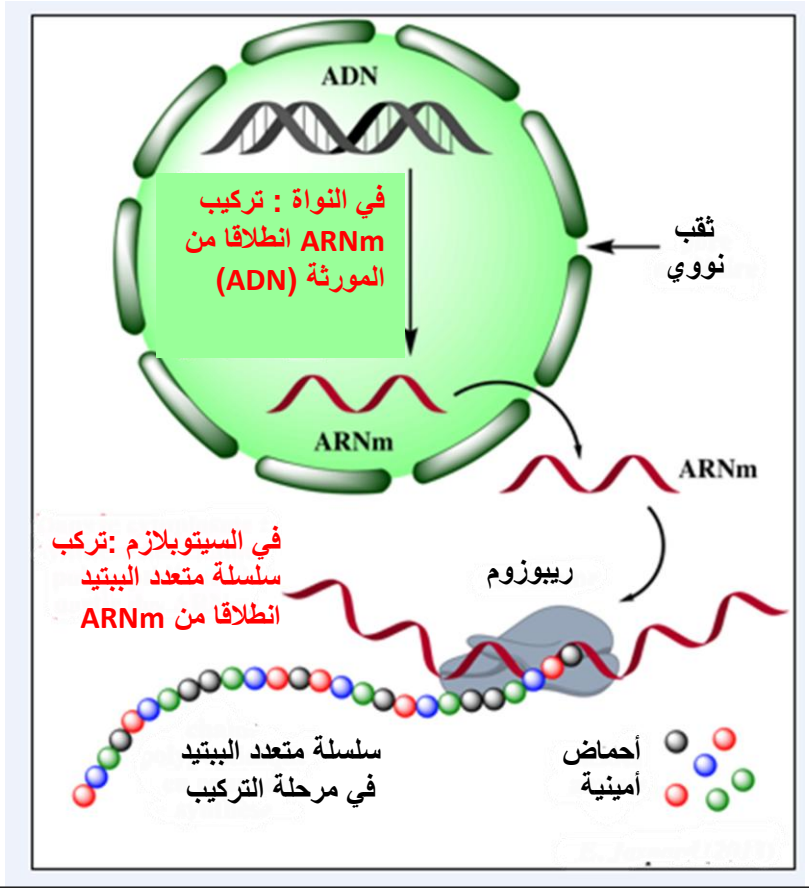
تركيب البروتين



الأستاذ : بوالريش أحمد
متقن القل

النشاط1 : تذكير بالمكتسبات

- ✓ تركب الخلية أنماطا مختلفة من البروتينات المتخصصة وظيفيا، يخضع هذا التركيب لمعلومات وراثية موجودة على مستوى المورثات.
- ✓ يُترجم التعبير المورثي على المستوى الجزيء، بتركيب بروتين مصدر النمط الظاهري للفرد على مختلف المستويات : العضوية، الخلية و الجزيئي.
- ✓ يتموضع الحمض النووي الريبي منقوص الأوكسجين (ADN) في النواة.
- ✓ يعتبر الـــADN دعامة الصفات الوراثية.
- ✓ تكون الصفات الوراثية على شكل مورثات في جزيئة الـــADN .
- ✓ المورثة عبارة عن تتالي محدد من النيكليوتيدات .



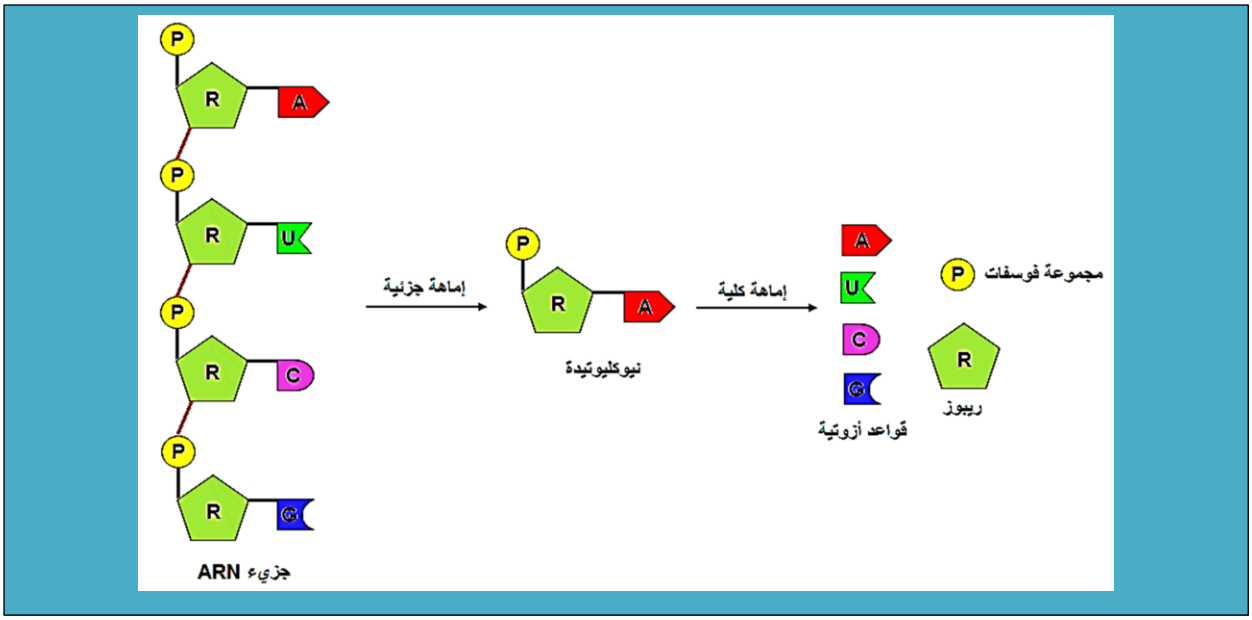
رسم تخطيطي مبسط يوضح مراحل التعبير المورثي عند حقيقيات النوى

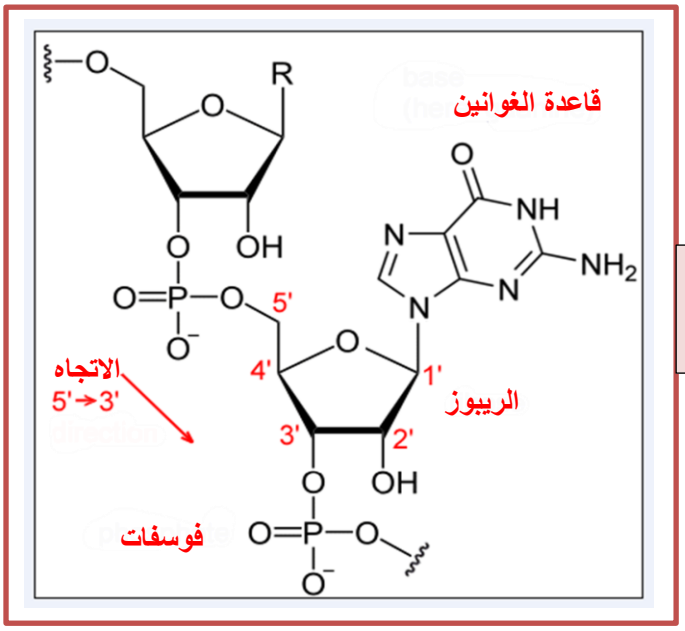
النشاط2 : مقر تركيب البروتين

- ✓ يتم تركيب البروتين عند حقيقيات النوى في هيولى الخلايا انطلاقا من الأحماض الأمينية الناتجة عن الهضم.
- ✓ يؤمن انتقال المعلومة الوراثية من النواة إلي مواقع تركيب البروتينات، نمط آخر من الأحماض النووية يدعى الحمض الريبي النووي الرسول (ARNm).

المكونات الكيميائية لجزيء الـ ARN

- ✓ الحمض ألريبي النووي (ARNm) عبارة عن جزيئة قصيرة، تتكون من خيط مفرد واحد، متشكل من:
  - ❖ تتالى نيكليوتيدات ريبية تختلف عن بعضها حسب القواعد الآزوتية الداخلة في تركيبها(الأدنين، الغوانين، السيتوزين، اليوراسيل).ترتبط النيكليوتيدات مع بعضها البعض بروابط إستر فوسفاتية،
  - ❖ النكليوتيد ألريبي هو النيكليوتيد الذي يدخل في بناءه الريبوز :سكر خماسي الكربون.
  - ❖ اليوراسيل قاعدة آزوتية مميزة للأحماض الريبية النووية.





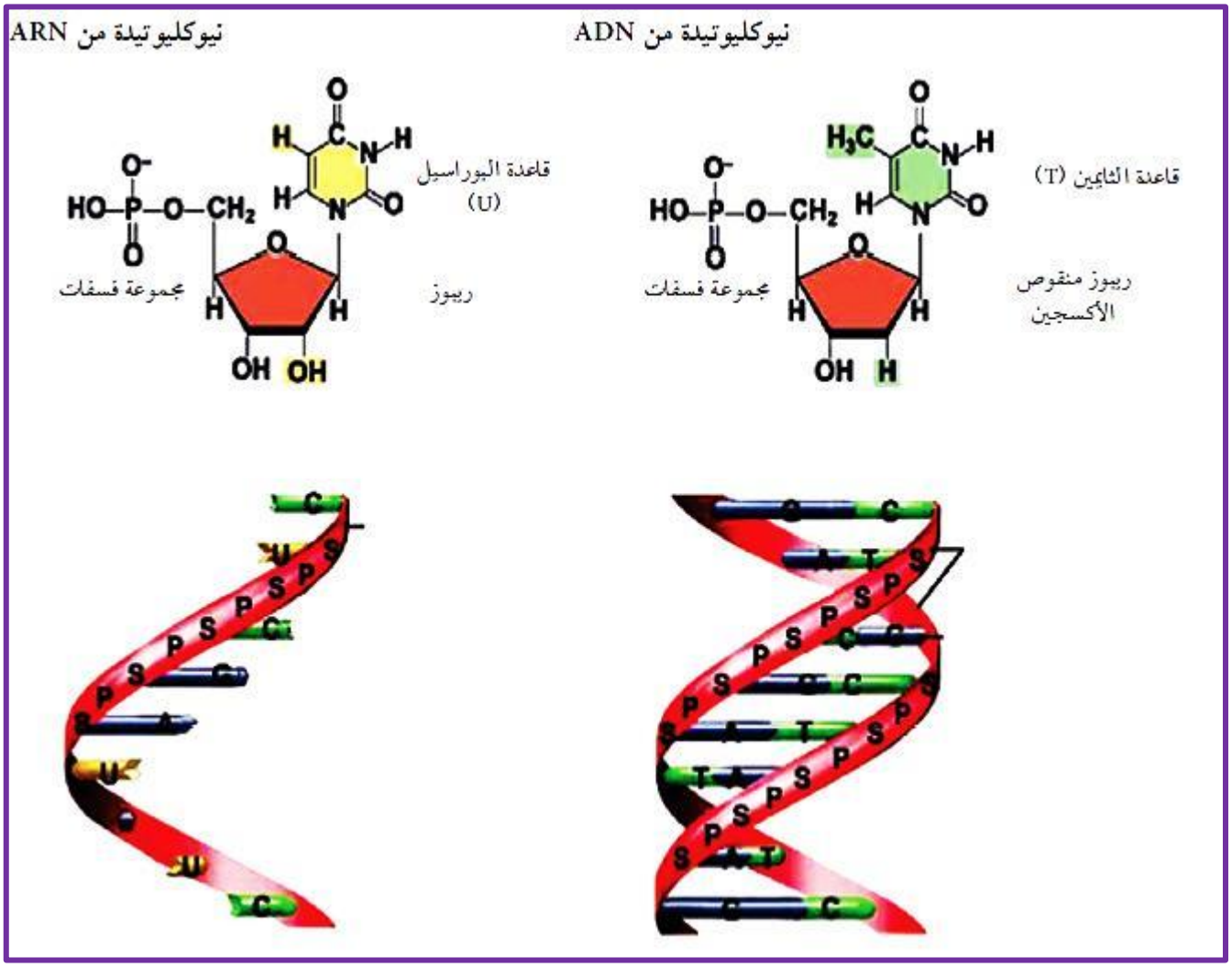
كيفية ارتباط النيكليوتيدات مع بعضها في سلسلة الـ ARN بروابط استر فوسفاتية

النشاط3 : استنساخ المعلومات الوراثية الموجودة على مستوى الـ ADN

يلعب الـ ARNm دور الوسيط الكيمائي بين النواة و الهيولى، فهو يعمل على نقل المعلومة الوراثية من الـADN في النواة إلى مستوى الهيولى مما يطرح التساؤل التالي:

كيف يتم بناء هذا الوسيط أي كيف يمكن له أن يكون وسيطا بين المعلومة الوراثية الموجودة في جزيئة ADN و البروتين ؟

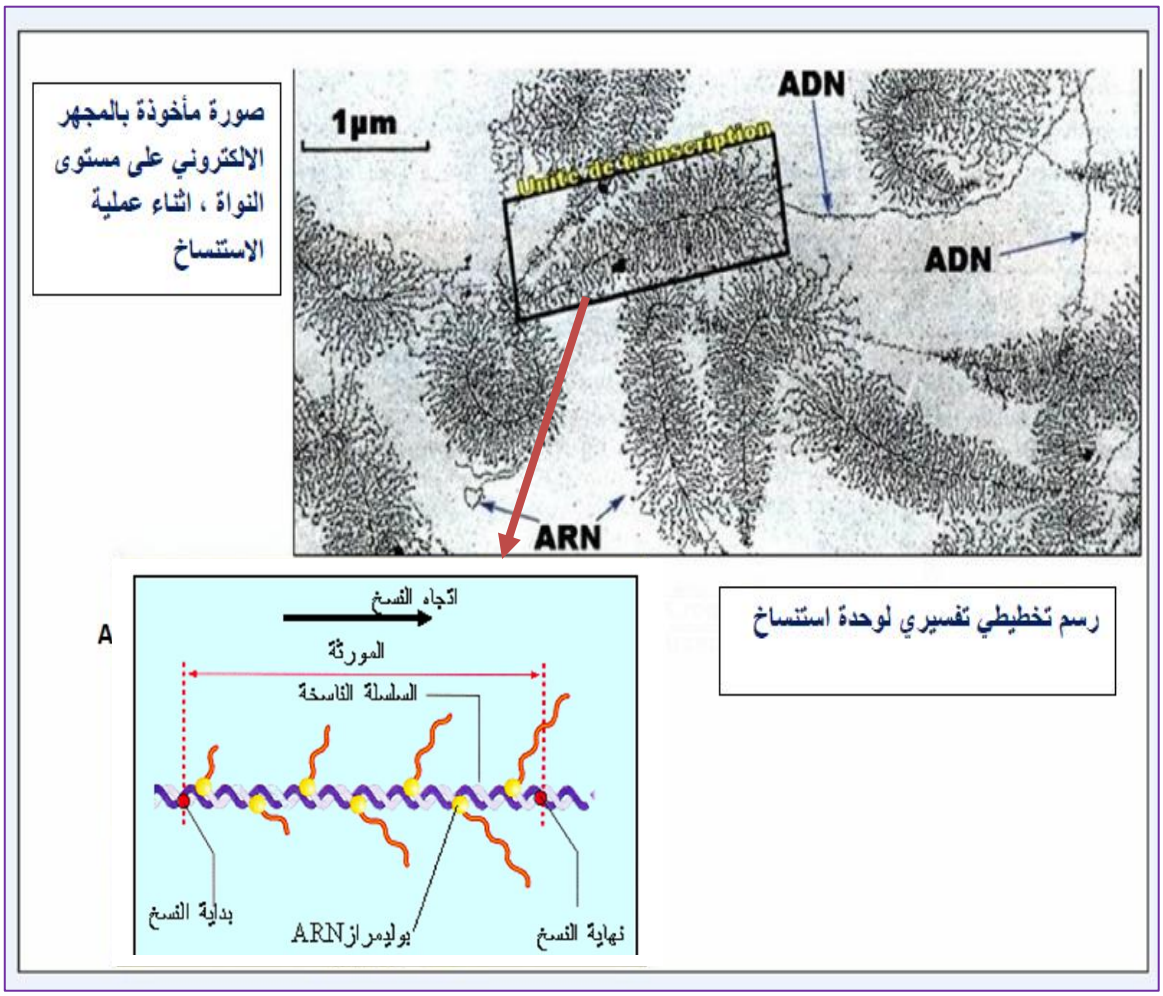
1 – مقارنة بين الـ ADN والـ ARN



ADN	ARN
حمض نووي ريبي منقوص الاكسجين (يتكون من نيكليوتيدات ريبية منقوصة الاكسجين)	حمض نووي ريبي (نيكليوتيدات ريبية)
يتكون من سلسلتين	يتكون من سلسلة واحدة
القواعد الازوتية (G , C ,A ,T)	القواعد الازوتية (G , C ,A ,T)
سكر ريبوز منقوص الاكسجين D	سكر ريبوز R
يتواجد في النواة فقط (حقيقيات النواة)	يتواجد في النواة والهيولى

✓ نظرا لوجود تكامل بين البنيتين (إحدى سلاسل الـADN و الـ ARNm) ، فهذه السلسلة من الـADN هي بمثابة القالب للـ ARNm أي أنها تستنسخ منها.

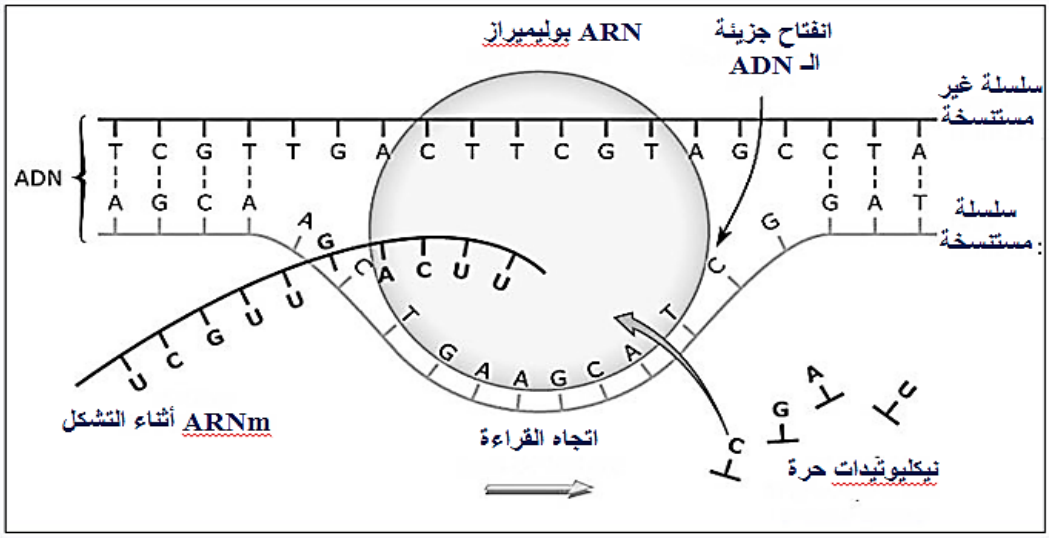
2 – استنساخ المعلومة الوراثية :



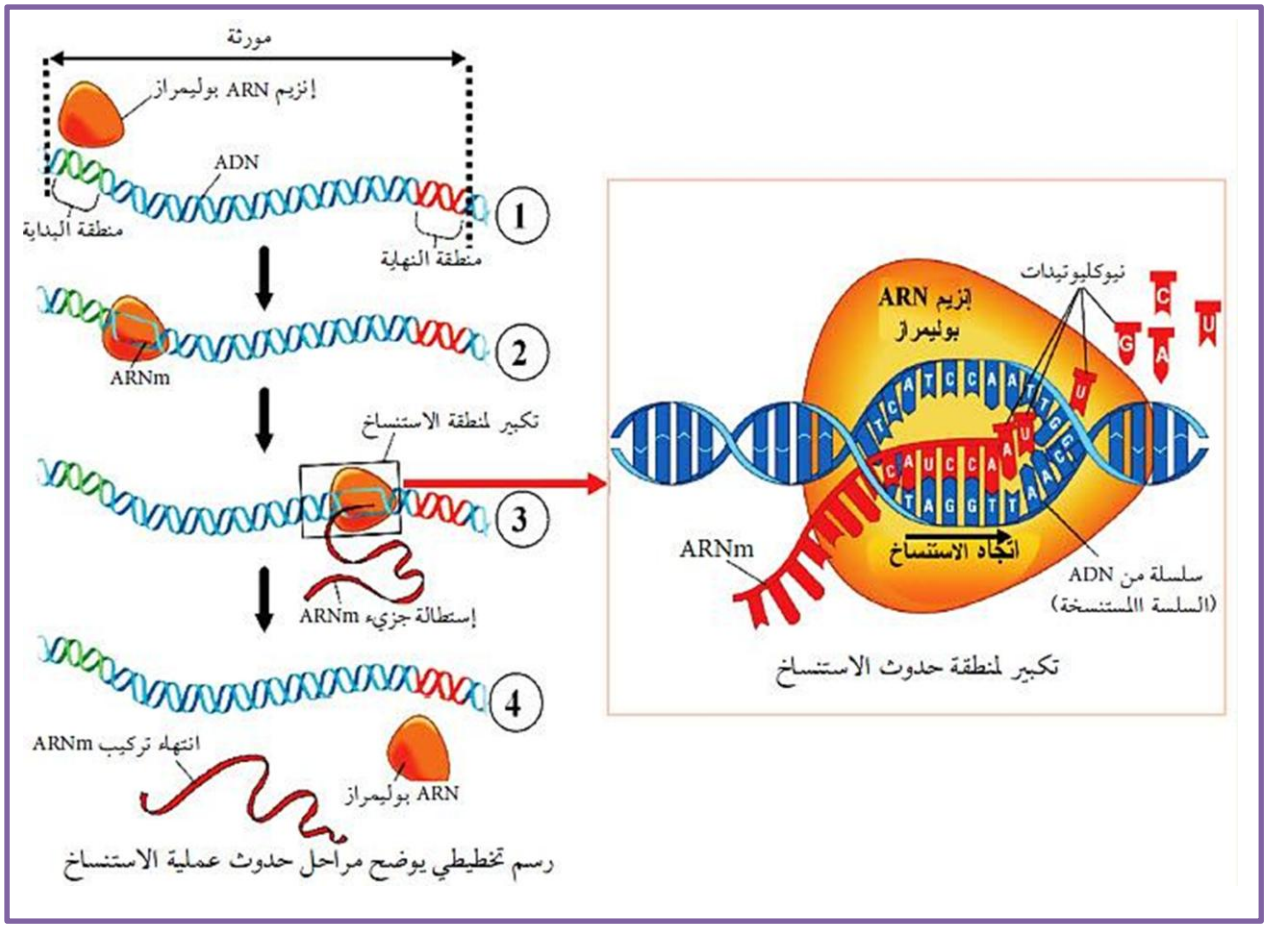
- ✓ تظهر الصورة عددا كبيرا من سلاسل ARNm تخرج من الـ ADN على طول امتداد المورثة.
- ✓ كل سلسلة من هذه السلاسل هي نسخة من مورثة، يتم نسخها أثناء تركيب البروتين.
- ✓ عملية استنساخ الـ ARNm من ADN يتطلب تدخل إنزيم نوعي هو ARN بوليمراز (انزيم بلمرة ARN).
- ✓ اتجاه الاستنساخ يتم من بداية المورثة اتجاه نهاية المورثة ، حيث سلسلة الـ ARN الناتجة يزداد طولها كلما اتجهنا نحو نهاية المورثة.

3- تفاصيل حول حدوث عملية الاستنساخ

رسم تخطيطي لآلية تركيب الـ ARNm



تمثل الوثيقة التالية بعض تفاصيل حدوث عملية الاستنساخ



أ ـ العناصر الضرورية لحدوث عملية الاستنساخ :

- ✓ المورثة (المعلومات الوراثية الأصلية على جزيئة ADN).
- ✓ إنزيم ARN بوليميراز.
- ✓ 4 أنواع من النيوكليوتيدات الداخلة في تركيب الـ ARN.

بـ ـ دور انزيم ARN بوليميراز (انزيم بلمرة ARN)

هو عبارة عن معقد انزيمي يتمثل دوره في :

- ❖ يتعرف انزيم ARN بوليميراز على بداية المورثة المسؤولة عن انطلاق تركيب ARNm ويلتصق بها.
- ❖ يعمل انزيم ARN بوليميراز على ازالة الالتفاف الحلزوني لجزيئة ADN بتكسير الروابط الكيميائية (الهيدروجينية) بين القواعد الازوتية.
- ❖ يعمل انزيم ARN بوليميراز على ربط (بلمرة) نيكليوتيدات ARNm .
- ❖ يتعرف انزيم ARN بوليميراز على نهاية المورثة (نهاية الاستنساخ) , فيتوقف عن ربط النيكليوتيدات وتستعيد جزيئة ADN حالتها الاصلية.

جـ - مراحل حدوث عملية الاستنساخ :

تمر عملية الاستنساخ بالخطوات التالية :

الانطلاق :

- يرتبط انزيم ARNm بوليميراز بمنطقة بداية المورثة و يقوم بفتح سلسلتي الـ ADN بعد كسر الروابط الهيدروجينية ثم قراءة تتابع القواعد الأزوتية على إحدى سلسلتي الـ ADN وربط النيوكليوتيدات الموافقة لها لتركيب سلسلة من ARN

الإستطالة :

- ينتقل الإنزيم على طول سلسلة الـ ADN لتستمر القراءة بنفس الآلية و تتطاول سلسلة الـ ARN.

النهاية :

- عند وصول الإنزيم إلىنهاية المورثة تتوقف إستطالة الـ ARN الذي ينفصل عن الـ ADN و ينفصل الإنزيم و تلتحم سلسلتي الـ ADN .

الحصيلة

يتم التعبير عن المعلومة الوراثية التي توجد في الـADN على مرحلتين هما الاستنساخ والترجمة.

- **مرحلة الاستنساخ :**تتم في النواة ويتم خلالها التصنيع الحيوي لجزيئة الـARNm انطلاقا من إحدى سلسلتي الـADN (السلسلة الناسخة) في وجود أنزيم الـ ARN بوليمراز ،و تخضع لتكامل النكليوتيدات بين سلسلة الـARNm و السلسلة الناسخة .
- بواسطة عدة إنزيمات ARNm بوليميراز تستنسخ مورثة واحدة في آن واحد مما يسرع عملية الإستنساخ.

النشاط4 : الترجمة

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

1 – الشفرة الوراثية

✓ تُنسخ المعلومة الوراثية بشفرة خاصة: تدعى الشفرة الوراثية.

كيف تحل اللغة النووية (أبجدية بـــ04 أحرف لقواعد أزوتية) بلغة بروتينية (أبجديـــة بـــ20 حرف لحموض أمينية) ؟

جدول الشفرة الوراثية :

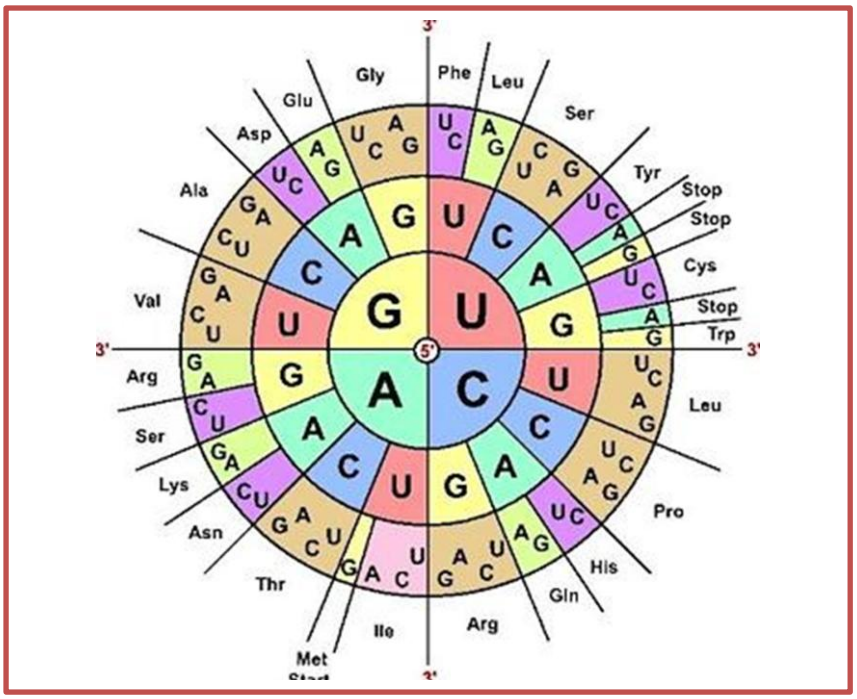
النموذج الاول

الحرف الثاني

الحرف الأول	U		C		A		G		الحرف الثالث
U	UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys	U
	UUC		UCC		UAC		UGC		C
	UUA	Leu	UCA		UAA	Stop	UGA	stop	A
	UUG		UCG		UAG	stop	UGG	Trp	G
C	CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His	CGU	Arg	U
	CUC		CCC		CAC		CGC		C
	CUA		CCA		CAA	Gln	CGA		A
	CUG		CCG		CAG		CGG		G
A	AUU	Ile	ACU	Thr	AAu	Asn	AGU	Ser	U
	AUC		ACC		AAC		AGC		C
	AUA		ACA		AAA	Lys	AGA	Arg	A
	AUG	Met or start	ACG		AAG		AGG		G
G	GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly	U
	GUC		GCC		GAC		GGC		C
	GUA		GCA		GAA	Glu	GGA		A
	GUG		GCG		GAG		GGG		G

Phe	فينيل الانين	Ala	الانين	Gly	غلايسين
Leu	ليوسين	Tyr	تيروسين	Cys	سستين
Ile	ايزوليوسين	His	هستيدين	Trp	تربتوفان
Val	فالين	Gln	غلوتامين	Arg	أرجنين
Ser	سيرين	Asn	أسبرجين	Asp	حمض أسبرتيك
Pro	برولين	Lys	لايسين	Glu	حمض غلوتميك
Met	مثيونين	Thr	ثريونين		

النموذج الثاني



✓ يتركب البروتين من 20 نوع من وحدة بنائية هي الأحماض الأمينية المتوضعة بشكل مختلف حسب البروتين، و أن 20 نوع من الأحماض الأمينية يوافق 4 أنواع من النيكليوتيدات .

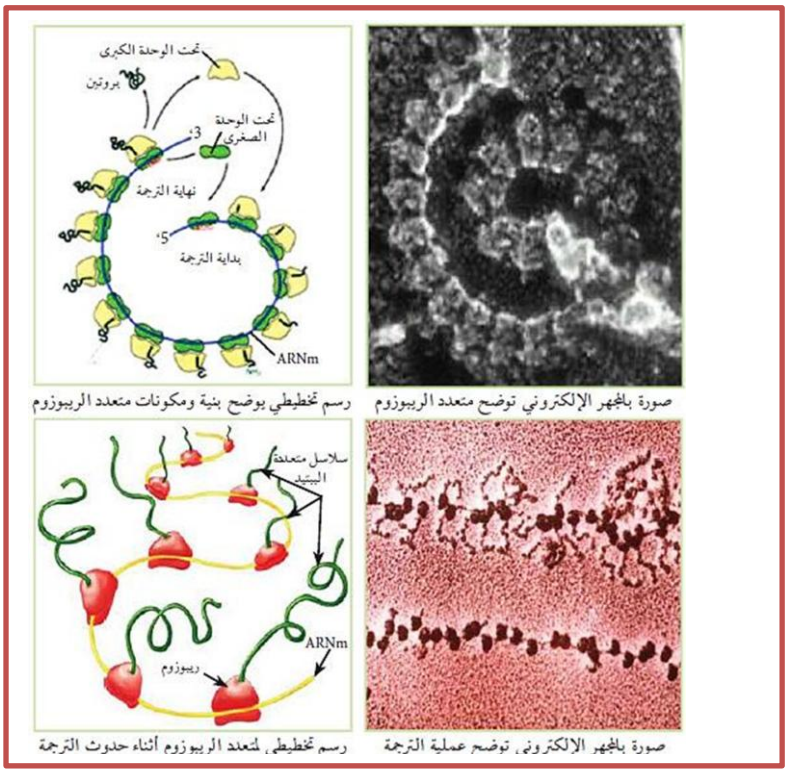
الاحتمال	عدد نكليوتيدات الـARNm الموافقة لكل حمض أميني	عدد الأحماض الأمينية المشفر إليها	التعليق
الأول	1	$4 = {}^{1}4$	**هذا العدد لا يكفي لتشفير 20 حمض أميني**
الثاني	2	$16 = {}^{2}4$	**هذا العدد لا يكفي لتشفير 20 حمض أميني**
الثالث	**3**	**$64 = {}^{3}4$**	**هذا العدد يكفي لتشفير 20 حمض أميني**

✓ الاحتمال الأكثر وجاهة هو الاحتمال الثالث لأنه عدد كافي لتشفير 20 نوع من الأحماض الأمينية.
✓ إن وحدة الشفرة الوراثية هي ثلاثية من القواعد تدعى الرامزة تُشفر لحمض أميني معين في البروتين .
✓ تُشفر عادة لنفس الحمض الأميني عدة رامزات ماعدا الرامزات التالية: UAA ; UAG ;UGA التي لا تُشفر لأي حمض أميني وتمثل رامزات توقف القراءة.
✓ تُشفر الرامزة AUG لحمض أميني واحد هو الميثونين.
✓ تُشفر الرامزة UGG لحمض أميني واحد هو التربتوفان.

النشاط5 : مراحل الترجمة

1 – مقر تركيب البروتين

✓ يتم ربط الأحماض الأمينية في متتالية محددة على مستوى ريبوزومات متجمعة في وحدة متمايزة تدعى متعدد الريبوزوم.



رسم تخطيطي يوضح بنية ومكونات متعدد الريبوزوم

صورة بالمجهر الإلكتروني توضح متعدد الريبوزوم

رسم تخطيطي لمتعدد الريبوزوم أثناء حدوث الترجمة

صورة بالمجهر الإلكتروني توضح عملية الترجمة

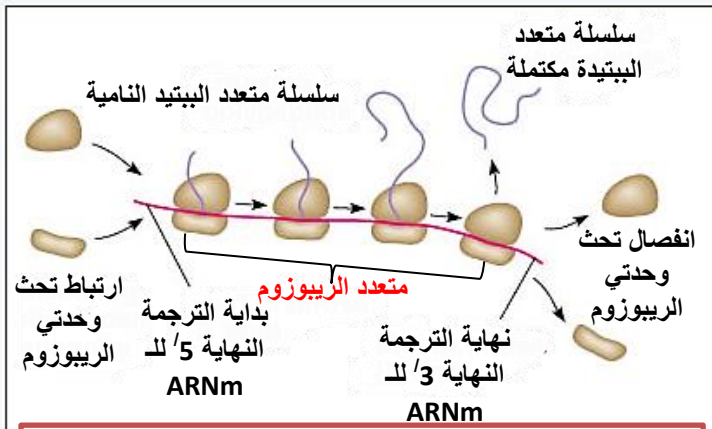
تعريف لمتعدد الريبوزوم (البوليزوم polysome):

✓ ارتباط عدد من الريبوزومات بجزيء واحد من الـ ARNm، حيث يقوم كل ريبوزوم بإنتاج سلسلة ببيتيدية في آن واحد

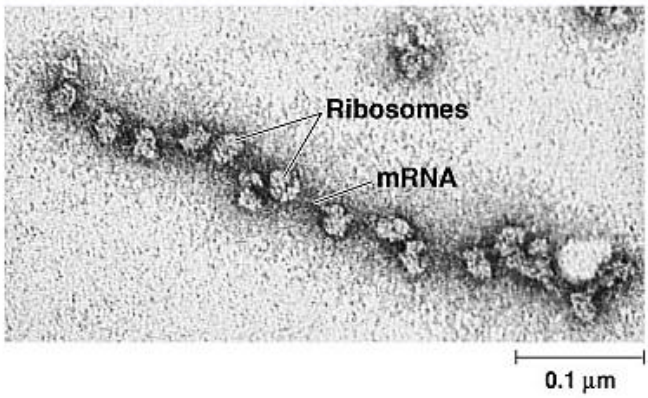
دور متعدد الريبوزوم :

✓ متعدد الريبوزوم هو طريقة فعالة لتركيب البروتين بسرعة، لإنتاج كمية معتبرة من نفس البروتين في وقت أقل. حيث القراءة المتزامنة للـARNm نفسه من طرف عدد من الريبوزومات بزيادة كمية البروتينات المصنعة.

✓ عدد الريبوزومات المرتبطة هو وسيلة للتحكم في سرعة وكمية تركيب البروتين حسب حاجة الخلية.

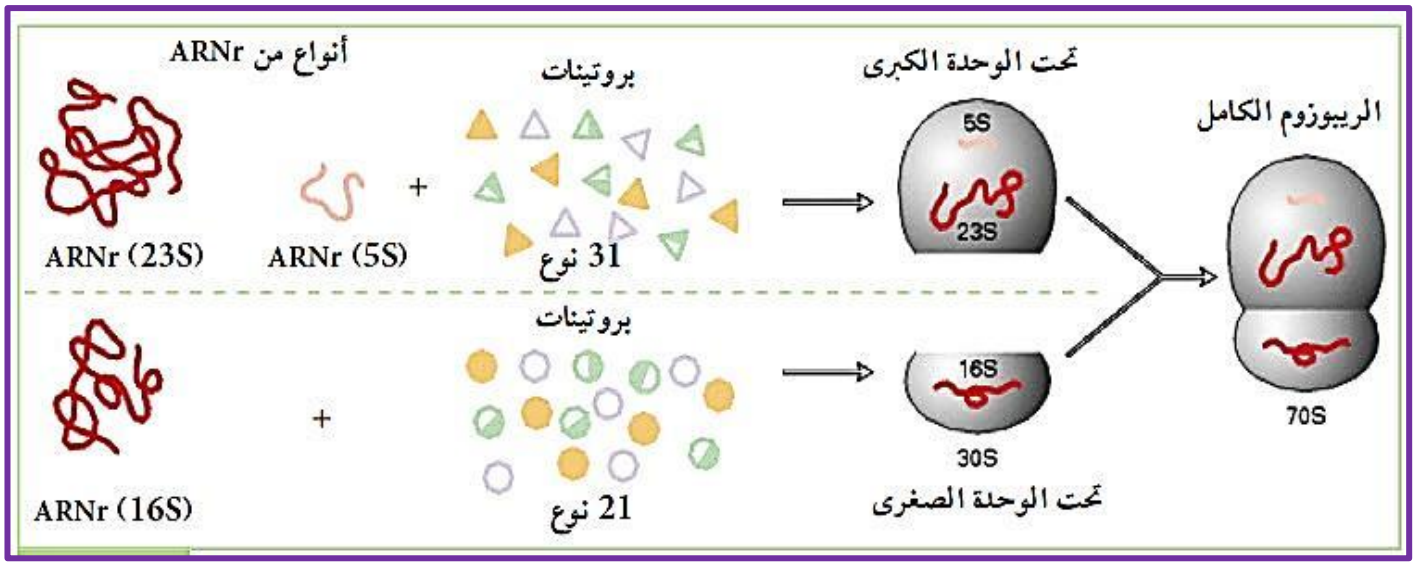


رسم تخطيطي لمتعدد الريبوزوم



صورة بالمجهر الالكتروني تظهر متعدد الريبوزوم عند بدائيات النواة

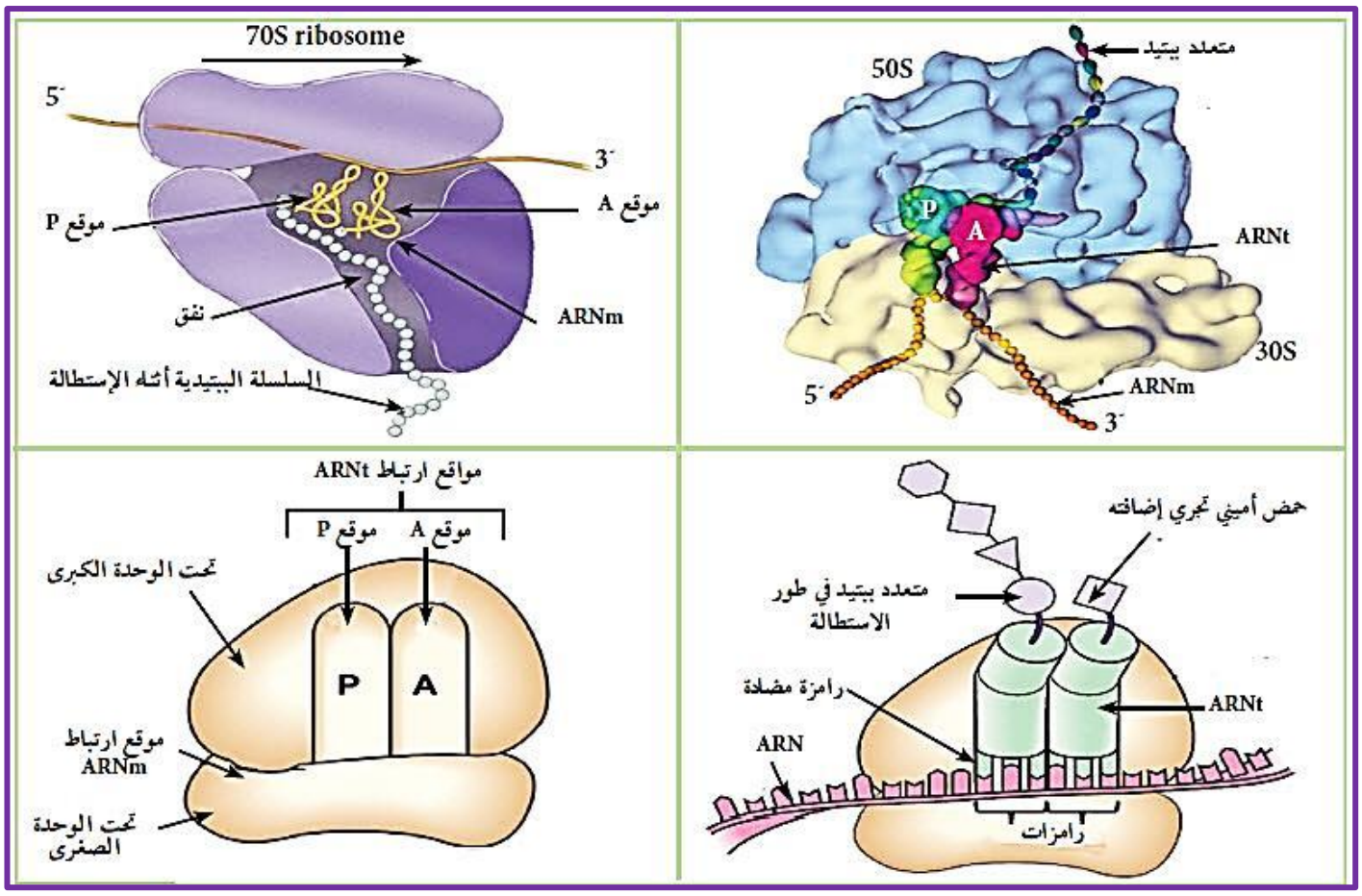
2 – بنية ومكونات الريبوزوم



✓ يتكون الريبوزوم في اوليات النواة مثل البكتيريا من تحث وحدتين :

- تحث وحدة صغيرة :تتكون من نوع واحد من ARN الريبوزومي (ARNr(16S +21 نوع من البروتينات.
- تحث وحدة كبيرة : تتكون من نوعين من ARN الريبوزومي : (ARNr(23S و (ARNr(5S +31 نوع من البروتينات

أ - البنية الفراغية للريبوزوم



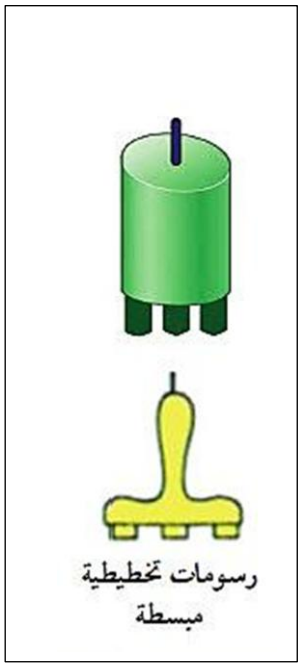
بـ - وصف بنية الريبوزوم :

- ✓ تتكون كل جزيئة ريبوزوم من تحت وحدتين: تحت وحدة كبيرة و تحت وحدة صغيرة
- ✓ يحتوي الريبوزوم على موقعين لتثبيت ARNt (موقعين تحفيزيين): موقع الحمض الاميني (الموقع **A** : Aminoacyl – Trna) وموقع الببتيد (الموقع P)
- ✓ كما يحتوي الريبوزوم على نفق في تحت الوحدة الكبرى لخروج السلسلة الببتيدية ونفق بيت تحث والحدتين لتوضع جزيء الـ ARNm يسمح بإنزلاق وتنقل الريبوزوم على خيط ARNm.

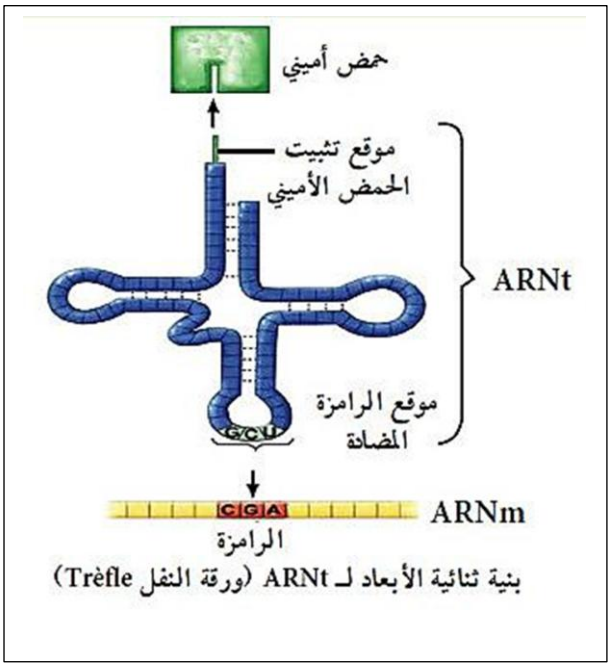
معلومات مفيدة:

- ✓ **الموقع A والموقع P تقع في معظمها في تحث الوحدة البنائية الكبرى لكنها تستكمل بشكل متمم في تحث الوحدة البنائية الصغرى.**
- ✓ **عملية تركيب ARNr مشابهة للـARNm وهذا إنطلاقا من مورثات خاصة (ADN)**
- ✓ **يتشكل الريبوزوم من تحت وحدتين: تحت وحدة صغيرة وأخرى كبيرة:**
  - ✓ **40s 60s عند حقيقيات النواة.**
  - ✓ **30s و 50s عندبدائيات النواة**
- ✓ **كل وحدة مكونة من مزيج من ARNالريبوزومي ARNr وبروتينات (60% ARNr و40% بروتينات)**
- ✓ **تحت الوحدات يتم تركيبها داخل النوية.**

3– بنية ARN الناقل (ARNt)



بنية ثلاثية الأبعاد لـ ARNt (حرف L مقلوب



بنية ثنائية الأبعاد لـ ARNt (ورقة النفل Trèfle)

- ✓ يتكون ARNt الناقل من سلاسل صغيرة تحتوي من 70 إلى 80 نيكليوتيدة. له بنية فراغية كروية على العكس من (ARNm) ذو بنية اولية (خطية).
- ✓ تتميز بنية الـARNt بخواص تركيبية نظرا لوجود موقعين للإرتباط نوعيين مستقلين:
  - ❖ موقع التعرف على الحمض الاميني : يتعرف و يرتبط بالحمض الأميني بمساعدة إنزيم نوعي
  - ❖ الموقع الرامزة المضادة : الموجود في الطرف الآخر من الجزيء يسمح بالتعرف على الرامزة الموجودة في تتابع القواعد الأزوتية على جزيء الـARNm .

✓ يتمثل دورجزيئات الحمض الريبي النووي الناقل (ARNt) في تثبيت ،نقل وتقديم الأحماض الأمينية الموافقة على مستوى الريبوزوم.

معلومات مفيدة :

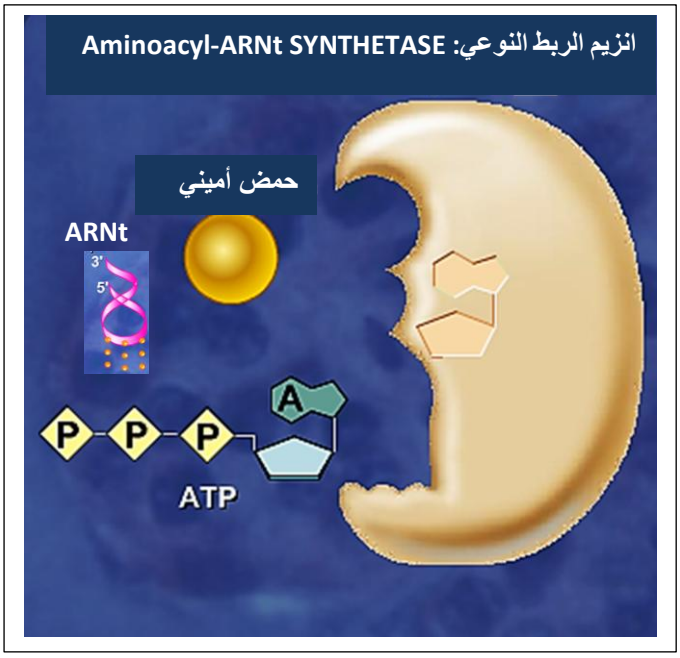
- ✓ **الطاقة المتحررة من انفصال ARNt عن الحمض الاميني تسمح بتشكيل رابطة ببتيدية بين الحمض الاميني الموجود في الموقع الببتيدي (P) مع الآخرالموجود في موقع الحمض الاميني (A) للريبوزوم. وهذا يعلل ضرورة وجود موقعين لحمضين أمينيين في الريبوزوم (الموقع P والموقع A).**
- ✓ **ARNt= سلسلةARN تلتف حول نفسها لتشكيل بنية ثلاثية الأبعاد.**
- ✓ **كل ARNt يركب مثل الـ ARNmوهذا إنطلاقا من مورثات خاصة في الـ ADN (وهي مورثات لا تشفر للبروتينات)**

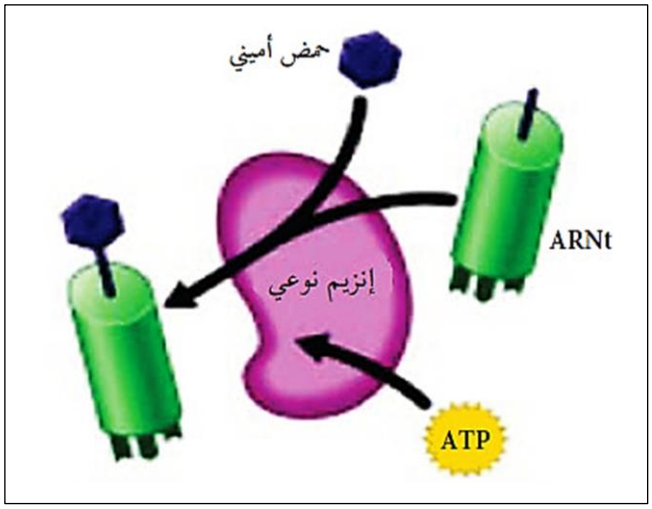
4 – تنشيط الأحماض الأمينية

✓ الحمض الأميني لا يدخل في تركيب متعدد الببتيد إلا إذا كان منشطا.

✓ يقصد بالتنشيط : إرتباط الحمض الاميني مع ARNt النوعي له برابطة غنية بالطاقة.

أ – العناصر اللازمة لتنشيط الاحماض الأمينية ودور كل منها





تنشيط الأحماض الأمينية

انزيم الربط التوعي (Aminoacyl-ARNt SYNTHETASE):

✓ مسؤال عن تشكيل المعقد (حمض أميني-ARNt)

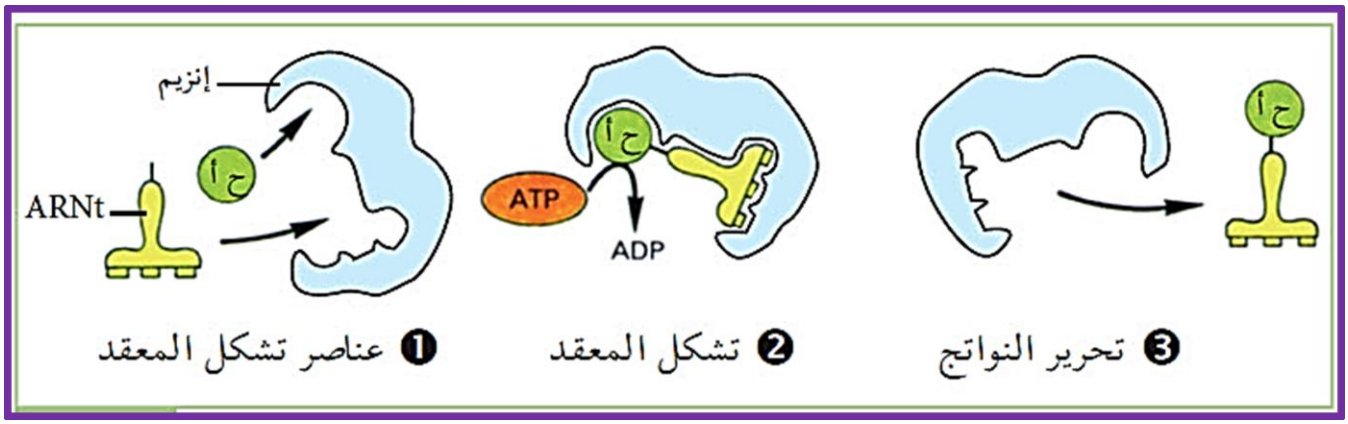
✓ يملك موقعين نوعيين هما :

- ❖ موقع خاص بتثبيت الحمض الأميني.
- ❖ موقع خاص بتثبيت الـ ARNt.

طاقة (ATP):

✓ لربط الحمض الاميني مع الـ ARNt نوعي له برابطة غنية بالطاقة والناتجة عن إماهة ATP.

بـ - وصف مراحل تنشيط الحمض الأميني



المرحلة1 :

✓ **توفر عناصر تشكيل المعقد وهي:**

- **إنزيم التنشيط :**
(Aminoacyl-ARNt SYNTHETASE)
- **ARNt**
- **طاقة (ATP)**

المرحلة2:

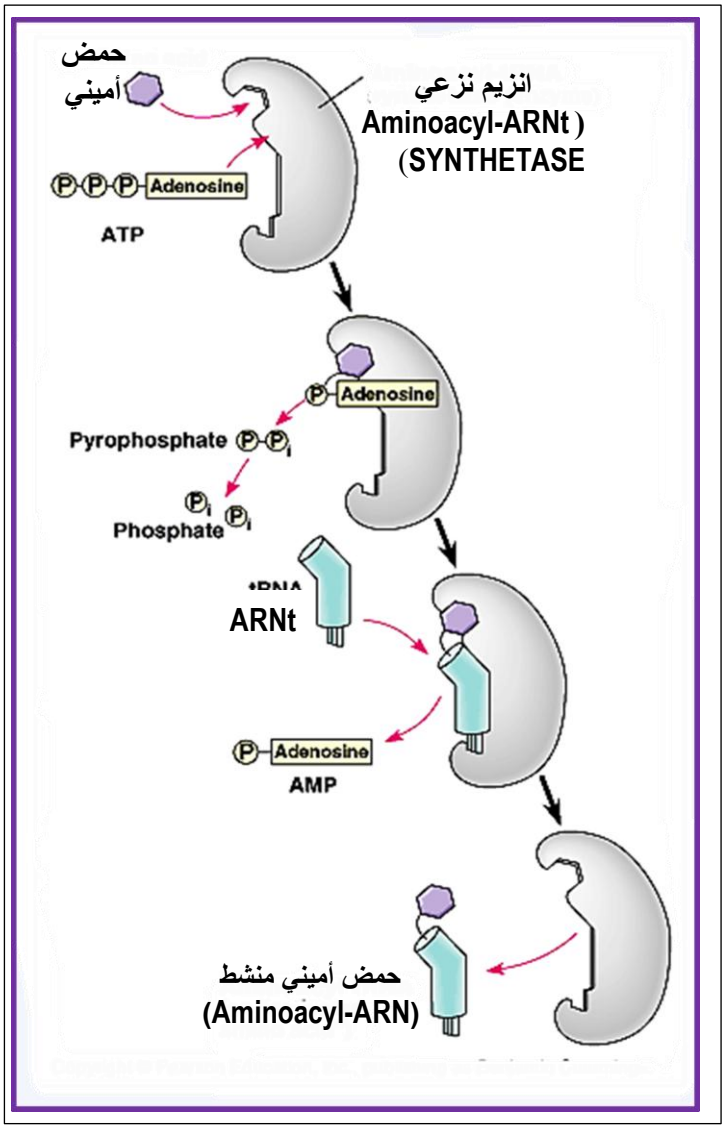
✓ **تشكل المعقد انزيم-مادة التفاعل**

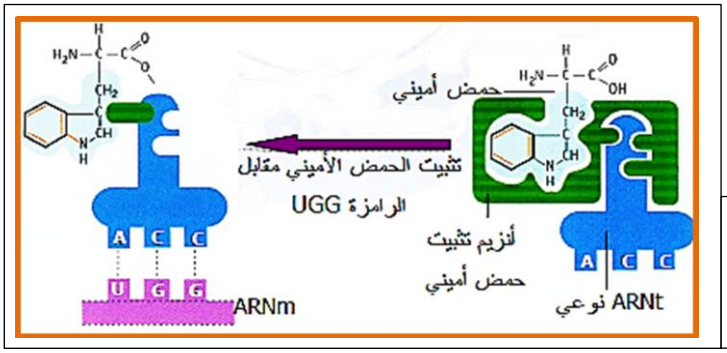
- ترتبط عناصر التفاعل ARNt ، حمض أميني،ATP بالموقع الفعال للإنزيم ليتشكل معقد إنزيم - مادة التفاعل.

المرحلة3:

✓ **حدوث التفاعل و تحرير النواتج:**

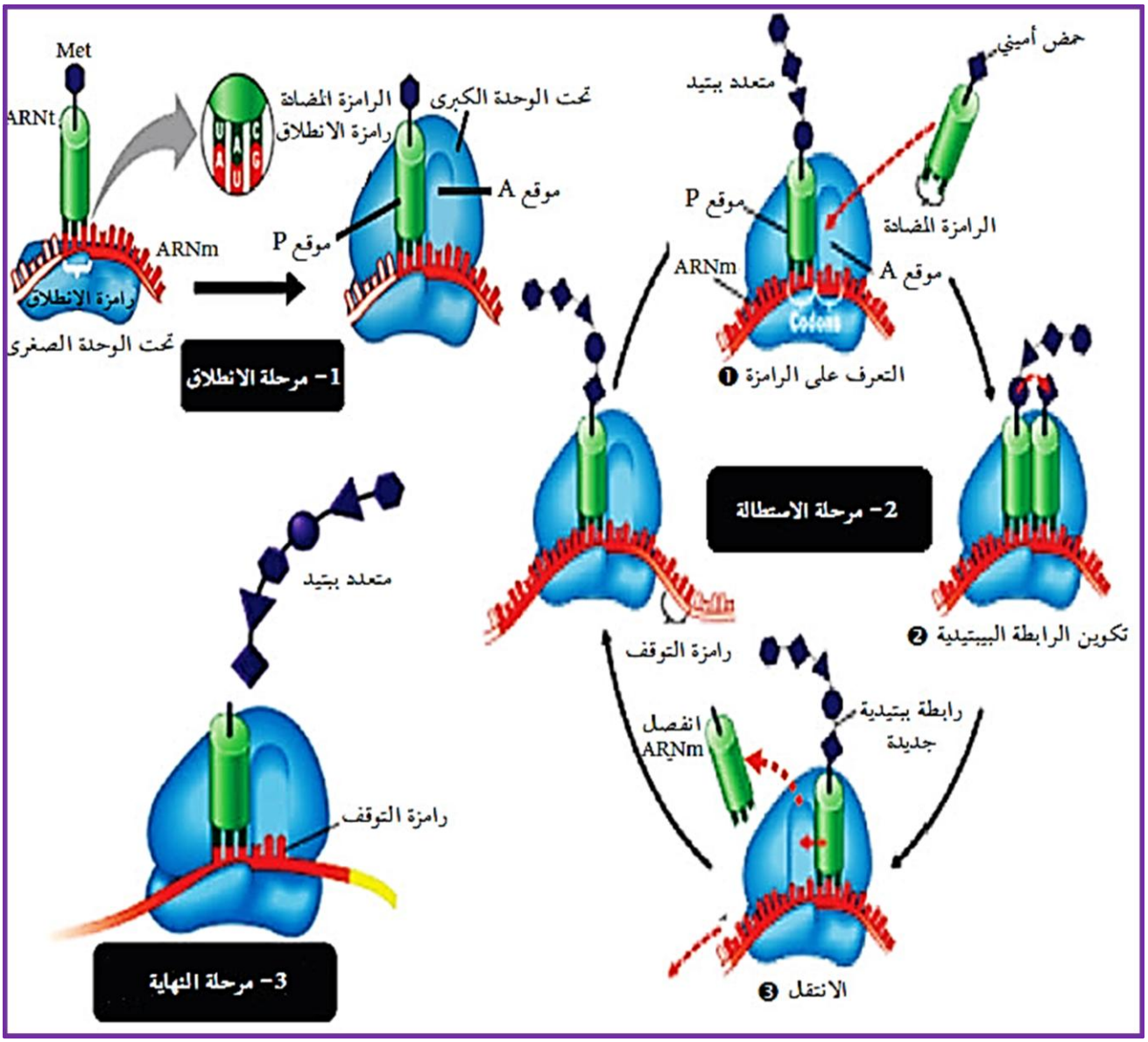
- يحدث التفاعل بإماهة الـ ATP للحصول على طاقة تستعمل في إرتباط الحمض الأميني بالـ ARNt ثم تحرير النواتج (معقد ARNt-حمض اميني = Aminoacyl-ARNt)





دور ARNt في تركيب البروتين (تنشيط الحمض الاميني

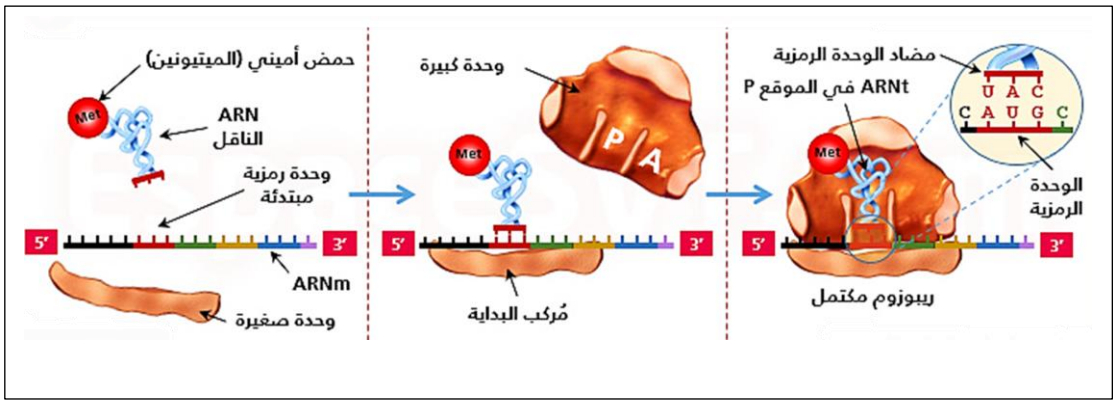
5 – مراحل حدوث الترجمة



تتضمن الترجمة 3 خطوات هي :

أ – الانطلاق :

✓ تبدأ الترجمة دائما في مستوى الرامزة AUG للـ ARNm تدعى الرامزة البادئة للتركيب بوضع أول حمض أميني هو الميثيونين يحملهARNt خاص بهذه الرامزة حيث يتثبت على الريبوزوم
(يتعرف كل ARNt على الرامزة الموافقة على ARNm عن طريق ثلاثة نيكليوتيدات تشكل الرامزة المضادة و المكملة لها)

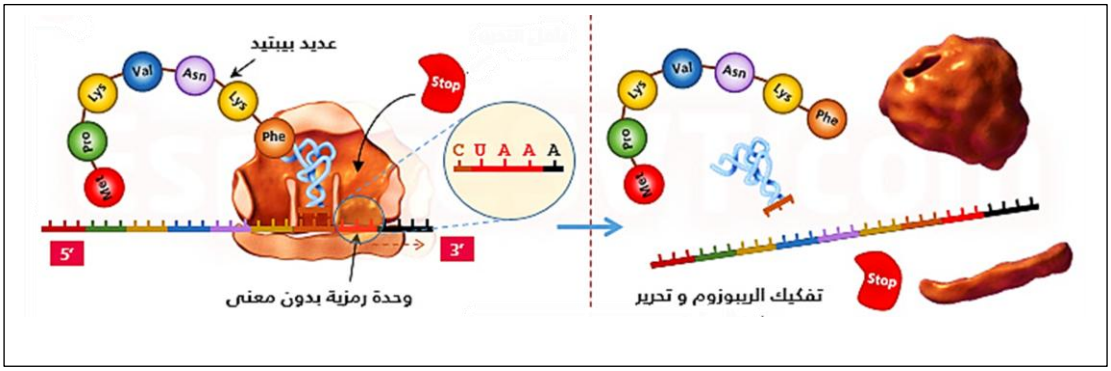


أ ــ الاستطالة :

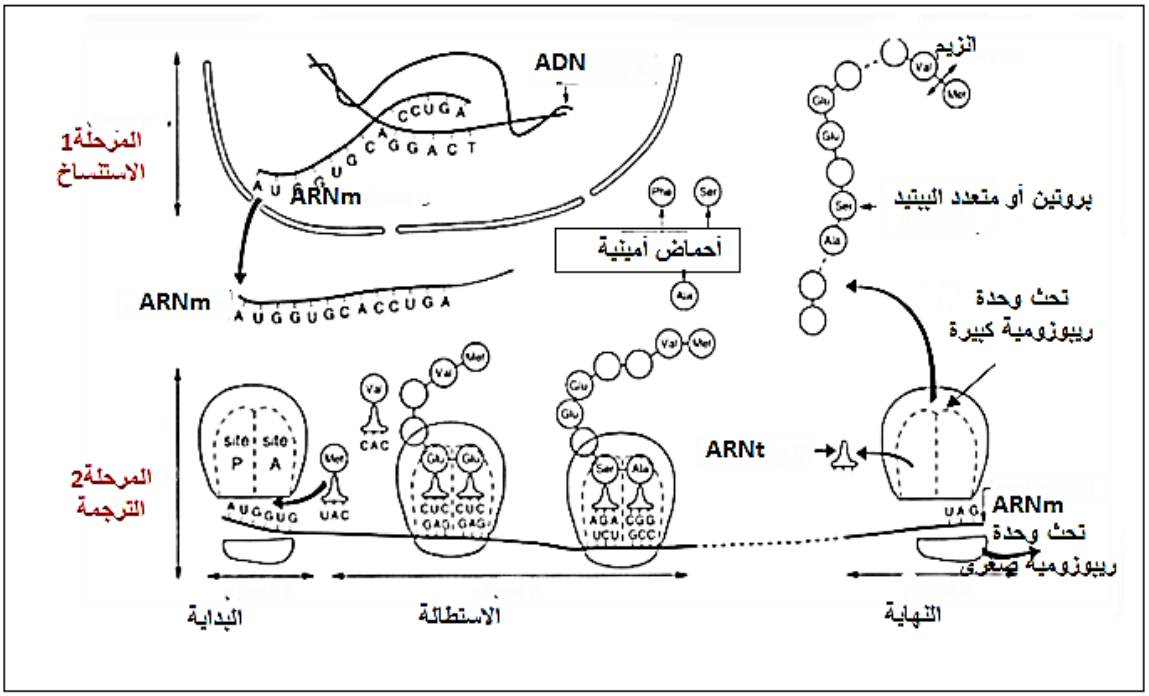
- ✓ يتنقل الريبوزوم بعد ذلك من رامزة إلى أخرى، وهكذا تتشكل تدريجيا سلسلة ببيتيدية بتكوين رابطة ببيتيدية بين الحمض الأميني المحمول على ARNt الخاص به في موقع القراءة وآخر حمض أميني في السلسلة المتموضعة في الموقع المحفز . إن ترتيب الأحماض الأمينية في السلسلة يفرضه تتالى رامزات الـ ARNm

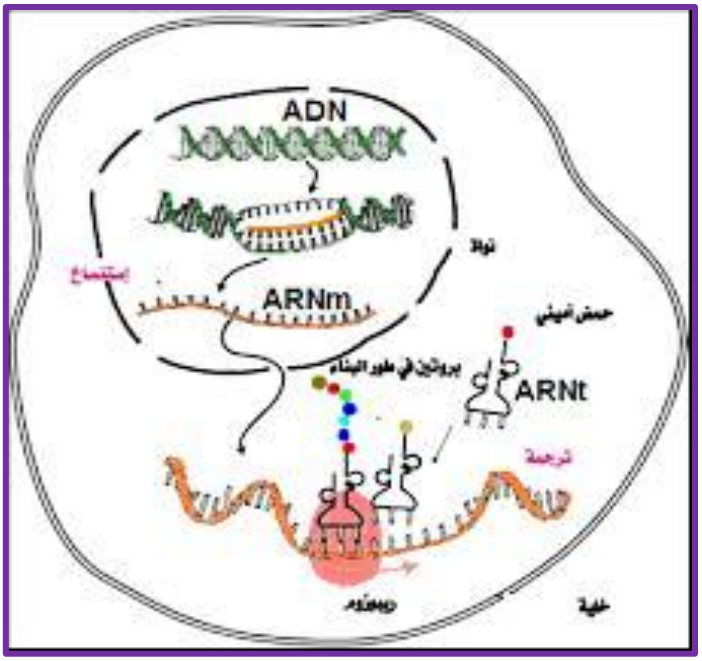
أ ــ النهاية:

- ✓ تنتهي الترجمة بوصول موقع القراءة للريبوزوم إلى إحدى رامزات التوقف
  - ينفصل ARNt لآخر حمض أميني ليصبح عديد الببتيد المتشكل حر

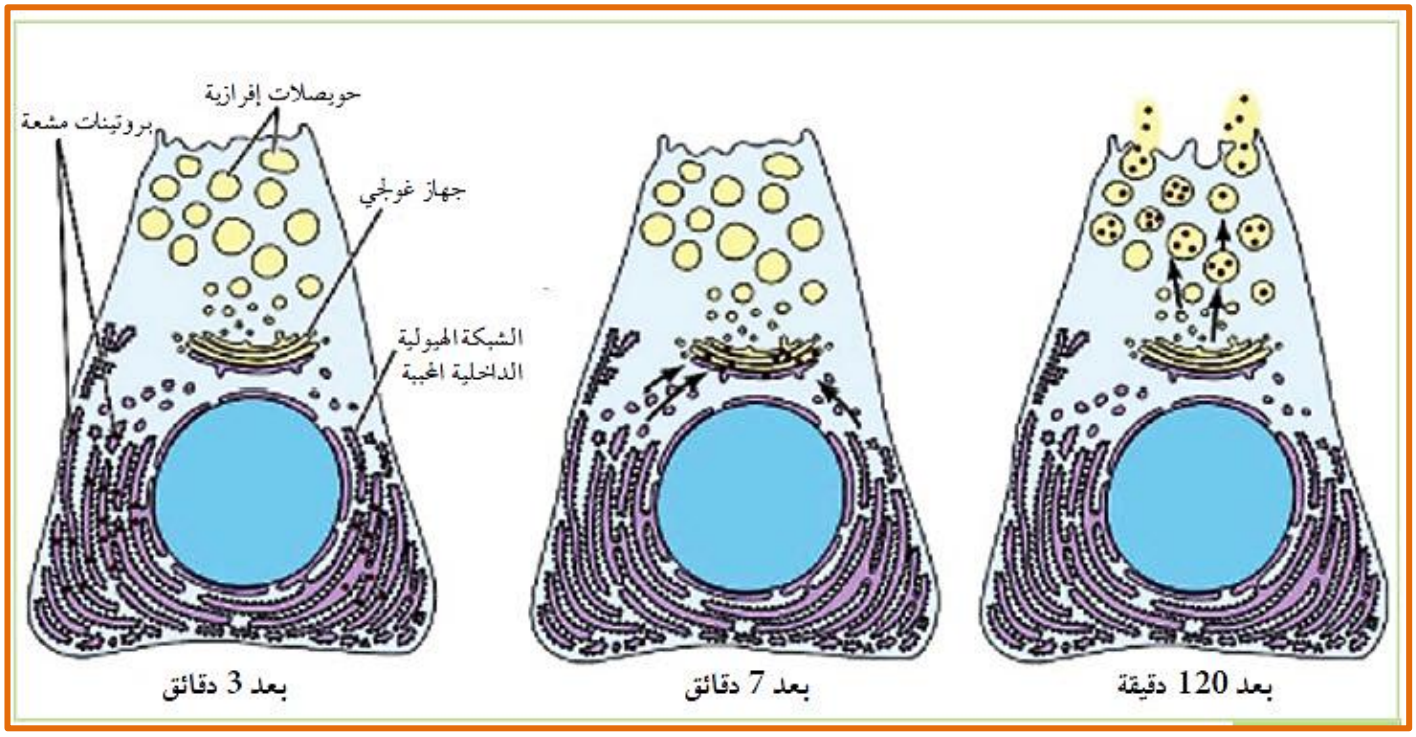


رسم تخطيطي يوضح مراحل التعبير المورثي عند حقيقيات النواة





6 – مصير البروتين بعد تركيبه



يتم تركيب البروتين على مستوى الشبكة الهيولية الفعالة (الريبوزومات) ثم ينتقل الى جهاز كولجي عن طريق حويصلات انتقالية ، واخيرا من جهاز غولجي الى حويصلات عن طريق التبرعم على مستوى كييسات جهاز غولجي.

- ✓ يتم تركيب البروتين على مستوى الريبوزومات
- ✓ على مستوى جهاز غولجي يكتمل نضج البروتين وتغليفه في شكل حويصلات
- ✓ الحويصلات الافرازية هي وسيلة لنقل البروتين إلى خارج الخلية عن طريق الاطراح الخلوي (نقل حويصلي)