

القسم الأول

DNA المادة الوراثية

أين توجد (تحمل) المادة الوراثية ؟

على الكروموسومات في الخلايا حقيقية النواة .

مم يتكون الكروموسوم ؟

من DNA وبروتين .

أي من مكونات الكروموسوم هو المادة الوراثية (DNA أم البروتين) ؟ DNA

ماهي الأدلة التي أثبتت أن DNA هو مادة الوراثة وليس البروتين ؟

تجارب العالم جريفت .

تجارب العالم أفري وزملائه .

تجارب العالمان هيرشي وتشيس .

أولا : تجارب العالم جريفت 1928

أول تجربة أدت إلى إكتشاف أن DNA هو مادة الوراثة .

درس جريفت سلالتين من بكتيريا المكورات السبحية الرئوية المسببة لمرض الالتهاب الرئوي .

السلالة الخشنة R	السلالة الملساء S
- لا تمتلك غلاف سكري (حواف ملساء)	- تمتلك غلاف سكري (حواف ملساء)
- تسبب المرض ولكن لا تؤدي إلى لوفاة .	- تسبب مرض الالتهاب الرئوي وتؤدي للوفاة .

علل لما يأتي

أ - لا تسبب السلالة (R) الغير محاطة بغلاف سكري إلتهاب رئوي مميت ؟

ب - يطلق على السلالة (R) إسم السلالة الخشنة ؟

لأنه في غياب الغلاف السكري يصبح لمستعمرات البكتيريا حواف خشنة .

المشاهدة	التجربة	م
مات الفأر	حقن الفأر A بالسلالة S	1
لم يموت الفأر	حقن الفأر B بالسلالة R	2
لم يموت الفأر	حقن الفأر C بالسلالة S المقتولة بالحرارة .	3
مات الفأر	حقن الفأر D بخليط من السلالة S الميتة والسلالة R الحية	4
لاحظ وجود غلاف سكري حول البكتيريا المعزولة	عزل جريفت خلايا بكتيرية من الفأر D الميتة وزرعها	5

استنتاج جريفت :

انتقل العامل المسبب للمرض القاتل من الخلايا الملساء الميتة إلى الخلايا الخشنة الحية فحولتها إلى سلالة ملساء مميتة.

ثانياً : تجارب أفري

- استطاع أفري وزملاؤه تحديد الجزيء المتسبب في تحول سلالة البكتيريا الخشنة (الغير مميتة) إلى سلالة ملساء (مميتة) ، ولكن المجتمع العلمي في ذلك الوقت لم يتقبل نتائج أفري بشكل كبير .

خطوات التجربة :

- عزل أفري DNA والبروتين والدهون (الليبيدات) من البكتيريا الملساء الميتة ثم خلطها مع البكتيريا الخشنة الحية بشكل منفصل .

ماتت الفئران	DNA من السلالة S الميتة + السلالة R الحية
لم تمت الفئران	البروتين من السلالة S الميتة + السلالة R الحية
لم تمت الفئران	الليبيدات من السلالة S الميتة + السلالة R الحية

الاستنتاج :

تحرر DNA من خلايا S الميتة ثم قامت بعض الخلايا R الحية بدمج DNA المتحرر في خلاياها مما سبب تحولها إلى سلالة S ملساء .

ثالثا : تجارب هيرشي وتشيس :

- ❁ قدمت تجاربهما الدليل القاطع على أن **DNA** هو عامل التحول (المادة الوراثية) .
- ❁ أجريت التجارب على فيروس لاقم البكتيريا (نوع من الفيروسات يهاجم البكتيريا) .

العوامل التي ساعدت هيرشي وتشيس :

- ❁ فيروس لاقم البكتيريا يتكون من **DNA** وبروتين فقط .
- ❁ لا يستطيع الفيروس التضاعف من تلقاء نفسه ، بل لابد أن تحقن مادته الوراثية داخل خلية حية للتكاثر .
- ❁ يدخل عنصر الفوسفور (**P**) في تركيب **DNA** بينما لا يدخل في تركيبه عنصر الكبريت (**S**) .
- ❁ يدخل عنصر الكبريت (**S**) في تركيب البروتين بينما لا يدخل في تركيبه عنصر الفوسفور (**P**) .

خطوات التجربة :

- 1 - ميز العالمان المجموعة الأولى من الفيروس بالفوسفور المشع (**P**) وبالتالي يكون **DNA** لهذه المجموعة مشع وليس البروتين .
- 2 - ميزا المجموعة الثانية من الفيروس بالكبريت المشع (**S**) ، وبالتالي يكون بروتين هذه المجموعة مشع وليس **DNA** .
- 3 - سمح العالمان لكل مجموعة بمهاجمة البكتيريا كلا على حدة (**الكتاب ص 95**)

لاحظ أن

عندما يهاجم الفيروس البكتيريا فإنه يلتصق بسطحها الخارجي ويحقن مادته الوراثية داخل الخلية البكتيرية تاركا الغلاف البروتيني ملتصقا بالسطح الخارجي للبكتيريا .

- 4 - عزل العالمان البكتيريا المصابة عن الفيروسات .

ملخص نتائج هيرشي وتشيس

<p>– وجد العالمان أن DNA الفيروسي المميز بالفوسفور المشع تم حقنه داخل الخلية البكتيرية .</p> <p>– الفيروسات الجديدة الناتجة بعد سيطرة DNA على الخلية البكتيرية كلها تحتوي على الفوسفور المشع .</p>	داخل البكتيريا	المجموعة الأولى
<p>– لم يجد العالمان أثر لـ DNA المميز بالفوسفور المشع في السائل المحيط .</p>	السائل المحيط	
<p>– لم يجد العالمان أي بروتين فيروسي مميز بالكبريت المشع داخل الخلايا البكتيرية .</p> <p>– الفيروسات الجديدة الناتجة بعد سيطرة DNA الفيروسي على الخلايا البكتيرية لا تحتوي أي كبريت مشع .</p>	داخل البكتيريا	المجموعة الثانية
<p>– وجد العالمان البروتينات الفيروسية المميزة بالكبريت المشع في السائل المحيط .</p>	السائل المحيط	
<p>DNA وليس البروتين هو المادة الوراثية والتي يمكن أن تنتقل من جيل إلى آخر</p>		الاستنتاج

بنية الـ DNA

النيوكليوتيدات هي الوحدات البنائية للأحماض النووية بنوعها: الـ **DNA** و الـ **RNA**

مم تتركب النيوكليوتيدة؟ [العالم بي . إيه . ليفين]

سكر خماسي الكربون – مجموعة فوسفات – قاعدة نيتروجينية .

أنواع القواعد النيتروجينية

بيريميدينيات (حلقيّة مفردة)		بيورينات (حلقيّة مزدوجة)	
يوراسيل U (فقط RNA)	ثايمين T (فقط DNA)	سيتوزين C	أدينين A
			جوانين G

الأحماض النووية

RNA	DNA	نوع الحمض
شريط مفرد	شريطان	عدد الأشرطة
رايبوز	ديوكسي ريبوز (منقوص الأكسجين)	السكر الخماسي
أدينين A - جوانين G - سيتوزين C - يوراسيل U	أدينين A - جوانين G - سيتوزين C - ثايمين T	القواعد النيتروجينية
	توجد مجموعة فوسفات	مجموعة P

تشارجاف

و حل كمية الأدينين والجوانين والثايمين والسيتوزين في DND أنواع مختلفة من الكائنات الحية .

و وجد أن كمية الأدينين تساوي كمية الثايمين وكمية الجوانين تساوي كمية السيتوزين في النوع الواحد .

و هذا الاكتشاف قاعدة تشارجاف $T=A$ و $C=G$

حيود الأشعة السينية

و استخدم العالم ويلكينز تقنية تسمى حيود الأشعة السينية حيث عمل على تصويب الأشعة السينية نحو جزيء DNA .

و انضمت فرانكلين إلى فريق عمل ويلكينز والتقطت الصورة الشهيرة (51) .

و أشارت الصورة (51) لفرانكلين إلى أن :

١- جزيء DNA ذو تركيب لولبي مزدوج (شكل السلم الملتوي) .

٢- جزيء DNA يتكون من شريطين من النيوكليوتيدات يلتف أحدهما حول الآخر .

واطسون وكريك

– استخدمنا بيانات فرانكلين وبيانات رياضية أخرى لتحديد البنية اللولبية لـ **DNA** واستنتجنا مايلي:

- 1- جزيء **DNA** هو المادة الوراثية لكل المخلوقات الحية .
- 2- يتكون جزيء **DNA** من شريطين متكاملين مقترنين بدقة من النيوكليوتيدات الموجودة في اللولب المزدوج .

نموذج واطسون وكريك :

- ★ قام واطسون وكريك بقياس عرض اللولب المزدوج والمسافة بين القواعد باستخدام بيانات تشارجاف وفرانكلين .
- ★ قاما معا ببناء نموذج للولب مزدوج يتوافق مع أبحاث الآخرين .

السمات الهامة لنموذج واطسون وكريك :

- 1- يتكون الشريطان الخارجيان من الرايبوز منقوص الأكسجين والفوسفات بالتبادل .
- 2- يرتبط الجوانين مع السيتوزين برابطة هيدروجينية ثلاثية .
- 3- يرتبط الأدينين مع الثايمين برابطة هيدروجينية ثنائية .

كيف تتشابه بنية DNA مع السلم المتوي ؟

- 1- يمثل طرف السلم الرايبوز منقوص الأكسجين والفوسفات بالتبادل .
- 2- تمثل أزواج القواعد (A مع T) و (G مع C) درجات السلم .
- 3- ترتبط قاعدة بيورينية مع قاعدة بريميدينية لضمان مسافة ثابتة بين طرفي السلم .
- 4- عدد قواعد البيورينات يساوي عدد قواعد البريميديينات في عينة **DNA** تبعاً لبيانات تشارجاف

الاتجاه

- ★ يتم ترقيم نهايات شريطي **DNA** بالرقمين 3 و 5 وذلك حسب اتجاه ذرات الكربون في السكر الخماسي .
- ★ يتم تحديد اتجاه الشريط على حسب ارتباط مجموعة الفوسفات بالسكر الخماسي حيث ترتبط دائماً بذرة الكربون رقم 5 في السكر .
- ★ ولذلك فإن طرف الشريط الذي ينتهي بمجموعة الفوسفات يأخذ الرقم (5) والطرف الآخر (3)، وبذلك يكون اتجاه هذا الشريط (5 إلى 3) بينما يكون اتجاه الشريط الآخر المتمم (3 إلى 5) .

★ يطلق على اتجاه الشريطين عكسي التوازي (راجع الشكل 8 صفحة 93)

بنية الكروموسوم

حقيقتات النوأة	بدائيات النوأة
<ul style="list-style-type: none"> - يترتب DNA في صورة كروموسومات مفردة - يتراوح طول الكروموسوم البشري ما بين 51 مليون إلى 245 مليون زوج من النيوكليوتيدات - عند بسط 140 مليون نيوكليوتيدة يصل طولها 5 سم 	<ul style="list-style-type: none"> - يوجد DNA في السيتوبلازم - يتكون من DNA وبروتينات مرتبطة

كيف تتسع الخلية الميكروسكوبية إلى كل تلك الكمية من DNA ؟

- 1 - يلتف DNA بإحكام حول مجموعة من البروتينات تسمى الهستونات .
- 2 - تولد مجموعة الفوسفات داخل DNA شحنة سالبة فينجذب DNA نحو البروتينات الهستونية موجبة الشحنة مكونة النيوكليوسومات (الجسيمات النووية)
- 3 - تتجمع النيوكليوسومات داخل الألياف الكروماتينية .
- 4 - تزداد الألياف الكروماتينية في الالتفاف لتكوين الكروموسومات .

لاحظ أن

- يتم نسخ الشريطين الجديدين بأسلوب مختلف نوعا ما عن بعضهما .
- يسمى أحد الشريطين بالشريط المتقدم (السلسلة المتقدمة) ويسمى الآخر بالشريط المتأخر (السلسلة المتأخرة) .

- 1 - يبنى الشريط المتقدم من خلال إضافة النيوكليوتيدات إلى النهاية (3´) أي في اتجاه شوكة التضاعف .
- 2 - يتمدد الشريط المتأخر بعيدا عن شوكة التضاعف حيث يتم بناؤه على شكل قطاعات صغيرة تسمى شظايا أو كازاكي وذلك باتجاه (3´ إلى 5´) للشريط القديم واتجاه (5´ إلى 3´) للجديد .
- 3 - يصل طول الشظية الواحدة من (100 - 200) نيوكليوتيد في حقيقيات النواة ويتم ربط تلك الشظايا فيما بعد بواسطة إنزيم DNA ليجاز .
- 4 - يعتبر تناسخ DNA شبه متقطع وشبه محافظ علل : لأن أحد السلاسل يتم بناؤها باستمرار بينما تبني الأخرى بشكل متقطع .

ثالثا : الربط

- أثناء تناسخ DNA في حقيقيات النواة توجد العديد من المناطق على طول الكروموسوم حيث يبدأ التناسخ .
عندما يصل إنزيم بلمرة DNA إلى موقع مشرع (بدء) RNA فإنه يزيل المشرع ويستبدل به نيوكليوتيدات DNA وبعد ذلك يربط إنزيم DNA ليجاز بين الشريطين .

التناسخ في بدائيات النواة	التناسخ في حقيقيات النواة
<ul style="list-style-type: none"> يفتح شريط DNA الدائري عند أحد أصول التناسخ . 	<ul style="list-style-type: none"> ينحل DNA في عدة مناطق بينما يتناسخ DNA في مناطق أخرى .
<ul style="list-style-type: none"> يحدث تناسخ DNA في اتجاهين كما في حقيقيات النواة . 	<ul style="list-style-type: none"> كل منطقة مفردة من الكروموسوم تتضاعف كقسم .
<ul style="list-style-type: none"> قصير ويبقى في السيتوبلازم DNA 	<ul style="list-style-type: none"> يتراوح طول القسم من 10000 إلى مليون زوج من القواعد .
	<ul style="list-style-type: none"> تتكرر مناطق تضاعف متعددة على طول الكروموسوم في نفس الوقت .
	<ul style="list-style-type: none"> تبدو أصول التضاعف المتعددة كفقااعات في شريط DNA .

القسم الثالث

DNA و RNA والبروتين

كيف يتم التعبير عن الجينات ؟

يقوم DNA بتشفير RNA الذي يتم ترجمته إلى بروتين .

بروتين ← RNA ← DNA

تعمل البروتينات كوحدات بناء هيكلية للخلية وتعمل أيضا كإنزيمات .

المبدأ المركزي للأحياء :

يقصد به آلية التعبير عن الجينات وينص على : " شفرات الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين توجه بناء البروتين . "

أنواع الحمض النووي الرايبوزي RNA

<ul style="list-style-type: none"> شرائط طويلة من نيوكليوتيدات RNA التي تكونت مكملة لأحد شرائط DNA . تنتقل من النواة إلى الرايبوسوم لتوجيه بناء نوع محدد من البروتينات . يحمل المعلومات الوراثية (الشفرة) اللازمة لبناء بروتين معين من DNA في النواة إلى الرايبوسوم في السيتوبلازم . 	<p>mRNA</p> <p>RNA الرسول</p>
<ul style="list-style-type: none"> أحد أنواع RNA وهو يرتبط بالبروتين ليكون الرايبوسوم 	<p>r RNA</p> <p>RNA الرايبوزي</p>
<ul style="list-style-type: none"> قطع من نيوكليوتيدات RNA ينقل الأحماض الأمينية إلى الرايبوسوم 	<p>t RNA</p> <p>RNA الناقل</p>

خطوات بناء البروتين

أولاً : النسخ

- أول خطوة من المبدأ المركزي والتي تتضمن بناء mRNA من DNA
- تحدث في النواة ، حيث يتم نسخ المعلومات الوراثية (الشفرة) من DNA إلى mRNA الذي ينتقل بعد ذلك إلى السيتوبلازم لبناء البروتين .

خطوات نسخ mRNA

- ✗ يتم فك الـ DNA داخل النواة ويرتبط به إنزيم بلمرة RNA الذي ينظم عملية بناء mRNA من قسم محدد من DNA .
- ✗ يتحرك إنزيم بلمرة RNA على طول أحد شريطي DNA والمسمى الشريط النموذجي (المقولب) والذي اتجاهه (3 إلى 5´) .
- ✗ أثناء حركة إنزيم بلمرة RNA يضيف نيوكليوتيدات RNA ليصنع شريط mRNA الذي ينمو في الاتجاه (5 إلى 3´) أي أنه يضيف النيوكليوتيدات إلى النهاية (3) لشريط mRNA .
- ✗ يتم دمج اليوراسيل بدلا من الثايمين أثناء بناء mRNA .
- ✗ بعد نهاية النسخ يتم إطلاق mRNA وينفصل إنزيم البلمرة عن DNA
- ✗ ينتقل mRNA الجديد خارج النواة عبر الثقوب النووية إلى السيتوبلازم .

لاحظ أن

- & الشريط النموذجي (المقولب) هو شريط DNA الذي يحمل شفرة بناء بروتين معين وهو الذي يقرأ بواسطة إنزيم بلمرة RNA .
- & الشريط غير النموذجي (غير المقولب) هو الشريط غير المستخدم كشريط نموذجي .

ثانيا : معالجة RNA

★ عندما قارن العلماء شفرة DNA مع m RNA الذي تم تشفيره (بناؤه) ، اكتشفوا أن شفرة m RNA أقصر بشكل ملحوظ من شفرة DNA .

★ وجد العلماء أن شفرة DNA يتكرر فيها عدد من المتواليات (النيوكليوتيدات) التي لا توجد في m RNA النهائي .

★ يطلق على هذه المتواليات الاعتراضية أو الانترونات وهي لا تمثل شفرة .

★ بينما يطلق على متواليات التشفير الباقية في m RNA النهائي اسم الاكسونات وهي التي تمثل شفرة .

★ في حقيقيات النواة يطلق على m RNA المتكون جزئيا والذي يحمل الإنترونات والإكسونات اسم m RNA الأولى .

★ قبل مغادرة m RNA الأولى للنواة يتم معالجته كما يلي :

1 - إزالة الإنترونات

2 - إضافة غلاف واقى على النهاية (5) وهذا الغلاف يساعد في التعرف على الرايبوسوم .

3 - إضافة ذيل متعدد الأدينوزين إلى النهاية (3) .

★ بعد ذلك يخرج m RNA المعالج من النواة إلى الرايبوسوم .

الشفرة : هي تتابع القواعد النيتروجينية على شريط m RNA والتي تعكس ترتيب الأحماض الأمينية في سلسلة عديد الببتيد (البروتين) .

لاحظ أن

- عدد الأحماض الأمينية المستخدمة لبناء البروتين هو 20 .

- يجب أن يوفر DNA عشرون شفرة على الأقل ولذلك يجب أن تكون الشفرة ثلاثية (تتكون من ثلاثة نيوكليوتيدات) .

- يطلق على الشفرة الكودون .

- **الكودون :** هو شفرة مكونة من ثلاثة قواعد نيتروجينية توجد في DNA أو m RNA .

- **كودون البدء AUG :** أول كودون في شريط m RNA وهو يشفر الحمض الأميني ميثونين .

- **كودونات الإيقاف UAG - UGA - UAA :** وهي لا تشفر أحماض أمينية ولكنها تدل على

نهاية الشفرة الوراثية على m RNA وتسبب إيقاف عملية الترجمة التي تتم بواسطة الرايبوسوم .

علل : بما أن الشفرة الوراثية ثلاثية فإن عدد الكودونات يكون 64 بينما عدد الأحماض الأمينية المطلوب
تشفيرها 20 فقط ؟

• لأن بعض الأحماض الأمينية لها أكثر من شفرة (كودون) .

• بعض الكودونات لا تمثل شفرة لأحماض أمينية ولكنها تدل على نهاية الشفرة مثل : UGA – UAG – UAA .

ثالثاً : الترجمة

• هي ترجمة الشفرة الوراثية الموجودة على mRNA إلى أحماض أمينية لبناء بروتين .

• تحدث في السيتوبلازم بواسطة الرايبوسوم وبمساعدة tRNA .

تركيب tRNA

الموقع الأول	الموقع الثاني
- عند الطرف (3) وهو مكان ارتباط الحمض الأميني بـ tRNA	- عند وسط الشريط المنطوي ويتكون من 3 قواعد نيروجينية تسمى الكودون المضاد
- يوجد إنزيم ينشط ارتباط حمض أميني معين بالنهاية (3) لـ tRNA	- كل كودون مضاد يكمل كودون على mRNA
لكل حمض أميني tRNA واحد فقط	- يقرأ الكودون المضاد من (3 إلى 5) بدلاً من (5 إلى 3) في DNA و RNA

تركيب الرايبوسوم :

• يتكون الرايبوسوم من وحدتين بنائيتين .

• لا ترتبط الوحدتان مع بعضهما طالما لم تشتركا في عملية الترجمة .

• عندما ترتبط الوحدتان مع بعضهما يتكون الرايبوسوم الفعال الذي يرتبط بـ mRNA لتبدأ عملية
الترجمة .

✿ توجد 3 مواقع على الرايبوسوم هي :

١- الموقع الببتيديلي **P** : ينتقل إليه **t RNA** المكمل ل **m RNA** .

٢- الموقع الأمينوأسيلي **A** : ينتقل إليه **t RNA** المكمل للكودون التالي في **m RNA** .

٣- موقع الخروج **E** : الموقع الذي ينتقل إليه **t RNA** من الموقع **P** بعد تخليه عن الحمض الأميني ثم ينفصل عن الرايبوسوم .

خطوات عملية الترجمة :

✿ تجتمع وحدتا الرايبوسوم معا ويرتبطان ب **m RNA** ليكتمل الرايبوسوم ويصبح فعال .

✿ ينتقل **t RNA** ذو الكودون المضاد (**UAC**) والذي يحمل الحمض الأميني ميثونين ليرتبط مع كودون البدء (**AUG**) عند الموقع **P** عند النهاية (5) .

✿ ينتقل **t RNA** آخر محمل بحمض أميني حسب الكودون على **m RNA** ويرتبط بالكودون عند الموقع **A**

✿ يعمل جزء من **m RNA** في الرايبوسوم كإنزيم محفز لتكوين رابطة ببتيدية بين الحمض الأميني الجديد في الموقع (**A**) مع الحمض الأميني في الموقع (**P**) .

✿ بعد ارتباط الحمضين الأميين بالرابعة الببتيدية يتحرك **t RNA** من الموقع (**P**) إلى الموقع (**E**) حيث يغادر الرايبوسوم .

✿ يتحرك الرايبوسوم على **m RNA** بحيث ينتقل **t RNA** المحمل بحمضين أميين من الموقع (**A**) إلى الموقع (**P**) .

✿ يدخل **t RNA** جديد ومحمل بحمض أميني مناسب إلى الموقع (**A**) .

✿ تستمر تلك العملية في إضافة وربط الأحماض الأمينية تبعا للشفرات (الكودونات) المحددة على **m RNA**

✿ يستمر الرايبوسوم في التحرك على **m RNA** حتى يدخل أحد كودونات الإيقاف إلى الموقع **A** مما يؤدي إلى انتهاء عملية بناء البروتين .

✿ يتحرر **m RNA** من آخر **t RNA** وينفصل الرايبوسوم إلى وحدتيه وبالتالي تنتهي عملية الترجمة (بناء البروتين) .

جين واحد - إنزيم واحد :

✿ ما إن اكتشف العلماء كيف يعمل الجين كشفرة حتى تحتم عليهم معرفة العلاقة التي تربط بين الجينات والإنزيمات التي تشفرها .

✿ كانت التجارب التي أجريت على عفن الخبز الأحمر (العصبياء - نيوروسبورا) هي أول شيء يوضح العلاقة بين الجينات والإنزيمات .

✿ قدم العالمان جورج بيدل وإدوارد تاتوم الدليل على أنه يمكن لجين واحد أن يشفر إنزيم واحد .

✿ لقد درسا أنواع العفن التي حدث لها طفرات نتيجة تعرضها لأشعة (X)

✿ عادة ما يمكن لعفن العصبياء أن ينمو في وسط خالي من الأحماض الأمينية ويطلق على هذا الوسط اسم

الوسط الأدنى .

✿ بينما يطلق على الوسط الذي يوفر كل الأحماض الأمينية اللازمة للعفن اسم الوسط الكامل .

خطوات التجربة :

✿ عرض العالمان أنواع عفن العصبياء لأشعة (X) فتحورت .

✿ زرع العالمان الأبواغ المتحورة في الوسط الكامل فنمت .

✿ زرع العالمان الأبواغ المتحورة في الوسط الأدنى فلم تنمو .

✿ افترض العالمان نقص أحد الأحماض الأمينية اللازمة للعفن .

✿ زرع العالمان الأبواغ المتحورة في عدة أنابيب كل منها وسط أدنى ولكن مضاف إليه حمض أميني واحد فقط

✿ عندما نمت الأبواغ في الوسط الأدنى المضاف إليه الأرجنين افترض العالمان أن الأبواغ المتحورة ينقصها إنزيم بناء الأرجنين .

✿ توصل العالمان للفرضية المعروفة (جين واحد - إنزيم واحد) التي تم تعديلها إلى (جين واحد يشفر بولي بيتيد واحد) .

✿ الإنزيمات تتكون من بولي ببتيدات .

تنويه

هذه الأوراق لا تغني عن الكتاب المدرسي الذي هو المرجع الرئيس لكل المعلومات الواردة هنا

رجاء عدم نسيان الرسوم والأشكال التوضيحية الواردة في الكتاب

وهي ليست للبيع ولكن ابتغاء مرضاة الله تعالى