شعبة العلوم التجريبية

امتحان شهادة البكالوريا التجريبية

اختبار في مادة العلوم الطبيعة و الحياة

المدة : 4 سا و 30 د

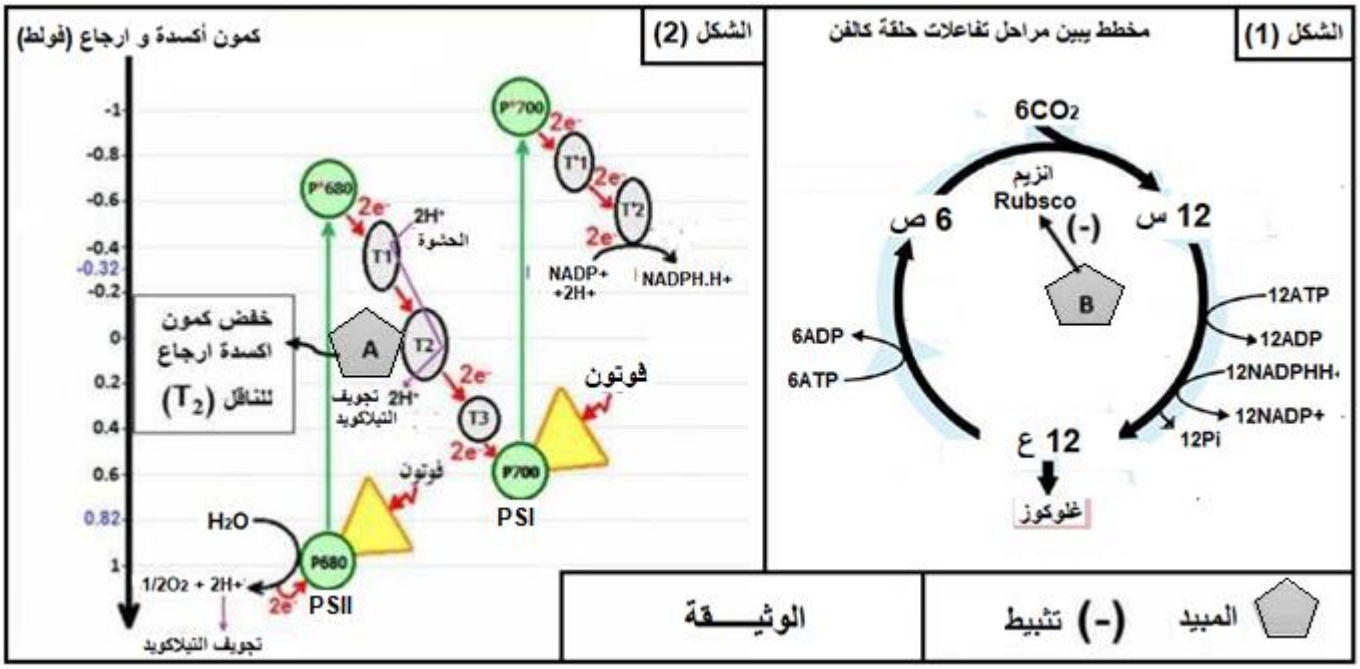
على المترشح أن يختار أحد الموضوعين الآتيين

الموضوع الأول

يحتوي الموضوع على 05 صفحات (من الصفحة 1 من 10 الى الصفحة 5 من 10)

التمرين الأول: (05 نقاط)

تتميز النباتات الخضراء بقدرتها على تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية كامنة في المادة العضوية انطلاقا من الكاربون المعدني في وجود الضوء ضمن عملية التركيب الضوئي، إلا أنه يمكن لبعض المركبات الكيميائية أن تؤثر على هذه العملية كمبيدات الأعشاب. تمثل الوثيقة التالية مراحل هذه العملية و تأثير بعض المبيدات عليها:



1- أجب بـ "صح" أو "خطأ" مع تصحيح الإجابات الخاطئة:

أ) يسمح الضوء بانتقال الالكترونات من الماء ذو كمون أكسدة و ارجاع مرتفع الى $NADP^+$ ذو كمون أكسدة و ارجاع منخفض.

ب) يستعمل الناقل T2 الطاقة على شكل ATP لضخ البروتونات عكس تدرج تركيزها.

ج) في غياب الضوء يكون انتقال الالكترونات غير ممكنا بين جميع عناصر سلسلة التركيبية الضوئية.

د) تفاعلات حلقة كالفن هي تفاعلات ارجاع الـ CO_2 الى مادة عضوية.

2- **اشرح** في نص علمي آليات تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية كامنة في المادة العضوية **مبينا** تأثير المبيدين A و B عليها، انطلاقا من معطيات الوثيقة و معلوماتك.

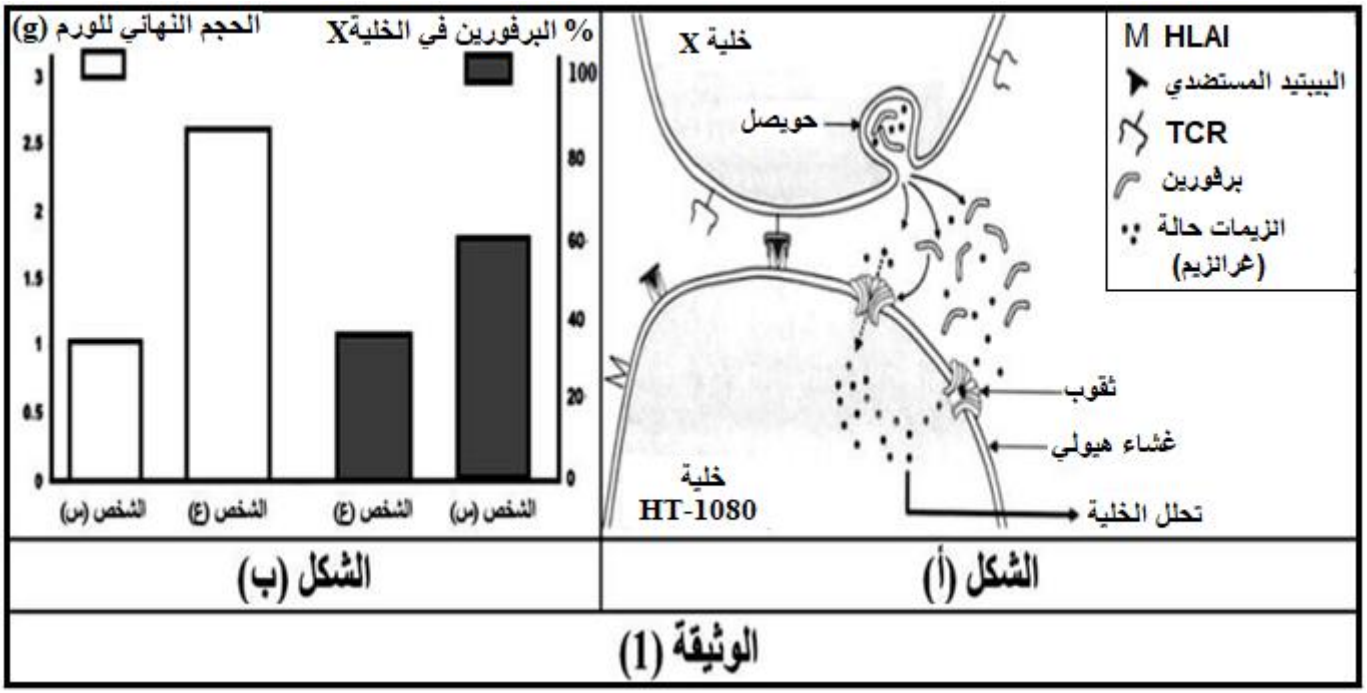
التمرين الثاني: (07 نقاط)

للبروتينات دور هام في الدفاع عن الذات ضد الاجسام الغريبة (المستضدات) و يتجلى ذلك من خلال الرد المناعي النوعي غير أنها تعجز عن ذلك في بعض الاختلالات قد تصيبها ما اضطر الباحثين لايجاد أدوية علاجية مساعدة تساهم في القضاء المباشر على المستضدات.

الجزء الأول:

الساركوما الليفية هي أورام سرطانية تنشأ في النسيج الليفي الضام الموجود في نهايات عظام الذراع و الساقين ثم تنتشر الى الانسجة الرخوة المحيطة الأخرى، اذ لوحظ عند بعض الأفراد المصابين بها أن عضويتهم تعجز عن مقاومة هذه الأورام، لدراسة سبب ذلك تم أخذ خلايا ورمية للساركوما الليفية يرمز لها بـ HT-1080 و حضنها في أوساط مختلفة مع خلايا مناعية لشخص لا يعاني العجز المناعي (س) و آخر يعاني منه (ع) حيث:

- الشكل (أ) رسم تخطيطي لخلية HT-1080 تم وضعها في وسط به أحد أنواع الخلايا اللمفاوية X للشخص (س).
- الشكل (ب) يمثل نتائج قياس تطور حجم هذا الورم تجريبيا في المخبر بالموازات مع نسبة البرفورين في الخلايا X و ذلك باستعمال الخلايا HT-1080 مستخلصة من شخصين (س) و (ع) مصابين بالمرض و حضنها في وسطين مختلفين يضاف لكل منهما خلايا X مستخلصة من نفس الشخص (مراعاة للتوافق النسيجي).

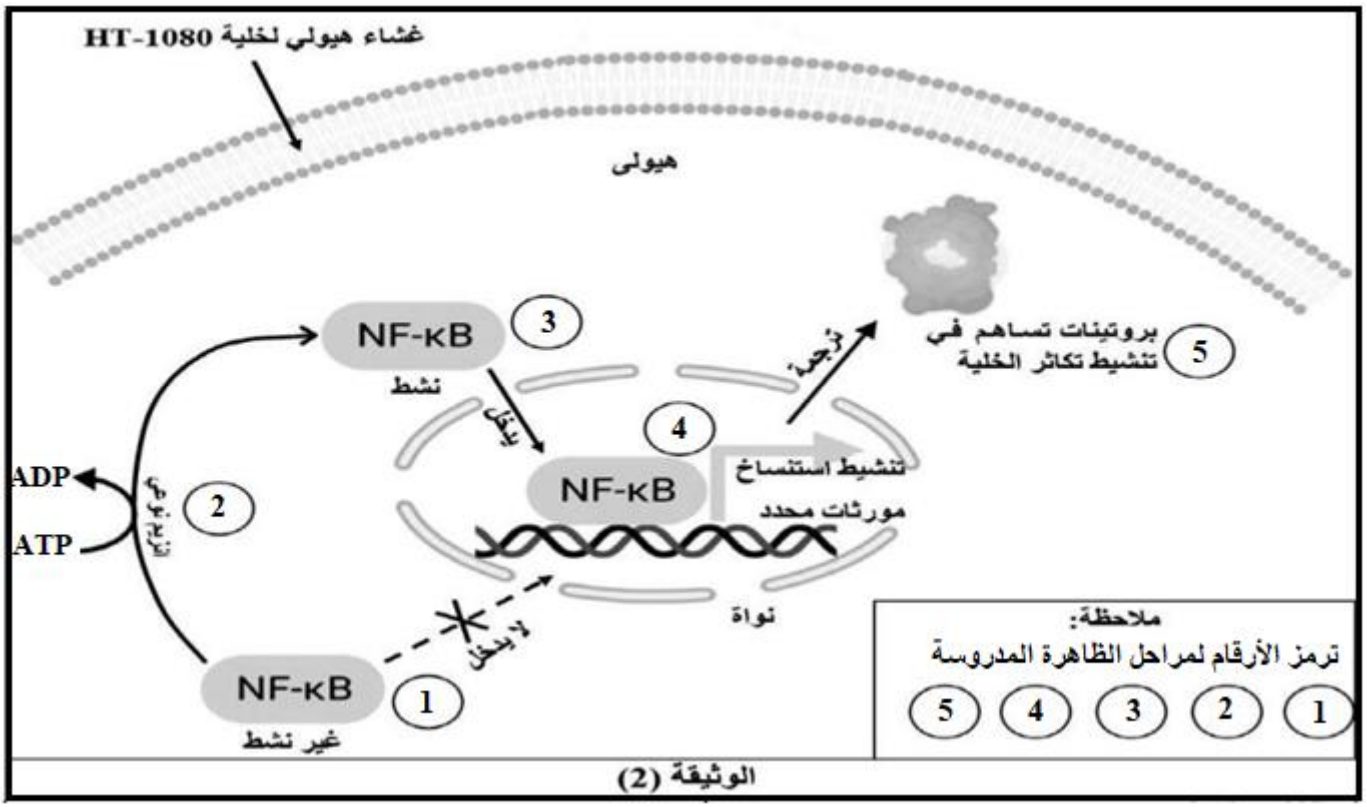


- **اشرح** سبب العجز المناعي الذي يعاني من الشخص (ع) انطلاقا من معطيات الوثيقة (1).

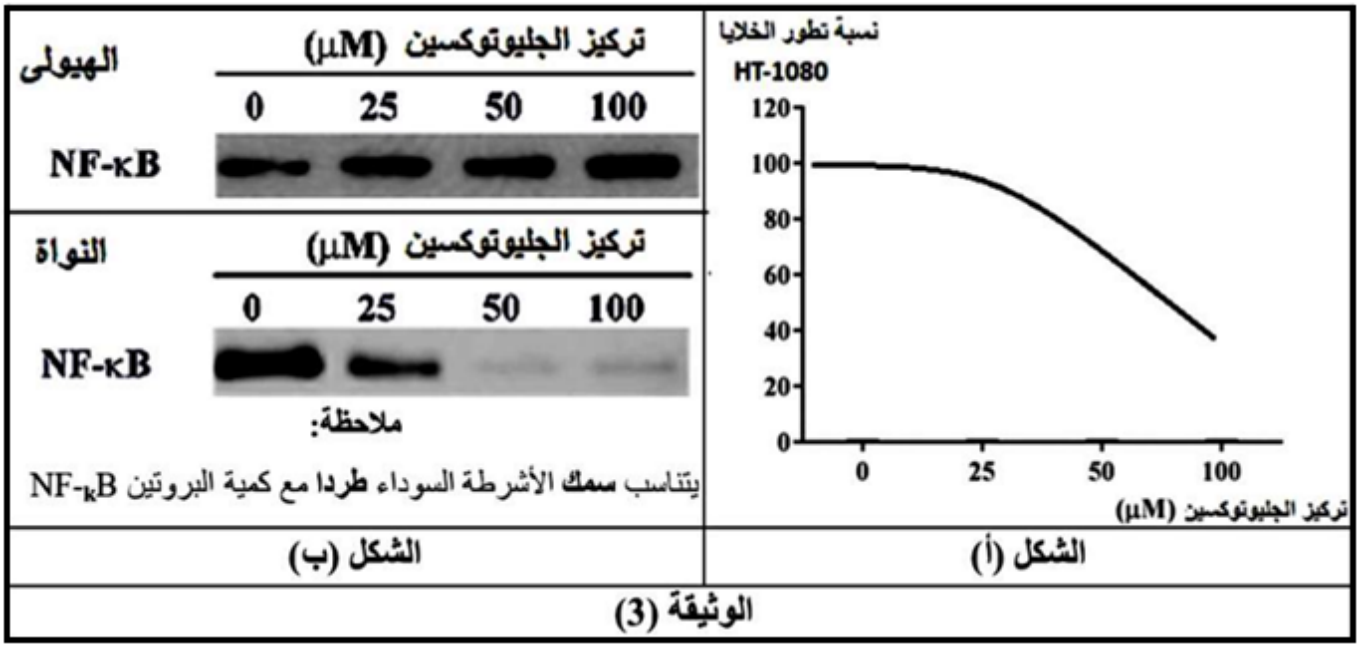
الجزء الثاني:

قصد إيجاد حلول علاجية لحالة الشخص (ع) أجريت أبحاث حول مادة الجليوتوكسين (GTX) المستخرجة من أحد أنواع الفطريات. توضح الوثيقة (2) دور و حالة بروتين خاص بالخلايا HT-1080 يدعى NF-KB.

الشكل (أ) من الوثيقة (3) يظهر تأثير GTX على تطور الخلايا HT-1080. بينما الشكل (ب) يبين نتائج الفصل بالهجرة الكهربائية لبروتين NF-KB في غياب و وجود GTX بتراكيز متزايدة في هيولى و نواة الخلية HT-1080.



الوثيقة (2)



الشكل (ب) الشكل (أ)

الوثيقة (3)

- **برر** استعمال مادة GTX في علاج حالة الشخص (ع) باستغلالك للوثيقتين (2) و (3).

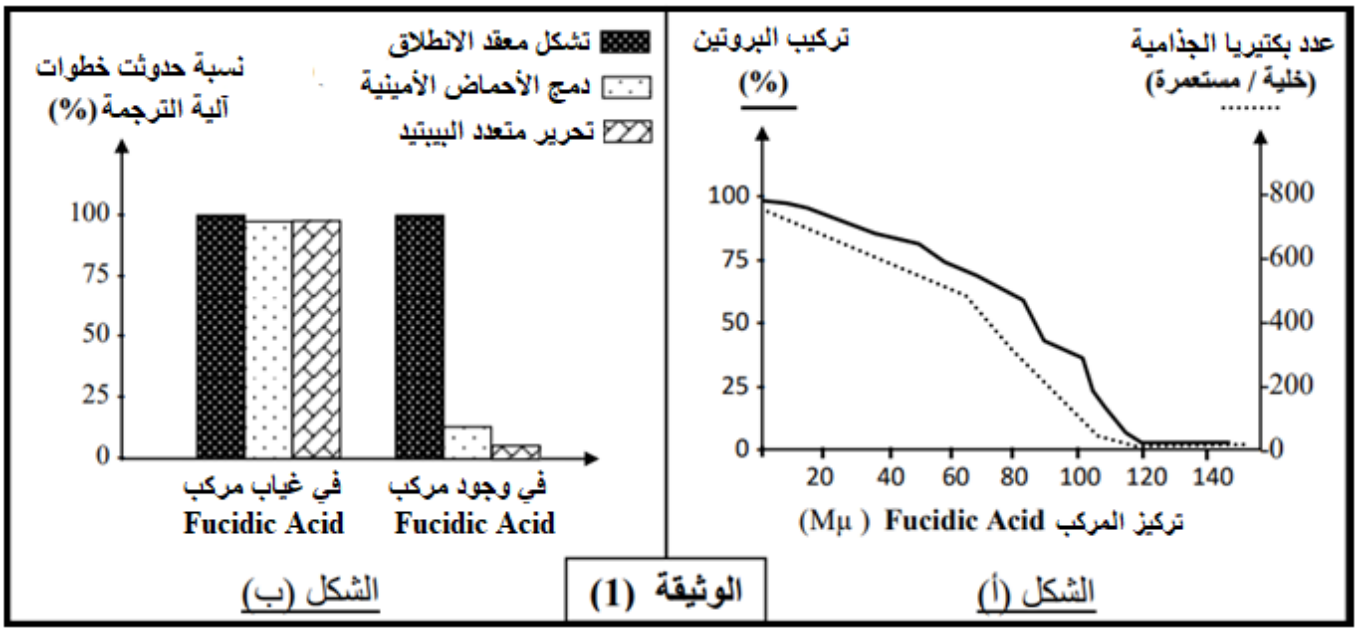
التمرين الثالث: (08 نقاط)

تركيب البروتين خطوة ضرورية تقوم بها البكتيريا خلال سعيها للتكاثر و الذي يتسبب في انتكاسات صحية على مستوى العضوية و استهداف احدى مراحل تركيب البروتين من بين الافاق العلاجية الموجهة ضد بعض أنواع البكتيريا.

الجزء الأول:

الجذام مرض يسببه نوع من البكتيريا يعرف بالمتفطرات الجذامية تشمل بعض أعراضه جفاف الجلد و تساقط الشعر...الخ و يمكن للمضاد الحيوي حمض الفيسيديك (FucA) أن يكون أحد المركبات العلاجية للاعتلالات المرتبطة بعدوى البكتيريا الجذامية.

يترجم الشكل (أ) من الوثيقة (1) قياسات متعلقة بعدد بكتيريا الجذامية و نسبة تركيب البروتين في وجود تراكيز متزايدة من المضاد الحيوي FucA. أما الشكل (ب) من نفس الوثيقة يمثل قياسات متعلقة بنسبة حدوث خطوات آلية الترجمة على مستوى هيولى الخلايا البكتيرية تمت في غياب و وجود المضاد الحيوي FucA.



- **اقترح** فرضية توضح بها آلية تأثير المضاد الحيوي FucA في الحد من عدوى البكتيريا الجذامية باستغلالك لشكلي الوثيقة (1).

الجزء الثاني:

بهدف التحقق من صحة الفرضية المقترحة تمت متابعة سيرورة الخطوات التي تتزامن مع النشاط التركيبي للبروتين ضمن مستويات مختلفة في غياب و وجود المضاد الحيوي FucA.

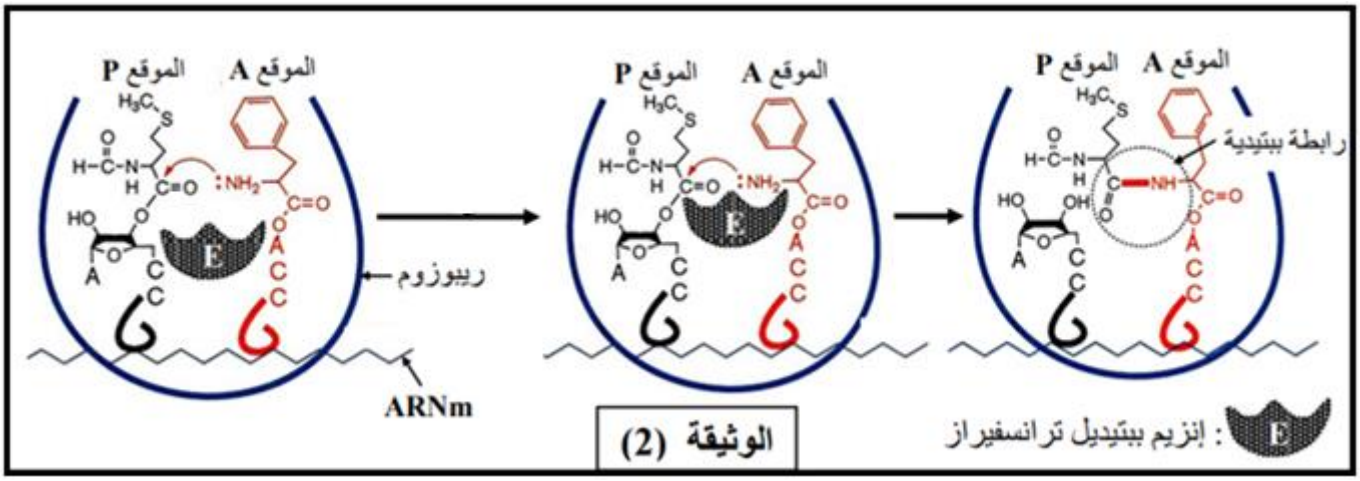
تمثل الوثيقة (2) إحدى خطوات آلية الترجمة التي يتدخل فيها أنزيم ببتيديل ترانسفيراز.

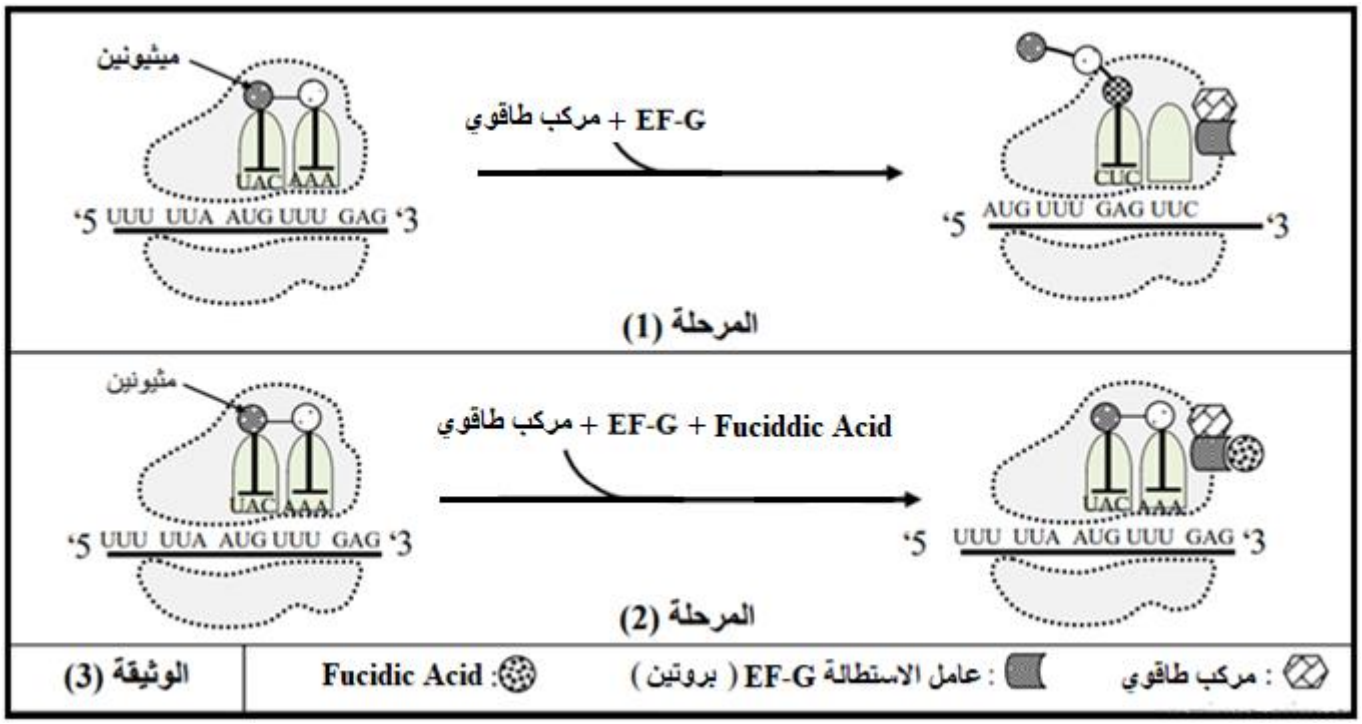
تعبر الوثيقة (3) عن سيرورة خطوة أخرى تقترن بآلية الترجمة تمت في غياب و وجود المضاد الحيوي FucA

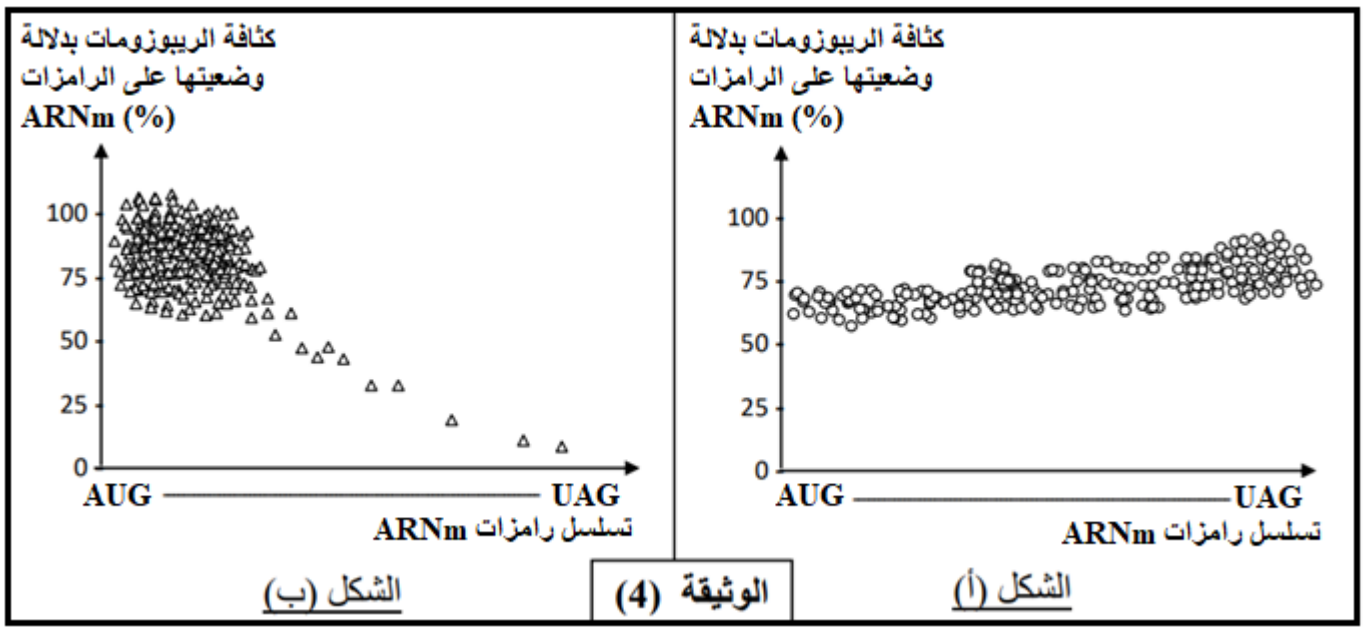
تترجم الوثيقة (4) قياسات تمت بتوفر متطلبات آلية الترجمة متعلقة بكثافة الريبوزومات المرتبطة بسلاسل الـARNm في غياب و وجود المضاد الحيوي حيث:

الشكل (أ): في وجود معقدات (ريبوزومات-مركب طاقوي-العامل البروتيني EF-G).

الشكل (ب): في وجود معقدات (ريبوزومات-مركب طاقوي-العامل البروتيني EF-G + FucA).







1- **اشرح** الاستراتيجية العلاجية التي تتم بتدخل المضاد الحيوي FucA في علاج عدوى البكتيريا الجذامية بما يسمح بالمصادقة على صحة الفرضية المقترحة باستغلالك للوثائق (2)، (3) و (4).

2- رغم أثره العلاجي الفعال الا انه يمكن لبعض سلالات بكتيريا الجذامية مقاومة تأثير المضاد الحيوي FucA.

- **اقترح** أحد المبررات الوجيهة التي تفسر مقاومة بكتيريا الجذامية للمضاد الحيوي FucA.

الجزء الثالث:

وضح في مخطط آلية تأثير المضاد الحيوي FucA و توظيفه كإستراتيجية علاجية فعالة في الحد من تفاقم العدوى التي تسببها البكتيريا الجذامية.

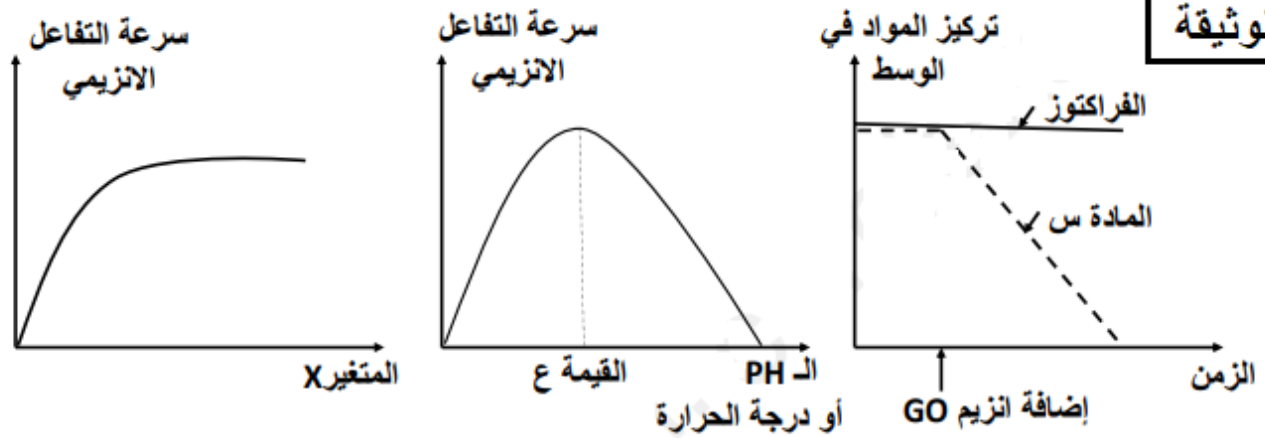
انتهى الموضوع الأول

الموضوع الثاني
يحتوي الموضوع على 05 صفحات (من الصفحة 6 من 10 الى الصفحة 10 من 10)

التمرين الأول: (05 نقاط)

تعتمد الخلايا الحية في مختلف تفاعلاتها الأيضية على الانزيمات و أي نقص أو خلل في وظائف هذه الانزيمات ينعكس سلبا على النشاط الايضي للخلية. و لكن رغم اختلاف الانزيمات الا انها تخضع لنفس مبدأ العمل فهي تتعرف على ركيزة معينة و تؤثر عليها تأثيرا نوعيا في ظروف ملائمة. خلال تتبعنا لنشاط انزيم غلوكوز اكسيداز (GO) و أنزيمات أخرى تمكنا من انجاز الوثيقة التالية:

الوثيقة



الرقم	اسم المحفّز البيولوجي	موقع عمله	مادة التفاعل	الناتج	الدور الفيزيولوجي
01		خلية مصابة بفيروس VIH		ADN	
02			نكليوتيدات ريبية حرة		
03		غشاء التيلاكوئيد			تركيب ATP
04		الحشوة			تثبيت الـ CO2
05	أمينوأسيل-ARNt سنتاز				

1- **تعرف** على المادة س، القيمة ع و المتغير X على مستوى المنحنيات، ثم **انقل** الجدول على ورقة اجابتك و **املأ** الخانات الفارغة بالمعلومات المناسبة.

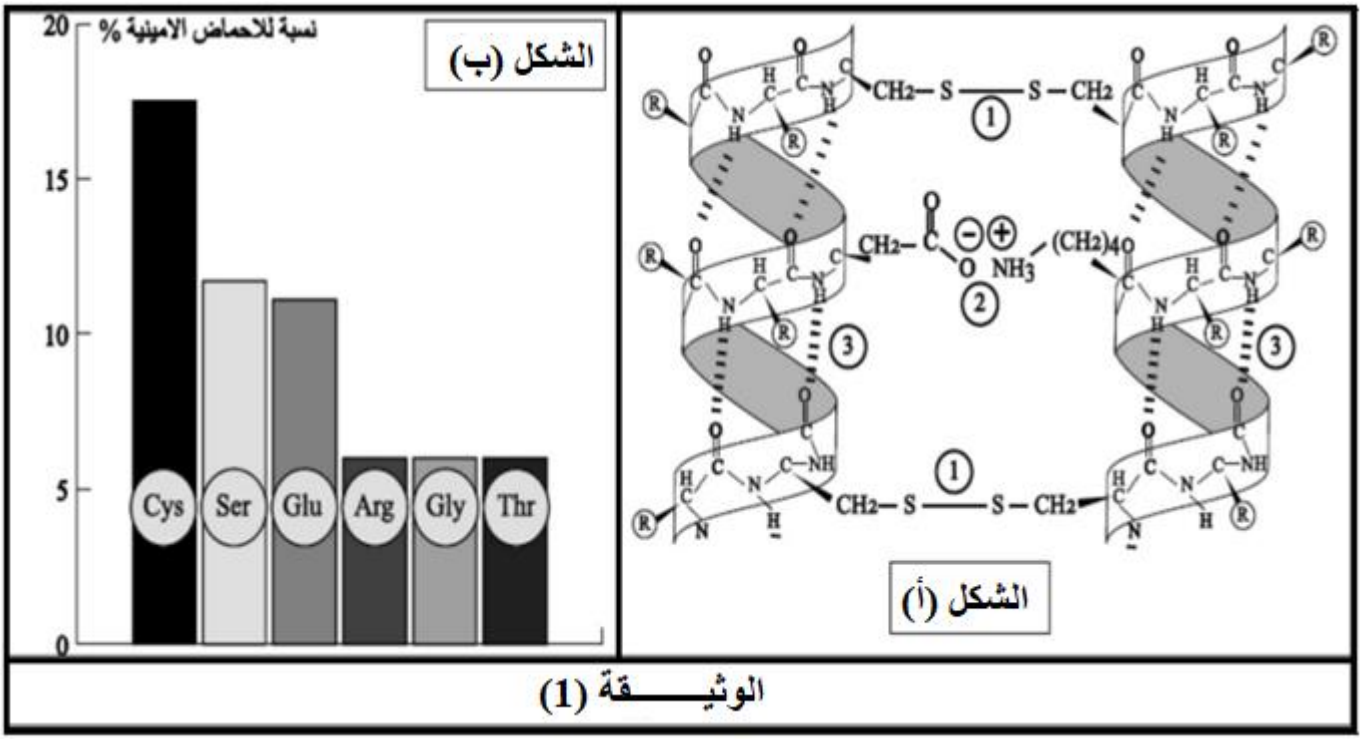
2- **وضح** في نص علمي كيف يتمكن كل أنزيم داخل نفس الخلية من التعرف على مادة التفاعل و التأثير عليها في شروط وسط مناسبة، انطلاقا من معطيات الوثيقة و مكتسباتك.

التمرين الثاني: (07 نقاط)

تركب الخلايا الحية بروتينات نوعية تخصصها الوظيفي مرتبط ببنيتها الفراغية، مثل بروتين الكيراتين المسؤول بفضل بنيته على سلامة و مظهر الشعر، الا أن انتشار استعمال العديد من المواد الكيميائية من طرف الرجال و النساء مؤخرا من أجل مظهر أكثر جمالا تسبب في الإصابة بمرض تقصف الشعر.

الجزء الأول:

يتكون الشعر من طبقة خارجية للحماية و أخرى داخلية أكثر سمكا و أهمية تتكون من العديد من الألياف المتنوعة الحجم تحتوي على بروتين الكيراتين بالإضافة الى وجود طبقة مركزية، يمثل الشكل (أ) من الوثيقة (1) عرض لبنية جزء من السلسلتين المكونة للكراتين على مستوى ألياف الشعر، أما الشكل فيمثل النسبة المئوية للأحماض الأمينية للبروتين المدروس.



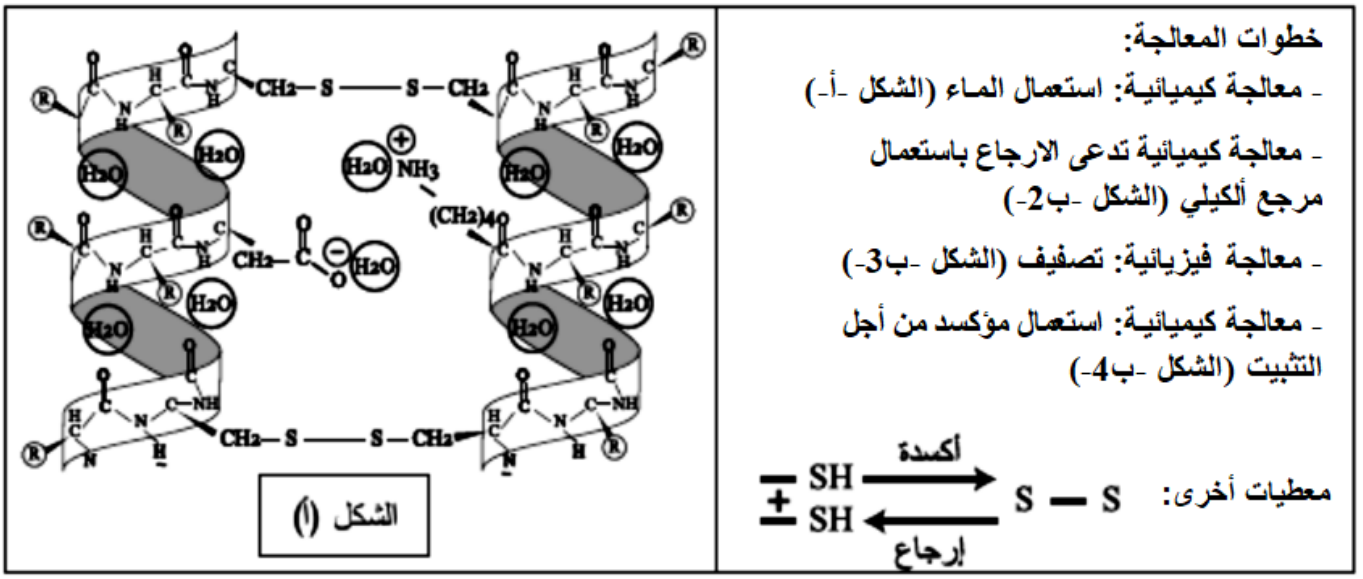
الوثيـــــقة (1)

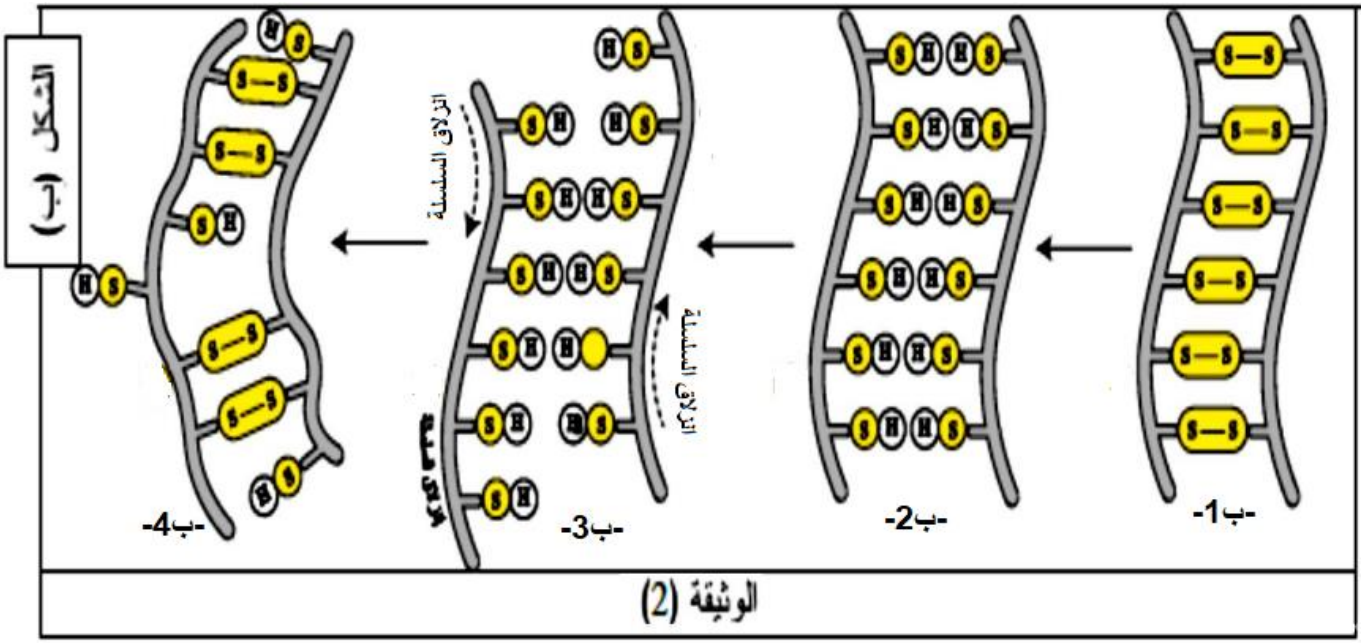
- **وضح** كيف يكتسب بروتين الكيراتين بنية فراغية تسمح له بالمحافظة على سلامة مظهر الشعر بالاعتماد على شكلي الوثيقة (1).

الجزء الثاني:

لدراسة تأثير المواد الكيميائية على بنية الشعر و سبب تقصفه نقترح الدراسة التالية:

الوثيقة (2) توضح عرض تأثير مختلف طرق المعالجة الفيزيائية و الكيميائية للشعر المستعملة بكثرة في الوقت الحالي من أجل مظهر أكثر جمالا تسبب في الإصابة بمرض تقصف الشعر.





1- **بين** تأثير المعالجة الكيميائية و الفيزيائية المستعملة على الشعر و المسببة لمرض تقصف الشعر باستغلالك لشكلي الوثيقة (2).

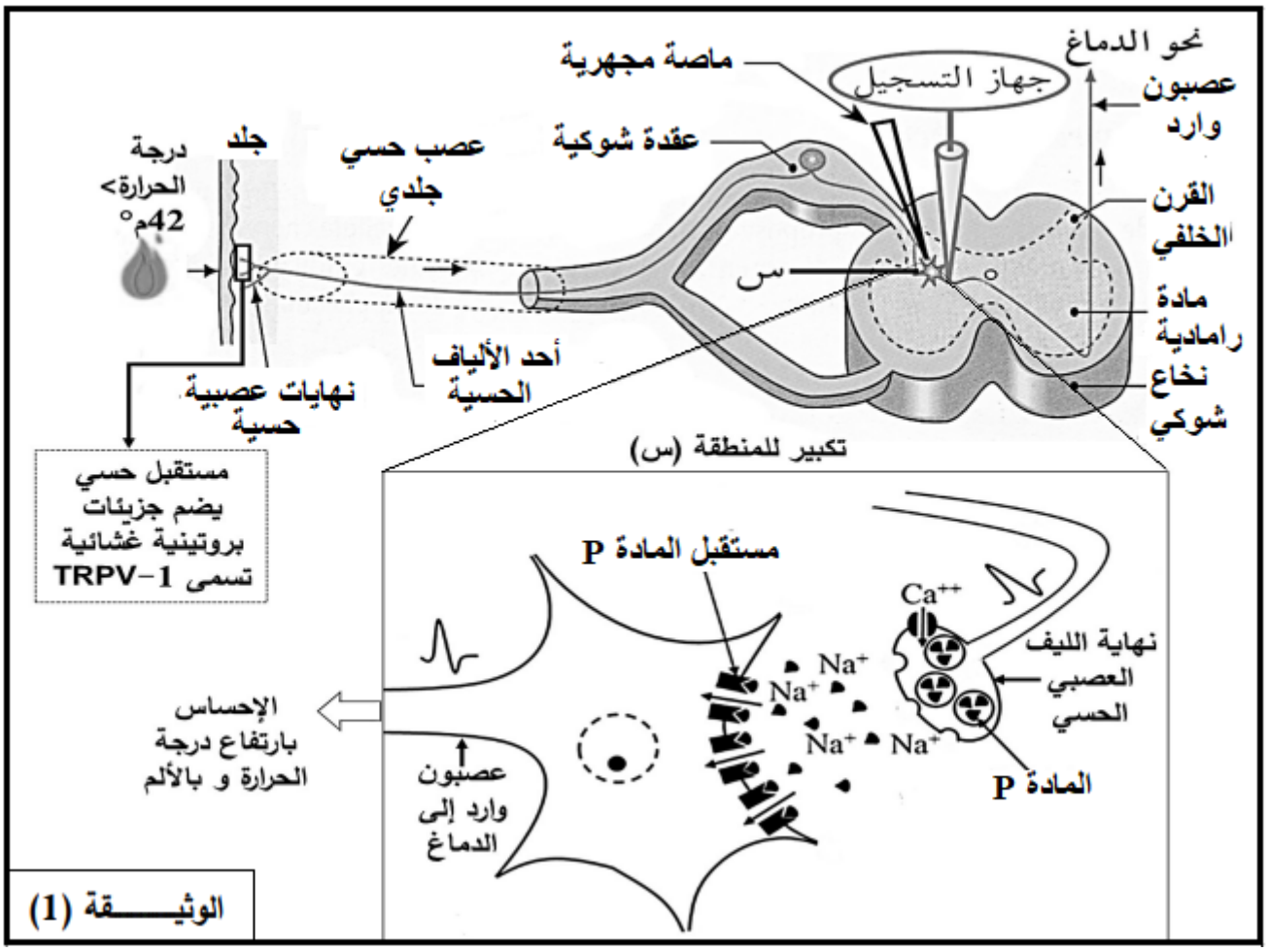
2- **اقترح** علاجا طبيعيا لمرض تقصف الشعر.

التمرين الثالث: (08 نقاط)

الإحساس الواعي نشاط عصبي تؤمنه البروتينات الغشائية ما يضمن التواصل بين العضوية و المحيط استجابة لمختلف المنبهات الخارجية مثل درجة الحرارة و تلك الموجودة في الطعام.

الجزء الأول:

عند تناول الفلفل الحار نشعر بالحرارة الزائدة و يستجيب الجسم بالتعرق و احمرار الوجه يرافق ذلك إحساس بألم لسعة الحر، لفهم العلاقة بين الإحساس بالحرارة و الألم عند ارتفاع درجة الحرارة عن 42م° أو تناول الفلفل الحار نقدم الوثيقة (1) التي تتضمن رسما تخطيطيا يوضح مسار السيالة العصبية الحسية المسؤولة عن الإحساس بالالم.



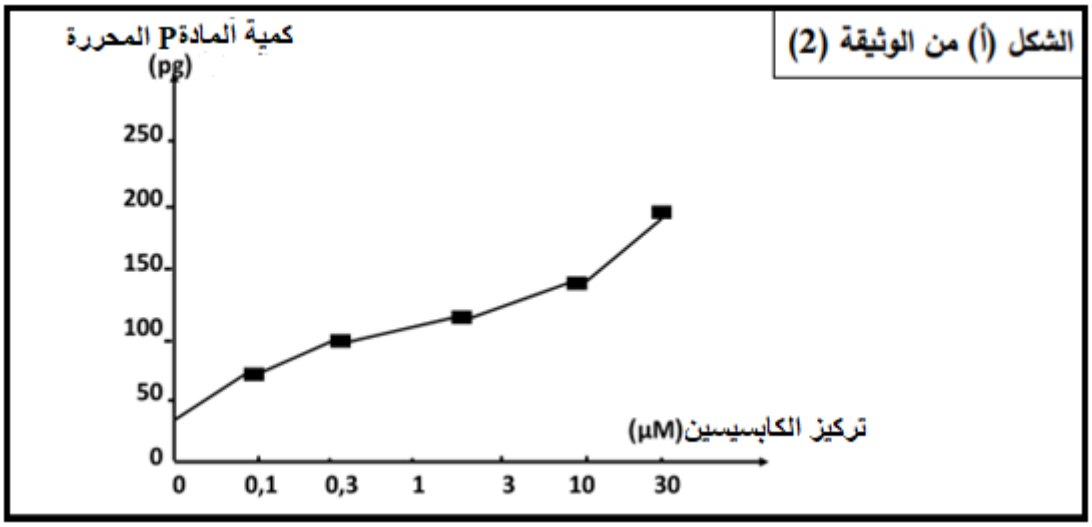
- **اقترح** فرضية توضح بها سبب الإحساس بالحرارة و ألم لسعة الحر عند تناول الفلفل الحار باستغلالك للوثيقة (1).

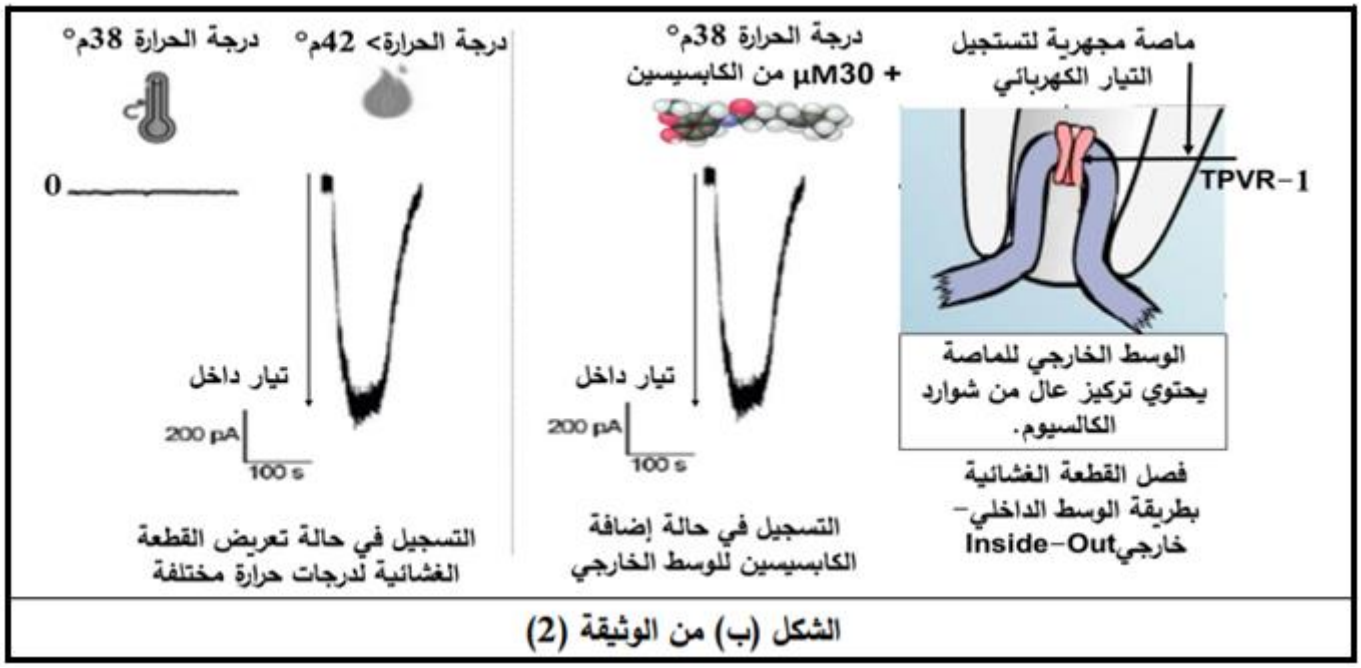
الجزء الثاني:

للتحقق من صحة الفرضية المقترحة نقدم الدراسة التجريبية التالية:

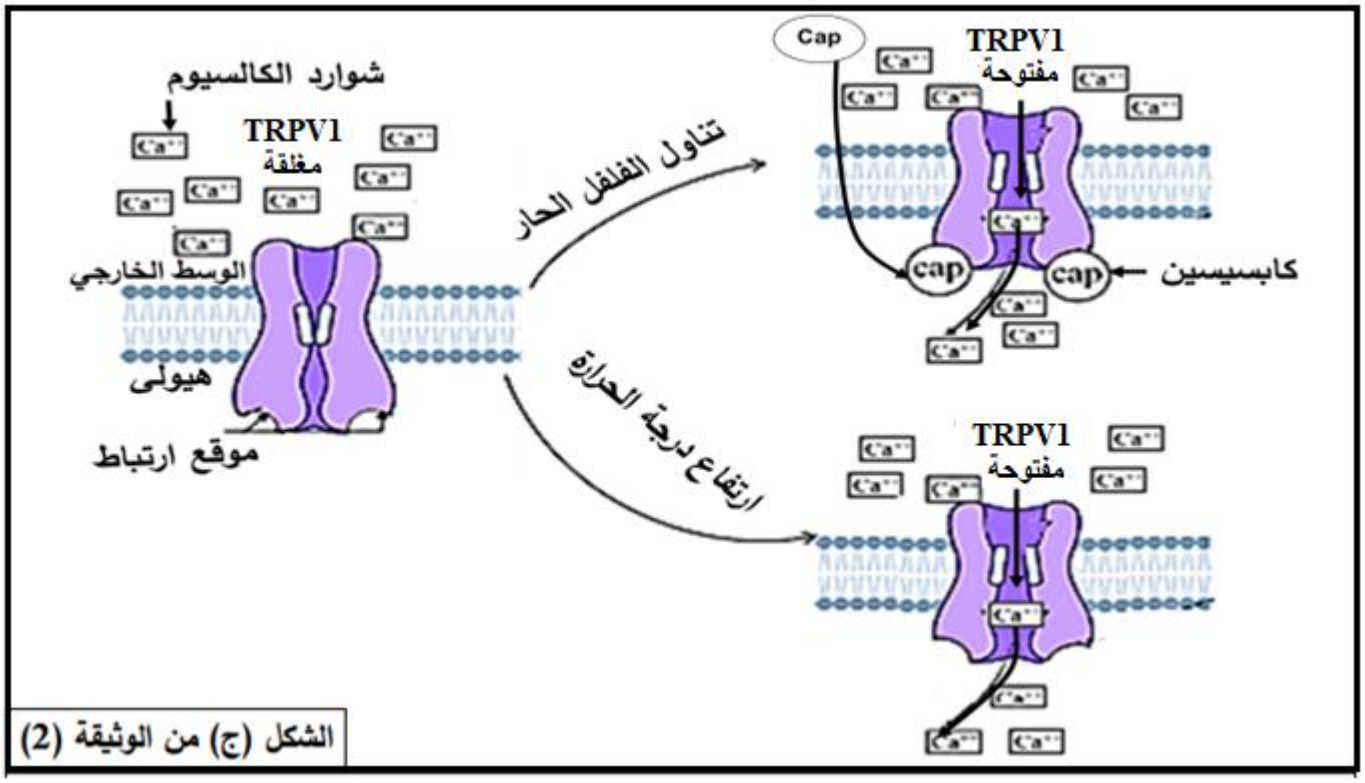
- بواسطة ماصة مجهرية نقوم بقياس كمية المادة P المحررة في المنطقة (س) بعد تعريض الجلد لتراكيز متزايدة من مادة الكابسيسين المستخلصة من الفلفل الحار و النتائج المحصل عليها موضحة في الشكل (أ) من الوثيقة (2).

- بتقنية patch clamp يتم فصل قطعة غشائية تضم الجزيئة البروتينية TPVR-1 من نهاية العصبون الحسي في المستقبل الحسي أو اللسان ثم دراسة التيارات الأيونية لشوارد الكالسيوم المتدفقة عبرها في وجود منبهاتها الطبيعية (حرارة) و في وجود مادة الكابسيسين النتائج موضحة في الشكل (ب) من الوثيقة (2)، أما الشكل (ج) من نفس الوثيقة فيوضح آلية تأثير المنبهات الطبيعية و الكابسيسين على غشاء النهاية العصبية الحسية.





الشكل (ب) من الوثيقة (2)



الشكل (ج) من الوثيقة (2)

- **وضح** آلية عمل مادة الكابسيسين ما يسمح لك بالتحقق من صحة الفرضية المقترحة باستغلالك للوثيقة (2).

الجزء الثالث:

بين بمخطط دور البروتينات الغشائية في توليد الإحساس الناتج عن تناول الفلفل الحار انطلاقا من هذه الدراسة و معلوماتك.

انتهى الموضوع الثاني

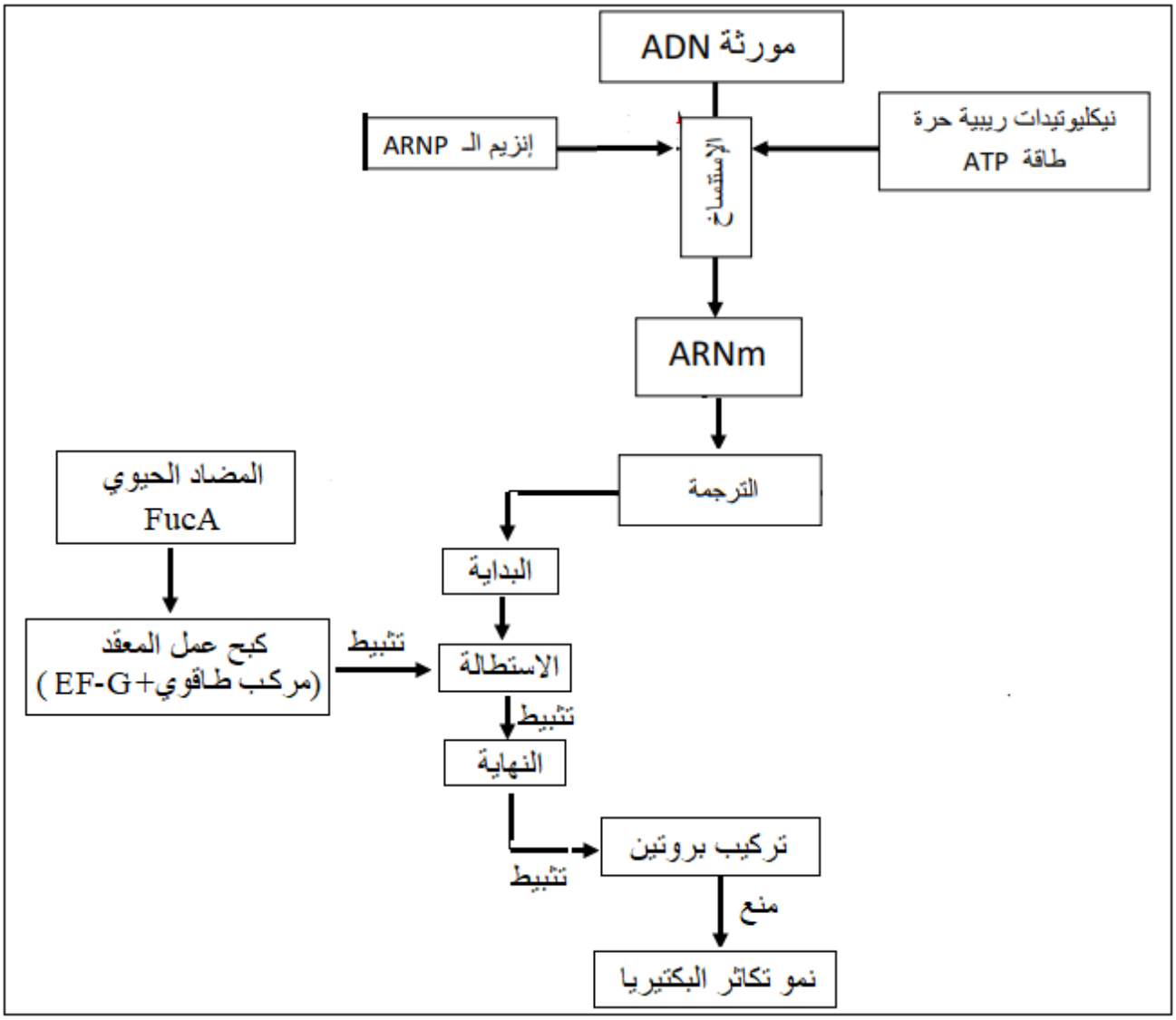
الاجابة النموذجية لاختبار البكالوريا التجريبية ثالثة علوم تجريبية

عناصر الإجابة (الموضوع الأول)	التنقيط
التمرين الأول (05 نقاط): **1- الاجابة بـ "صح" أو "خطأ" مع تصحيح الإجابات الخاطئة:** أ) يسمح الضوء بانتقال الالكترونات من الماء ذو كمون أكسدة و ارجاع مرتفع الى $NADP^+$ ذو كمون أكسدة و ارجاع منخفض. **صح** ب) يستعمل الناقل T2 الطاقة على شكل ATP لضخ البروتونات عكس تدرج تركيزها. **خطأ** **تصحيح الخطأ:** يستعمل الناقل T2 الطاقة المتحررة من انتقال الالكترونات عبر سلسلة النواقل لضخ البروتونات عكس تدرج تركيزها. ج) في غياب الضوء يكون انتقال الالكترونات غير ممكنا بين جميع عناصر سلسلة التركيبية الضوئية. **خطأ** **تصحيح الخطأ:** في غياب الضوء يكون انتقال الالكترونات غير ممكنا بين بعض عناصر سلسلة التركيبية الضوئية و هي: من PSII الى T1 و من PSI الى T'1. د) تفاعلات حلقة كالفن هي تفاعلات ارجاع الـ CO_2 الى مادة عضوية. **خطأ** **تصحيح الخطأ:** تفاعلات حلقة كالفن هي تفاعلات أكسدة ارجاعية، أكسدة المرافقات الانزيمية و ارجاع الـ CO2.	0.25 0.5x3
2- نص علمي يشرح آليات تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية كامنة في المادة العضوية مع تبيين تأثير المبيدين A و B عليها: **المقدمة:** تقوم النباتات الخضراء على مستوى الصانعات الخضراء بتحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية كامنة في المادة العضوية وفق ظاهرة تدعى التركيب الضوئي، إلاأن بعض المركبات الكيميائية المستعملة كمبيدات الأعشاب الضارة تؤثر على هذه الظاهرة كالمبيدين A وB. فكيف تتم الية تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة في المادة العضوية وكيف يؤثر المبيدAو Bعليها؟	0.25
العرض: تحدث عملية التركيب الضوئي في الصانعة الخضراء وفق مرحلتين متزامنتين كيموضوئية و كيموحيوية حيث: ➢ تتم المرحلة الكيموضوئية في وجود الضوء وفق التفاعلات التالية: - يتأكسد النظامان الضوئيان تحت PSI و PSII تحت تأثير الفوتونات الضوئية المقتنصة و يحرر كل منهما الكترونين غنيين بالطاقة. - يستعيد PSII الكتروناته المفقودة بتحفيزه لانزيم يعمل على أكسدة الماء لينتج O_2 يطرح و بروتونات تبقى في تجويف التلاكويد. وفق التفاعل التالي: $H_2O \longrightarrow 1/2O_2 + 2H^+ + 2e^-$ - الالكترونات التي يفقدها PSII تنتقل عبر سلسلة من النواقل متزايدة كمون الأكسدة و الارجاع (T3, T2, T1) ليستقبلها PSI المؤكسد ليسترجع حالته الاصلية. - الالكترونات التي يفقدها PSI تنتقل عبر سلسلة من النواقل متزايدة كمون الأكسدة (T'1، T'2) لتستقبل من طرف +NADP ليتم ارجاعه الى +NADPH.H باستخدام +2H من الحشوة بتدخل أنزيم يدعى $NADP^+$ ريدوكتاز. وفق التفاعل التالي: $NADP^+ + 2e^- + 2H^+ \longrightarrow NADPH+H^+$ - يصاحب نقل الالكترونات في السلسلة التركيبية الضوئية تراكم البروتونات في تجويف التيلاكويد الناتجة من أكسدة الماء والتي تم ضخها عبر T2 فيتولد فرق في تركيز البروتونات بين التجويف و الحشوة، يؤدي الى خروجها من التجويف الأعلى تركيز الى الحشوة الأقل تركيز عبر الكرية المذنبة مؤدية الى تحفيز أنزيم الذي يقوم بفسفرة ADP الى ATP في وجود Pi انها الفسفرة الضوئية. $ADP + Pi \longrightarrow ATP$	01
➢ تتم المرحلة الكيموحيوية في الحشوة وفق التفاعلات التالية: يُثبت الـCO_2 على جزيئة خماسية الكربون (Rudip) بواسطة أنزيم الـ Rubisco مشكلا مركب سداسي الكربون الذي ينشطر سريعا إلى جزيئتين بثلاث ذرات كربون هو (APG).	0.75

0.5 0.5 0.25	يتم فسفرة (APG) ثم يُرجع بواسطة الـ ATP و $NADPH.H^+$ الناتجين عن المرحلة الكيميوضوئية لينتج مركب ثلاثي الكربون هو (PGal) يستخدم جزء منه في تركيب السكريات سداسية الكربون و الجزء الآخر في تجديد (Rudip) يتم خلاله اماهة الـ ATP الى ADP. تتم تفاعلات المرحلة الكيموحيوية في شكل سلسلة حلقية تسمى حلقة كالفن. ➢ في وجود المبيد العشبي A يرتبط هذا المركب بالناقل T2 و يتسبب في خفض كمون الأكسدة و الإرجاع الخاص به فلا تنتقل الالكترونات من الناقل الأول الى هذا الناقل و تتوقف بذلك حركة الالكترونات على كامل السلسلة التركيبية الضوئية فلا تسترجع الالكترونات من التحلل الضوئي للماء و يتوقف انطلاق O_2 و منه تفاعلات المرحلة الكيموضوئية فلا يتشكل ال ATP و $NADPH.H^+$ الضروريين لتفاعلات المرحلة الكيموحيوية فلا يتثبت CO_2 و لايتم تركيب المادة العضوية اللازمة لحياة الأعشاب الضارة ومنه موتها والتخلص منها ➢ المبيد العشبي B يثبط المرحلة الكيميوحيوية عن طريق تثبيط نشاط انزيم الRuBiSCO فلا يتم تثبيت CO_2 و ينتج عن ذلك عدم إنتاج المادة العضوية و عدم إنتاج متطلبات المرحلة الكيميوضوئية و بذلك تتوقف عملية التركيب الضوئي و تموت الأعشاب الضارة. **الخاتمة:** يتم عند النباتات الخضراء تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة في المادة العضوية بفضل عملية التركيب الضوئي التي تتم على مستوى الصانعات الخضراء أين يتم الجمع بين تفاعلات مرحلة كيميوضوئية و تفاعلات مرحلة كيموحيوية و تستهدف بعض المواد مثل مبيدات أعشاب مرحلة معينة بهدف توقيف عملية التركيب الضوئي عند النباتات الضارة و بالتالي القضاء عليها.
01 0.25 01 0.25 0.5	**التمرين الثاني (07 نقاط):** **الجزء الأول:** **- شرح سبب العجز المناعي الذي يعاني من الشخص (ع) انطلاقا من معطيات الوثيقة (1):** يمثل الشكل (أ) رسم تخطيطي يوضح الية القضاء على الخلية السرطانية من طرف الخلية X لشخص سليم حيث: -تتعرف الخلية X للشخص (س) والمتمثلة في اللمفاوية السامة LTc على الخلية السرطانية HT-1080 تعارفا مزدوجا عن طريق المستقبل الغشائي النوعي TCR الذي يتكامل بنيويا مع معقد (ببتيد سرطاني -HLA) المعروض على غشائها. تنشط الـ LTc فتقوم باطراح محتوى حويصلاتها السامة المتمثل في بروتينات البرفورين والانزيمات الحالة التي تستهدف الخلية السرطانية. تعمل البروتينات السابقة على تخريب الخلية حيث يتكاثف البرفورين على مستوى غشائها مشكلا ثقوبا تسمح بمرور الانزيمات الحالة التي تعمل على تخريب الخلية السرطانية وبالتالي اقصائها. الاستنتاج: الاستجابة المناعية المفعلة ضد الخلايا السرطانية هي ذات وساطة خلوية أي بتدخل الـ LTc التي تعمل على تخريبها بإفراز البرفورين والغرانزيم. يمثل الشكل (ب) نتائج قياس تطور حجم الورم بالموازات مع نسبة البرفورين في الخلايا X حيث: بالنسبة للشخص (س): تكون نسبة البرفورين في خلايا الـ LTc الخاصة به معتبرة وتقدر بـ 60% يقابل ذلك تراجع في نمو الورم السرطاني حيث بلغ الحجم النهائي له 1g فقط بوجود هذه الخلايا. أما بالنسبة للشخص (ع): تكون نسبة البرفورين في خلايا الـ LTc الخاصة به منخفضة وتقدر بحوالي 35% يقابل ذلك نمو معتبر للورم السرطاني حيث بلغ الحجم النهائي له 2.5g بوجود هذه الخلايا. الاستنتاج: الشخص (ع) عاجز مناعيا ويتجلى ذلك في عدم قدرة خلاياه (LTc) على انتاج بروتين البرفورين الضروري لإقصاء المستضدات (الخلايا السرطانية) بشكل كافي اثناء الرد المناعي الخلوي. و منه الخلايا LTc الفاعلة في الرد المناعي الخلوي ضد الخلايا السرطانية عند الشخص ع تتميز بعدم قدرتها على انتاج البرفورين الضروري لتخريب الخلايا السرطانية مما سبب عجز مناعي للشخص (ع) (نمو الورم). **الجزء الثاني:** **- تبرير استعمال مادة GTX في علاج حالة الشخص (ع) باستغلال الوثيقتين (2) و (3):** توضح الوثيقة (2) دور و حالة بروتين NF-KB الخاص بالخلايا HT-1080 حيث نلاحظ:

01 0.25	تتميز الخلايا السرطانية بوجود بروتين NF-Kb غير نشط على مستوى الهيولى لايمكنه الدخول إلى النواة. ثم بتدخل انزيم فسفرة واستهلاك جزيئة ATP يتم تنشيط البروتين NF-Kb فيصبح هذا الأخير قادرا على الدخول إلى النواة أين يساهم في تنشيط التعبير المورثي (استنساخ مورثات محددة ثم ترجمتها) حيث تساهم البروتينات الناتجة في تنشيط الخلايا السرطانية ومنه نمو وتطور الورم الاستنتاج: يساهم بروتين NF-kB المنشط في تكاثر الخلايا السرطانية ونموها الذي ينشط في الهيولى بفضل أنزيم الفسفرة.
0.5 0.25	يمثل الشكل (أ) من الوثيقة (3) منحنى لتغير نسبة تطور الخلايا السرطانية بدلالة تركيز مادة GTX حيث نلاحظ: -في غياب الجليتوكسين: تكون نسبة تطور الخلايا السرطانية أعظمية 100%. -في وجود الجليوتوكسين بتراكيز متزايدة: تتناقص نسبة تطور الخلايا السرطانية تدريجيا بزيادة تركيز إلى أن تصل إلى أدنى قيمة (أقل من 40%) عند التركيز 100uM. الاستنتاج: سم الجليوتوكسين يثبط نمو وتطور الخلايا السرطانية.
01 0.25 0.75	يبين الشكل (ب) من الوثيقة (3) نتائج الفصل بالهجرة الكهربائية لبروتين NF-KB في غياب و وجود GTX حيث -في غياب الجليتوكسين: تكون كمية NF-Kb المنشط قليلة على مستوى الهيولى بينما تكون مرتفعة على مستوى النواة. -في وجود الجليوتوكسين بتراكيز متزايدة: تزداد كمية NF-Kb المنشط (يتراكم) تدريجيا بزيادة تركيز الجليوتوكسين على عكس النواة اين تتناقص كميته الى ان تنعدم عند التركيز 50uM. الاستنتاج: سم الجليوتوكسين يمنع انتقال NF-Kb إلى النواة. ومنه مادة الجليوتوكسين تثبط الأنزيم النوعي الخاص بتنشيط البروتين NF-Kb فيتراكم في الهيولى بصورته غير النشطة.ما يمنعه من الانتقال إلى النواة فلا ينشط بذلك التعبير المورثي عن عوامل نمو وتطور الخلايا السرطانية ما يؤدي إلى تثبيط تكاثر الخلايا السرطانية فلا ينمو الورم.وهذا ما يبرر استعمال مادة الجليوتوكسين للقضاء المباشر على الخلايا السرطانية دون الحاجة الى تدخل الخلايا المناعية LTc ما يسمح بتعويض العجز المناعي للشخص ع.
0.5 0.25 0.5 0.25 0.25 0.25	**التمرين الثالث (08 نقاط):** **الجزء الأول:** **ـ اقتراح فرضية توضح آلية تأثير المضاد الحيوي FucA في الحد من عدوى البكتيريا الجذامية باستغلال الوثيقة (1):** يمثل الشكل (أ) منحنى تغيرات النسبة المئوية لتركيب البروتين و عدد البكتيريا الجذامية بدلالة تركيز مركب الـ FucA حيث نلاحظ: في تركيز 0 من مركب FucA تكون نسبة تركيب البروتين أعظمية 100% عند البكتيريا و عددها مرتفع جدا يقدر بـ 800 خلية/مستعمرة. و بزيادة تركيز مركب FucA تقل نسبة تركيب البروتين و عدد البكتيريا حتى تنعدم عند التركيز 120µM . الاستنتاج: المركب FucA مضاد حيوي يثبط تركيب البروتين لدى البكتيريا الجذامية و بالتالي يتوقف نموها و تكاثرها. يمثل الشكل (ب) أعمدة بيانية لتغيرات نسبة حدوث خطوات آلية الترجمة في غياب و وجود مركب FucA حيث نلاحظ: في غياب مركب FucA تكون نسبة تشكل معقد الانطلاق و دمج الأحماض الأمينية و تحرير متعدد البيبتيد أعظمية 100% في وجود مركب FucA نسبة تشكل معقد الانطلاق أعظمية بينما تكاد تنعدم نسبة حدوث خطوتي دمج الأحماض الأمينية و تحرير متعدد البيبتيد. الاستنتاج: مركب الـ FucA لا يؤثر على مرحلة الانطلاق و يثبط باقي مراحل الترجمة (يعيق دمج الأحماض الأمينية). بما أن تركيب البروتين خطوة ضرورية لنمو و تكاثر البكتيريا و ان المضاد الحيوي FucA يثبط هذه العملية بإعاقته لدمج الأحماض الأمينية خلال خطوة الاستطالة من الترجمة فيمكن اقتراح الفرضية التالية:

0.75	يحد المضاد الحيوي FucA من عدوى البكتيريا الجذامية بتأثيره على نشاط الريبوزوم خلال مرحلة الاستطالة من الترجمة بعرقلته لدمج الأحماض الأمينية ضمن السلسلة الببتيدية.
	الجزء الثاني:
	1- شرح الاستراتيجية العلاجية التي تتم بتدخل المضاد الحيوي FucA في علاج عدوى البكتيريا الجذامية بما يسمح بالمصادقة على صحة الفرضية المقترحة باستغلال للوثائق (2)، (3) و (4):
0.5	- تمثل الوثيقة (2) احدى خطوات آلية الترجمة التي يتدخل فيها أنزيم ببتيديل ترانسفيراز حيث نلاحظ ارتباط المعقد (Met-ARNt) في الموقع P و المعقد (AA_2-ARNt) في الموقع A لتحت الوحدة الكبرى للريبوزوم الوظيفي و بتدخل أنزيم ببتيديل ترانسفيراز الذي برتبط بالوظيفتين CO و NH2 للحمضين الأمينين بفضل تكامل بنيوي بينها و الموقع الفعال للانزيم فيتشكل المعقد ES و يحدث تفاعل تشكل رابطة ببتيدية بين الـ Met و الحمض الأميني الثاني.
0.25	الاستنتاج: تتشكل الرابطة الببتيدية خلال مرحلة الانطلاق من الترجمة بواسطة أنزيم ببتيديل ترانسفيراز.
01	- تمثل الوثيقة (3) ألية الترجمة في غياب و وجود المضاد الحيوي FucA حيث نلاحظ: في غياب FucA (المرحلة 1) بعد تشكل الرابطة الببتيدية بين الـ Met و الحمض الأميني الثاني بتدخل المعقد (مركب طاقوي+بروتين عامل الاستطالة EF-G) الذي يرتبط بتحت الوحدة الكبرى و يساهم في انزلاق الريبوزوم بخطوة رامزة ليتوضع الـ ARNt الحامل لثلاثي الببتيد في الموقع P و يصبح الموضع A شاغر لاستقبال حمض أميني منشط الموالي و بالتالي استطالة السلسلة الببتيدية. في وجود FucA (المرحلة 2) يترتبط المضاد الحيوي FucA بالمعقد (مركب طاقوي+EF-G) على مستوى موقع خاص في عامل الاستطالة ليمنع بذلك انزلاق الريبوزوم على خيط الـ ARNm و بالتالي توقف الاستطالة.
0.25	الاستنتاج: يكبح المضاد الحيوي FucA مرحلة الاستطالة من الترجمة بتثبيطه لنشاط المعقد (مركب طاقوي + EF-G).
0.5	تمثل الوثيقة (4) منحنيي تغيرات النسبة المئوية لكثافة الريبوزومات بدلالة وضعيتها على رامزات الـ ARNm: الشكل (أ) في وجود معقدات (ريبوزومات-مركب طاقوي-العامل البروتيني EF-G) نلاحظ ثبات نسبة كثافة الريبوزومات المتوضعة على طول سلسلة ARNm من رامزة الانطلاق AUG الى رامزة التوقف UAG بين 50 و 75 %.
0.25	الشكل (ب) في وجود معقدات (ريبوزومات-مركب طاقوي-العامل البروتيني FucA + EF-G) نلاحظ أن نسبة كثافة الريبوزومات المتوضعة على بداية سلسلة ARNm مرتفعة تتراوح بين 75 و 100% و تقل على طول السلسلة لتنعدم في نهايتها.
0.75	الاستنتاج: يكبح المضاد الحيوي FucA استطالة السلسلة الببتيدية بتثبيطه لنشاط الريبوزومات. ومنه يترتبط المضاد الحيوي FucA بالمعقد (مركب طاقوي+EF-G) على مستوى موقع خاص في عامل الاستطالة ليمنع بذلك انزلاق الريبوزوم على خيط الـ ARNm و بالتالي كبح خطوة الاستطالة من مرحلة الترجمة أي توقف عملية تركيب البروتين عند بكتيريا الجذامية و بالتالي توقف نموها و تكاثرها مما يجعل المضاد الحيوي FucA علاج فعال ضدعدوى البكتيريا الجذامية و هذا ما يؤكد صحة الفرضية المقترحة.
	2- اقتراح أحد المبررات الوجيهة التي تفسر مقاومة بكتيريا الجذامية للمضاد الحيوي FucA:
0.5	لأن المضاد الحيوي FucA يرتبط بموقع خاص في عامل الاستطالة EF-G الذي هو عبارة عن بروتين أي تغيير شكل الموقع الخاص الذي قد يحدث عن طريق طفرة على مستوى المورثة المشرفة على تركيب هذا البروتين تجعل المضاد الحيوي FucA غير فعال و بالتالي اكتسابها مقاومة ضده.
	الجزء الثالث:
	مخطط يوضح آلية تأثير المضاد الحيوي FucA و توظيفه كإستراتيجية علاجية فعالة في الحد من تفاقم العدوى التي تسببها البكتيريا الجذامية:

1.5	

ADN مورثة
ARNP إنزيم الـ
الاستنساخ
نيكليوتيدات ريبية حرة
ATP طاقة
ARNm
الترجمة
المضاد الحيوي
FucA
البداية
كبح عمل المعقد
(مركب طاقوي+EF-G)
تثبيط
الاستطالة
تثبيط
النهاية
تثبيط
تركيب بروتين
منع
نمو تكاثر البكتيريا

التنقيط	عناصر الإجابة (الموضوع الثاني)

التمرين الأول (05 نقاط):

1- التعرف على المادة س، القيمة ع و المتغير X ، ملأ الخانات الفارغة من الجدول بالمعلومات المناسبة:

المادة س: الغلوكوز. القيمة ع: القيمة المثلى من درجة الحرارة أو الـ pH. المتغير X: تركيز الركيزة.

الرقم	اسم المحفز البيولوجي	موقع عمله	مادة التفاعل	الناتج	الدور الفيزيولوجي
01	**أنزيم النسخ العكسي**	خلية مصابة بفيروس VIH	**نكليوتيدات ديزوكسي ريبية**	ADN	**نسخ المعلومة الوراثية عكسيا من ARN فيروسي الى ADN فيروسي**
02	**أنزيم ARN بوليمراز**	**نواة الخلية**	نكليوتيدات ريبية حرة	**ARNm**	**نسخ المعلومة الوراثية من ADN الى ARN**
03	**أنزيم ATP سنتاز**	غشاء التيلاكويد	**Pi + ADP**	**ATP**	تركيب الـ ATP
04	**أنزيم Rubisco**	الحشوة	**Rudip + CO2**	**APG**	تثبيت الـ CO2
05	أمينو اسيل-ARNt سنتاز	**هيولة الخلية**	**حمض أميني+ATP+ ARNt**	**معقد حمض أميني-ARNt**	**تنشيط الأحماض الأمينية**

0.125 x 20

2- نص علمي يوضح كيف يتمكن كل أنزيم داخل نفس الخلية من التعرف على مادة التفاعل و التأثير عليها في شروط وسط مناسبة:

المقدمة:

0.25

الانزيم محفز بيولوجي يتعرّف على ركيزته من بين العديد من المواد ويؤثر عليها، ولكنه لا يعمل الا في ظروف ملائمة للحياة من الـ PH ودرجة الحرارة.

فكيف يتعرف على الركيزة الخاصة به دون أخرى، ولماذا يتطلب عمله ظروف ملائمة من الـ PH ودرجة الحرارة؟

العرض:

- الأنزيمات جزيئات من طبيعة بروتينية، وكل انزيم يملك بنية فراغية خاصة محدّدة بتتابع الاحماض الامينية ويحافظ على استقرارها روابط بين احماض امينة محدّدة حسب الرسالة الوراثية. تضم موقعا خاصا يسمى الموقع الفعال الذي يتكون من عدد قليل من الاحماض الامينية محددة من حيث النوع العدد والترتيب في السلسلة البروتينية، تأخذ مواقع متباعدة في التسلسل ومتقاربة في الفراغ لتعط للموقع الفعال شكلا فراغيا يتكامل بنيويا مع الركيزة. بعض الاحماض الامينية تشكل موقعا لتثبيت الركيزة وبعضها الاخر يشكل موقعا لتحفيز التفاعل.

0.5

-عند اقتراب الركيزة من الانزيم تحفزه على تغيير شكل موقعه الفعال ليتكامل معها بنيويا انه التكامل المحفّز فيتشكل المعقد E-S، نتيجة تشكيل روابط انتقالية بيم جذور الاحماض الامينية في الموقع الفعال ومجموعات كيميائية في الركيزة، حيث ان تغيير الشكل ضروري لحدوث التفاعل لكي تصبح المجموعات الكيميائية الضرورية في مواقعها المناسبة للتأثير على مادة التفاعل وتحرير الناتج. حسب نوع التفاعل (تحويلي، تركيبي، تفكيكي).

0.5

0.25

ـ عدم وجود تكامل بنيوي بين الموقع الفعال للإنزيم وأي مادة أخرى غير الركيزة الأساسية لا يسمح بتشكيل المعقد E-S وبالتالي عدم حدوث التفاعل وهذا ما يفسر النوعية المزدوجة للإنزيم تجاه مادة التفاعل ونوع التفاعل.

0.25	ـولضمان وظيفة الانزيم لابد من الحفاظ على ثبات واستقرار البنية الفراغية له خصوصا بنية الموقع الفعال لذلك يعمل في ظروف مثالية من درجة الحرارة والـ PH حيث ان:
0.25	ـالابتعاد عن الدرجة المثالية لـ PH بالزيادة او بالنقصان يؤثر على الحالة الكهربائية لجذور الاحماض الامينية خصوصا المشاركة في تركيب الموقع الفعال حيث تصبح الشحنة الاجمالية للإنزيم موجبة في PH اقل من PH المثالي وسالبة في PH أكبر من PH المثالي. مما يؤدي الى فقدان التكامل البنيوي مع الركيزة.
0.25	ـالابتعاد عن الدرجة المثالية للحرارة يؤدي الى تباطؤ التفاعل نتيجة انخفاض في حركية الجزيئات مما يعيق(يثبط) ارتباط الانزيم مع الركيزة مع الحفاظ على سلامة البنية ويمكن استعادة النشاط بتوفر الحرارة المثالية أما الارتفاع في درجة الحرارة فيؤدي الى كسر الروابط وفقدان البنية نهائيا (تخريب) فلا يمكن استعادتها.
0.25	**الخاتمة:** تتعلق وظيفة الانزيم ببنيته الفراغية المحدّدة وراثيا وخصوصا بالموقع الفعال المسؤول عن النوعية المزدوجة، وان الدعامة الأساسية لهذه النوعية هي التكامل البنيوي بين الموقع الفعال والركيزة والذي لا يحدث الا في ظروف ملائمة للحياة.

التمرين الثاني (07 نقاط):

الجزء الأول:

- توضيح كيف يكتسب بروتين الكيراتين بنية فراغية تسمح له بالمحافظة على سلامة مظهر الشعر بالاعتماد على شكلي الوثيقة (1):

الشكل (أ) يمثل عرض لبنية جزء من السلسلتين المكونة للكيراتين على مستوى ألياف الشعر حيث يتكون الكيراتين من سلسلتين الجزء المعروض عبارة عن بنيتين ثانويتين α تستقر البنية عن طريق روابط هيدروجينية بين مجاميع CO و NH للجزء الثابت كما ترتبط السلسلتن بروابط كيميائية أخرى ممثلة بالعديد من الجسور ثنائية الكبريت بالاضافة إلى الروابط الشاردية . — 01

الاستنتاج: يستقر بروتين الكيراتين بفضل الروابط الكيميائية التي تنشأ بين وظائف الاحماض الأمينية. — 0.25

الشكل (ب) يمثل أعمد بيانية للنسبة التركيب الكيميائي للأحماض الأمينية لبروتين الكيراتين. حيث نلاحظ أن نسبة الحمض الأميني المسؤول عن تشكيل الجسور ثنائية الكبريت كبيرة تقدر ب 17% تقريبا مقارنة بالأحماض الأمينية الأخرى حيث تكون نسبة كل من SerوGlu في حدود 12% تقريبا بينما نلاحظ نسب متساوية للأحماض الامينية Arg/Glu/The ب 6% — 01

الاستنتاج: يحافظ الكراتين على بنته من خلال الجسور ثنائية الكبريت خاصة. — 0.25

و منه يتكون بروتين الكيراتين من نوع و عدد محدد من الأحماض الأمينية التي تساهم في تشكل روابط كيميائية و خاصة الجسور الكبريتية التي تحافظ على ثبات و استقرار البنية الفراغية الطبيعية لبروتين الكيراتين التي تسمح له بالقيام بوظيفته المتمثلة في المحافظة على سلامة مظهر الشعر. — 01

الجزء الثاني:

1- تبيين تأثير المعالجة الكيميائية و الفيزيائية المستعملة على الشعر و المسببة لمرض تقصف الشعر باستغلال شكلي الوثيقة (2):

02	تمثل الوثيقة (2) عرض لمختلف تأثيرات بروتوكول معالجة الفيزيائية (تصفيف) وأخرى كيميائية تم خلالها استعمال مواد كيميائية حيث تلاحظ: الشكل أ: المعالجة الكيميائية باستعمال الماء يتفاعل مع الوظائف المشكلة للروابط الشاردية و الهيدروجينية حيث تتفكك الروابط الشاردية والهيدروجينية وتبقى الجسور ثنائية الكبريت. الشكل ب2: معالجة كيميائية تدعى الارجاع ذلك باستعمال مرجع الكيلي (Red): يؤدي المركب المرجع إلى إرجاع الوظائف الكبريتية المشكلة للجسور ثنائية الكبريت ليتم في النهاية تكسيرها وإزالتها وتصبح الوظائف حرة (SH) و تنفصل سلسلتي الكيراتين. الشكل ب3: معالجة فيزيائية تصفيف هو معالجة ميكانيكية تؤدي الى انزلاق السلسلتين المنفصلتين بالنسبة لبعضها البعض نحو الأعلى والاسفل الشكل ب4: معالجة كيميائية استعمال مؤكسد (Oxd) من أجل التثبيت يتم خلال هذه المرحلة أكسدة وظائف الحرة لجذور الأحماض الامينية من نوع Cys لتتشكل جسور ثنائية الكبريت في غير أماكنها وبعدد أقل كما تبقى بعض الوظائف (SH) حرة
01	و منه تؤدي المعالجة الفيزيائية و الكيميائية الى كسر الروابط الكيميائية التي تنشأ بين جذور الأحماض الأمينية و خاصة الجسور الكبريتية التي تلعب دور أساسي في المحافظة على ثبات البنية الفراغية لبروتين الكيراتين و بالتالي تخريبها فتفقد وظيفتها في المحافظة على سلامة مظهر الشعر فيؤدي الى الإصابة بمرض تقصف الشعر.
0.5	**2- اقترح علاجا طبيعيا لمرض تقصف الشعر:** - استخدام الزيوت الطبيعية المعالجة بالكيراتين. - تناول الأطعمة الغنية بالكيراتين مثل البيض و السمك...
	التمرين الثالث (08 نقاط):
	الجزء الأول:
	-اقتراح فرضية توضح سبب الإحساس بالحرارة و ألم لسعة الحر عند تناول الفلفل الحار باستغلال الوثيقة (1):
	– تمثل رسما تخطيطيا يوضح مسار السيالة العصبية الحسية المسؤولة على الاحساس بالألم وجزء مكبر للمشبك الموجود في القرن الخلفي للمادة الرمادية للنخاع الشوكي.
01	–تنبه الحرارة العالية > 42° المستقبل الحسي الذي يضم جزيئات غشائية بروتينية TRPV ـ 1 الموجود في النهايات العصبية الحسية للجلد، فتتولد رسالة عصبية مشفرة بكمون عمل تنتقل عبر الليف العصبي الحسي نحو المادة الرمادية للنخاع الشوكي. - يؤدي وصول كمون العمل إلى النهاية المحورية في فتح القناة الفولطية ca^{+2} ليعبرها تتدفق عبره شوارد ca^{+} ما يتسبب في تحرير المادة p (مبلغ عصبي) في الشق المشبكي.
0.5	- تثبت المادة p على مستقبلاها القنوية في الغشاء بعد المشبكي مسببة انفتاح قنوات Na^{+} الكيمائية التي فتتدفق شوارد Na^{+} على الهيولى مسببة زوال استقطابه فيتولد وينتشر كمون عمل في العصبون الوارد الى الدماغ الذي يتم ترجمته الى على مستوى القشرة المخية الى احساس واعي بارتفاع درجة الحرارة والألم **الاستناج :** يتوقف الاحساس الواعي بارتفاع درجة الحرارة (درجة الحرارة > 42°) والألم على تدخل البروتينات الغشائية (TRPV ـ 1) في المستقبل الحسي – و البروتينات الغشائية المسؤولة عن نقل الرسالة العصبية إلى الدماغ.
0.25	– **بما أن** الفلفل الحار يحتوي على مادة كيميائية تسمى الكابسيسين **Capsaicin** عند ملامستها للجلد أو اللسان تولد إحساسا بالحرارة وبألم لسعة الحر.
0.75	**الفرضية المقترحة : تنبه مادة الكابسيسين البروتينات الغشائية (TRPV ـ 1) في المستقبل الحسي فتولد رسالة عصبية حسية تنتقل إلى الدماغ ما يسبب نفس الإحساس عند ارتفاع درجة الحرارة**
	الجزء الثاني:
	- توضيح آلية عمل مادة الكابسيسين ما يسمح بالتحقق من صحة الفرضية المقترحة باستغلال للوثيقة (2):

يمثل الشكل (أ): منحنى بياني يدرس تطور كمية المادة p المتحررة في المنطقة (س) بعد تعريض الجلد لتراكيز متزايدة من مادة الكابسيسين:

0.5 – في غياب مادة الكابسيسين : كمية المادةp المحررة في الشق المشبكي أقل من $(50pg)$

-– في وجود مادة الكابسيسين : كلما زاد تركيز الكابسيسين (من 0.1 الى 30 ميكرومول) زادت كمية المادة p المحررة في الشق المشبكي لتبلغ قيمة أعظمية $(200pg)$ عند التركيز 30 ميكرومول من الكابسيسين

0.25 **الاستنتاج:** تحفز مادة الكابسيسين عند وضعها على الجلد تحرير المادةp في مشبك النخاع الشوكي.

– يمثل الشكل (ب): تسجيل التيارات الأيونية لشوارد ca^{+2} المتدفقة عبر قطعة غشائية تضم جزيئة بروتينية TPR 1 ثم فصلها من نهاية العصبون الحسي في المستقبل الحسي للجلد أو اللسان بتقنية $P\,clamp$ في وجود منبهات طبيعية (حرارة) ومادة الكابسيسين :

- في حالة تعريض القطعة الغشائية لدرجة حرارة عادية (38°) : لا نسجل اي تيار أيوني عبر القطعة الغشائية وعند تعريض القطعة الغشائية لدرجة حرارة عالية > 42° نسجل تيار أيوني داخلي سعته $(800pA)$ ومدته $(100S)$

0.5 - عند اضافة 30 ميكرومول من الكابسسين الى الوسط الخارجي وعند درجة الحرارة 38م° نسجل كذلك تيار أيوني داخلي سعته $(800pA)$ ومدته $(100S)$ مماثل لحالة التعريض لدرجة حرارة > 42° في غياب الكابسسين

0.5 **الاستنتاج: تسبب كل من مادة الكابسسين الموجودة في الفلفل الحار ودرجة حرارة > 42° في تدفق شوارد الكالسيوم عبر الغشاء الذي يضم الجزيئات البروتينية TPVR–1.**

يمثل الشكل (ج): رسما تخطيطيا يوضح آلية تأثير المنبّهات الطبيعية والكابسيسن على غشاء النهاية العصبية الحسية:

0.75 ـ 1ـ TPRV بروتين غشائي ضمني يضم قناة ايونية مغلقة وموقعي ارتباط شاغرين على السطح الداخلي في حالة غياب أي منبه (طبيعي أو الكابسيسين).

ـ عند تناول الفلفل الحار تنفذ مادة الكابسيسين من الوسط الخارجي لغشاء النهاية العصبية الحسية الى الهيولى وتتثبت جزيئتين منها على موقعي الارتباط في جزيئة 1ـ TPRV لحدوث تكامل بنيوي، ما يتسبب في انفتاح القناة الأيونية التي تسمح بتدفق داخلي لشوارد ca^{+2} حسب تدرج تركيزها.

ـ يؤدي ارتفاع درجة الحرارة الى تغير البنية الفراغية للجزيئة البروتينية 1 ـ TPRV فتنفتح القناة الأيونية ما يسمح بتدفق داخلي لشوارد ca^{+} حسب تدرج تركيزها.

0.5 **الاستنتاج: تقوم جزيئة 1ـ TPRV بدور مستقبل غشائي قنوي (قناة كيميائية) للكابسيسين وفي نفس الوقت قناة شاردية تتحسس لارتفاع درجة الحرارة.**

و منه تعمل مادة الكابسيسين الموجودة في الفلفل الحار كمنبه كيميائي للمستقبل الغشائي القنوي 1ـ TPRV المتواجد في نهاية العصبون الحسي على مستوى المستقبلات الحسية في الجلد واللسان، حيث يتكامل بنيويا مع موقعي ارتباط ما يسمح بانفتاح قناة ايونية تتدفق عبرها شوارد الكالسيوم إلى الهيولى.

01 **يتولد عن ذلك رسالة عصبية حسية تنتقل الى النخاع الشوكي متسببة في تحرير المبلغ العصبي (المادة P) المسؤولة عن توليد الإحساس بحرارة اللسع وبالألم الذي يتولد في الحالة الطبيعية نتيجة تحسس المستقبل الغشائي TPRV لارتفاع درجة الحرارة وهذا ما يؤكد صحة الفرضية.**

الجزء الثالث: مخطط يبين دور البروتينات الغشائية في توليد الإحساس الناتج عن تناول الفلفل الحار:

1.5

