**الموضوع الثاني (يحتوي الموضوع على 5 صفحات – من الصفحة 6 من 10 إلى الصفحة 10 من 10)**

**التمرين الأول: ( 05 نقاط )**

تمتلك كل الكائنات الحية حقيقية النواة مخزونا من المادة الوراثية في أنويتها تحمل صفات ذلك الكائن، حيث أن ظهور أي صفة مرتبط بالتعبير عنها إلى بروتين معين على المستوى الخلوي، و ذلك مرورا بآليات دقيقة و مراحل متعاقبة

**1- أذكر** في جدول العناصر الجزيئية المطلوبة ضمن مراحل تركيب البروتين مع **تحديد** دور كل عنصر منها.

**2-** اعتمادا على مكتسباتك، **أثبت في نص علمي** أن مراحل و آليات تركيب البروتين تسمح بالحصول على بروتين وظيفي يحمل نفس المعلومة الموجودة على مورثته المشفر عنها.

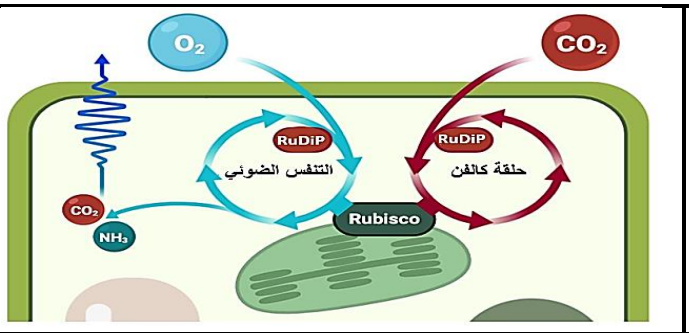
**التمرين الثاني: ( 07 نقاط )**

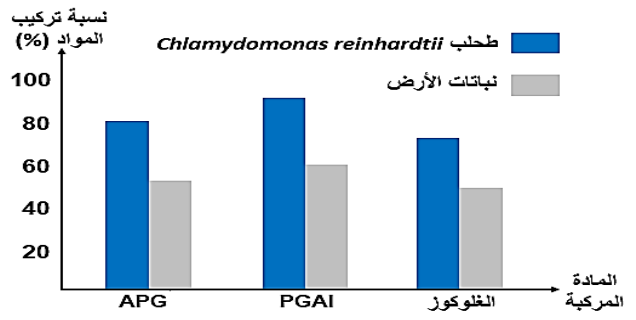
تقوم نباتات الأرض بتثبيت ثاني أوكسيد الكربون الجوي و دمجه في المادة العضوية في إطار ظاهرة التركيب الضوئي، و هذه العملية هي ما يوفر قاعدة الاحتياجات الغذائية لجميع الكائنات الحية.

**الجزء الأول:**

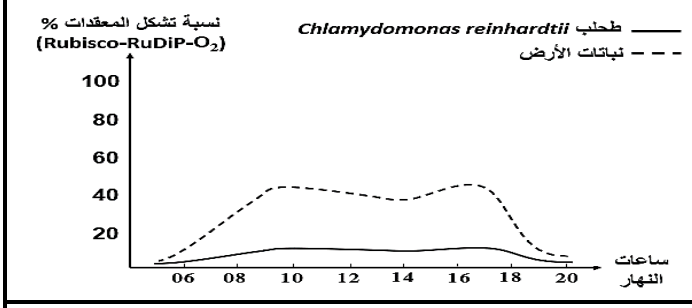
وجد الباحثون أن النباتات لا تستغل ثاني أوكسيد الكربون بشكل مثالي و هذا ما ينعكس سلبا على الإنتاجية و لمعرفة سبب ذلك أجروا عليها دراسة مقارنة مع طحلب مائي قادر على التركيب الضوئي يدعى *Chlamydomonas reinhardti* نقدمها لك في أشكال **الوثيقة (1)**، حيث:

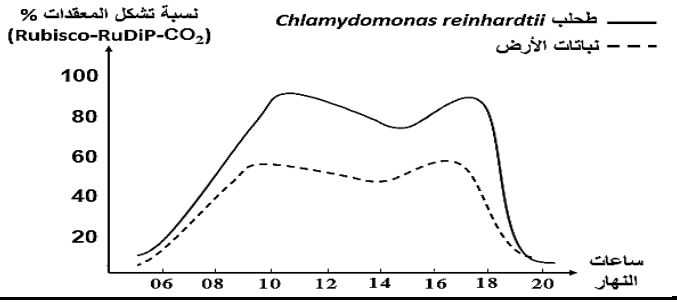
- **الشكل (أ)** يمثل كميات المواد المركبة خلال تفاعلات حلقة كالفن في كل من الطحلب المائي و نباتات الأرض.
- **الشكل (ب)** يبرز التفاعلات التي يقوم بها إنزيم Rubisco في الصانعات الخضراء لنباتات الأرض، حيث وجد أنه إضافة إلى تثبيت الـ $CO_2$ فإن له القدرة على تثبيت الـ $O_2$ كذلك ضمن سلسلة تفاعلات تدعى التنفس الضوئي.
- يوضح **الشكل (ج)** معدلات تفاعل إنزيم Rubisco مع كل من $CO_2$ و $O_2$ في الطحلب و نباتات الأرض.




**الشكل (ب)** | **الشكل (أ)**




**الشكل (ج)**

**الوثيقة (1)**

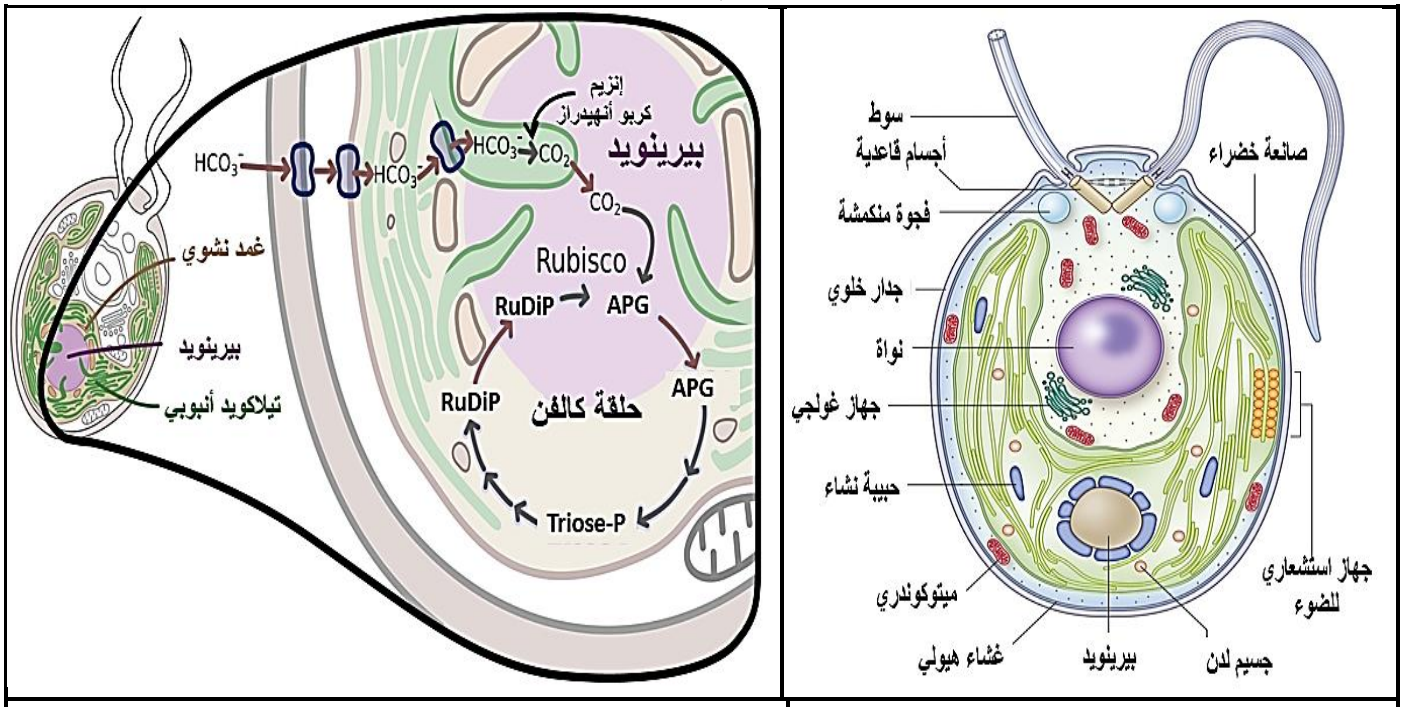
**1**- باستغلال أشكال الوثيقة (1)، **استخرج** سبب ضعف إنتاجية نباتات الأرض.

**2**- بالاعتماد على ما توصلت إليه في الشكل (ج)، **صغ** المشكل العلمي المطروح.

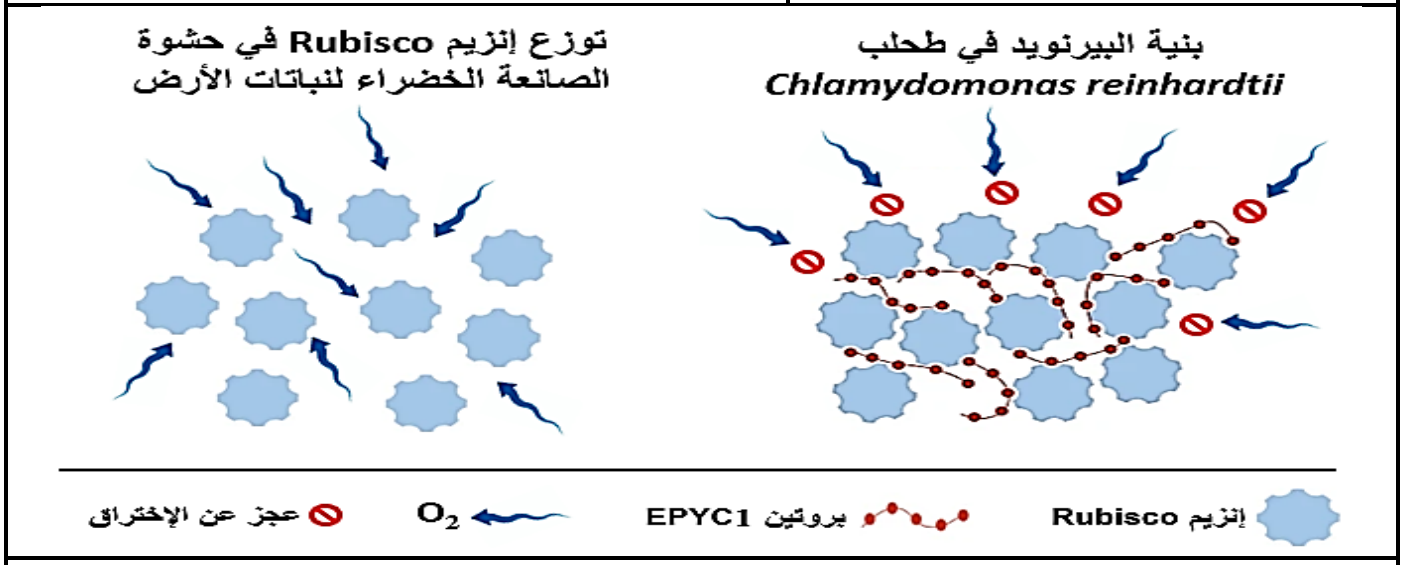
**الجزء الثاني:**

للإجابة عن المشكل المطروح نقترح عليك أشكال الوثيقة (2)، حيث:

- **الشكل (أ)** يمثل رسما تخطيطيا لما فوق بنية الطحلب المائي *Chlamydomonas reinhardtii*.
- **الشكل (ب)** يبين خطوات تقنية تركيز ثاني أوكسيد الكربون CCM التي يقوم بها الطحلب المائي لإنتاج غذائه انطلاقا من $CO_2$ الذي يكون منحلا في الماء في شكل بيكربونات $HCO3^-$.
- **الشكل (ج)** يمثل نمذجة لطريقة توزع إنزيم Rubisco في كل من الطحلب و نباتات الأرض.



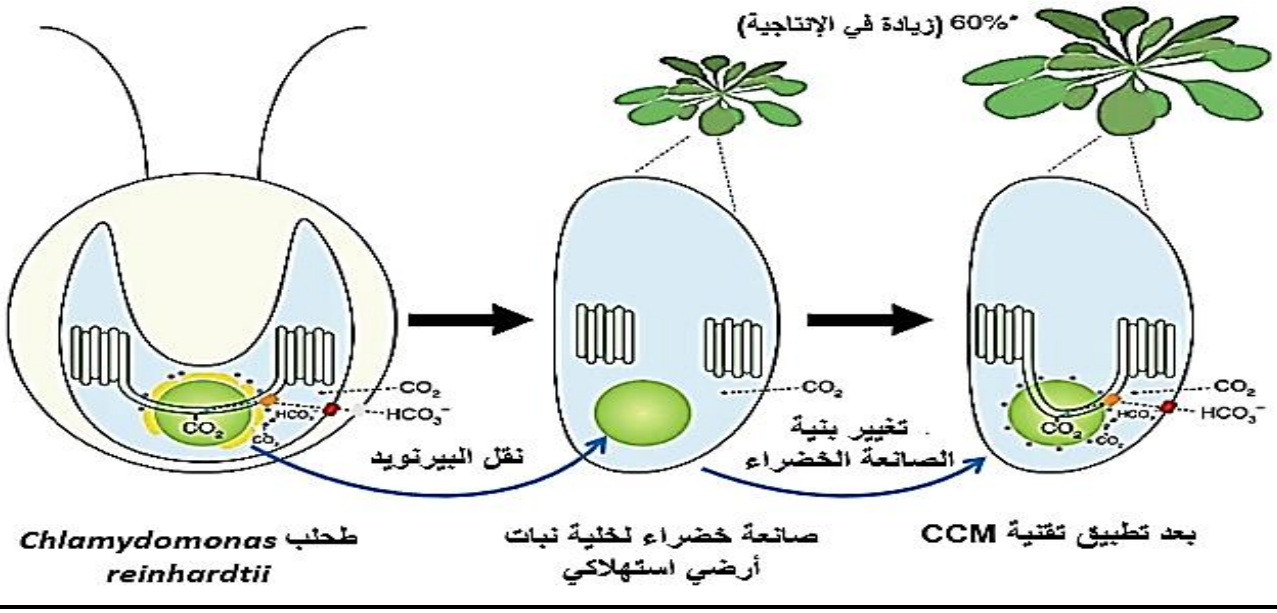

**الشكل (أ)** | **الشكل (ب)**




**الشكل (ج)**

**الوثيقة (2)**

سعى الباحثون لاستغلال تقنية CCM التي يقوم بها الطحلب في تحسين إنتاجية نباتات الأرض كما تبينه **الوثيقة (3)**:




**الوثيقة (3)**

**1**- باستغلال معطيات الوثيقة (2)، **أجب** عن المشكل المطروح.

**2**- **وضح** سبب اهتمام الباحثين بهذا الطحلب المائي بالاعتماد على الوثيقة (3).

**التمرين الثالث: ( 08 نقاط )**

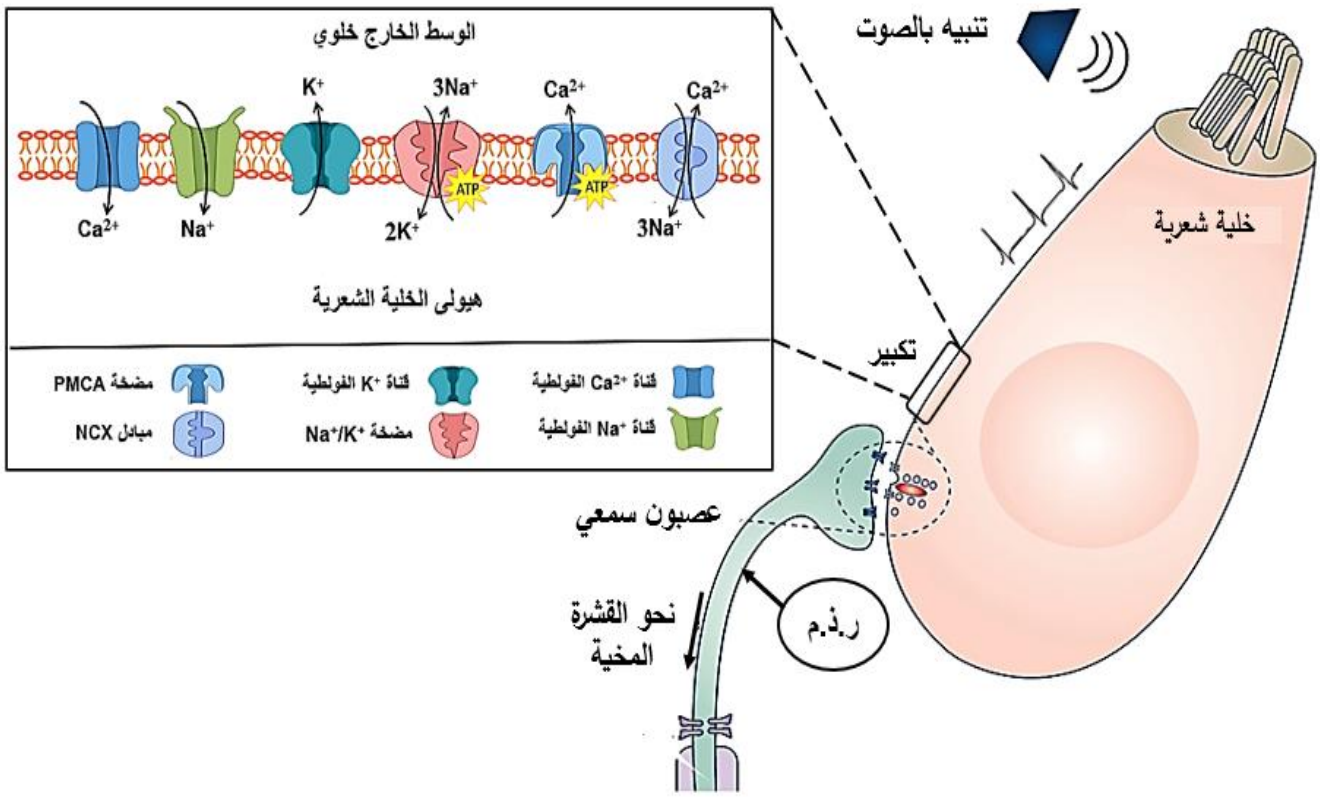
الصمم الحسي العصبي (SNHL) هو النوع الأكثر انتشارا من حالات فقدان السمع لدى الأشخاص الذين يتعرضون للضوضاء الصاخبة، و ينتج عن اختلالات وظيفية على مستوى المشابك العصبية السمعية المتواجدة في الأذن الداخلية.

**الجزء الأول:**

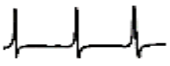
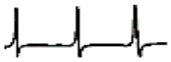
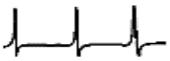
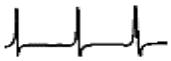
الخلايا الشعرية هي المستقبلات الحسية للجهاز السمعي عند الفقاريات حيث تقوم بتحويل الاهتزازات الصوتية في سوائل قوقعة الأذن الداخلية إلى إشارات كهربائية يتم نقلها عبر العصب السمعي إلى القشرة المخية. هذه الخلايا حساسة جدا لتغيرات التراكيز الأيونية و أي زيادة غير طبيعية في تركيز أحد أنواع الشوارد داخلها ستسبب موتها.

- يمثل **الشكل (أ)** من **الوثيقة (1)** رسما تفسيريا لمشبك عصبي سمعي و أهم العناصر الجزيئية الغشائية التي تضمن حفاظ الخلية الشعرية على توازنها الشاردي لتفادي تلفها.

- يمثل **الشكل (ب)** جدول لتغيرات الكمون الغشائي المحصل عليها على مستوى جهاز (ر.ذ.م) عند شخص سليم و آخر مصاب بالصمم الحسي العصبي في شروط تجريبية مختلفة.




**الشكل (أ)**

| الشروط التجريبية | تغيرات الكمون الغشائي على مستوى (ر.ذ.م) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | تنبيه صوتي للخلية الشعرية | بعد إيقاف التنبيه مباشرة | بعد ساعتين من إيقاف التنبيه | التنبيه مرة أخرى |
| عند الشخص السليم |  | ——— | ——— |  |
| عند الشخص المصاب بالصمم الحسي العصبي |  |  | ——— | ——— |

**الشكل (ب)**

**الوثيقة (1)**

– **اقترح 3 فرضيات** تسمح بتفسير سبب الإصابة بالصمم الحسي العصبي بالاعتماد على المعطيات المقدمة و شكلي الوثيقة (1).

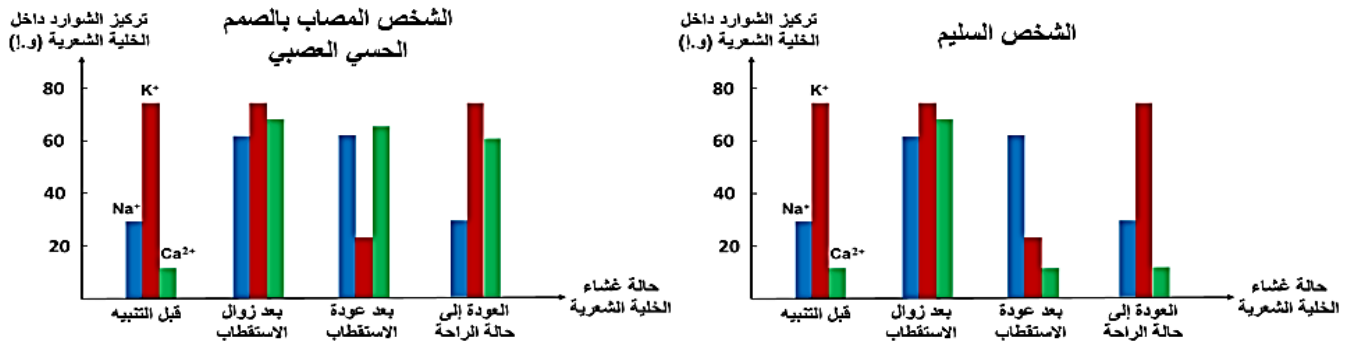
**الجزء الثاني:**

في دراسة مكملة للبحث عن سبب الإصابة بالصمم الحسي العصبي تم الحصول على معطيات الوثيقة (2) عند كل من الشخص السليم و المصاب، حيث:

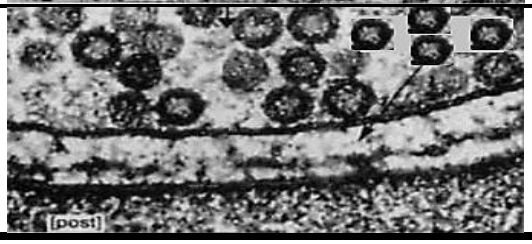
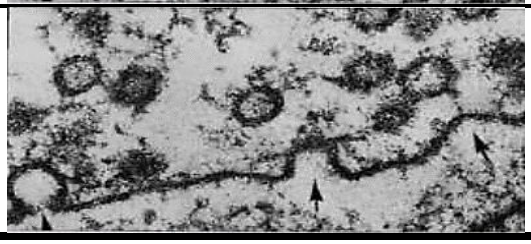
– الشكل (أ) يمثل تغيرات تراكيز الأيونات داخل الخلية الشعرية بعد تعريضها لتنبيه صوتي لحظي.

– الشكل (ب) يقدم صور بالمجهر الإلكتروني النافذ تظهر حالة حويصلات الغلوتامات (مبلغ عصبي منبه) في الخلية الشعرية.

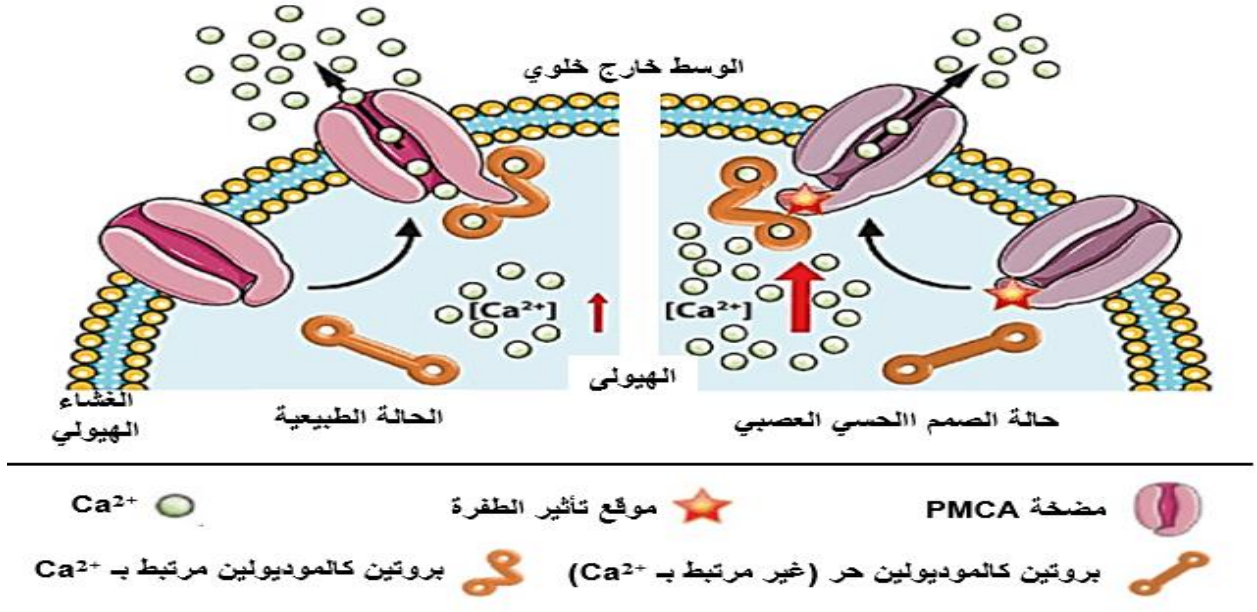
– الشكل (ج) يمثل رسما تخطيطيا وظيفيا يبرز آلية إخراج شوارد الكالسيوم من هيولى الخلية الشعرية.




**الشكل (أ)**

| حالة المشبك | عند الشخص السليم | عند الشخص المصاب بالصمم الحسي |
|---|---|---|
| بعد تنبيه الخلية الشعرية |  |  |
| بعد 10 دقائق من إيقاف التنبيه |  |  |

**الشكل (ب)**




**الشكل (ج)**

**الوثيقة (2)**

– باستغلال معطيات الوثيقة (2)، **ناقش** صحة الفرضيات المقترحة سابقا.

**الجزء الثالث:** انطلاقا مما توصلت إليه في هذه الدراسة، **لخص** في مخطط آلية الإصابة بالصمم الحسي العصبي.

| الإجابة النموذجية (الموضوع الثاني) | العلامة | |
|---|---|---|
| | مجزأة | مجموعة |
| **التمرين الأول (05 نقاط)** | | |
| **1. أذكر في جدول العناصر الجزيئية المطلوبة ضمن مراحل تركيب البروتين مع تحديد دور كل عنصر منها:** | 2×0.25 (لكل مرحلة)<br>8×0.25 (لكل عنصر باعتبار أحماض أمينية منشطة عنصرا واحدا) | 2.5 |
| **2. أثبت في نص علمي أن مراحل و آليات تركيب البروتين تسمح بالحصول على بروتين وظيفي يحمل نفس المعلومة الموجودة على مورثته المشفر عنها:**<br>**– مقدمة:**<br>لتركب الخلية بروتينات وظيفية فإنها تنظم آليات دقيقة تتم وفق مراحل متتابعة ينتج عنها بروتينات حاملة لنفس المعلومة المضمنة في مورثاتها.<br>**فكيف تسمح مراحل و آليات تركيب البروتين بالحصول على بروتين وظيفي يحمل نفس معلومة مورثته؟**<br>**– العرض:**<br>– كل الصفات الوراثية التي يحملها الكائن الحي موجودة ضمن قطع متصلة من حمضه النووي الريبي منقوص الأوكسجين ADN، حيث أن كل معلومة وراثية ممثلة في تتابع نيكليوتيدات (لغة نووية ADN).<br>– للتعبير عن المورثة إلى بروتين يتم استنساخ المعلومة الوراثية، و يكون ذلك بتدخل إنزيم ARN بوليميراز الذي يتوضع على بداية المورثة ثم يضيف نيكليوتيدات ريبية حرة وفقا لمبدأ التقابل مع السلسلة المستنسخة بالتحرك عليها في اتجاه واحد، ثم يربط بين النيكليوتيدات الريبية الحرة، حيث | 0.25<br>0.25<br>0.5 | 2.5 |

| المرحلة: | العنصر الجزيئي: | دوره: |
|---|---|---|
| الاستنساخ | المورثة (ADN) | الدعامة الجزيئية الحاملة للمعلومة الوراثية. |
| | أنزيم ARN بوليميراز | يستنسخ الـADN إلى ARNm رسول. |
| | نكليوتيدات ريبية حرة | الوحدات البنائية للـARNm. |
| | طـــــــــــاقة | تُستهلك أثناء المرحلتين، عند استنساخ الـADN، وفي التنشيط، وفي تنقل الريبوزوم وتشكيل الروابط الببتيدية. |
| الترجمة | ARNm رسول | يعتبر نسخة من المعلومة الوراثية، يُنقل من النواة إلى الهيولى. |
| | أحماض أمينية | الوحدات البنائية للبروتين. |
| | أنزيم نوعي | ينشط الأحماض الأمينية يربطها نوعيا مع الـARNt الخاص بها. |
| | ARNt ناقل | نقل الأحماض الأمينية المنشطة إلى ريبوزوم وظيفي. |
| | ريبوزومات | ترجمة المعلومة الوراثية المحمولة على ARNm إلى لغة بروتينية ممثلة في تتابع أحماض أمينية. |

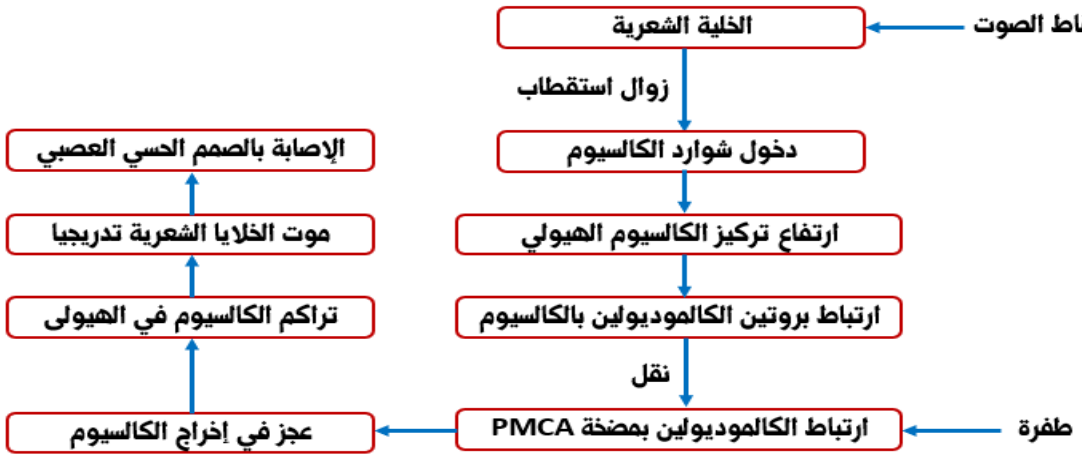
| | | |
|---|---|---|
| يحتاج في عمله إلى طاقة، أخيرا يتحرر ARNm المتشكل و المكتمل.<br>– يكون هذا الـ ARNm المتشكل مكونا من تتابع نيكليوتيدات ريبية توافق تتابع نيكليوتيدات السلسلة المستنسخة للـ ADN، أي أن المعلومة الوراثية محفوظة على ARNm الذي يعتبر ناقلا لها إلى الهيولى في شكل لغة نووية، حيث تبدأ الرسالة الوراثية التي ينقلها ARNm برامزة AUG و تنتهي بإحدى رامزات التوقف (UAA, UAG, UGA).<br>– قبل المرحلة الموالية لتركيب البروتين، هناك خطوة تحضيرية تتمثل في تنشيط الأحماض الأمينية، حيث يكون ذلك بربط كل حمض أميني بجزيئة ARNt الخاصة به، و التي تمتلك رامزة مضادة للرامزة (أو لإحدى الرامزات) المشفرة لهذا الحمض الأميني على جزيئة الـ ARNm، و يتم ذلك بتدخل إنزيم التنشيط النوعي و طاقة ATP.<br>– في الهيولى، توجد تحت وحدات لريبوزومات غير وظيفية، و حينما تتوفر جزيئة ARNm، ترتبط بها لتصبح وظيفية فتتحرك عليها في اتجاه واحد و تربط الأحماض الأمينية بروابط ببتيدية على مستوى الموقعين التحفيزيين (A، P) لتحت الوحدة الكبرى وفق ترتيب الرامزات التي يرتبط بكل واحدة منها الـ ARNt الحامل للشفرة المضادة لها و ذلك باستعمال طاقة، و هكذا يتم وضع كل حمض أميني في موقعه المناسب من السلسلة الببتيدية.<br>– حينما يصل الريبوزوم إلى إحدى رامزات التوقف، تنفصل التحت وحدتان الصغرى و الكبرى و ينفصل كذلك متعدد الببتيد الناتج، الذي يقطع منه الـ Met الأول فيه ليصير متعدد ببتيد وظيفي. و هكذا يكون تتابع الأحماض الأمينية في متعدد الببتيد هذا موافقا لتتابع ثلاثيات ARNm و منه فهو يحمل نفس المعلومة الوراثية بلغة بروتينية، و هذا ما يمكنه من اكتساب بنية فراغية محددة تسمح بثباتها روابط تنشأ بين جذور أحماض أمينية محددة بدقة عددا، نوعا و ترتيبا وفقا للرسالة الوراثية.<br>– **الخاتمة:**<br>تسمح آليات تركيب البروتين وفقا لمراحلها بالحفاظ على نفس المعلومة الوراثية، حيث تكون رسالة في شكل ARNm بنفس اللغة (نووية) ثم تترجم إلى سلسلة ببتيدية بتتابع أحماض أمينية محدد نوعا، عددا و ترتيبا وفق الرسالة الوراثية (لغة بروتينية) و هو ما سيسمح لها باكتساب بنية فراغية تمنحها تخصصها الوظيفي. | **0.25**<br>**0.25**<br>**0.5**<br>**0.25**<br>**0.25** | |
| **التمرين الثاني (07 نقاط)** | | |
| **الجزء الأول:**<br>**1. استخراج سبب ضعف إنتاجية نباتات الأرض:**<br>– **استغلال الشكل (أ):** يمثل أعمدة بيانية توضح كميات المواد المركبة خلال تفاعلات حلقة كالفن في كل من الطحلب المائي و نباتات الأرض، حيث:<br>– يركب الطحلب نسبة أكبر من APG (80%) مقارنة مع نباتات الأرض (50%).<br>– يركب الطحلب نسبة أكبر من PGAl (90%) مقارنة مع نباتات الأرض (60%).<br>– يركب الطحلب نسبة أكبر من الغلوكوز (70%) مقارنة مع نباتات الأرض (50%).<br>– **الاستنتاج:** الطحلب المائي ذو إنتاجية أكبر للمركبات الوسطية في تفاعلات حلقة كالفن من نباتات الأرض. | **0.25**<br>**0.25** | **3** |

| | | |
|---|---|---|
| – **استغلال الشكل (ب):** يمثل نمذجة للتفاعلات التي يقوم بها إنزيم Rubisco في حشوة الصانعات الخضراء لنباتات الأرض، حيث:<br>نلاحظ أن إنزيم Rubisco يقوم بالتفاعل مع ركيزتين:<br>– $CO_2$ الذي يثبته على مركب RuDiP ضمن تفاعلات حلقة كالفن لإنتاج السكريات.<br>– $O_2$ الذي يثبته كذلك على RuDiP ضمن تفاعلات التنفس الضوئي التي ينتج عنها $NH_2$ و انطلاق $CO_2$. | **2×0.25** | |
| – **الاستنتاج:** إنزيم Rubisco قادر على تثبيت كل من $CO_2$ و $O_2$ في حشوة الصانعات الخضراء لنباتات الأرض. | **0.25** | |
| – **استغلال الشكل (ج):** يمثل منحنيات تظهر تغيرات نسبة تشكل المعقدات (Rubisco–RuDiP–$CO_2$) و المعقدات (Rubisco–RuDiP–$O_2$) في كل من الطحلب و نباتات الأرض، حيث:<br>– **نسبة تشكل المعقدات (Rubisco–RuDiP–$CO_2$):**<br>– ترتفع بداية من الساعة (06) لكن بنسبة أكبر عند الطحلب حيث تصل إلى 90% عند الساعة (10) بينما تصل إلى 60% فقط عند النباتات، ثم تنخفض ببطء خلال ساعات منتصف النهار حتى تصل إلى 80% للطحلب و 50% للنباتات لتعود للارتفاع مجددا بعد الساعة (03) ثم تنخفض بشكل سريع حتى الانعدام عند الساعة (20) مساء. | **2×0.25** | |
| – **نسبة تشكل المعقدات (Rubisco–RuDiP–$CO_2$):**<br>– ترتفع بداية من الساعة (06) بنسبة أكبر عند النباتات حيث تصل إلى 50% عند الساعة (10)، ثم تنخفض ببطء خلال ساعات منتصف النهار حتى تصل إلى 40% لتعود للارتفاع مجددا بعد الساعة (03) ثم تنخفض بشكل سريع حتى الانعدام عند الساعة (20) مساء، بينما لا تتجاوز نسبة 20% عند الطحلب طيلة ساعات النهار. | **2×0.25** | |
| – **الاستنتاج:** يتميز إنزيم Rubisco عند الطحلب بكفاءة (فعالية) كبيرة في تثبيت $CO_2$ و ضعف في تثبيت $O_2$ على عكس إنزيم Rubisco عند نباتات الأرض الذي يتميز بكفاءة أقل في تثبيت $CO_2$ و أكبر في تثبيت $O_2$. | **0.25** | |
| *** و منه:**<br>نقص كفاءة (فعالية) إنزيم Rubisco في تثبيت $CO_2$ عند نباتات الأرض أدى إلى تقليل إنتاج المواد الوسطية لتفاعلات حلقة كالفن و بالتالي إنتاج كمية أقل من المثالية للغلوكوز الذي يستعمل في نمو النباتات، مما أدى إلى تقليل إنتاجيتها. | **0.5** | |
| **2. صياغة المشكل العلمي المطروح:** | | **0.5** |
| – من الشكل (ج): لاحظنا أن إنزيم Rubisco عند الطحلب ذو كفاءة عالية في تثبيت $CO_2$ مقارنة بنباتات الأرض و العكس في حالة تثبيت $O_2$، مما يقودنا للتساؤل:<br>*** ما سبب هذا الإختلاف؟** | **0.5** | |
| **الجزء الثاني:**<br>**1. الإجابة عن المشكل المطروح:** | | **2.75** |

| | | |
|---|---|---|
| – **استغلال الشكل (أ):** يمثل رسما تخطيطيا للطحلب المائي *Chlaydomonas reinhardtii*، حيث يظهر أن هذا الطحلب:<br>– كائن وحيد الخلية حقيقي النواة محاط بغشاء هيولي داخلي و جدار خلوي ينبعث منه سوطان بارزان.<br>– الهيولى تحتوي على مجموعة متنوعة من العضيات (ميتوكوندريات، نواة، أجهزة غولجي، فجوتان منكمشتان، جسمان قاعديان ملتصقان في قاعدتي السوطين، صانعة خضراء). | **2×0.25** | |
| – الصانعة الخضراء ضخمة و متطورة تحتوي على مجموعة من البنيات متوزعة بشكل مختلف (بيرينويد في المركز، جسيمات لدنة متفرقة، جهاز استشعاري للضوء ملتصق بالغلاف، حبيبات نشاء أغلبها متمركز حول البيرينويد)، كما تحتوي الصانعة على شبكة كثيفة من التيلاكويدات.<br>– **الاستنتاج:** بنية الطحلب المائي تسمح له بالقيام بالتركيب الضوئي. | **0.25** | |
| – **استغلال الشكل (ب):** يمثل رسما تخطيطيا وظيفيا لجزء من الطحلب المائي يبرز خطوات آلية CCM التي يقوم بها لإنتاج غذائه انطلاقا من $CO_2$ المنحل في الماء في شكل $HCO_3^-$ حيث:<br>– ينفذ $HCO_3^-$ عبر قنوات إلى داخل الطحلب ثم إلى داخل الصانعة الخضراء ثم إلى داخل تيلاكويد أنبوبي، هذا الأخير يخترق البيرينويد. | **2×0.25** | |
| – داخل التيلاكويد و بتدخل إنزيم كربوإنهيدراز يتحول $HCO_3^-$ إلى $CO_2$.<br>– يخرج $CO_2$ من التيلاكويد إلى البيرينويد أين يتواجد إنزيم Rubisco الذي يثبته على APG ليدخل في تفاعلات حلقة كالفن المنتجة للسكريات.<br>– **الاستنتاج:** الطحلب المائي قادر على اقتناص البيكربونات من الماء و تحويلها إلى $CO_2$ يستعمله في إنتاج غذائه. | **0.25** | |
| – **استغلال الشكل (ج):** يمثل نمذجة لطريقة توزع إنزيمات Rubisco في كل من الطحلب و نباتات الأرض، حيث:<br>– عند النباتات: تكون الإنزيمات متوزعة بشكل حر في حشوة الصانعة الخضراء مع وجود فراغات بينها تسمح لها بوصول $O_2$ إليها. | **2×0.25** | |
| – عند الطحلب: تكون الإنزيمات مرتبطة ببعضها بواسطة بروتينات EPYC1 مما يغلق الفراغات بينها و يمنع وصول $O_2$ إلى الإنزيمات.<br>– **الاستنتاج:** تمنع بنية البيرينويد (وجود بروتينات EPYC1) المميزة تثبيت إنزيم Rubisco لـ $O_2$. | **0.25** | |
| *** و منه:**<br>سبب الاختلاف و تفوق الطحلب على النباتات في كفاءة تثبيت $CO_2$ هو:<br>– قدرته على تحويل اقتناص البيكربونات من الماء و تحويلها إلى $CO_2$.<br>– احتواؤه على بنية تميزه عن النباتات و المتمثلة في البيرينويد المتكون من بروتينات EPYC1 تربط إنزيمات Rubisco ببعضها و تمنع وصول O2 إليها.<br>– عدم وصول O2 إلى Rubisco يمنع منافسته لـ CO2 الذي يصل بسهولة عبر التيلاكويدات الأنبوبية التي تخترق البيرنويد. | **0.5** | |

| | | |
|---|---|---|
| **2. توضيح سبب اهتمام الباحثين بهذا الطحلب:**<br>– **استغلال الوثيقة (3):** تمثل رسما تخطيطيا وظيفيا يظهر آلية تحسين إنتاجية نباتات الأرض بتقنية CCM الخاصة بالطحلب حيث:<br>– في البداية، تم نقل البيرينويد من الطحلب إلى حشوة الصانعة الخضراء لنبات أرضي استهلاكي.<br>– بعد ذلك تم تغيير بنية الصانعة الخضراء بحيث يخترق البيرينويد اثنان من التيلاكويدات.<br>– عقب هذه التغييرات تصبح بنية الصانعة الخضراء للنبات مشابهة لمثيلتها عند الطحلب، و هذا ما يسمح لها بالقيام بآلية CCM في تثبيت $CO_2$، مما يرفع في الإنتاجية بنسبة 60%.<br>*** و منه:**<br>سبب اهتمام الباحثين بهذا الطحلب هو قدرته على تثبيت CO2 بطريقة أكثر كفاءة بفضب احتوائه على البيرينويد الذي يمكن نقله إلى النباتات الاستهلاكية مما يرفع من إنتاجتها و يحسن المحاصيل. | **2×0.25**<br>**0.25** | **0.75** |
| **التمرين الثالث (08 نقاط)** | | |
| **الجزء الأول:**<br>**1. اقتراح 3 فرضيات تسمح بتفسير سبب الإصابة بالصمم الحسي العصبي:**<br>– **استغلال الشكل (أ):** يمثل رسما تفسيريا لمشبك عصبي سمعي و أهم العناصر الجزيئية للغشاء قبل المشبكي، حيث نلاحظ:<br>– تلتقط الخلية الشعرية الصوت و تحوله لكمونات عمل تنتقل إلى العصبون السمعي المنفصل عنها الذي ينقل بدوره كمونات العمل نحو القشرة المخية.<br>– يتكون الغشاء الهيولي للخلية الشعرية (قبل المشبكية) من طبقة مضاعفة من الفوسفوليبيد تتخللها بروتينات ضمنية تتمثل في:<br>* قنوات أيونية مرتبطة بالفولطية (قناة $Na^+$ التي تدخل شوارد الصوديوم، قناة $K^+$ التي تخرج شوارد البوتاسيوم، قناة $Ca^{2+}$ التي تدخل الكالسيوم).<br>* مضخات تستهلك ATP (مضخة $Na^+/K^+$ التي تخرج 3 شوارد صوديوم و تدخل شاردتي بوتاسيوم، مضخة PMCA التي تخرج شوارد الكالسيوم).<br>* مبادل NCX الذي يخرج شاردة كالسيوم مقابل إدخال 3 شوارد صوديوم.<br>– **الاستنتاج:** تحافظ الخلية الشعرية على توازنها الشاردي (سلامتها) بفضل احتواء غشائها على مجموعة من القنوات الأيونية و المضخات.<br>– **استغلال الشكل (ب):** جدول تجارب أجريت على الخلية الشعرية لشخص سليم و آخر مصاب بالصمم الحسي العصبي و نتائجها على مستوى العصبون السمعي، حيث:<br>– بعد التنبيه الصوتي للخلية الشعرية: تسجيل كمونات عمل في العصبون السمعي في كلتا الحالتين.<br>– بعد إيقاف التنبيه: تسجيل كمون راحة عند الشخص السليم، بينما يستمر تسجيل كمونات العمل عند الشخص المصاب.<br>– بعد ساعتين من إيقاف التنبيه: تسجيل كمون راحة في الحالتين.<br>– بعد التنبيه مرة أخرى: تسجيل كمونات عمل عند الشخص السليم، بينما تسجيل كمون راحة عند | **2×0.25**<br>**0.25**<br>**4×0.25** | **3** |

| | | |
|---|---|---|
| المصاب.<br>– **الاستنتاج:** يستمر زوال استقطاب الخلايا الشعرية لمدة أطول بعد التعرض للصوت ثم تفقد نهائيا القدرة على التقاط الأصوات.<br>*** و منه:**<br>بما أن الخلايا الشعرية بها خلل يجعلها تستمر في حالة زوال الاستقطاب ثم تفقد نهائيا القدرة على التقاط التنبيهات الصوتية فهذا يدل على موتها، و نعلم أن زوال الاستقطاب ينتج عن دخول الشوارد الموجبة إلى هيولى الخلية. و بالتالي فالخلل سببه عجز الخلية الشعرية عن إخراج الشوارد الموجبة لإعادة الاستقطاب من جديد، و منه يمكن أن نقترح الفرضيات التالية:<br>1– تراكم شوارد الصوديوم في هيولى الخلية الشعرية نتيجة خلل في مضخة $Na^+/K^+$.<br>2– تراكم شوارد البوتاسيوم في هيولى الخلية الشعرية نتيجة خلل في قناة $K^+$ المرتبطة بالفولطية.<br>3– تراكم شوارد الكالسيوم في هيولى الخلية الشعرية نتيجة خلل في مضخة PMCA. | **0.25**<br>**0.25**<br>**3×0.25** | |
| **الجزء الثاني:**<br>**1. مناقشة صحة الفرضيات المقترحة:**<br>– **استغلال الشكل (أ):** يمثل أعمدة بيانية تظهر تغيرات تراكيز الشوارد داخل الخلية الشعرية بعد تعريضها لتنبيه صوتي عند الشخصين السليم و المصاب بالصمم الحسي، حيث:<br>– **قبل التنبيه:** يكون تركيز الصوديوم (30 و.إ) و الكالسيوم (10 و.إ) ضئيلا و تركيز البوتاسيوم (75 و.إ) مرتفعا (حالة استقطاب) عند كلا الشخصين.<br>– **بعد زوال الاستقطاب:** يرتفع تركيز كل من الكالسيوم (70 و.إ) و الصوديوم (60 و.إ)، بينما يبقى تركيز البوتاسيوم ثابتا (75 و.إ) عند كلا الشخصين.<br>– **بعد عودة الاستقطاب:** ينخفض تركيز البوتاسيوم (20 و.إ) عند كلا الشخصين، و يبقى تركيز الصوديوم مرتفعا (60 و.إ) عند كلا الشخصين، بينما نلاحظ اختلافا في سلوك الكالسيوم حيث ينخفض بشكل كبير عند الشخص السليم ليعود إلى تركيزه الابتدائي (10 و.إ) في حين ينخفض بمقدار ضئيل جدا (65 و.إ) عند الشخص المصاب.<br>– **بعد العودة إلى الراحة:** ينخفض الصوديوم ليعود إلى تركيزه الابتدائي (30 و.إ)، و يرتفع تركيز البوتاسيوم ليعود إلى تركيزه الابتدائي (75 و.إ) عند كلا الشخصين، و يبقى تركيز الكالسيوم منخفضا عند الشخص السليم (10 و.إ)، بينما نلاحظ أن تركيز الكالسيوم بقي ينخفض ببطء كبير (60 و.إ) و لم يعد إلى تركيزه الابتدائي المنخفض.<br>– **الاستنتاج:** الخلايا الشعرية في حالة الصمم الحسي العصبي تعجز عن إخراج الكالسيوم النافذ إليها بعد تعرضها للصوت.<br>– **استغلال الشكل (ب):** يمثل صورا مجهرية لحالة المشبك العصبي السمعي في شروط تجريبية مختلفة، حيث:<br>– بعد تنبيه الخلية الشعرية: يتناقص عدد الحويصلات مع ظهور تعرجات في الغشاء قبل المشبكي لكونها في حالة إطراح للغلوتامات في الشق المشبكي، عند كلا الشخصين. | **0.25**<br>**0.25**<br>**0.25**<br>**0.25**<br>**2×0.25** | **3.5** |

| | | |
|---|---|---|
| – بعد 10 د من إيقاف التنبيه: عند الشخص السليم، يتزايد عدد الحويصلات المشبكية لكونها توقفت عن إطراح المبلغ العصبي، بينما نلاحظ أن حالة المشبك لم تتغير عند الشخص المصاب حيث تستمر الحويصلات في الإطراح الخلوي.<br>– **الاستنتاج:** الخلايا الشعرية في حالة الصمم الحسي العصبي لا تتوقف عن إطراح الغلوتامات حتى بعد إيقاف التنبيه الصوتي. | **0.25** | |
| – **استغلال الشكل (ج):** يمثل نمذجة لآلية إخراج شوارد الصوديوم من هيولى الخلية الشعرية عند الشخصين السليم و المصاب، حيث:<br>– عند الشخص السليم: يقوم بروتين الكالموديولين بالارتباط بشاردتي كالسيوم في الهيولى ليقوم بنقلها إلى مضخة PMCA التي تنفتح بشكل كبير عند ارتباط البروتين بها مخرجة كمية كبيرة من شوارد الكالسيوم. | **2×0.25** | |
| – عند الشخص المصاب: تحدث نفس العملية لكن عند ارتباط البروتين بالمضخة فإنها لا تنفتح بشكل كبير بسبب تعرض منطقة الارتباط من المضخة لطفرة، مما يؤدي إلى نقص فعالية المضخة في إخراج الكالسيوم و بالتالي إخراج كمية قليلة منه.<br>– **الاستنتاج:** مضخة PMCA عند الشخص المصاب غير فعالة في إخراج شوارد الكالسيوم. | **0.25** | |
| *** و منه:**<br>– عودة تركيز الصوديوم إلى قيمته الابتدائية دليل على فعالية مضخة الصوديوم/بوتاسيوم التي قامت بإخراجه من الخلية و بالتالي عدم تراكمه في الهيولى، مما ينفي صحة **الفرضية (1)**.<br>– عودة تركيز البوتاسيوم إلى قيمته الابتدائية دليل على فعالية قناة البوتاسيوم المرتبطة الفولطية التي قامت بإخراجه من الخلية و بالتالي عدم تراكمه في الهيولى، مما ينفي صحة **الفرضية (2)**.<br>– بقاء تركيز الكالسيوم مرتفعا في هيولى الخلية الشعرية ناتج عن تراكمه فيها بسبب عدم فعالية مضخة PMCA في إخراجه لكونها مصابة بطفرة غيرت بنيتها مما انعكس سلبا على وظيفتها، و هذا ما أدى إلى استمرار تحفيز هجرة الحويصلات و عملية الإطراح الخلوي، مما يؤكد صحة **الفرضية (3)**. | **3×0.25** | |
| **الجزء الثالث: – تلخيص آلية الإصابة بالصمم الحسي العصبي في مخطط:**<br><br><br>**– مخطط يوضح آلية الإصابة بالصمم الحسي العصبي –** | **6×0.25** | **1.5** |