الموضوع الأول

التمرين الأول: (06 نقاط)

عناصر الإجابة	العلامة مجزأة

I-

1- تسمية الأجزاء المفصولة:

رقم الجزء	الأجزاء المفصولة	المعيار المعتمد	
1	أنوية (النواة)	- يتركب في معظمه من نسبة عالية من الـ ADN و نسبة قليلة من البروتينات و الـ ARN	2X0.25
2	ميتوكندريات (ميتوكندري)	- استهلاك كبير للـ O_2 و إنتاج وافر للـ ATP	2X0.25
3	بوليزومات (أجزاء من الشبكة الهيولية الفعالة)	- احتواؤها على نسبة عالية من الـ ARN و نسبة تركيب البروتين عالية.	2X0.25

2- دور كل منها في تركيب البروتين:

- الأنوية: تحتوي على المعلومات الوراثية وهي مقر استنساخ ونضج الـ ARN. — 0.25
- الميتوكوندريات: توفر الطاقة لآلية تركيب البروتين. — 0.25
- **بوليزومات**: مقر تركيب البروتين في الهيولى (الترجمة). — 0.25

II-

1- أ- **تمثل العناصر:**

- س: سلسلة ADN غير مستنسخة.
- ص: متعدد بيبتيد ناتج. — 0.75
- ع : ARN_m
- تمثل أرقام الشكل 1 وضعية (رقم) القاعدة الأزوتية في سلسلة ADN . — 0.25
- المرحلة الممثلة بالشكل 2: الترجمة. — 0.25

ب- **المقارنة**: في الجزء a.

- عدد القواعد الأزوتية في الـ ADN تقدر بـ 63 بينما عدد الأحماض الأمينية في السلسلة البيبتيدية تقدر بـ 21 حمض أميني، فهي أقل من عدد القواعد الآزوتية بثلاث مرات. — 0.25
- الاستنتاج: وحدة الشفرة الوراثية هي ثلاثية من القواعد الآزوتية (63/21=3) — 0.25

جـ - التمثيل: GAC UCC UGA GGA — 0.25

د- عدد الأحماض الأمينية في البروتين الوظيفي الناتج عن هذه المورثة مع التوضيح:

- عدد الأحماض الأمينية: **146** — 0.25

التوضيح: مجموع القواعد في المورثة 444، تحذف 6 قواعد و هي ثلاث قواعد الممثلة لرامزة الانطلاق (AUG) الموافقة للـــ Met الذي يحذف عند نهاية تركيب البروتين وثلاث قواعد الممثلة لرامزة التوقف (UAA) في نهاية المورثة التي لا توافق أي حمض أميني. فيبقى 438 قاعدة أزوتية. 3/438 = 146 وهو عدد الأحماض الأمينية.	0.5
2- يسبق المرحلة الممثلة في الشكل ب مرحلة هامة:	
أ- **اسم المرحلة**: الاستنساخ.	0.25
أهميتها: يتم خلالها التصنيع الحيوي لجزيئة الـــARN انطلاقا من إحدى سلسلتي الـــADN (السلسلة الناسخة) ثم انتقالها إلى الهيولى لتترجم إلى متتالية أحماض أمينية في البروتين.	0.25
ب- تركيب سلسلة واحدة من الجزيئة ARN_m ينتج عنها عدة جزيئات بروتينية (ص).	
التوضيح: عند انتقال الـــ ARN_m إلى الهيولى تترجم رسالته إلى بروتين في مستوى البوليزوم حيث على مستواه تسمح القراءة المتزامنة للـــ ARN_m نفسه من طرف عدد من الريبوزومات بتكثيف وتسريع تركيب البروتينات المصنعة وهو ما يؤدي إلى إنتاج عدة سلاسل بيبتيدية انطلاقا من جزيئة واحدة من ARN_m.	0.5

التمرين الثاني: (06 نقاط)

<table>
<tr><th>عناصر الإجابة</th><th>العلامة مجزأة</th></tr>
<tr><td>
I- 1 – البيانات المرقمة (من 1 إلى 5).
1– غشاء خارجي للميتوكندري
2– فراغ بين غشاءين
3 – غشاء داخلي للميتوكندري
4– كرية مذنبة (ATP سنتاز)
5– بروتينات غشائية ضمنية
2– المقارنة بين الغشاء الخارجي والغشاء الداخلي للميتوكندري:
<table>
<tr><td></td><td>الغشاء الخارجي للميتوكندري</td><td>الغشاء الداخلي للميتوكندري</td></tr>
<tr><td>أوجه التشابه</td><td colspan="2">كلاهما يتكون من طبقة فوسفولبيدية مضاعفة تتخللها بروتينات</td></tr>
<tr><td>أوجه الاختلاف</td><td>نسبة البروتينات قليلة تسمح بوظائف محدودة كنفاذية الجزيئات الصغيرة و الأيونات.</td><td>نسبة البروتينات عالية و متنوعة تسمح بوظائف محددة كأكسدة النواقل المرجعة و فسفرة الـــ ADP</td></tr>
</table>
– الاستنتاج: الغشاء الداخلي للميتوكندري مقر الفسفرة التأكسدية.
</td><td>1.25

0.75

0.25</td></tr>
<tr><td>
II- 1– أ– دور الغشاء الداخلي للميتوكندري تجاه البروتونات:
من أ إلى ب: أدى حقن الأكسيجين إلى انخفاض سريع في pH الوسط الخارجي (من 7 إلى 1). أي ارتفاع في تركيز البروتونات في الوسط الخارجي.
منه: يصبح الغشاء الداخلي للميتوكندري، في وجود الأكسجين، يسمح بانتقال البروتونات من الوسط الداخلي (المادة الأساسية) إلى الوسط الخارجي (الفراغ بين غشائين) عكس تدرج التركيز.

من ب إلى ج: حدث ارتفاع لـــ pH الوسط الخارجي تدريجيا إلى pH=7، أي انخفاض في تركيز البروتونات في الوسط الخارجي. ومنه يسمح الغشاء الداخلي للميتوكوندري بانتقال البروتونات من الوسط الخارجي (الفراغ بين غشائين) إلى الوسط الداخلي (المادة الأساسية) في اتجاه تدرج التركيز.
ومنه: في وجود الأكسيجين، يقوم الغشاء الداخلي للميتوكندري بضخ البروتونات من الوسط الداخلي (المادة الأساسية) إلى الوسط الخارجي (الفراغ بين غشائين) لإحداث التدرج في التركيز، ثم ينقلها من الفراغ بين الغشائين إلى المادة الأساسية في اتجاه تدرج التركيز.
ب ــ تأثير DNP على الغشاء الداخلي للميتوكندري:
– الـــDNP يجعل الغشاء الداخلي نفوذا للبروتونات H^+ .
– يرجَع DNP بارتباطه بالشوارد H^+ جهة الفراغ بين الغشائين ذي الـــ pH المنخفض، ثم يتأكسد جهة الحشوة ذات الـــ pH المرتفع ، مزيلا بذلك التدرج في التركيز.
</td><td>0.25

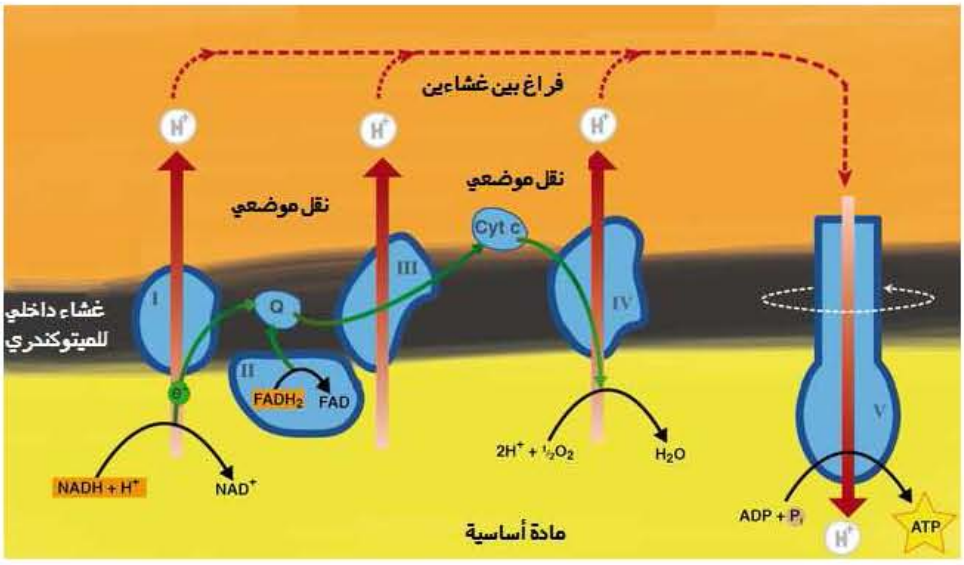
0.25

0.25

0.25

0.25

0.25</td></tr>
</table>

0.25 0.25 0.75 0.25 0.25	2-أ- تعليل اختلاف النتائج بين التجربتين (أ و د): - التجربة أ: تركيب الـ ATP يعود لتوفر شرط تدرج في التركيز H^+ نتيجة أكسدة النواقل المرجعة لوجود الأكسجين و انتقال موضعي للـ H^+ من الوسط الخارجي إلى تجويف الحويصل. - التجربة د: عدم تركيب الـ ATP يعود لعدم توفر شرط تدرج في تركيز الـ H^+ لغياب النواقل المرجعة والأكسجين. ب- الاستنتاج: يتطلب تركيب الـ ATP الشروط التالية: - حويصلات كاملة (وجود كريات مذنبة) - توفر ADP و P_i - توفر تدرج في تركيز H^+ ج- أثر إضافة الـ DNP على استعمال الـ O_2 وفسفرة الـ ADP . مع التعليل: - لا يؤثر الـ DNP على استعمال الـ O_2 ولكن يؤثر على فسفرة الـ ADP، لأن الـ DNP لا يؤثر على انتقال الإلكترونات عبر السلسلة التنفسية حيث يعتبر O_2 آخر مستقبل لها و من جهة أخرى لا يتطلب تدرج في تركيز H^+ عكس فسفرة الـ ADP التي تتطلب ذلك، و بالتالي في تواجد DNP يتوقف مرور H^+ عبر الكرية المذنبة نتيجة العودة السريعة لتساوي التركيز بسبب نقل DNP لـ H^+ نحو المادة الأساسية عبر الطبقة الفوسفولبيدية.
0.5	**III- رسم تخطيطي مختصر للفسفرة التأكسدية:** 

التمرين الثالث: (08 نقاط)

<table>
<tr><th>عناصر الإجابة</th><th>العلامة مجزأة</th></tr>
<tr><td>I- 1- تسمية الجزيئة وكتابة بياناتها الموضحة على الوثيقة 1 أ:
تسمية الجزيئة: جسم مضاد.
1- سلسلة ثقيلة 2- جزء ثابت 3- جزء متغير
4- سلسلة خفيفة 5- جزء ثابت 6- جزء متغير
7- موقع تثبيت محدد المستضد 8- موقع التثبيت على مستقبلات بعض خلايا الذات</td><td>0.25

2</td></tr>
<tr><td>2- استخراج المميزات البنيوية التي تدل على أن الخلية الموضحة على الوثيقة 1ب ليست الخلية المنتجة لجزيئات الوثيقة1 أ.
الخلية الممثلة على الوثيقة 1ب صغيرة القطر تتميز باحتوائها على نواة كبيرة ضمن سيتوبلازم قليل، شبكة هيولية غير متطورة ، جهاز غولجي غير نامي فهي لا تملك مميزات الخلية البلازمية، لذلك ليست هي الخلية المفرزة للأجسام المضادة السارية الممثلة على الوثيقة1أ.</td><td>0.5</td></tr>
<tr><td>3- مقارنة بين جزيئات الوثيقة 1أ و مثيلتها من جزيئات غشائية للخلية الموضحة على الوثيقة 1 ب:
<table>
<tr><th></th><th>جزيئات الوثيقة 1أ</th><th>جزيئات الوثيقة 1ب</th></tr>
<tr><td>من حيث البنية</td><td colspan="2">لهما بنية فراغية متماثلة</td></tr>
<tr><td>من حيث المصدر</td><td>أنتجتها خلايا بلازموسيت</td><td>أنتجتها خلايا LB</td></tr>
<tr><td>من حيث التسمية</td><td>أجسام مضادة سارية</td><td>أجسام مضادة غشائية</td></tr>
<tr><td>من حيث الدور</td><td>تتدخل في مرحلة القضاء على مولد الضد (مرحلة التنفيذ)</td><td>تتدخل في مرحلة التعرف على مولد الضد</td></tr>
</table></td><td>1.75</td></tr>
<tr><td>II- 1- ما تمثله الأحماض الأمينية المرقمة من الوثيقة 2 ج:
الأحماض الأمينية المكونة للمنطقة المتغيرة من السلسلة الثقيلة والخفيفة من الجسم المضاد هي الأحماض الأمينية المسؤولة عن تثبيت محدد المستضد في موقع التثبيت الخاص به.
2- تفسير وجود أحماض أمينية ذات أرقام متباعدة في مواقع متقاربة من الجسم المضاد:
أثناء نضج بنية الجسم المضاد حدثت له انطواءات عديدة خاصة للجزء الطرفي (الطرف NH2) من السلسلتين الخفيفة والثقيلة، سمحت لأحماض أمينية ذات أرقام متباعدة في السلسلة الأولية بأن تتقارب فضائيا لتشارك في تشكيل موقع الارتباط بمحدد مولد الضد.</td><td>0.25

0.5</td></tr>
<tr><td>3- استخراج المعلومات من الوثيقة 2 أ:
تبين الوثيقة (2 أ) أن مستقبلات LB هي أجسام مضادة غشائية.</td><td>0.25</td></tr>
</table>

يتكون كل جسم مضاد غشائي من: - سلسلتين ثقيلتين، تتكون كل منهما من 446 حمض أميني منها 121 حمض أميني تشكل المنطقة المتغيرة ؛ الأحماض الأمينية المتبقية (446−121= 325) تشكل المنطقة الثابتة.	0.25
- سلسلتين خفيفتين، تتكون كل منهما من 214 حمض أميني منها 107 حمض أميني تشكل المنطقة المتغيرة والأحماض الأمينية المتبقية (214−107= 107) تشكل المنطقة الثابتة.	0.25
من الوثيقة 2 (ب): - المنطقة المتغيرة من السلاسل الخفيفة للأجسام المضادة المختلفة (الجزء المتراوح بين الحمض الأميني رقم 1 والحمض الأميني رقم 107) تتميز بتغير عال، أي أن نسبة اختلاف الأحماض الأمينية المكونة لها كبيرة. - المنطقة المتغيرة من السلاسل الثقيلة للأجسام المضادة المختلفة (الجزء المتراوح بين الحمض الأميني رقم 1 و الحمض الأميني رقم 121) تتميز كذلك بتغير عال. - يتضمن الجزء المتغير من السلاسل الثقيلة و الخفيفة للأجسام المضادة المختلفة مناطق شديدة التغير موافقة للأحماض الأمينية المسؤولة عن تثبيت محدد المستضد.	1
- كل السلاسل الثقيلة للأجسام المضادة الغشائية المختلفة تملك نفس التسلسل من حيث الأحماض الأمينية من الرقم 121 إلى الرقم 446، وهي تنتمي إلى المنطقة الثابتة المتماثلة لدى كل الأجسام المضادة للذات. - كل السلاسل الخفيفة للأجسام المضادة الغشائية المختلفة تملك نفس التسلسل من حيث الأحماض الأمينية من الرقم 107 إلى الرقم 214، وهي تنتمي إلى المنطقة الثابتة المتماثلة لدى كل الأجسام المضادة من الذات.	
الاستخلاص: إن خاصية النوعية للاستجابة المناعية ذات الوساطة الخلطية تستند على: - وجود نسيلات من الخلايا LB ، كل نسيلة تملك نوعا واحدا من الأجسام المضادة الغشائية (BCR) ذات موقع تثبيت خاص قادر على التعرف النوعي على محدد مولد الضد والارتباط به نتيجة التكامل البنيوي بينهما. ذلك الارتباط يحدث التنشيط والتكاثر والتمايز مؤديا إلى انتاج أجسام مضادة سارية مماثلة للأجسام المضادة الغشائية، ترتبط نوعيا مع نفس مولد الضد وتعدل مفعوله. - نوعية كل جسم مضاد مرتبطة بتسلسل الأحماض الأمينية في المنطقة المتغيرة للسلاسل الثقيلة والخفيفة الخاصة به.	1

الموضوع الثاني

التمرين الأول: (5.5 نقطة)

عناصر الإجابة	العلامة مجزأة
-1 أ- تفسير نتائج الجدول ب: - في التجربة 1: البروتياز في شروط مثلى لأنه في وسط ذي حموضة مناسبة (pH=5) ، بنية الأنزيم طبيعية، النشاط الأنزيمي طبيعي لذلك قام الأنزيم بإماهة بروتينات البكتريا.	0.25
- في التجربة 2: البروتياز في وسط غير طبيعي (في سائل هيولى) بدرجة حموضة غير مناسبة (pH=7)، بنية الأنزيم غير طبيعية، الأنزيم غير نشط، الأنزيم لا يفكك بروتينات البكتريا.	0.25
- في التجربة 3: الهكسوكيناز من الانزيمات الهيولية حيث (pH=7) عند وضعه في وسط غير طبيعي (في السائل الليزوزومي) بدرجة حموضة غير مناسبة ، بنية الأنزيم غير طبيعية (pH=5)، الأنزيم غير نشط عدم فسفرة الغلوكوز.	0.25
- في التجربة 4: الهكسوكيناز في شروط مثلى لأنه ضمن الهيولى في وسط ذي حموضة مناسبة (pH=7) ، بنية الأنزيم طبيعية، النشاط الأنزيمي طبيعي لذلك قام الأنزيم بفسفرة الغلوكوز.	0.25
- **الاستنتاج:** نشاط الأنزيم يتأثر بتغير حموضة الوسط. ففي وسط أقل أو أكثر درجة من الحموضة المناسبة للنشاط، يفقد الموقع الفعال شكله المميز بتغير حالته الأيونية وهذا ما يعيق تثبيت مادة التفاعل وبالتالي يمنع حدوث التفاعل الخاص بالأنزيم.	0.5
ب- الطبقة الغشائية لليزوزوم تفصل سائلا ليزوزوميا ذي قيم pH تتراوح من 4.5 إلى 5.5 ، يوفر قيما مثلى لنشاط أنزيمات الليزوزوم، عن سائل سيتوبلازمي ذي قيم pH تتراوح من 7 إلى 7.3 يوفر قيما أخرى مثلى لنشاط الأنزيمات السيتوبلازمية؛ أنزيمات الليزوزوم لا تعمل في الهيولى وأنزيمات الهيولى لا تعمل في السائل الليزوزومي، أي أن التنظيم الغشائي الحجيري الخلوي ضروري لأنه يفصل حجيرات تتضمن أنزيمات مختلفة يمكنها من أن تعمل في قيم pH مثلى مختلفة ضمن خلية واحدة.	1
-2 أ- تعليل تسمية الأنزيم بوسيط حيوي: حيوي: لأن الأنزيم بروتين. وسيط: لأن الأنزيم يتدخل ليسرع التفاعل الكيميائي ويسترجع بنيته ونشاطه في نهاية التفاعل.	0.5

ب- وصف بنية الليزوزيم ودور الجسور ثنائية الكبريت: - الليزوزيم عبارة عن بروتين أحادي السلسلة الببتيدية يتركب من 129 حمض أميني. يملك في جزء منه موقعا فعالا يتميز بشكل محدد. - تتدخل في تحديد البنية الفراغية للأنزيم و استقرارها 4 جسور ثنائية الكبريت.	1
ج- الاستدلال من معطيات الوثيقة 2 لماذا يمكن للحرارة المرتفعة أن تُعَرِّضَ العضوية للإصابة بالبكتيريا: أثر الحرارة على بنية الليزوزيم: تبين الوثيقة2 (ج) ، بأن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى تخريب الجسور ثنائية الكبريت التي تساهم في ثبات البنية ثلاثية الأبعاد. نلاحظ أنه كلما زاد تخريب الجسور ثنائية الكبريت كلما تناقص النشاط الأنزيمي. عندما يكتمل تخريب كل الجسور يتوقف النشاط الأنزيمي. ارتفاع الحرارة يخرب الجسور ثنائية الكبريت الضرورية لثبات البنية الفراغية للأنزيم، فيتغير الموقع الفعال، الأنزيم يفقد نشاطه. فلا يستطيع تفكيك السلاسل السكرية المتواجدة في جدران البكتيريا. البكتيريا تبقى حية وتتكاثر فتحدث الإصابة للعضوية.	1 0.5

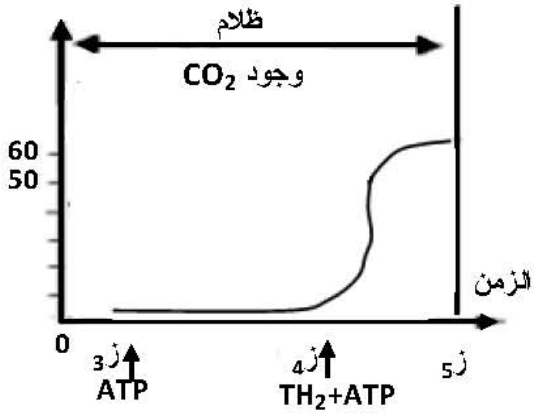
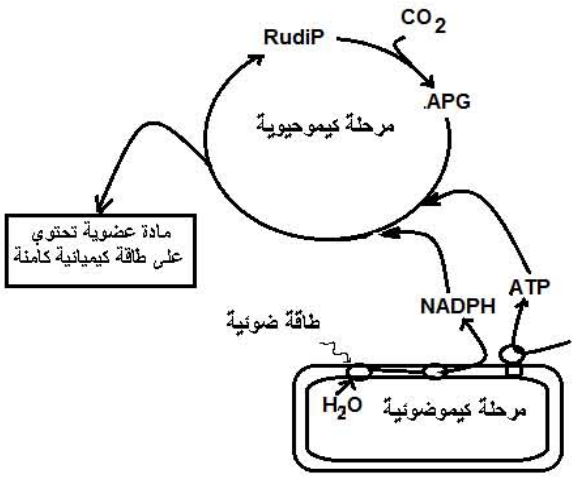
التمرين الثاني: (7.5 نقطة)

عناصر الإجابة	العلامة مجزأة
I- 1- أنواع العصبونات المتدخلة في عمل كل عضلة: - في عمل العضلة 1: عصبون حسي، عصبون محرك (ع1) - في عمل العضلة 2: عصبون حسي، عصبون جامع (ع2)، عصبون محرك (ع3).	0.25X5
2- تحليل التسجيلات الممثلة على الوثيقة1 (ب،ج)، مع الاستنتاج: يمثل التسجيلان تغيرات الكمون الغشائي في الغشاء بعد مشبكي للمشبكين (م1) و(م3) نتيجة تنبيه فعال للعصبون الحسي للعضلة 1. عند تنبيه فعال لليف الحسي قبل المشبكي المتصل بالعضلة 1 نسجل في الغشاء بعد مشبكي للمشبك (م1) زوال استقطاب أو كمون بعد مشبكي منبه (PPSE) لفترة قصيرة ثم يسترجع الغشاء استقطابه بينما نسجل في الغشاء بعد مشبكي للمشبك (م3) إفراطا في الاستقطاب أي كمون بعد مشبكي مثبط (PPSI) لفترة قصيرة ثم يسترجع الغشاء استقطابه. - يسبب التنبيه الفعال لليف قبل مشبكي مرور رسالتين مختلفتين في مستوى المشبكين م1 و م3. **الاستنتاج**: المشبك م1 منبه للعصبون المحرك ع1 بينما المشبك م3 فهو مثبط للعصبون ع3.	1 0.5
3- العصبون الجامع (ع2) يثبط انتقال الرسائل العصبية الواردة من العصبون الحسي إلى العصبون المحرك (ع3) للعضلة 2.	0.25
4- شرح آلية عمل المبلغين العصبيين الكيميائيين: **- في المشبك م1:** بوصول موجة زوال الاستقطاب إلى النهاية العصبية الحسية يتم تحرير مبلغ عصبي منبه يتثبت على مستقبلات خاصة على الغشاء بعد المشبكي متسببا في انفتاح قنوات الصوديوم المرتبطة بالكيمياء، تدخل شوارد الصوديوم الموجبة إلى الخلية بعد المشبكية محدثة زوال الاستقطاب ، ينجم عنه كمون بعد مشبكي منبه يدعى (PPSE) يسمح بنشأة كمون عمل على العصبون ع2 ينتشر ليصل إلى العضلة1 فتتقلص.	0.75
- في المشبك م3: بوصول موجة زوال الاستقطاب إلى النهاية العصبية الحسية يتم تحرير مبلغ عصبي مثبط يتثبت على مستقبلات خاصة على الغشاء بعد المشبكي متسببا في انفتاح قنوات الكلور المرتبطة بالكيمياء، تدخل شوارد الكلور السالبة إلى الخلية بعد المشبكية محدثة إفراطا في الاستقطاب يترجم كمون بعد مشبكي مثبط يدعى (PPSI) يمنع نشأة كمون العمل على العصبون ع3 كي تبقى العضلة2 مرتخية.	0.75

II- تفسير نتائج الوثيقة 2:	
- كل من التنبيهات المعزولة S1 ، S3 ، S4 على العصبونات الموافقة لها تتسبب في زوال استقطاب (PPSE) على العصبون المحرك، لا يتبع بأي أثر على المحور الأسطواني للعصبون المحرك. سعة الكمون البعد مشبكي لم تبلغ عتبة نشأة كمون العمل.	0.25
- التنبيه المعزول S2 على العصبون 2 يتسبب في إفراط استقطاب الغشاء بعد المشبكي (PPSI) ولا يولد كمون عمل.	0.25
- التنبيهان المتتاليان المتقاربان في S1 مكنا من الحصول على زوال استقطاب على الغشاء بعد المشبكي بسعة أكبر من العتبة سمحت بنشأة كمون عمل ينتشر على طول المحور الأسطواني للعصبون المحرك. فالعصبون المحرك قام بجمع الكمونات الواردة إليه من نفس العصبون جمعا زمنيا.	0.5
- مجموع التنبيهين (S3+S1) في آن واحد مكن من الحصول على زوال استقطاب على الغشاء بعد المشبكي بسعة أكبر من العتبة ، سمحت بنشأة كمون عمل ينتشر على طول المحور الأسطواني للعصبون المحرك. فالعصبون المحرك قام بجمع الكمونات الواردة إليه من عصبونين مختلفين جمعا فضائيا.	0.5
- إثر التنبيهات (S3+S2+S1) المحدثة في آن واحد قام العصبون المحرك بجمع الكمونات الواردة إليه من عصبونات مختلفة جمعا فضائيا. أعطت محصلتها كمونا أقل من العتبة لم يولد كمون عمل.	0.5
- إثر التنبيهات (S4+S3+S2+S1) المحدثة في آن واحد قام العصبون المحرك بجمع الكمونات الواردة إليه من عصبونات مختلفة جمعا فضائيا. أعطت محصلتها كمونا أكبر من العتبة ولد كمون عمل.	0.5
الاستنتاج: يعالج العصبون المحرك المعلومات الواردة إليه و ذلك بتجميع مجمل الكمونات إما تجميعا زمنيا أو تجميعا فضائيا و يتوقف تسجيل كمون العمل في العصبون المحرك على محصلة التجميع.	0.5

التمرين الثالث: (07 نقاط)

عناصر الإجابة	العلامة مجزأة
I -1- كتابة البيانات:	
- العضية س: صانعة خضراء.	
- العناصر المشار إليها بالأرقام: 1: H_2O ، 2: PS_2 غير محفز ، 2′: PS_2 محفز، 3: PS1 غير محفز ، 3′: PS1 محفز، 4: $NADP^+$ ، 5: $NADPH,H^+$.	0.25X8
- العناصر المشار إليها بالحروف: أ- تيلاكويدات ، ب- ستروما	0.25X2
2- تلخيص التفاعلات التي تتم في كل من الشكلين 2 و 3 بمعادلة :	
الشكل 2: $2\,H_2O + 2\,(NADP^+) \longrightarrow 2(NADPH+H^+) + O_2$	0.5
الشكل 3: $ADP + P_i + E \longrightarrow ATP$	
تنبيه: تقبل المعادلة الإجمالية المعبرة على التفاعلين.	
3- تحديد العناصر التي لا يمكن للإلكترونات أن تنتقل بينها تلقائيا في غياب الضوء من الشكل(2):	
- من PS2 غير محفز إلى T1.	
- ومن PS1 غير محفز إلى T′1.	0.25
- لا يتم انتقال الإلكترونات بينها في هذه الحالة:	
- لأن كمون PS2 أكبر من كمون T1. وكمون PS1 أكبر من كمون T’1.	
- وبالتالي لا يمكن انتقال الالكترونات تلقائيا من كمون مرتفع إلى كمون منخفض.	0.25
4 - في وجود الضوء يصبح انتقال الإلكترونات بين هذه العناصر ممكنا.	
أ- **التوضيح**:	
- يتهيج PS2 بعد اقتناص الطاقة الضوئية فينخفض كمون أكسدته الإرجاعية مما ينتج عنه الانتقال التلقائي للالكترونات نحو السلسلة التركيبية الأولى (T_3 , T_2 , T_1).	0.25
- يتهيج PS1 بعد اقتناص الطاقة الضوئية فينخفض كمون أكسدته الإرجاعية مما ينتج عنه الانتقال التلقائي للالكترونات نحو السلسلة التركيبية الثانية (T'_2 , T'_1) لتصل إلى آخر مستقبل هو $NADP^+$.	0.25
ب- يصاحب انتقال الالكترونات على طول السلسلة التركيبية الضوئية تراكم البروتونات في تجويف التيلاكوئيد فينتج عنها تدرج في التركيز الضروري لفسفرة الـ ADP.	0.25
- هذه البروتونات ناتجة عن التحلل الضوئي للماء و عن الانتقال الموضعي من الحشوة إلى تجويف التلاكوئيد.	

II-1- تحليل المنحنى: يمثل المنحنى تغيرات نسبة الـ CO_2 المثبت بدلالة الزمن في شروط تجريبية متغيرة (ضوء و CO_2):	
- من ز0 إلى ز1: في وجود الضوء والـ CO_2: نلاحظ أن كمية الـ CO_2 المثبتة ثابتة عند قيمة أعظمية.	0.25X3
- من ز1 إلى ز2: في وجود الضوء وغياب الـ CO_2: يتوقف تثبيت الـ CO_2 .	
- من ز2 إلى ز3: في غياب الضوء و وجود الـ CO_2: زيادة سريعة لنسبة الـ CO_2 المثبتة لتبلغ القيمة الأعظمية ثم تتناقص تدريجيا لتنعدم عند ز3 ،	
- أي هناك علاقة بين تثبيت CO_2 ووجود الضوء.	0.25
الاستنتاج: يتطلب تثبيت الـ CO_2 استمرار الإضاءة. (وجود نواتج المرحلة الكيموضوئية)	
2- الجزء المكمل للمنحى: 	0.5
3- مصير CO_2 الممتص:	
يندمج في تفاعلات المرحلة الكيموحيوية:	0.5
يتثبت CO_2 على RudiP مشكلا جزيئتين من APG حيث يرجع بواسطة ATP و$NADPH\text{-}H^+$ الناتجين من المرحلة الكيموضوئية حيث يستخدم جزء من السكريات الثلاثية المرجعة في تركيب السكريات السداسية ويستخدم الجزء الآخر في تجديد RudiP خلال تفاعلات حلقة كالفن.	
III- رسم تخطيطي وظيفي يظهر العلاقة بين الآليات المدروسة في الجزأين **I** و **II**. 	0,75