

3 ع ت

مجلة الجوهرة / مجلة وعم

مدرسية للتخضير لشهادة

البكالوريا - إعداد الاستاذة خيرة

فليتي

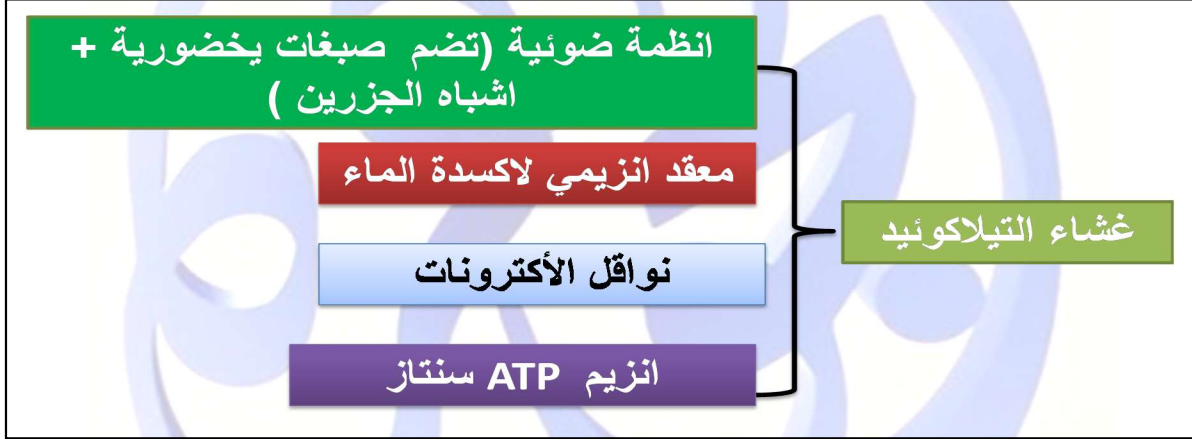
شعارنا: أفضل طريقة للتدرب على منجحة الدراسة في المادة أن نتناول

الدروس على شكل وضعيات مشكلة في صيغة تمارين.

العدد 06: وحدة آلية تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية كامنة

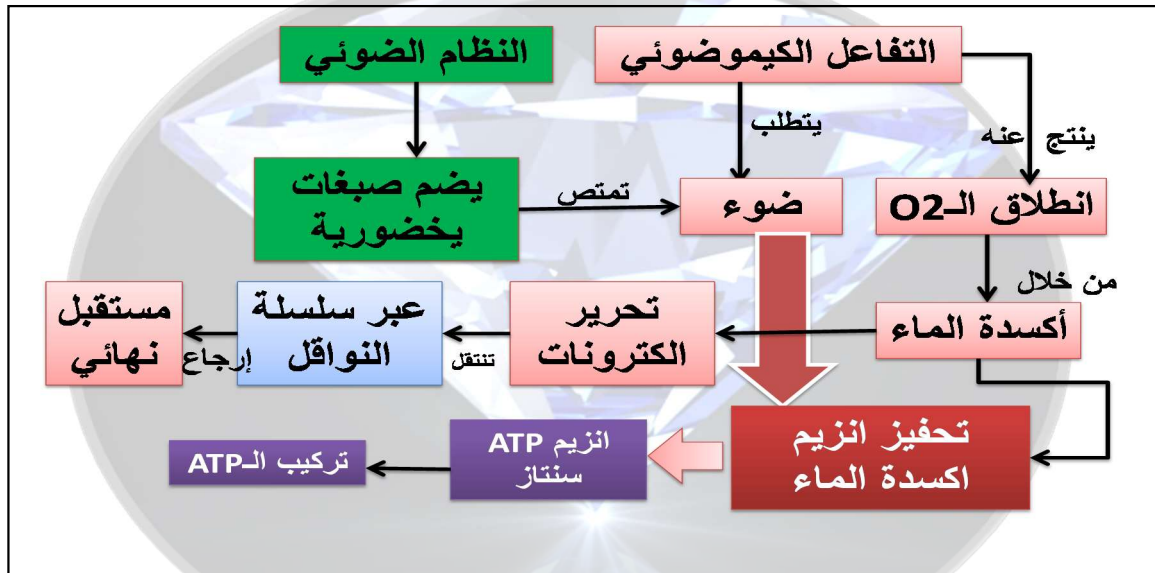
الوضعية المشكلة (2)

❖ يحدث التفاعل الكيموضوي على مستوى التيلاكوييد بانطلاق الـ O₂، حيث أنّ بنية غشاء التيلاكوييد تدل على حدوث سلسلة من التفاعلات.



- تنوع مكونات غشاء التيلاكوييد يدل على أن كل مركب مسؤول عن تفاعل معين مما يخلق سلسلة من التفاعلات تشكل في مجملها آلية التفاعل الكيموضوي.
- ماهي سلسلة التفاعلات التي تحدث خلال التفاعل الكيموضوي (آليته)؟

❖ وضع مخطط مفاهيمي لتسهيل عملية البحث



❖ مخطط البحث:

- 1- التحقق من شروط عمل التيلاكوييد (المستقبل، الضوء، ADP;Pi).
- 2- إظهار العلاقة بين الضوء والانظمة الضوئية (تأثير الضوء على اليخضور).
- 3- آلية تركيب الـ ATP.

باستغلال السندات المقدمة اشرح الية حدوث التفاعل الكيموضوي مبرزا النواتج.

البحث والتقصي:

1/ شروط عمل التيلاكويد:

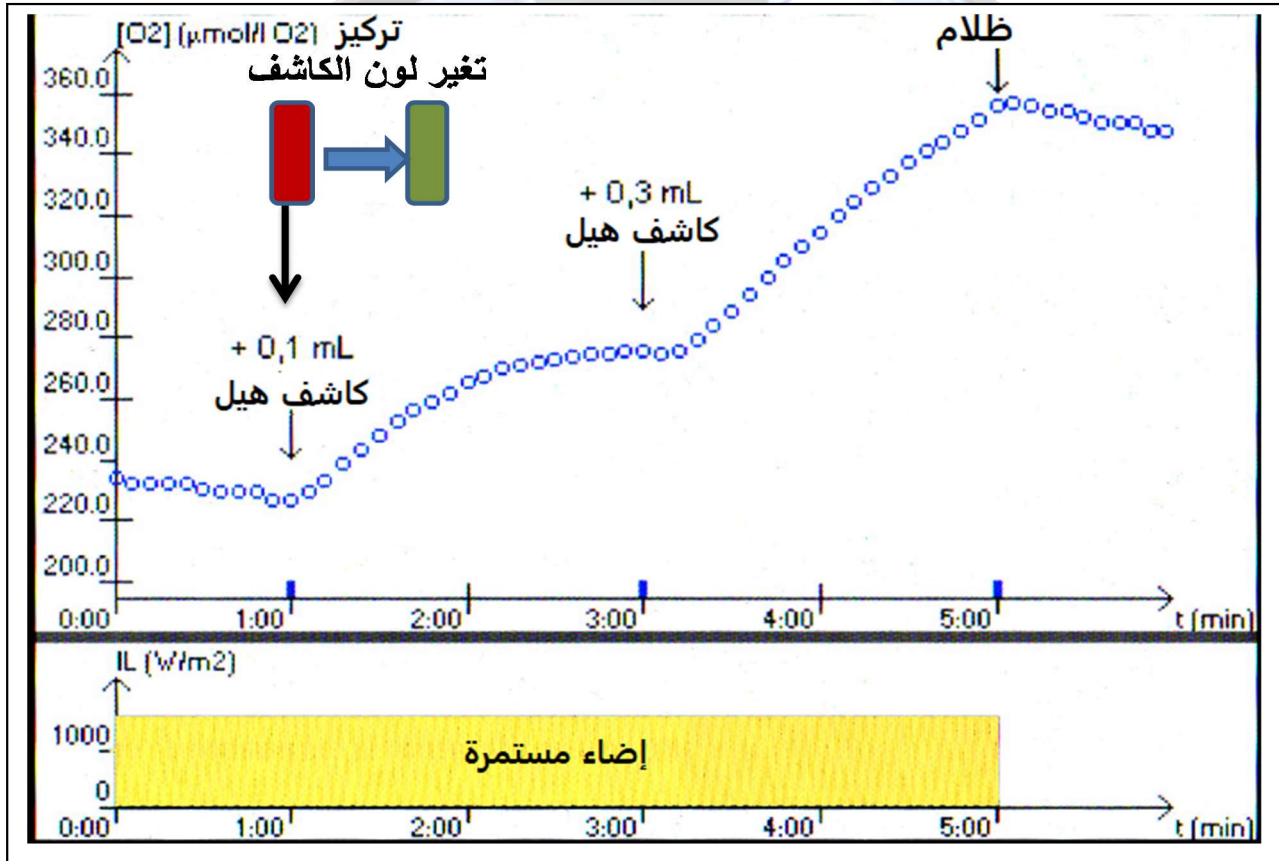
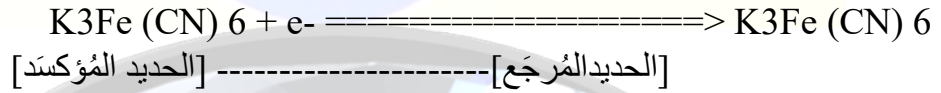
السند (1): تجربة هيل:

✓ خطوات الحصول على صناعات خضراء حرة ومفتوحة الغلاف.

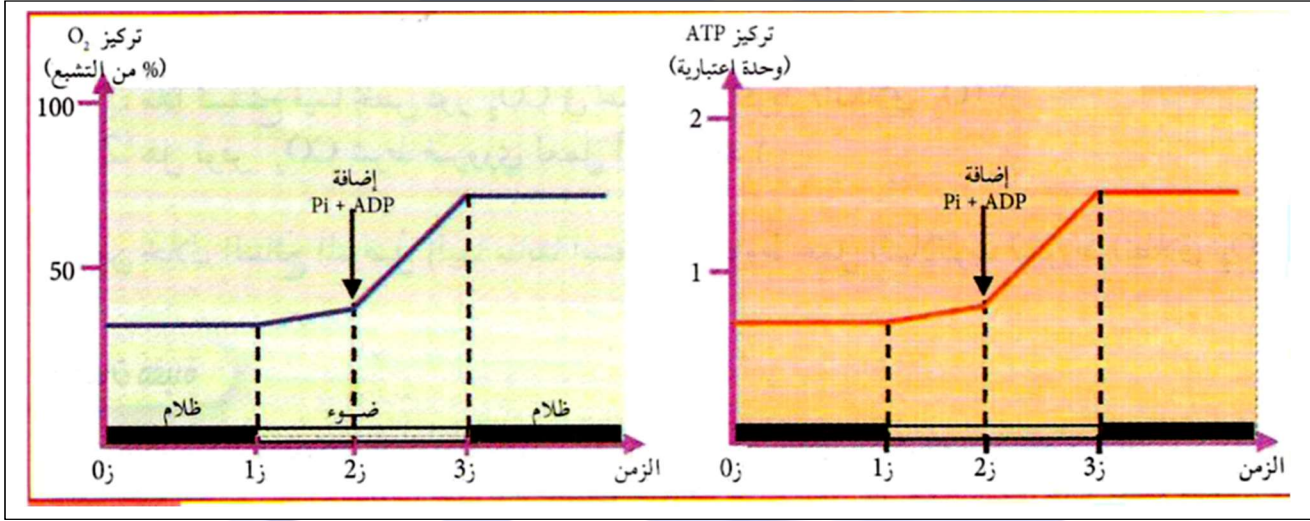
- قطع أوراق السبانخ التي وضعت سابقا في الثلاجة في هاون وضمف اليها 10 إلى 25 مل من محلول سكرورز الفوسفات (درجة الحموضة = 6.5) ثم اسحقه لمدة دقيقتين.
- قم بترشيح الخليط عبر شاش للحصول على كمية كافية من الرشاحة. (يجب أن يبقى المرشح بارداً في حاوية مغلقة، بوضعه في وعاء مملوء بمكعبات الثلج والماء).
- ضع قطرة من الترشيح بين الشريحة وساترة وتحقق من وجود البلاستيدات الخضراء الحرة وعدم وجود خلايا ورقة سليمة تحت المجهر.

✓ خطوات الحصول على النتائج باستعمال التجريبي المدعم بالحاسوب EXAO

- املأ 3/2 من مفاعل حيوي خال من الـ CO2 بالرشاحة. ضع مسبار الأوكسجين في الرشاحة دون ان يلمس قاعدة وعاء المفاعل.
- 2. ابدأ القياسات مع تعريض المفاعل الحيوي للإضاءة مع إجراء العمليات التالية دفعة واحدة، دون مقاطعة القياسات:
 - في ز = 1 دقيقة ضف 0.1 مل من كاشف هيل، وفي ز = 3 دقيقة ضف 0.3 مل من كاشف هيل.
 - في ز = 5 دقيقة ضع المفاعل الحيوي في الظلام (وقف القياسات بعد 1 إلى 2 دقيقة).
- * كاشف هيل هو محلول من فيرو سيانور البوتاسيوم بتركيز 0.2. 0.2 M (64.5g / L). هذا الكاشف لديه خاصية استقبال الإلكترون وفقاً للمعادلة:

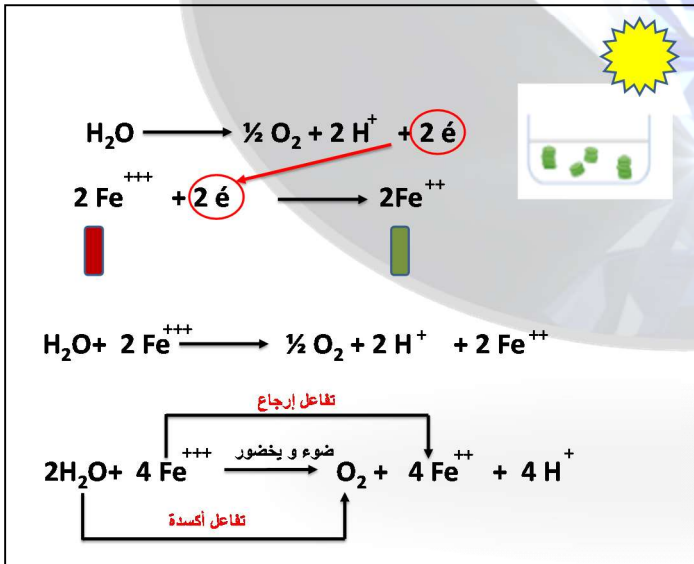


السند (2): تم قياس تركيز كل من O₂ و ATP في معلق من الصانعات الخضراء في شروط تجريبية مناسبة قبل وبعد حقن مادتي Pi، ADP، الشروط والنتائج التجريبية موضحة في الوثيقة.



حل الوضعية المشكلة (1)

- تحليل نتائج تجربة هيل:
- قبل اضافة مستقبل الإلكترونات الاصطناعي: يبقى تركيز الـ O₂ ثابتا في وجود الضوء.
- بعد اضافة 0.1 مل من المستقبل في حالة مؤكسدة وفي وجود الضوء يتزايد تركيز الـ O₂ لفترة يرافقه تغير لون المحلول من البني المحمر الى الاخضر ثم يثبت تركيز O₂.
- بعد اضافة 0.3 مل من المستقبل وفي وجود الضوء يتزايد تركيز الـ O₂.
- في الظلام ورغم ان كمية المستقبل كانت كافية لمدة اطول نسجل ثبات تركيز O₂.
- نستنتج ان انطلاق الـ O₂ من التيلاكويد يتطلب ضوء ومستقبل الكترولونات في حالة مؤكسدة.



• تحليل نتائج قياس تركيز O₂ و ATP: نلاحظ تطابق المنحنيين.

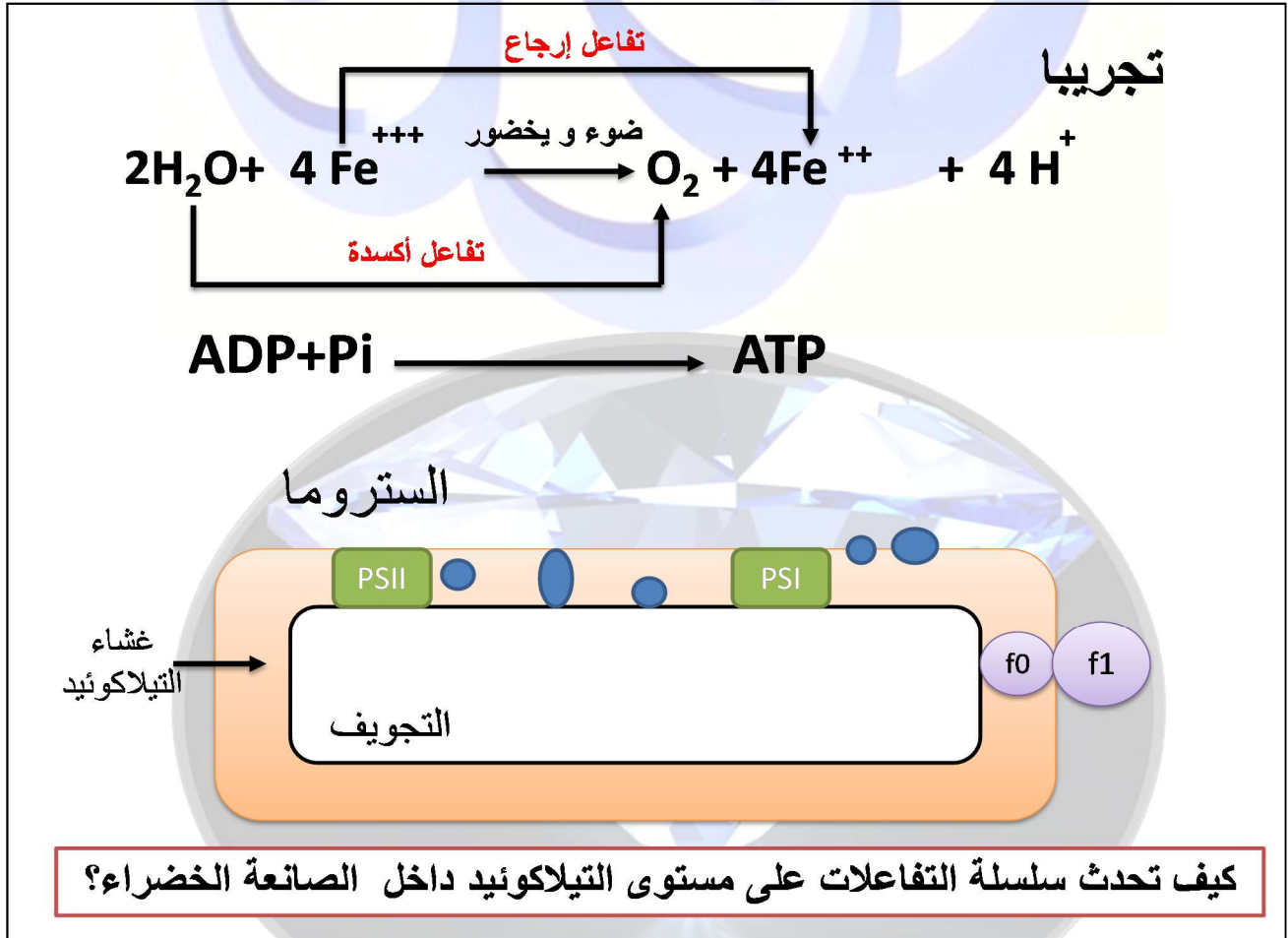
• قبل إضافة Pi,ADP :

• في الظلام نسجل ثبات تركيز كل من O₂ و ATP وفي وجود الضوء نسجل تزايد طفيف وبطيئ في تركيزهما.

• بعد إضافة Pi,ADP : في وجود الضوء نسجل تزايد سريع في تركيز كل من O₂ و ATP. وفي الظلام ثبات تركيزهما معا.

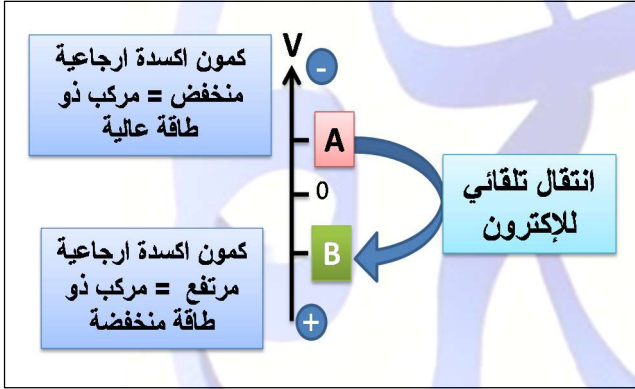
• نستنتج أن: انطلاق الـ O₂ على مستوى التيلاكوييد يرافقه تركيب الـ ATP ويتطلب ذلك ضوء و Pi ; ADP.

• نستخلص ان عمل التيلاكوييد يتطلب الشروط التالية: الضوء، مستقبل الكترولونات في حالة مؤكسدة، Pi,ADP.



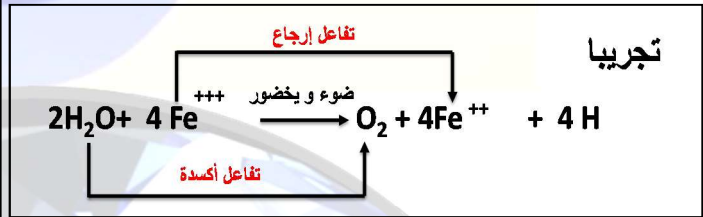
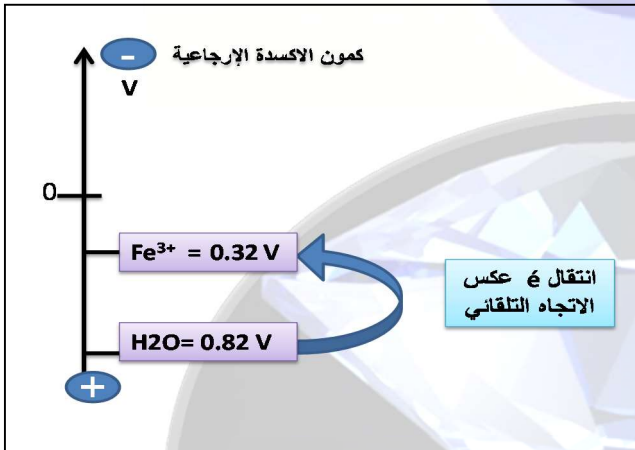
الوضعية المشكلة (3)

❖ أثناء تفاعل الأكسدة / إرجاع تنتقل الإلكترونات تلقائيا من المركب ذي كمو ن أكسدة إرجاعية منخفض (طاقته عالية) إلى مركب ذي كمو ن أكسدة إرجاعية مرتفع (طاقته منخفضة).



- كمو ن الأكسدة / إرجاع: يعبر مفهوم كمو ن الأكسدة / إرجاع على قدرة المركبات أو الذرات على تحرير الإلكترونات ويقاس بوحدات الفولت. يتم تمثيل المركبات أو الذرات القابلة للأكسدة والإرجاع في شكل أزواج (ثنائيات) تشمل الصورة المؤكسدة والمرجعة مثل: Fe^{3+} و $NADP^+ / NADPH$ و Fe^{2+} / Fe^{3+} . تنتقل الإلكترونات بصورة تلقائية من المركبات أو الذرات ذات الكمو ن المنخفضة نحو الكمو ن المرتفعة.

❖ علما أن كمو ن الأكسدة الإرجاعية للماء (0.82 فولط) وللا Fe^{3+} (0.32 فولط). مثل بمخطط بسيط كمو ن الأكسدة الإرجاعية للمركبين (Fe^{3+} ، H_2O)



❖ كيف يتم انتقال الإلكترونات من الماء إلى المستقبل النهائي عكس الاتجاه التلقائي لنقل الإلكترونات؟

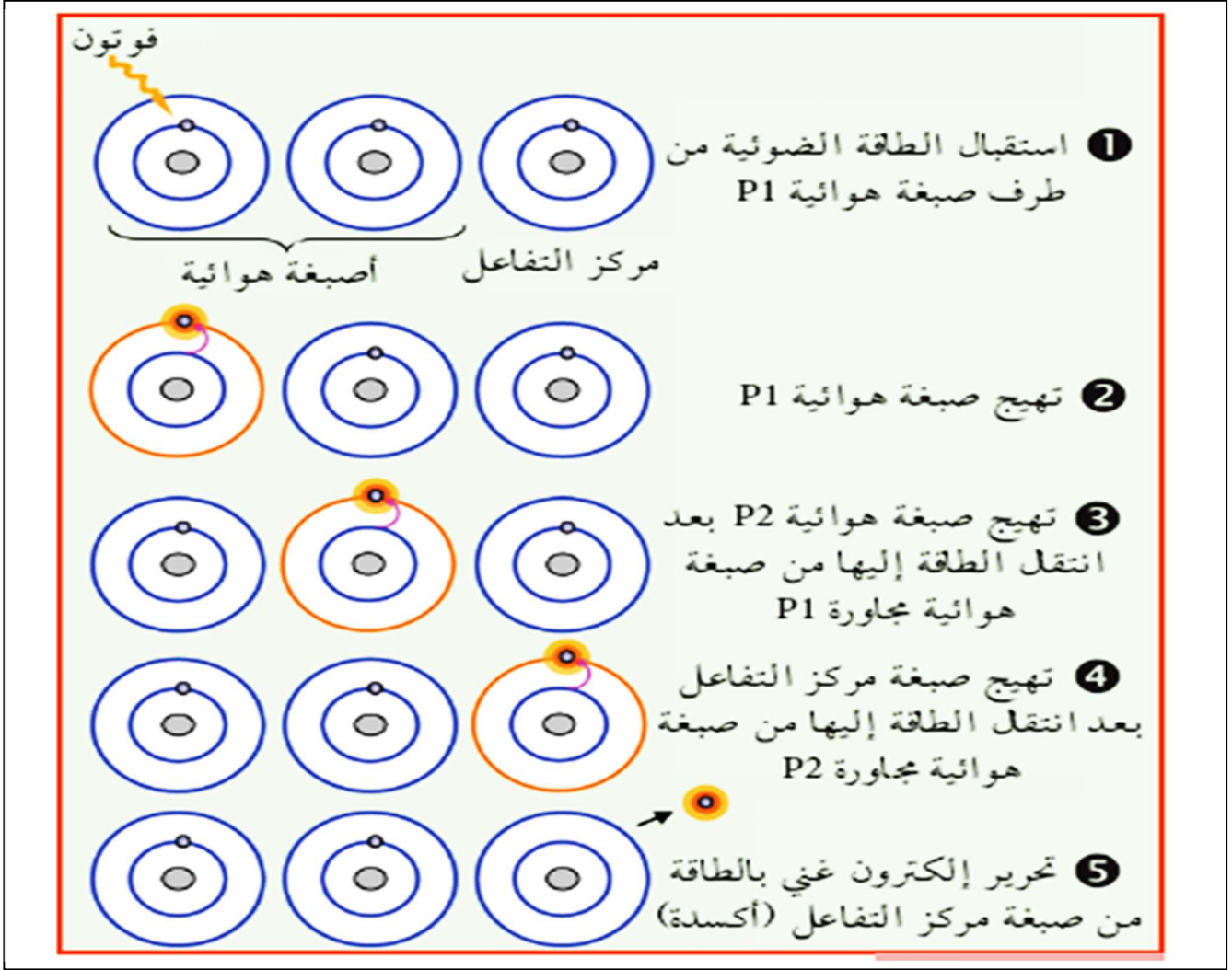
❖ لا شك أن الضوء واليخضور يعملان على نقل الإلكترونات من الماء إلى المستقبل النهائي.

❖ المشكل : كيف يتدخل الضوء و اليخضور في حدوث التفاعل الكيموضوي على مستوى غشاء التيلاكوييد؟

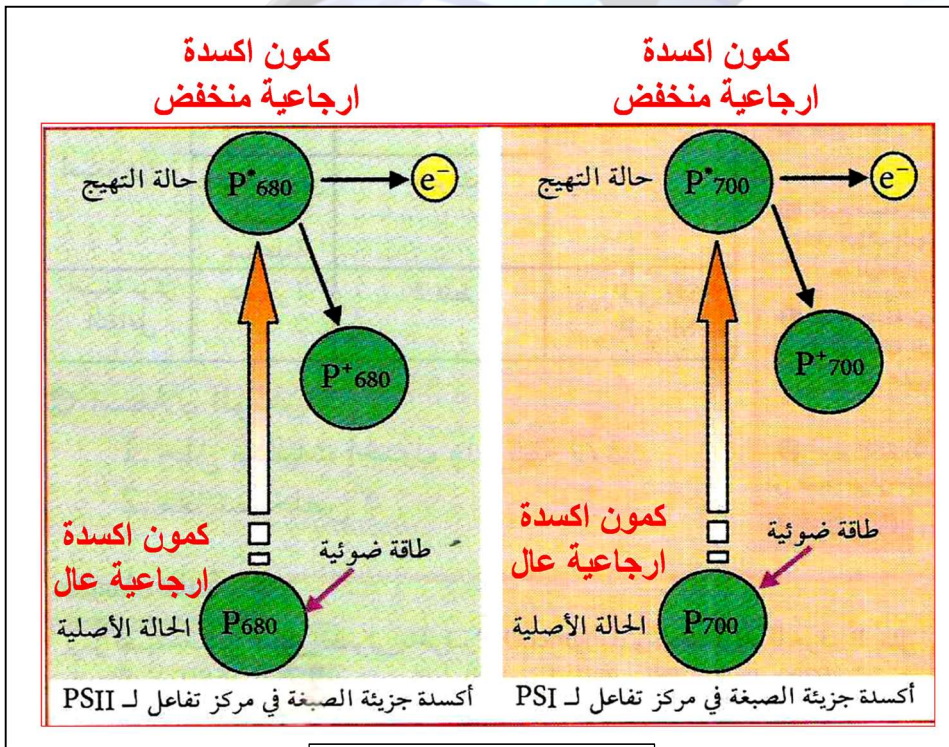
▪ التعليمات: باستغلال الوثائق: 6، 7 ص 185، 8، 9 ص 186، 10 ص 188.

- بين دور الضوء واليخضور في تفاعل الأكسدة الإرجاعية (H_2O/Fe^{+++}) محددا المستقبل النهائي الطبيعي في الصناعة الخضراء.

- دعم إجابتك بالمعادلة النهائية للتفاعل الطبيعي. و رسم تخطيطي لآلية حدوث تفاعل الأكسدة الإرجاعية على مستوى غشاء التيلاكوييد.



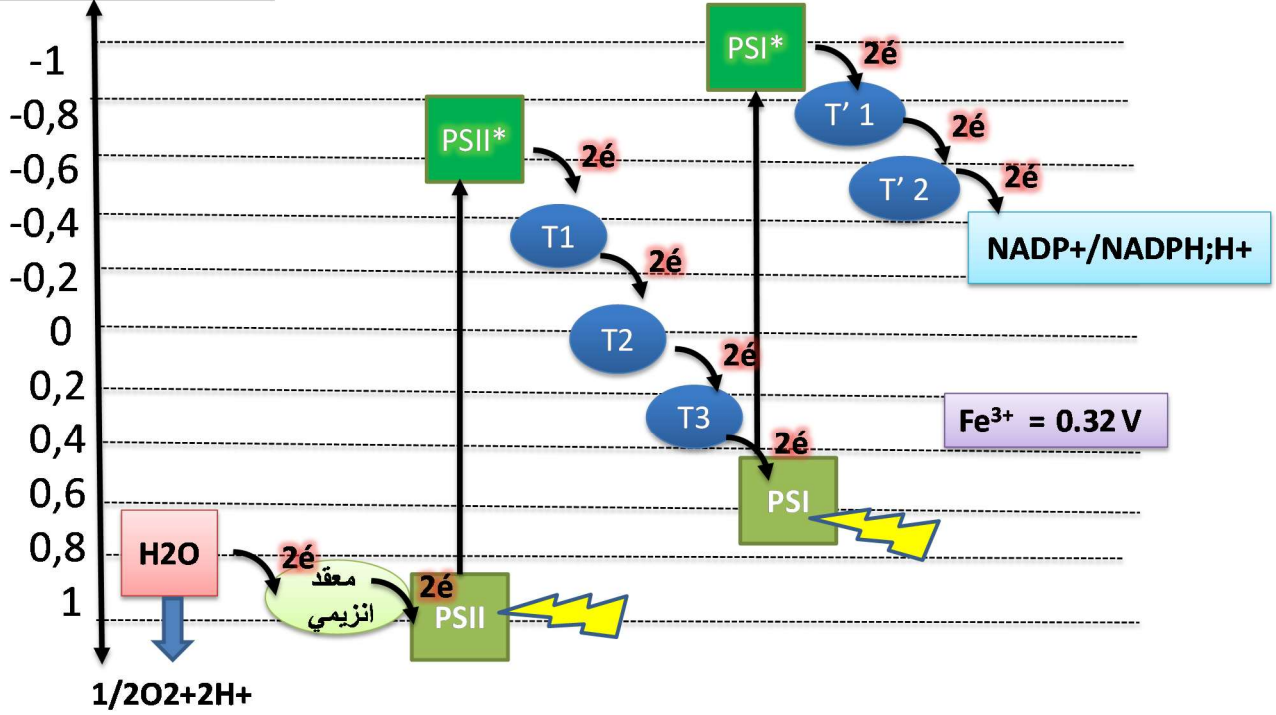
الشكل (2)



شكل إضافي للتوضيح

يمثل المخطط التالي مسار الإلكترونات في السلسلة التركيبية الضوئية

كمون الأكسدة / إرجاع



نواقل الإلكترونات تتمثل في:

3 نواقل تابعة لـ PSII

T1= Plastoquinone (PQ)

T2=complexe Cytochrome b6f
(Cytb6f)

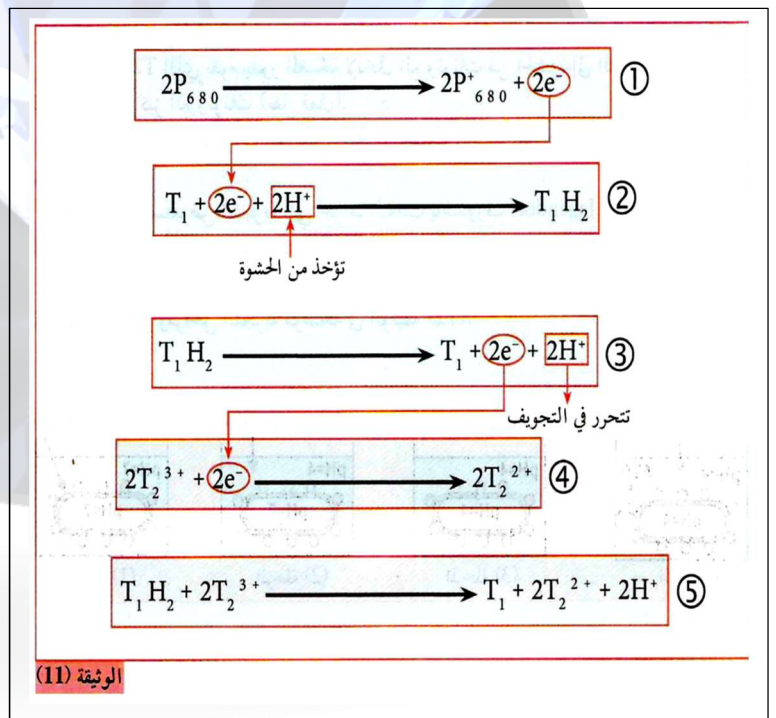
T3=Plastocyanine (PC)

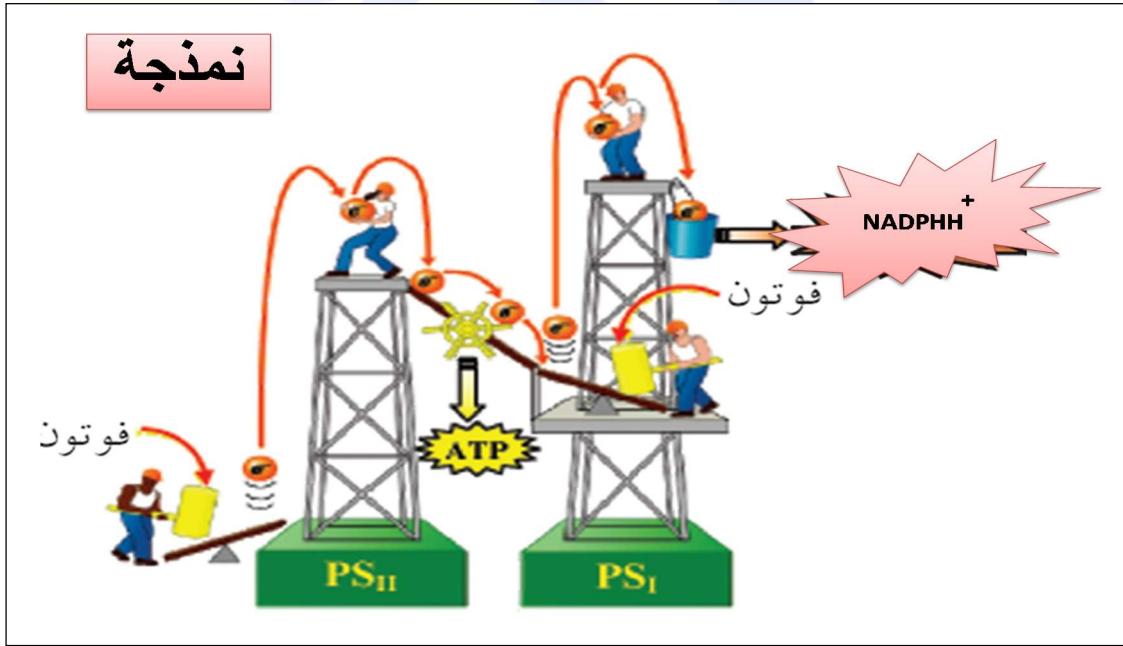
ناقلين تابعين لـ PSI

T`1= Ferredoxine (Fd)

T`2= Ferredoxin NADP
Reductase (FNR)

السند (3): الوثيقة 11 ص 189





Ⓜ معلومات إضافية (غير مقرّرة)

معلومات عن قيم كمون الأكسدة الإرجاع لمختلف عناصر السلسلة التركيبية الضوئية

Couple redox	E'0 (V)
O ₂ / H ₂ O	+ 0,82
P680 / P680 ⁺	+ 0,9
P680* / P680	- 0,8
PQ (red/ox)	0
b ₆ f (red/ox)	- 0,2 & + 0,2
P700 / P700 ⁺	+ 0,4
P700* / P700	- 1,3
Fd (red/ox)	- 0,42
NADP ⁺ / NADPH	- 0,32

لحساب الطاقة المتحررة اثناء تفاعل الأكسدة الإرجاعية بين المعطي و المستقبل نطبق القانون

$$\Delta G = -nF \Delta E$$

$$\Delta G = -nf(E_{o_2} - E_{o_1})$$

- حيث E_{o₁} كمون أكسدة / إرجاع المعطي، E_{o₂} مستقر

و n عدد الإلكترونات و f هو ثابت فاراداي

ويساوي 23.062 كيلوكالوري فولت⁻¹ مول⁻¹

أو 96.5 ك جول فولت⁻¹ مول⁻¹

- تمثل قيمة الفرق في الكمون الذي تحصل عليه

طاقة متحررة عن نقل الإلكترونات. حيث كلما زاد الفرق في كمون الأكسدة والإرجاع بين المعطي والمستقبل زادت الطاقة

المتحررة أثناء انتقال الإلكترونات (الأكسدة والإرجاع).

P680* / P680 معطي - 0,8

P700 / P700⁺ مستقبل + 0,4

$$= -2 * 96,5 (0,4 - (-0,8)) =$$

$$-193 * (1,2) = -231,6 \text{ j/vol/mol}$$

P700* / P700 معطي - 1,3

NADP⁺ / NADPH مستقبل - 0,32

$$= -2 * 96,5 (-0,32 - (-1,3)) =$$


$$-193 * 0,98 = -189,14 \text{ kj/vol/mol}$$

مثال:

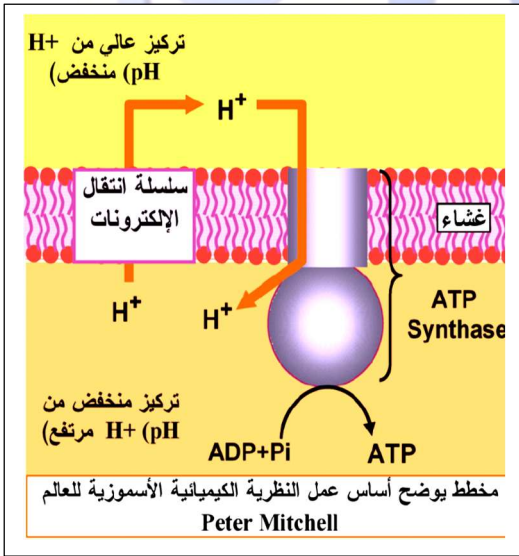
نتيجة التعرض المستمر للضوء تتجمع البروتونات الناتجة عن أكسدة الماء والتي يتم نقلها من الستروما الى التجويف. فما مصير البروتونات التي تتجمع في التجويف؟
(ب) مصير البروتونات المتجمعة في التجويف:

- اقترح العالم الإنجليزي بيتر ميتشال الفرضية الاسموزية التي اثبتت فيما بعد تجريبيا من قبل العالم يانغدورف

العالم Peter Mitchell: عالم انجليزي ولد في 1920 في مدينة ساري في إنجلترا ودرس في مدينة كامبريدج وتحصل على الدكتوراه في الكيمياء الحيوية من جامعة كامبريدج سنة 1951. قام بأعمال بحثه التي أثمرت باقتراح الفرضية الكيميوأسموزية في بداية الستينيات والتي أصبحت نظرية بعد أن تم إثباتها علميا وتحصل على جائزة نوبل عام 1978. توفي العالم ميتشال سنة 1992.



1920-1992



1- بناء على المخطط الذي وضعت على أساسه النظرية الكيميوأسموزية. صغ الفرضية التي توضح مصير البروتونات المتجمعة في التجويف.

2- أجرى الباحث يانغدورف تجربة تم فيها وضع كبيسات

معزولة في الظلام في وسط يحتوي على ADP, Pi .

مع التحكم في PH الوسط. النتائج موضحة في الوثيقة (4).

إضافة NaOH

وسط حامضي


كيس معزول

المرحلة (4)

المرحلة (3)

المرحلة (2)

المرحلة (1)



André Jagendorf

(4) الوثيقة

- باستغلال الوثيقة 4 بين كيف حققت تجربة يانغدورف فرضية ميتشال.

- الخلاصة التركيبية: انطلاقا من المعلومات المستخلصة من الوضعية. لخص في نص علمي الية حدوث التفاعل

الكيموضوي مدعما اجابتك بمعادلة كيميائية ورسم تخطيطي وظيفي.

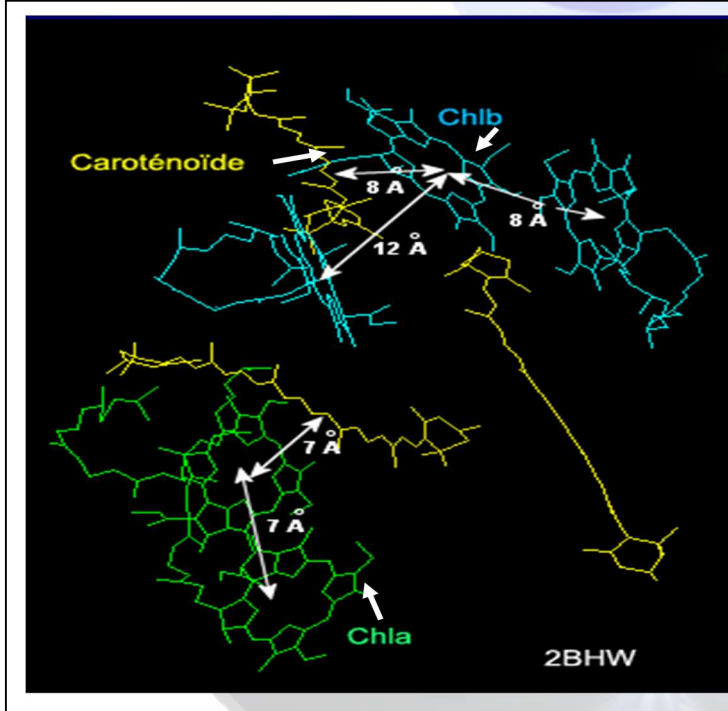
حل الوضعية المشكّلة (3)

دور الضوء واليخضور في حدوث التفاعل الكيمووضوئي

أ) آلية عمل النظام الضوئي:

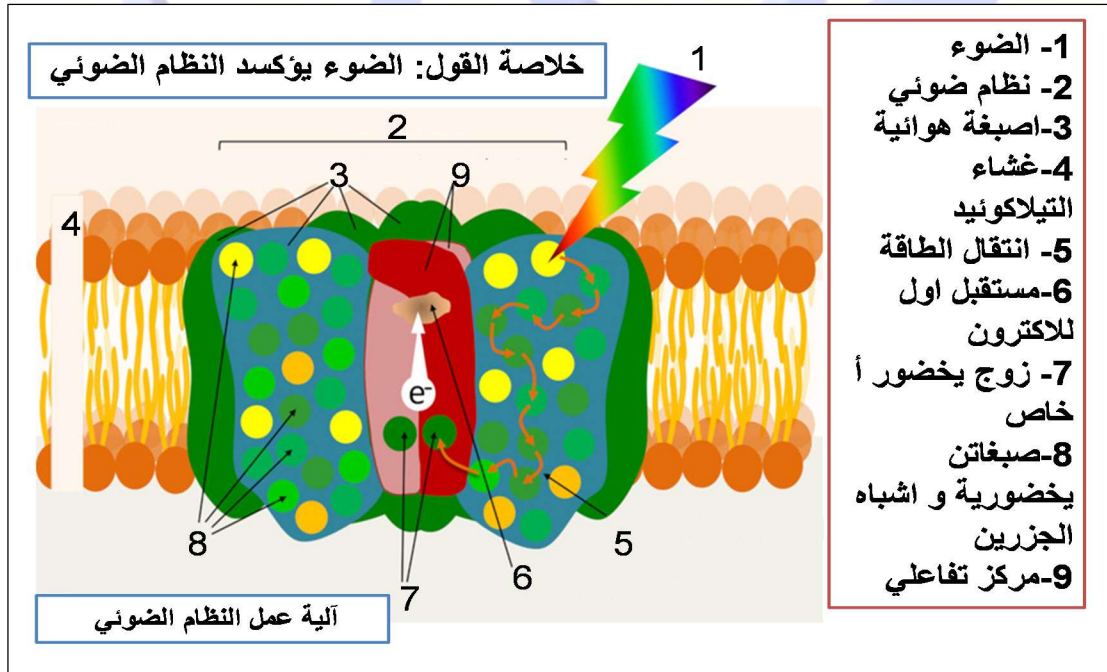
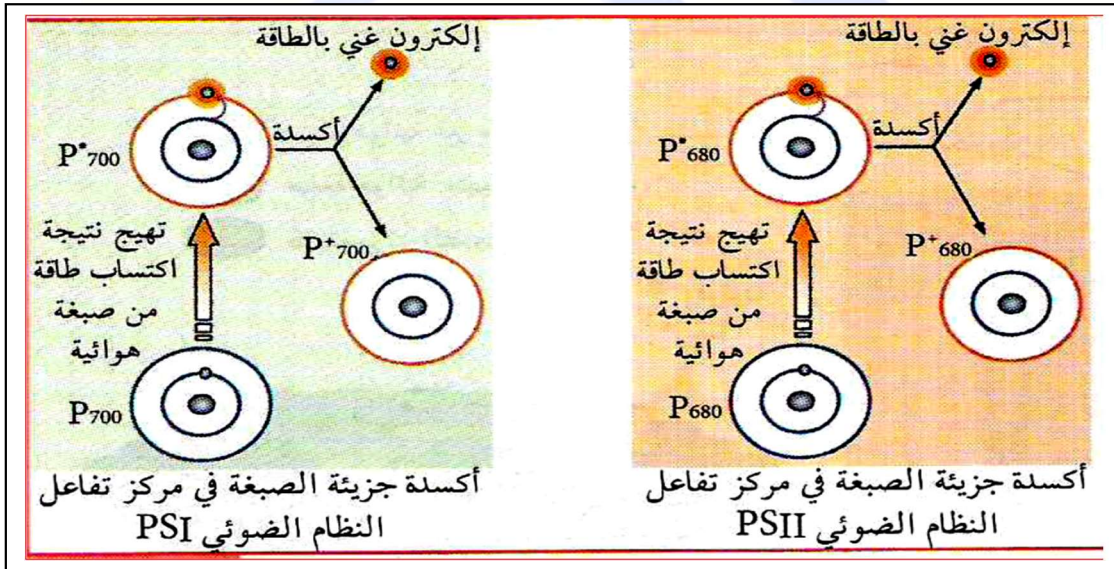
➤ استغلال أشكال السند(1):

- يتكون النظام الضوئي من مجموعة أصبغة تصنّف من حيث الدور إلى:
 - هوائيات (أصبغة هوائية): وهي العدد الأكبر من الأصبغة (أكثر من 99%) تقوم بدور استقبال الفوتونات الضوئية وينتمي إليها اليخضور (أ و ب) وجزء صغير منها إلى اشباه الجزيرين.
 - مركز التفاعل: وهو زوج خاص من أصبغة يخضور أ دورها تلقي الطاقة من الهوائيات وتحرير الكترولون غني بالطاقة (تفاعل أكسدة).
- في الاصبغة الهوائية: بعد تهيج صبغة هوائية ضمن النظام الضوئي تنتقل الطاقة المكتسبة إلى صبغة أخرى مجاورة بالرنين (Resonance) ويعود الكترولون الى مداره الأصلي (انتقال الطاقة دون انتقال الكترولونات) تتكرر هذه العملية بين عدد من الاصبغة الهوائية



جزيئات الاصبغة الموجودة في النموذج ملونة: chla باللون الأخضر ، chlb باللون السماوي ، الكاروتينات باللون الأصفر. تلعب الكراهية للماء لسلاسل الهيدروجينكربون من الكلوروفيل (فيتول) والكاروتينات دورًا محددًا في التفاعلات بين مكونات المركب وفي وضعها داخل طبقة ثنائية الدهون. جزيئات الاصبغة قريبة جدا من بعضها البعض.

- في اصبغة المركز التفاعلي (P700, P680): عند تهيج أصبغة مركز التفاعل نتيجة وصول الطاقة إليها من الاصبغة الهوائية أساسا يتم فقد الإلكترولون ذو الطاقة العالية من جزيئة الصبغة (أكسدة) و تصبح الصبغة في صورة مؤكسدة (P700⁺, P680⁺). ينخفض كمون الاكسدة الارجاعية لذرة اليخضور المهيجة في المركز التفاعلي باكتسابها الطاقة من الصبغات الهوائية.



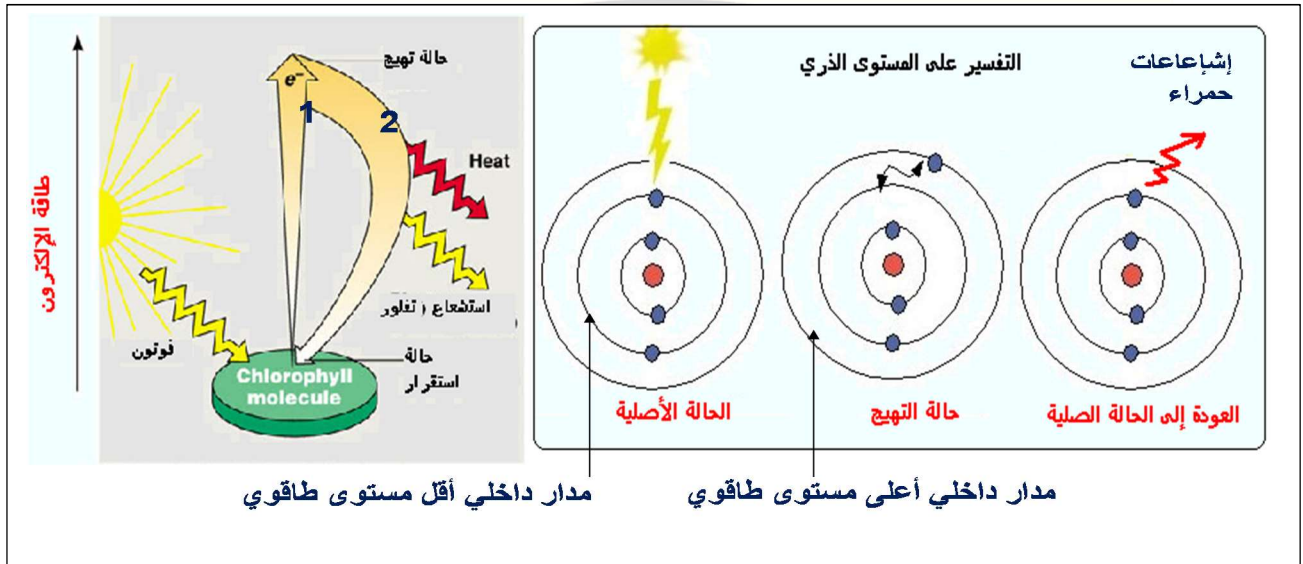
- عند سقوط فوتون ضوئي (كمية من الطاقة) على النظام الضوئي تلتقطه إحدى الصبغات الهوائية (يخضور أ)، يخضور ب) أو أشباه الجزرين) فتتهيج، ثم تفقد الطاقة دون فقدان الإلكترون، لتنتقل الطاقة من صبغة هوائية إلى أخرى بظاهرة الزنبيبي (نتيجة تقارب الصبغات مع بعضها البعض)، عند وصول الطاقة إلى جزيئة اليخضور في المركز التفاعلي (P680 في PSII أو P700 في PSI) تتهيج ثم تتأكسد فاقدة الكترونا محملاً بالطاقة.



- ملاحظة: تم إثبات تأثير الضوء على اليخضور تجريبيا من خلال تجربة التفلور (الاستشعاع).
- التجربة: في غرفة مظلمة، يعرض وعاء زجاجي به محلول اليخضور الخام لحزمة ضوئية بيضاء.

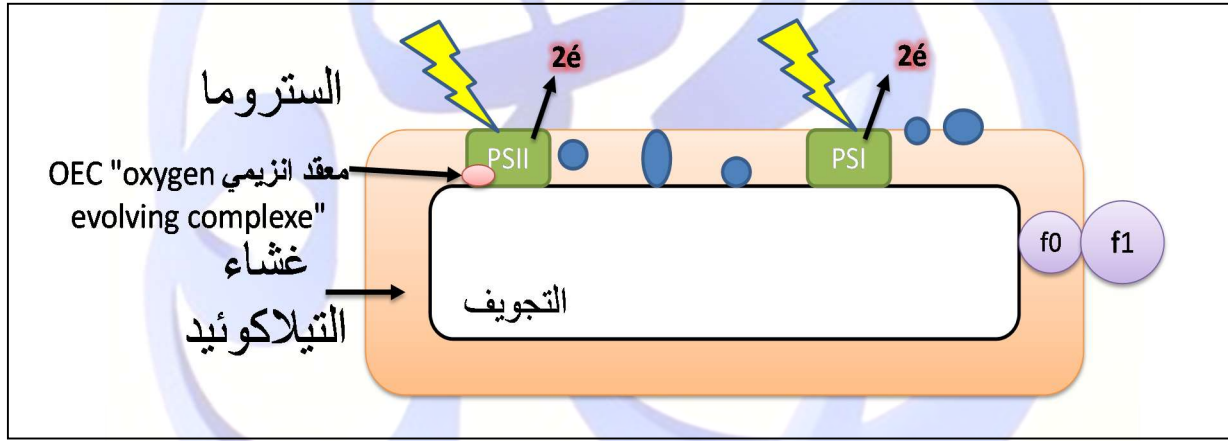


- التفسير على المستوى الذري: في اليخضور الخام يحدث تهيج الاصبغة اليخضورية الحرة (خارج النظام الضوئي) عند امتصاصها للضوء ولكن الطاقة المكتسبة تضيع على شكل اشعاعات حمراء عند عودة الالكترن الى مداره الأصلي ولا تحدث أكسدة ضوئية ونسمي الظاهرة بالاستشعاع وهي دليل تجريبي على ان الضوء ينبه (يهيج) على اليخضور.



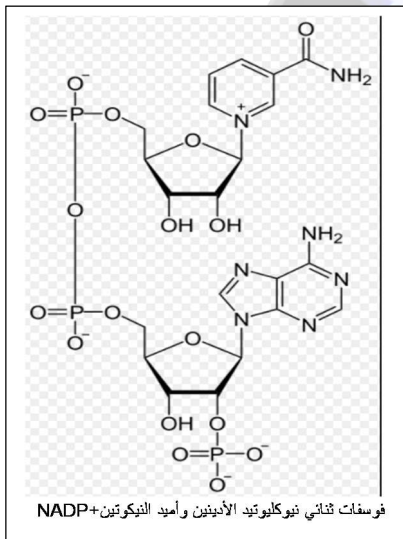
- ظاهرة الاستشعاع لا تحدث إلا نادرا، لان الضوء يؤكسد النظام الضوئي وبالتالي لا تقدر الطاقة على شكل اشعاعات حمراء الا في حالات نادرة.

إضافة الى الاصبغة الهوائية والمركز التفاعلي الذي يتأكسد بوجود الضوء يتكون النظام الضوئي الثاني من معقد انزيمي لأكسدة ال ماء OEC او معقد توليد الاكسجين. «oxygen evolving complexe» فما مصير الالكترونات الناتجة عن اكسدة الانظمة الضوئية؟ وكيف يتم تحفيز المعقد الانزيمي؟



ب) سلسلة التفاعلات الكيمووضوئية:

- استغلال السند (2): مخطط انتقال الالكترونات.
- عندما تصل الطاقة الضوئية الى المركز التفاعلي في النظام الضوئي PSII يتهيج وينخفض كموون اكسدته الارجاعية فتحدث عملية الاكسدة ليحرر زوج من الالكترونات الغنية بالطاقة.
- تنتقل الالكترونات الغنية بالطاقة عبر سلسلة نواقل الالكترونات (T3.T2.T1) وفق تزايد كموون الاكسدة /الارجاع مما يصاحبه فقدان تدريجي للطاقة.



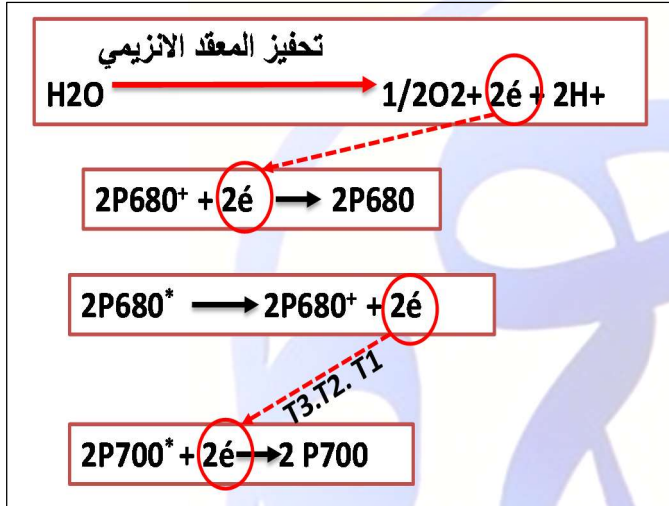
- في نفس الوقت يؤدي سقوط الفوتونات الضوئية على PSI الى نفس المراحل التي حدثت في PSII. لكن الالكترونات المتحررة تنتقل عبر T'1;T'2 ولا تفقد طاقة كبيرة وتستقبل من طرف مستقبل نهائي مؤكسد موجود في الستروما (NADP+ فوسفات ثنائي نيكليوتيد الادنين وأميد النيكوتين) الذي يتحول الى (NADPH.H+).



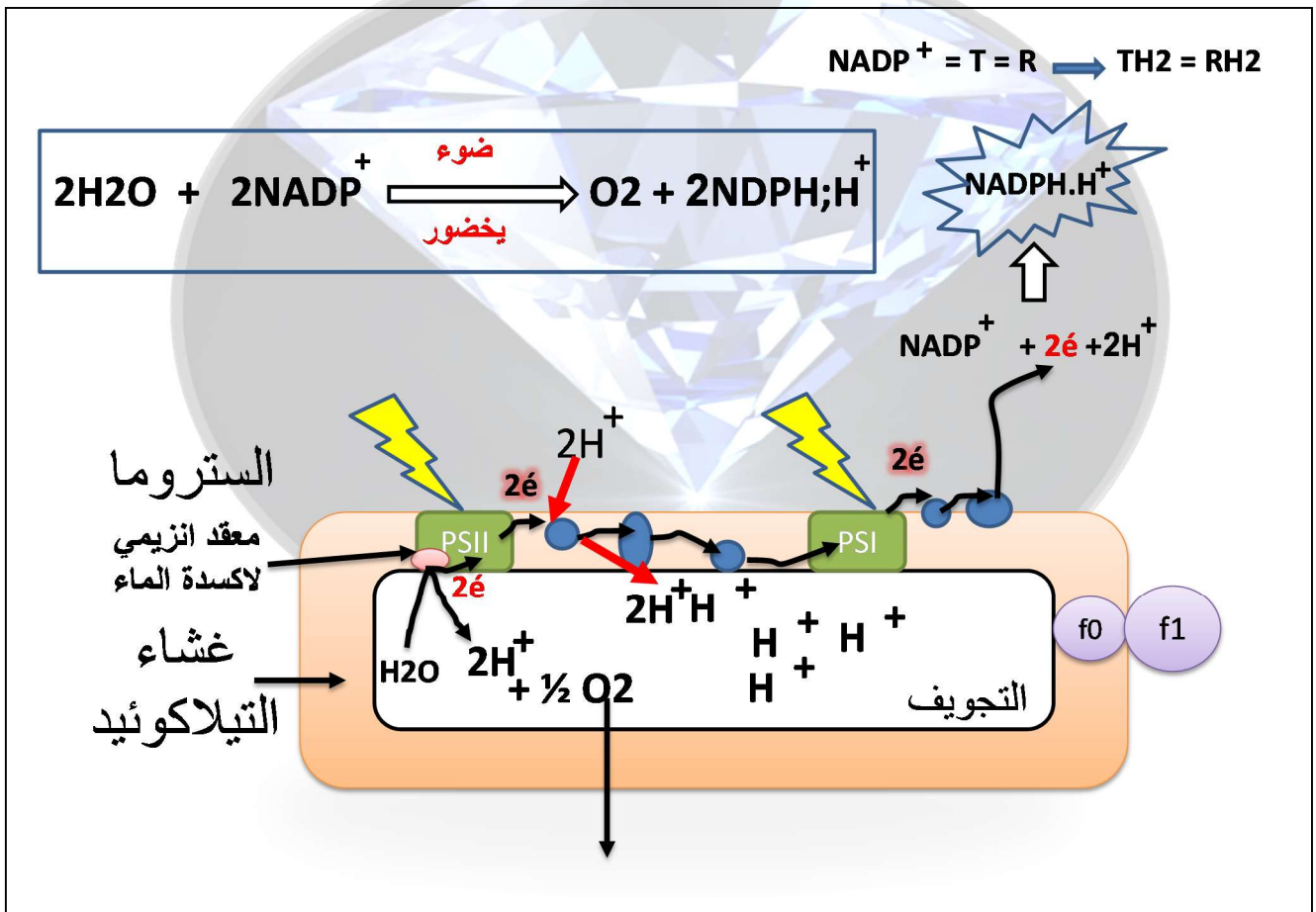
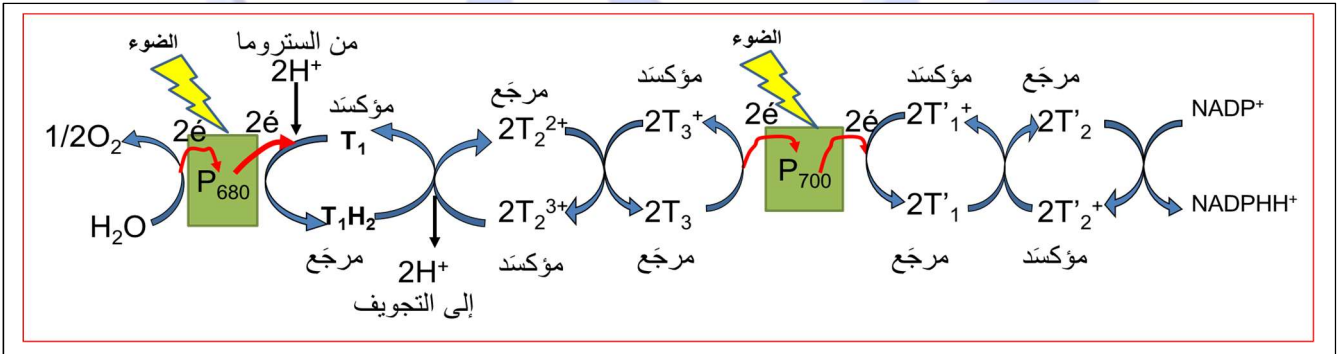
T'1;T'2



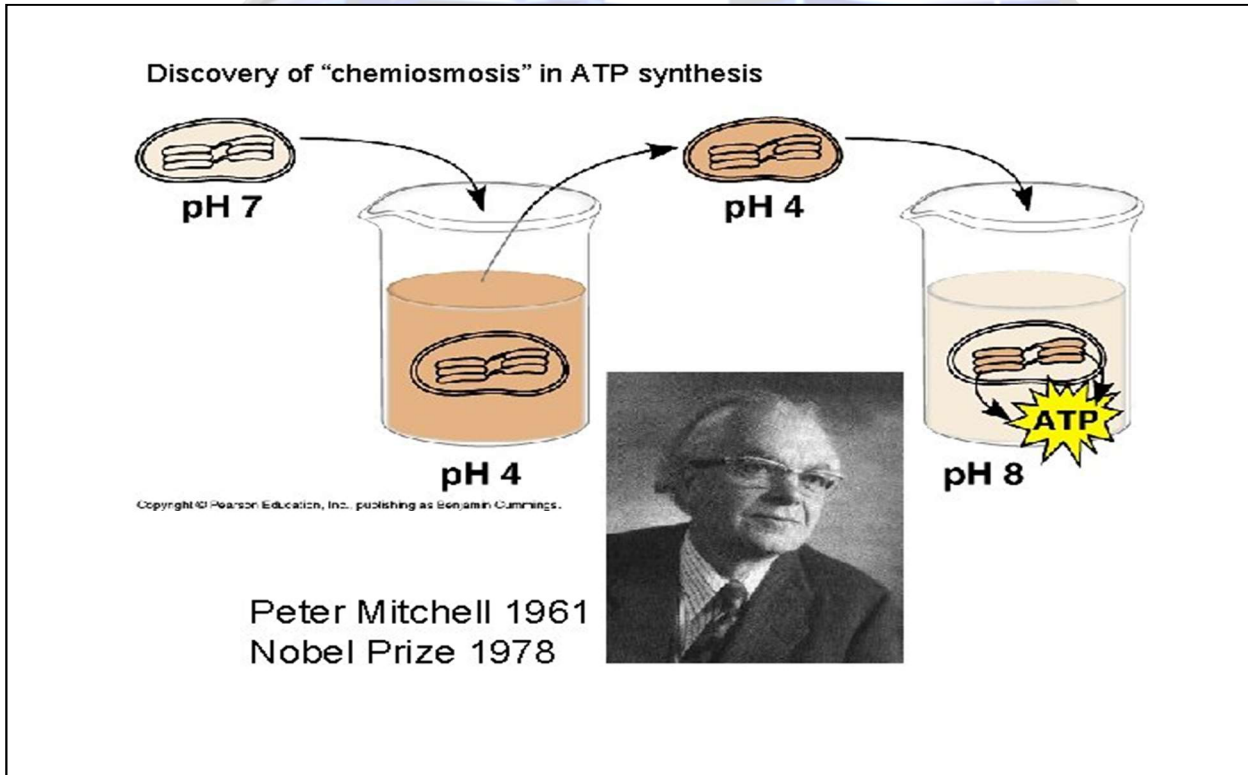
- لا يمكن لجزيئة اليخضور في مركز التفاعل ان تستعيد قدرتها على تحرير الالكترونات من جديد إلا إذا استعادت الالكترونات التي فقدتها. لذلك يتم تحفيز المعقد الانزيمي في PSII على تحليل الماء الذي ينتج عنه الكترونات تعوض الكترونات المركز التفاعلي. اما PSI فيعوض الكتروناته بالالكترونات الناتجة عن اكسدة PSII والتي انتقلت اليه عبر سلسلة النواقل T3.T2. T1

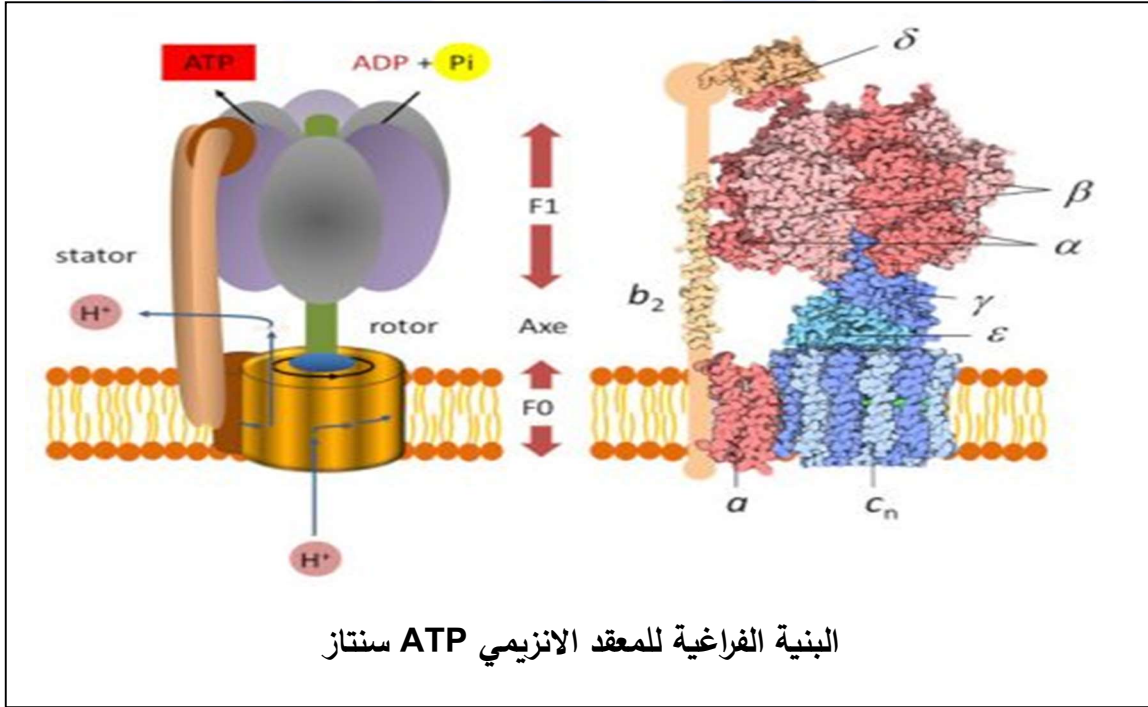


- يكتسب T1 الالكترونين الناتجين عن اكسدة الـ PSII وبروتونين من الستروما، ثم يتحرك باتجاه T2 الذي يستقبل الالكترون فقط فيتم تحرير البروتون في التجويف.
- ملاحظة: استقبال الكترونين من T1 يتطلب تدخل ناقلين من T2
- يستقبل T3 الكترون من T2 وينقله الى PSI المؤكسد لتعويض الكتروناته



- استغلال السند (4):
- تحليل خطوات التجربة ونتائجها:
- المرحلة 1: في بداية التجربة وضع يانغدورف كيبس معزول في الظلام في وسط ذي PH مساو لـ PH التجويف = 7.
- المرحلة 2: أضاف الى الوسط حمض فأصبح PH=4 و PH التجويف =7.
- المرحلة 3: أصبح PH التجويف =4 نتيجة إدخال البروتونات من الوسط الخارجي الى التجويف (خطوة يتحكم فيها المجرى)
- المرحلة 4: أضاف للوسط قاعدة فأصبح PH الوسط =8 مقارنة بـ PH التجويف = 4 وفي هذه المرحلة نلاحظ تركيب الـ ATP
- نستنتج أن: تركيب الـ ATP يتطلب ان يكون PH التجويف حامضا و PH الوسط قاعديا.
- التوضيح: بوجود الضوء ومستقبل الالكترونات المؤكسد ($NADP^+$) تستمر أكسدة الأنظمة الضوئية وإرجاع $NADP^+$ ، و خلال ذلك يتم نقل الالكترونات عبر سلسلة النواقل T1.T2.T3 الذي يسمح بضخ البروتونات من الستروما الى التجويف إضافة الى أكسدة الماء الذي ينتج عنه تحرير بروتونات ، و هذا ما يؤدي الى تراكم البروتونات في التجويف مما يخلق فرقا في تركيزها ، حيث يصبح PH التجويف حامضيا (تركيز مرتفع لـ H^+) و PH الستروما مرتفعا (تركيز منخفض لـ H^+)، فيتشكل سيل من البروتونات يتدفق عبر F_0 محفزا انزيم ATP سنتاز على فسفرة الـ ADP بوجود P_i و تحرير الـ ATP على مستوى F_1 . انها الفسفرة الضوئية. وهذا ما يتوافق مع الفرضية الكيمواسموزية لمتثال.



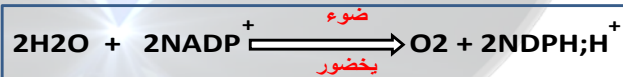


الخلاصة التركيبية:

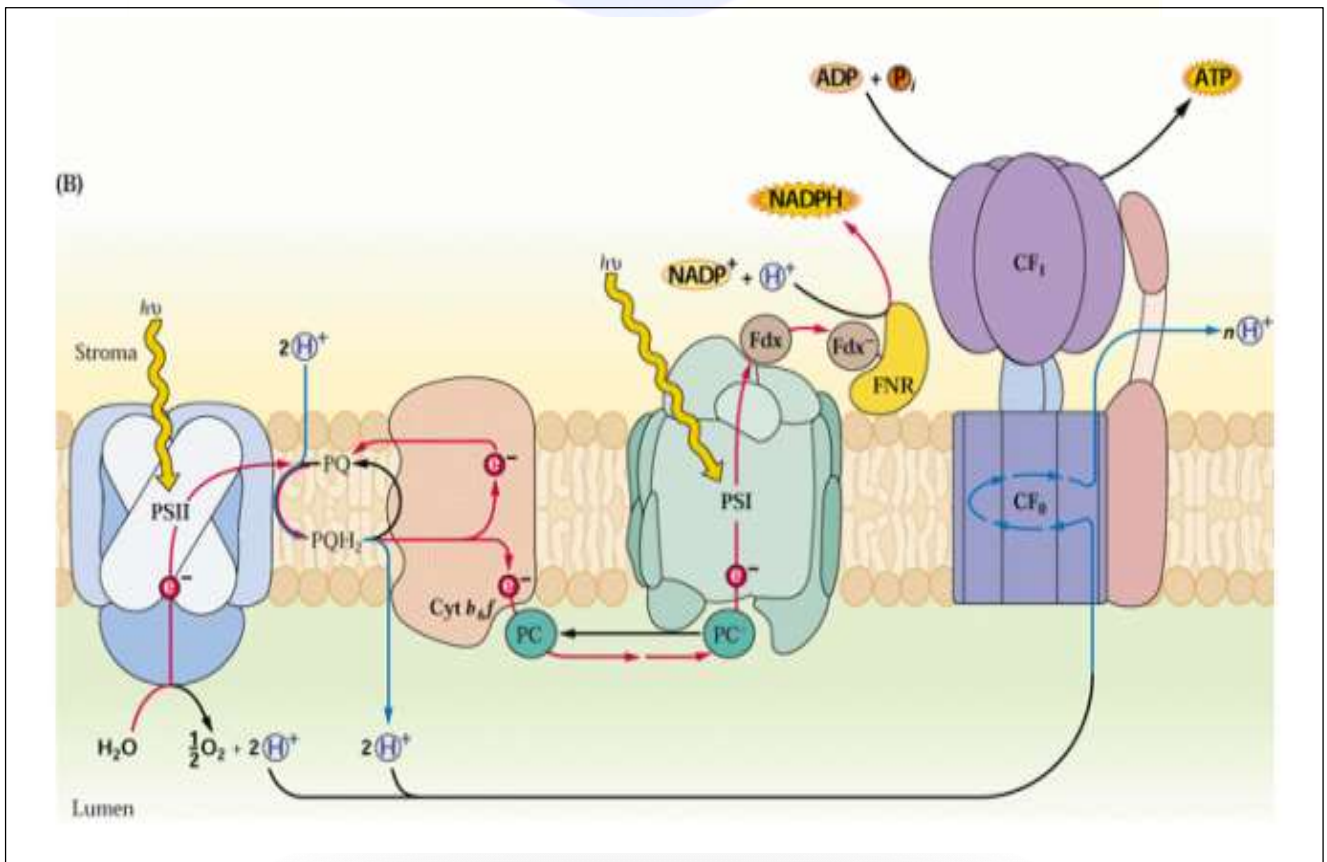
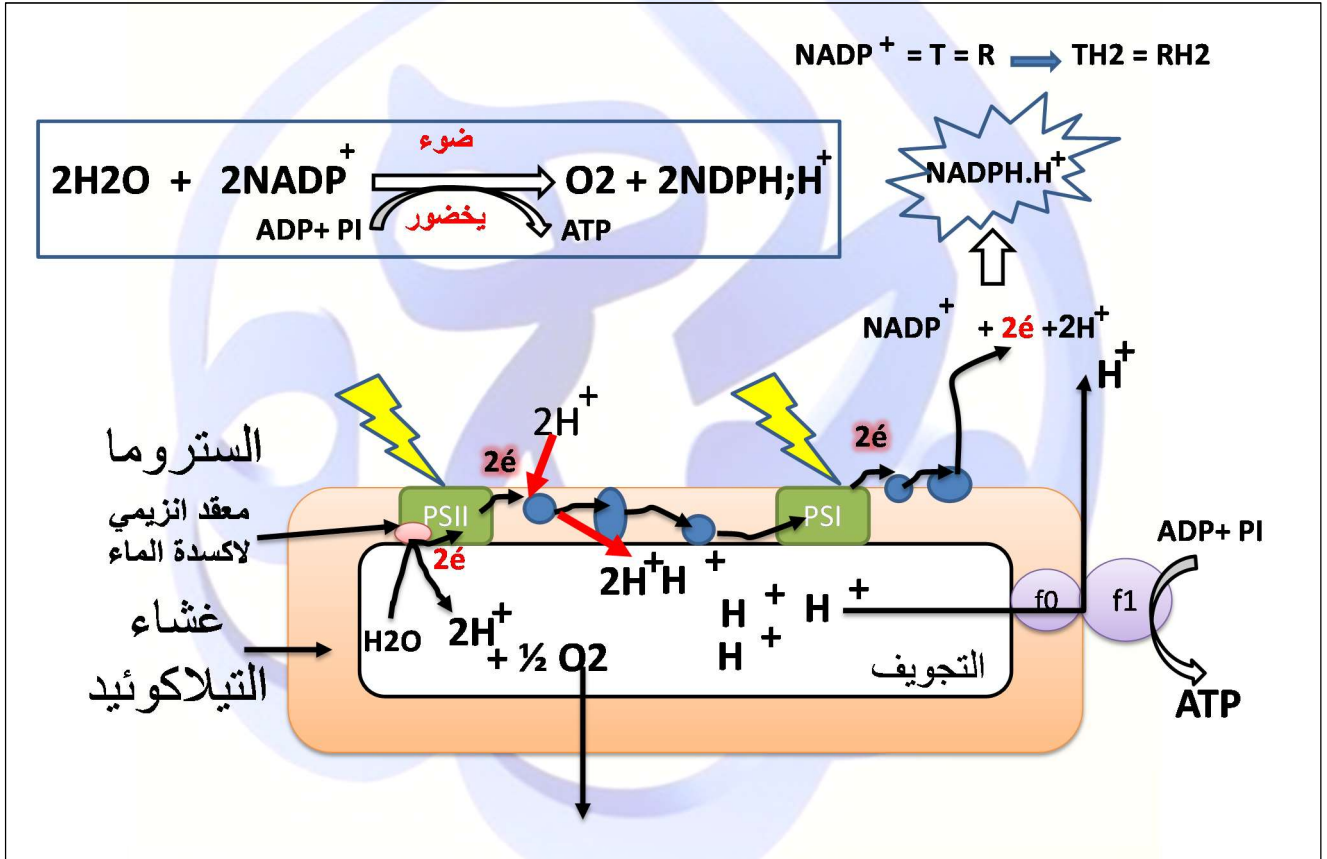
النص العلمي الملخص لآلية حدوث التفاعل الكيموضوئي.

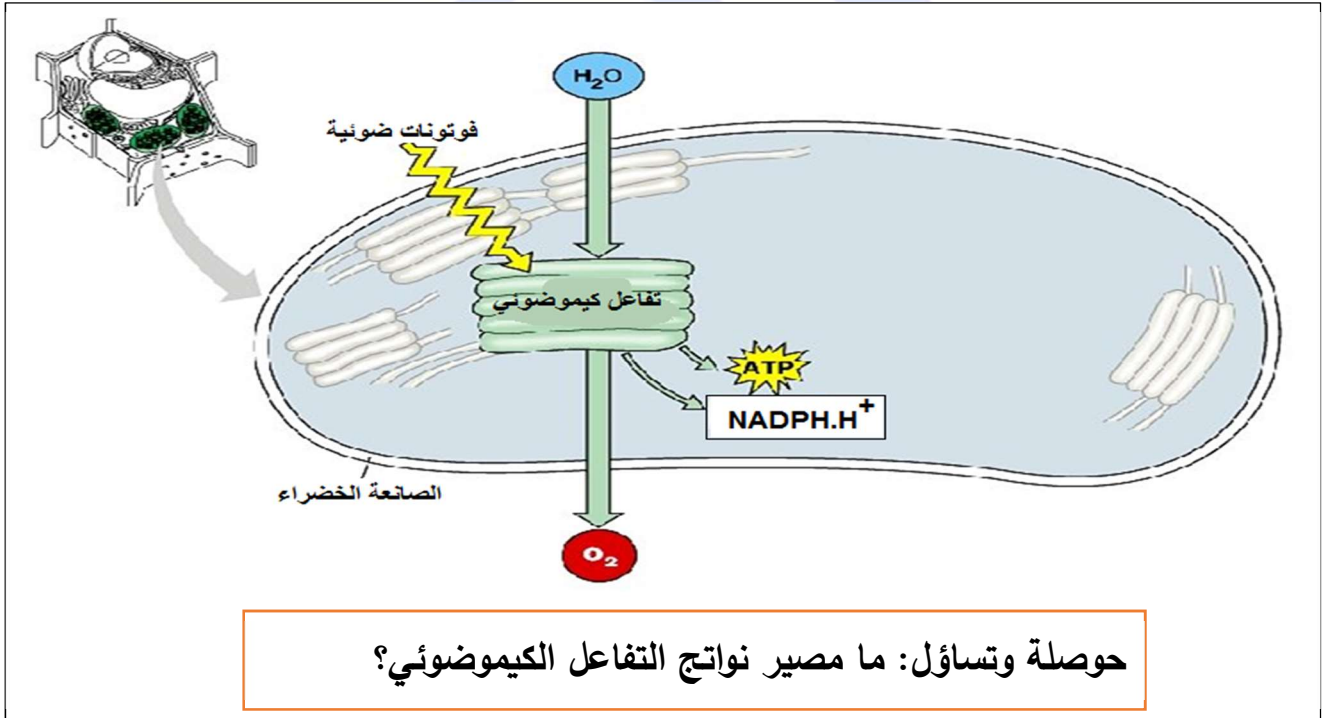
على مستوى غشاء التيلاكويد وبوجود الضوء ومستقبل الإلكترونات النيكوتين اميد ثنائي النكليوتيد فوسفات $NADP^+$ وال ADP ، Pi تنطلق تفاعلات المرحلة الكيموضوئية وفقا للخطوات التالية:

- يمتص النظام الضوئي الفوتونات الضوئية بفضل الصبغات الهوائية (يخضور أ، يخضور ب، أشباه الجزرين) التي تنقل الطاقة دون انتقال الإلكترونات الى ان تصل المركز التفاعلي (زوج من اليخضور أ) فيتأكسد متخليا عن الكترولونات محملة بالطاقة، تنتقل عبر سلسلة النواقل حسب تزايد كمون الاكسدة الارجاعية.
- يسترجع المركز التفاعلي $PSII$ الكترولوناته وبالتالي قابلية التنبيه من أكسدة الماء. فتتحرر بروتونات في التجويف وينطلق ال O_2 ، ويعوض PSI الكترولوناته بالكترولونات $PSII$ أما الكترولونات PSI فتستقبل نهائيا من طرف $NADP^+$ الذي يرجع ويتحول الى $NADPH.H^+$.



- يصاحب نقل الإلكترونات على طول سلسلة الاكسدة / ارجاع (السلسلة التركيبية الضوئية) تراكم البروتونات الناتجة عن اكسدة الماء وتلك التي يتم نقلها من الستروما إلى التجويف مما يخلق تدرجا في تركيز البروتونات بين الحشوة والتجويف فتنتشر البروتونات على شكل سيل يخرج عبر ال ATP سنتاز محفزا إياه على فسفرة ال ADP إلى ATP بوجود Pi إنها الفسفرة الضوئية.

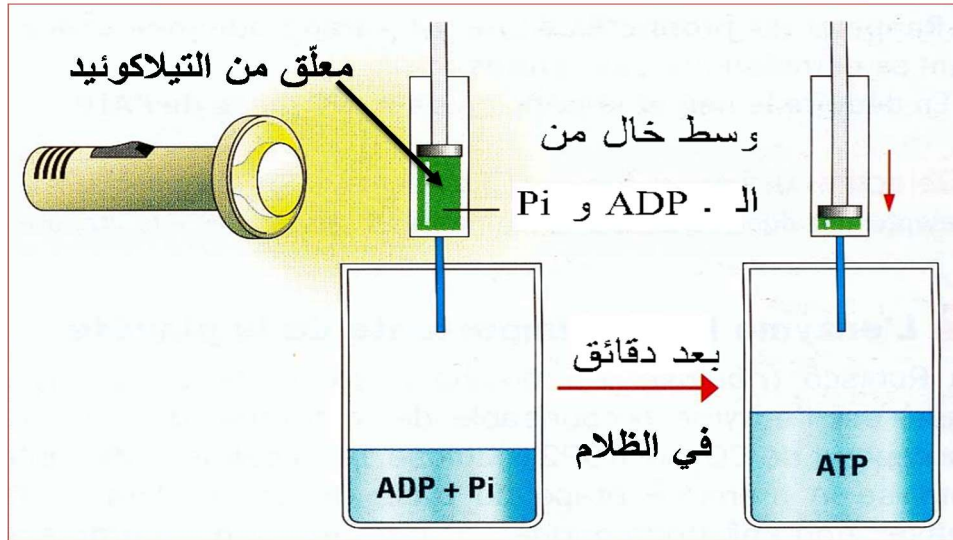




اهم الأفكار التي تبني عليها التمارين

إليك التركيب التجريبي التالي :

الفكرة 1:



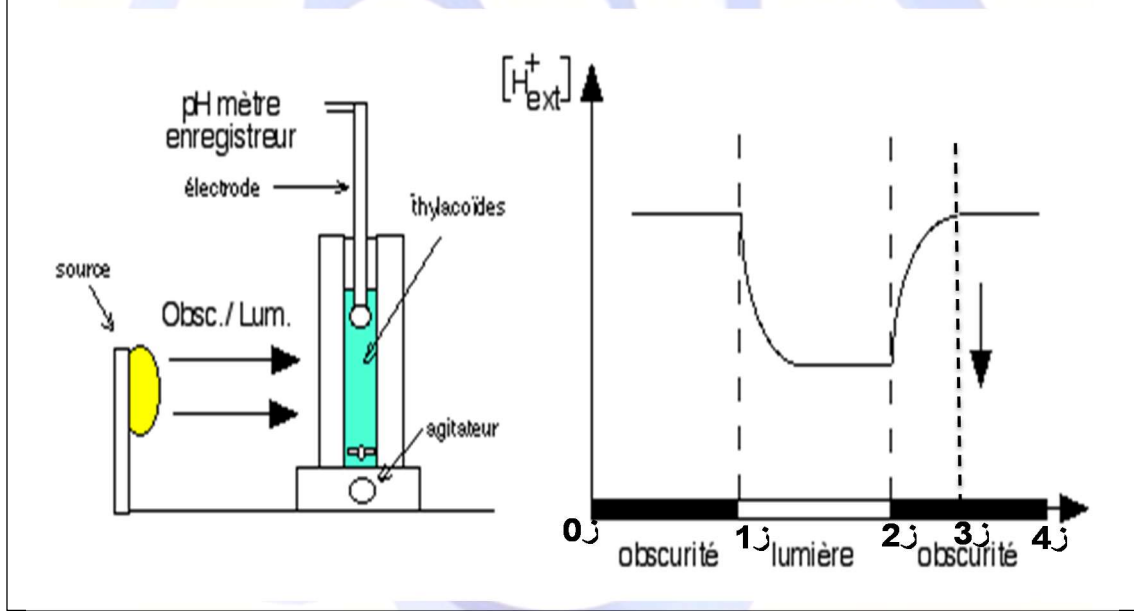
فسر النتائج التجريبية

التفسير: عند تعريض المعلق للضوء لفترة محددة تحدث تفاعلات الأكسدة الإرجاعية ويخلق الفرق في تركيز البروتونات على جانبي غشاء التيلاكويد وعند نقلها إلى وسط يحتوي على ADP + Pi ورغم غياب الضوء يتم تركيب الـ ATP بسبب استمرار خروج البروتونات وفق تدرج التركيز عبر الكريات المذبذبة محفزة انزيم ATP سنتاز على فسفرة الـ ADP.

الفكرة 2:

- باستعمال التركيب التجريبي التالي:

نقوم بقياس تركيز البروتونات في وسط به معلق تيلاكويد معزولة وسليمة يحتوي على $ADP + Pi$



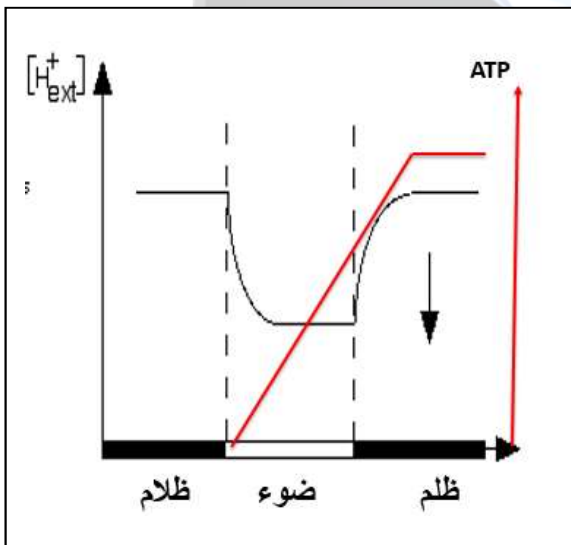
- 0z-1z في الظلام: ثبات تركيز البروتونات يعود الى توقف تفاعل اكسدة ارجاع على مستوى غشاء التيلاكويد لغياب الضوء.

- 1z-2z في وجود الضوء: انخفاض سريع في تركيز البروتونات يعود الى نقلها من الوسط الى التجويف التيلاكويد بفضل الطاقة المتحررة عن نقل الالكترونات الناتجة عن اكسدة الأنظمة الضوئية بوجود الضوء مع حدوث تفاعل اكسدة الماء وارجاع $NADP^+$ وبقاء التركيز منخفضا وثابتا يعود الى استمرار العملية السابقة

- 2z-3z في الظلام: تزايد تركيز البروتونات في الوسط يعود الى توقف تفاعلات الاكسدة ارجاع في غياب الضوء مع استمرار خروج البروتونات وفق تدرج التركيز عبر الكريات المذبذبة.

- 3z-4z: ثبات تركيز البروتونات يعود إلى تساوي التركيز بين التجويف والوسط الخارجي. وبالتالي توقف خروج البروتونات بسبب عدم حدوث تفاعلات الاكسدة ارجاع لغياب الضوء

- المجال الذي يتم فيه تركيب الـ ATP : 1z الى 3z.



- إنتاج $NADH^+$ يعود الى ارجاع $NADP^+$ بالإلكترونات الناتجة عن اكسدة PSI في وجود معطي الكترونات الذي يضمن استرجاع الكتروناته .

- تركيب الـ ATP يدل على حدوث الفسفرة الضوئية رغم وجود DCMU بوجود معطي الالكترونات حيث ينتقل الالكترونات عبر T_1 , T_2 , T_3 مما يسمح بنقل البروتونات من الستروما الى التجويف و تراكمها ممايخلق فوفا في تركيز البروتونات فيتشكل سيل يخرج عبر الـ ATP سنتاز محفزا إياه على فسفرة ADP إلى ATP في وجود P_i . (الفسفرة الضوئية)

الفكرة (5): الانتقال الحلقي للإلكترونات.

تمرين رقم 4 ص 204 من الكتاب المدرسي

البكتيريا الارجوانية

اسميرين X
من بين الكائنات الدقيقة القادرة على القيام بعملية التركيب الضوئي هي البكتيريا الزرقاء المعروفة باسم: *Rhodospseudomonas viridis* دراسة آلية التركيب الضوئي وبنية النظام الضوئي عند هذه البكتيريا أعطت النتائج الموضحة في الوثائق التالية:

آلية انتقال الإلكترونات وتركيب ATP عند البكتيريا الزرقاء

1. ما هي أوجه التشابه والاختلاف بين هذه الآلية وآلية انتقال الإلكترونات وتركيب ATP في النباتات الخضراء التي تم التعرف عليها سابقا؟
2. تعرف هذه الطريقة من انتقال الإلكترونات بالانتقال الحلقي ويمكن أن تحدث في النباتات الخضراء وتؤدي فقط إلى إنتاج ATP دون إنتاج $NADPH$. يشارك فيها النظام الضوئي الأول PSI فقط بتدخل النواقل T_1 , T_2 , T_3 و T_4 . تحدث هذه الآلية بنسبة قليلة مقارنة بالحالة العادية وهي الانتقال غير الحلقي بمشاركة النظامين الضوئيين PSI و PSII. أنجز رسما تخطيطيا توضح فيه الانتقال الحلقي للإلكترونات في النباتات الخضراء.

- تصحيح: البكتيريا *Rhodospseudomonas viridis* هي بكتيريا ارجوانية ولسيت زرقاء
- البكتيريا الزرقاء او الزرقاء المخضرة هي cyanobacter لها الية عمل تشبه الصانعة الخضراء (باك 2018)

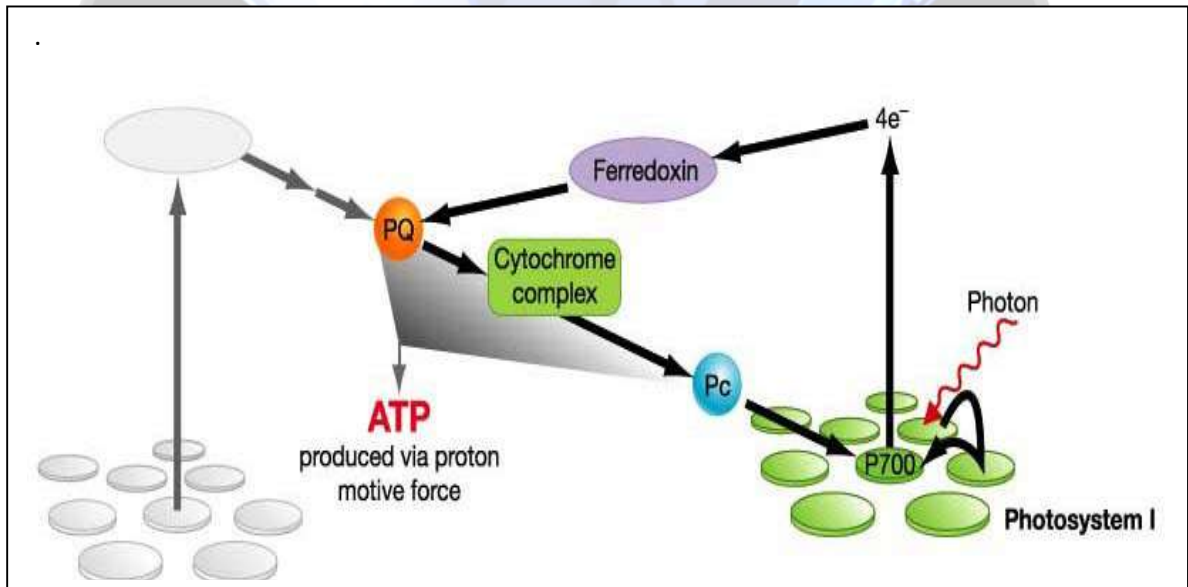
الإجابة

1-المقارنة بين آلية انتقال الإلكترونات وتركيب الـ ATP بين البكتيريا الإرجوانية والنباتات الخضراء.

البكتيريا الإرجوانية	النباتات الخضراء	
أوجه التشابه	-وجود نظام ضوئي يمتص الفوتونات الضوئية ويتهيج (ينخفض كمون اكسدته الإرجاعية) فيتأكسد. -نقل الإلكترونات عبر سلسلة النواقل حسب تزايد كمون الأكسدة الإرجاعية، يرافقه نقل البروتونات على جانبي الغشاء من أجل خلق فرق التركيز الذي يتسبب في تشكيل سيل من البروتونات يخرج عبر إنزيم ATP سنتاز ليحفزه على تركيب ATP (فسفرة تأكسدية ضوئية)	
الاختلاف	-تتضمن السلسلة التركيبية نظامين ضوئيين PSI مركزه التفاعلي P700 و PSII مركزه التفاعلي P680. و5 نواقل الإلكترونات -تنتقل الإلكترونات في مسار مفتوح (خط Z) من H ₂ O إلى المستقبل النهائي NADP ⁺ ما يرافقه انطلاق O ₂	-تتضمن السلسلة التركيبية نظام ضوئي واحد مركزه التفاعلي P870. و3 نواقل الإلكترونات تنتقل الإلكترونات في مسار حلقي حيث تنطلق من النظام الضوئي وتعود إليه. وبالتالي لا يوجد مستقبل نهائي يتم إرجاعه ولا ينطلق O ₂ (غياب معقد إنزيمي لأكسدة الماء).

الاستنتاج: كل من البكتيريا الإرجوانية والصناعات الخضراء عند النباتات الخضراء لها القدرة على الفسفرة الضوئية (تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية قابلة للاستعمال (ATP)) من خلال التفاعل الكيموضوئي مع اختلاف في النواتج حيث ينطلق الـ O₂ وتتشكل NADPH⁺ عند الصناعات الخضراء ولا ينطلق الـ O₂ ولا يتم إنتاج مستقبل نهائي مرجع عند البكتيريا.

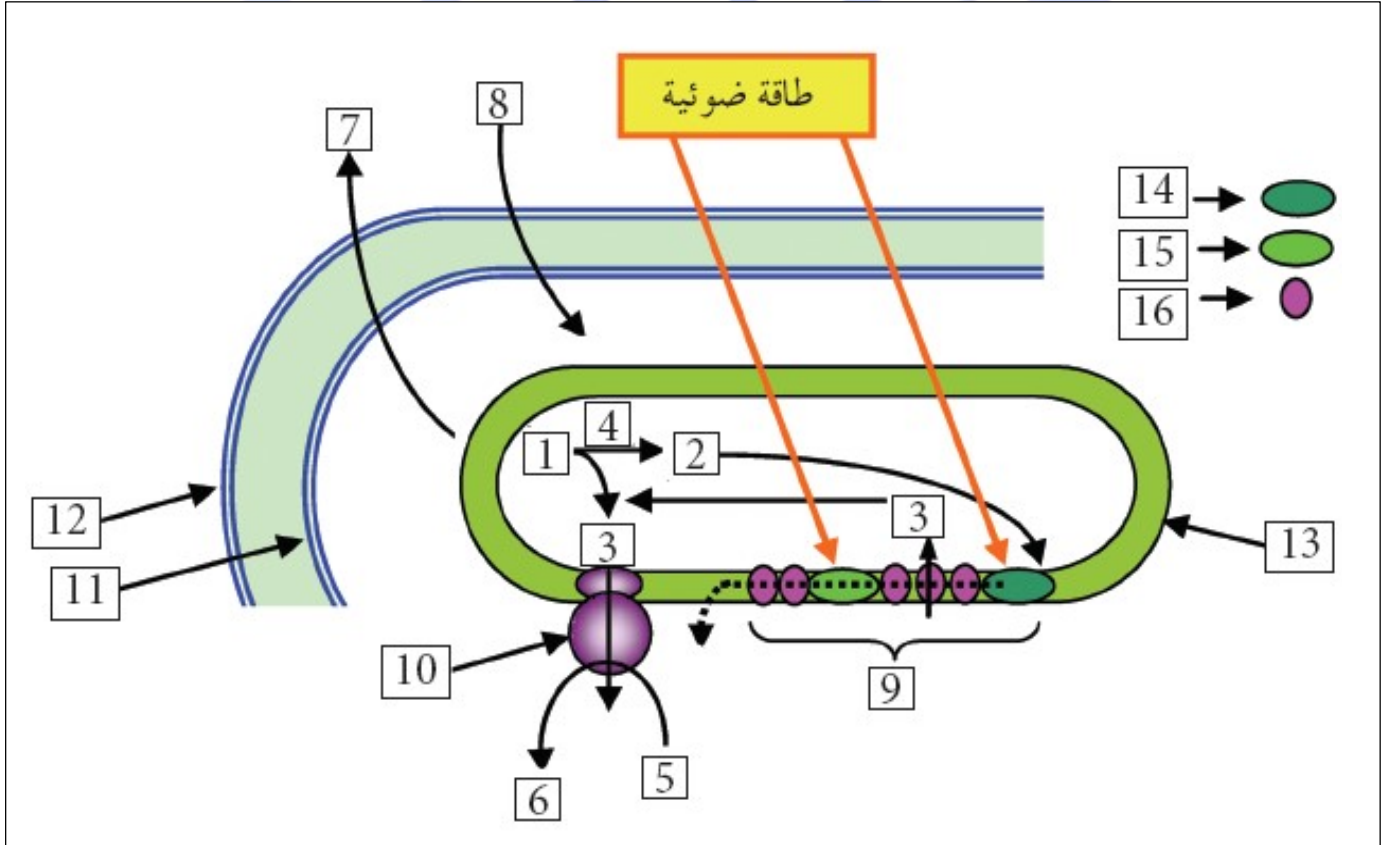
2-انجاز رسم تخطيطي يوضح الانتقال الحلقي للإلكترونات عند النباتات الخضراء



- يسمح الانتقال الحلقي للـ e بتراكم البروتونات داخل التجويف وبالتالي تعزيز إنتاج الـ ATP عند النباتات الخضراء.

تقويم تشخيصي

- اليك الوثيقة 13 ص 191 من الكتاب المدرسي



• اعتمادا على المعلومات المتوصل إليها من النشاطات السابقة:

- 1- أكتب البيانات المرقمة
- 2- استخلص نواتج المرحلة الكيموضوئية.
- 3- حدّد دور العنصرين (14-15) من هذه المرحلة.
- 4- انجز رسما تخطيطيا وظيفيا تبيّن فيه آلية حدوث المرحلة الكيموضوئية على مستوى الصناعة الخضراء.

الإجابة

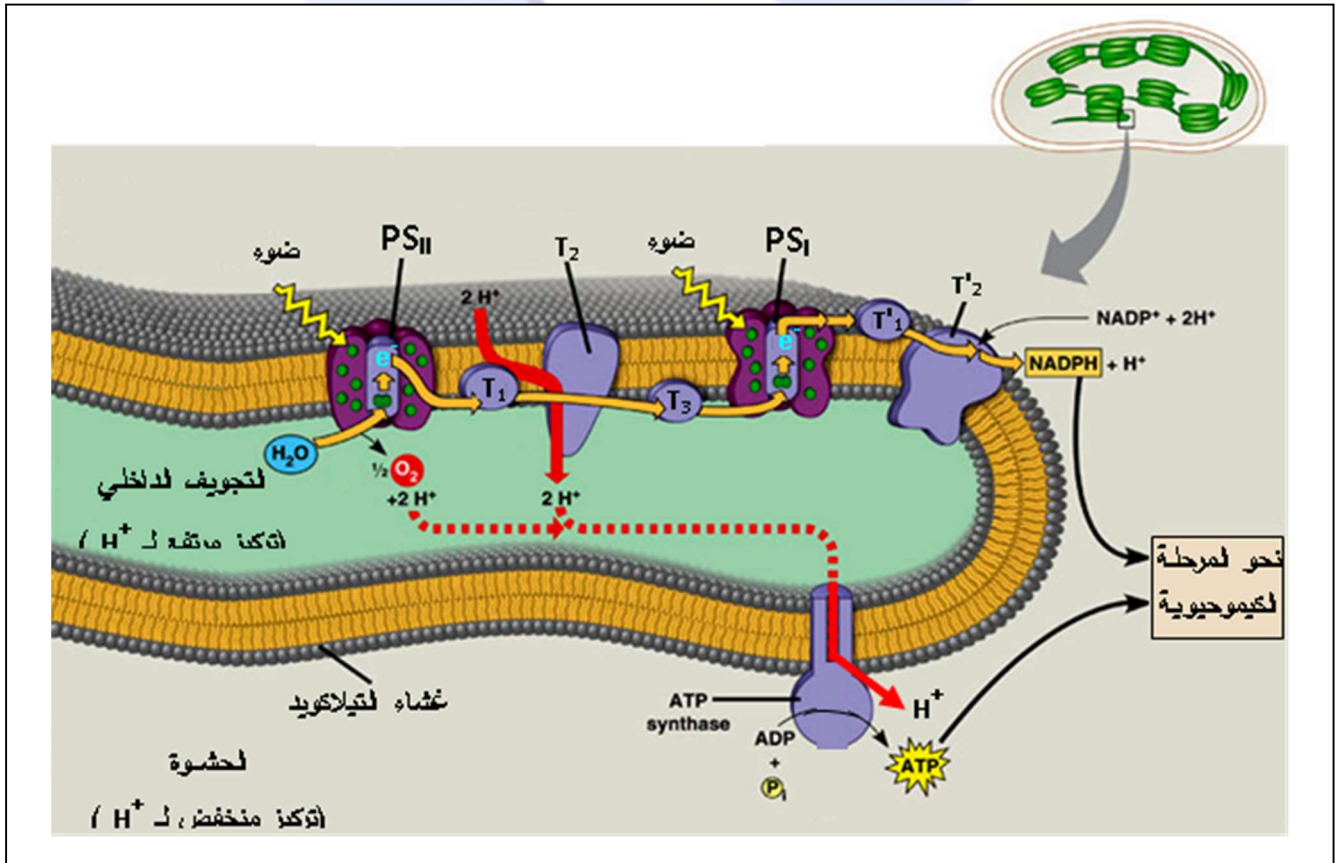
1- البيانات الرقمة:

H ₂ O=1	ADP+Pi=5	9=السلسلة التركيبية الضوئية	13=غشاء التيلاكويد
2=إلكترونات	ATP=6	10=ATP Synthase	14=PSII
H ⁺ =3	O ₂ =7	11=غشاء داخلي	15=PSI

2- نواتج المرحلة الكيموضوئية وهي ATP و NADPH, H⁺.

3- العنصران 14 و 15 يمثلان الأنظمة الضوئية وهي الأنظمة المسؤولة على استقبال وتحويل الطاقة الضوئية في صورة إلكترونات غنية بالطاقة.

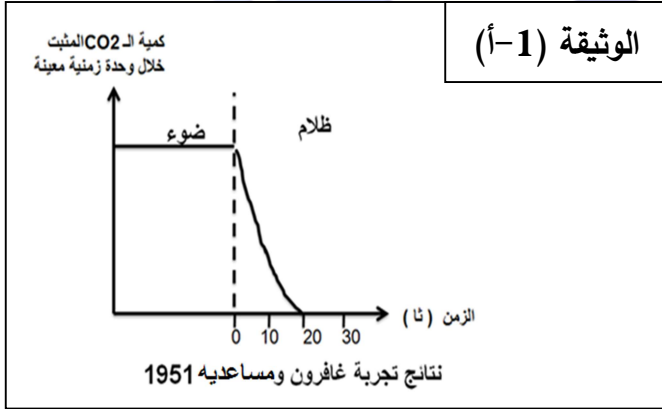
4- انجاز رسم تخطيطي وظيفي يبين الية حدوث التفاعل الكيموضوئي



الوضعية المشكلة (4)

على مستوى التلاكوئيد وبوجود الضوء ومستقبل الالكترونات الطبيعي والـ ADP. PI يحدث التفاعل الكيموضوي منتجا الـ $NADPH^+$ و الـ ATP، ومن جهة أخرى على مستوى الستروما يتم دمج الـ CO_2 و انتاج المادة العضوية وفق تفاعل كيموضوي لا يتطلب ضوء. نريد في هذه الدراسة البحث عن آلية دمج الـ CO_2 .

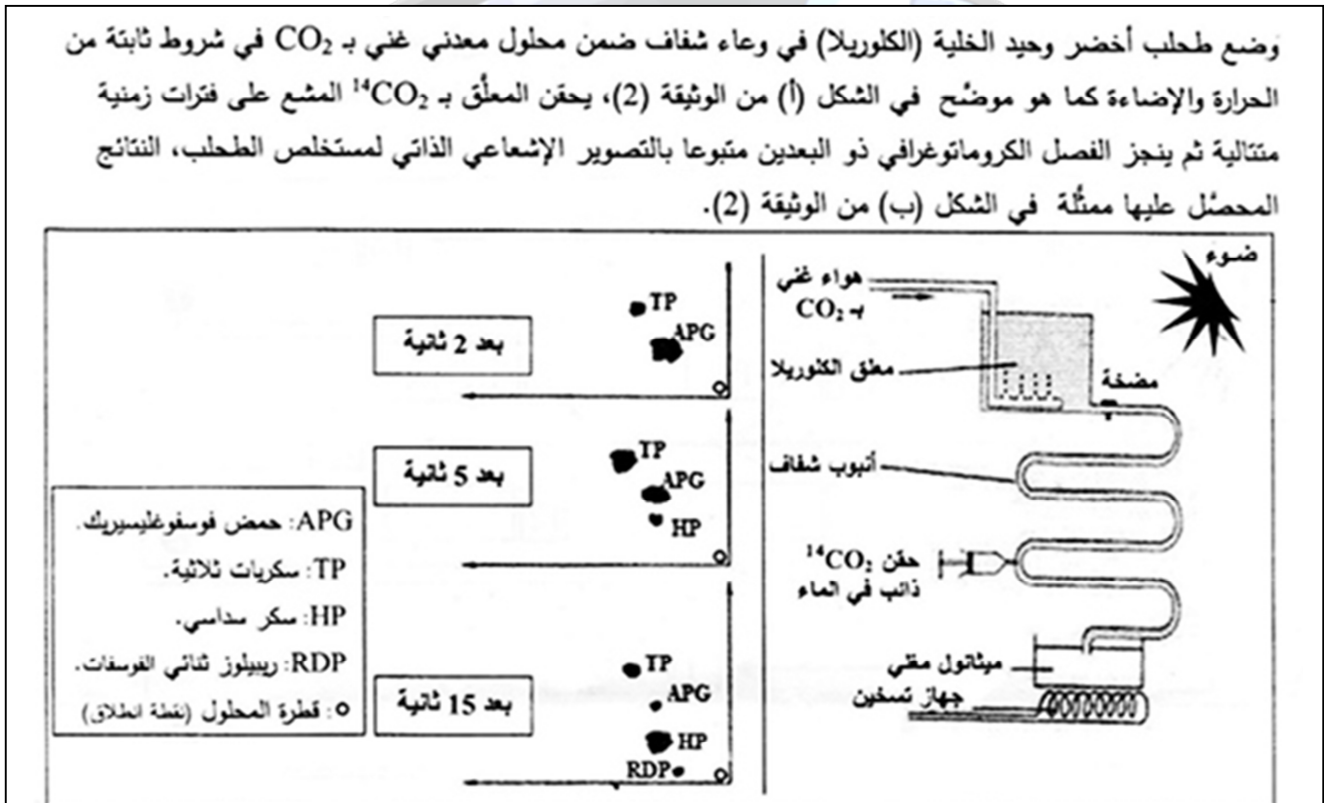
الجزء الأول:



في عام 1951 قام غافرون ومساعدوه بتجربة نتائجها موضحة في الوثيقة (أ-1) حيث تم قياس كمية الـ CO_2 المشع المثبت من قبل معلق كلوريال (كائن وحيد الخلية) معرض للضوء بشدة كافية ولمدة كافية (10 د)، ثم نقل الى الظلام.

1- باستغلال نتائج اعمال غافرون ومساعديه. صغ المشكل العلمي المطروح.

للإجابة عن المشكل المطروح قام العالم كالفن ومساعده بنسون بتجربة خطواتها ونتائجها موضحة في الوثيقة (ب-1)



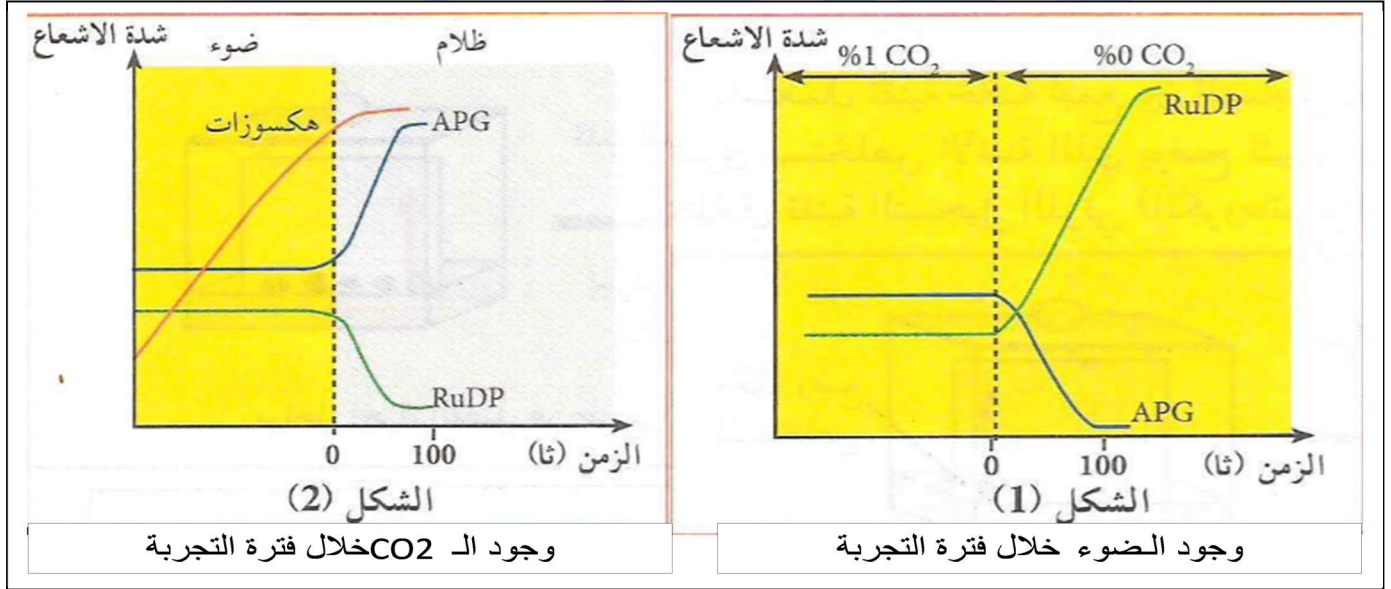
الوثيقة (ب-1)

ملاحظة: APG (حمض فوسفوغليسيريك)، TP (سكر ثلاثي)، HP (سكر سداسي مفسفر) =
 هكسوز (6CP)، RuDP (سكر خماسي = ريبيلوز ثنائي الفوسفات 5CDP)

2- باستغلال نتائج تجربة كالفن ومساعدته. اقترح فرضيتين على الأقل حول مصدر المركب العضوي APG .

الجزء الثاني: للتحقق من صحة إحدى الفرضيات والإجابة عن المشكل المطروح نجري الدراسة التجريبية التالية:

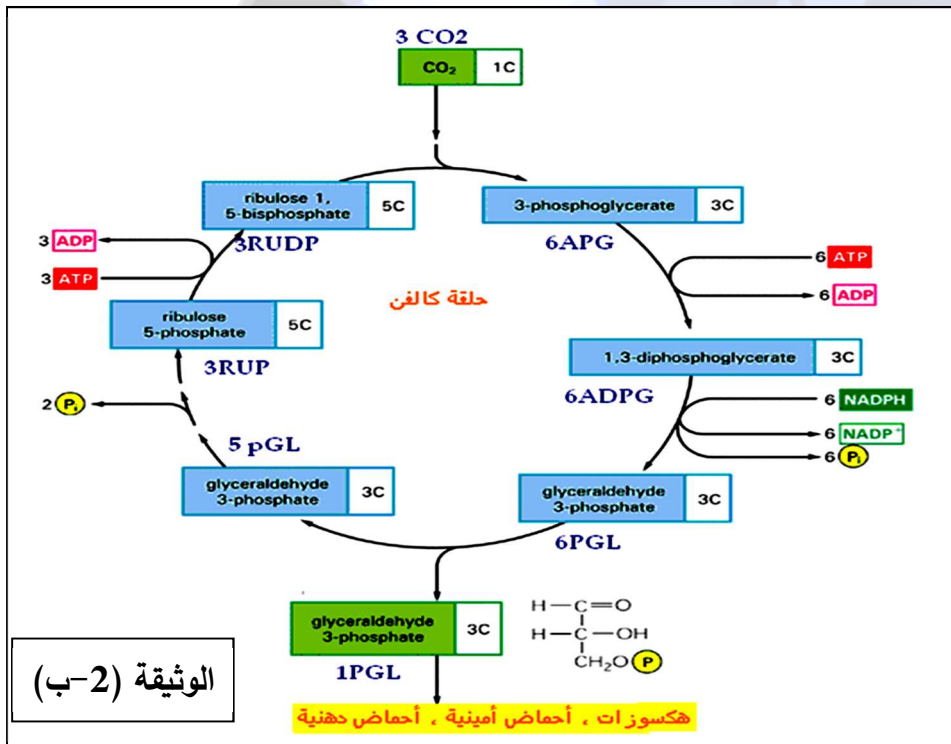
يتم قياس كمية المركبات المشعة (APG، RuDP، هكسوزات) في ظروف تجريبية مختلفة من ضوء/ ظلام، في وجود الـ CO₂ وفي غيابه. النتائج المحصل عليها موضحة في الشكلين (1 و 2) من الوثيقة (2).



الوثيقة (2-أ)

1- فسّر النتائج التجريبية مدعماً الفرضية الصحيحة. ثم اقترح مخططاً بسيطاً يبرز العلاقة بين مختلف المركبات العضوية التي ظهرت في نتائج أعمال كالفن ومساعدته.

2- توصل كالفن ومساعدته إلى تحديد تفاعلات تثبيت الـ CO₂ والمركبات الوسيطة الناتجة في شكل حلقة سميت بحلقة كالفن (نسبة للعالم الذي اكتشفها).



- أعد رسم الحلقة بما يسمح

تركيب جزيئة هكسوز

(سكر سداسي الكربون) واحدة.

الجزء الثالث:

بناء على ما جاء في الموضوع

قدّم خلاصة توضح الية دمج

الـ CO₂ على مستوى الصناعة

الخضراء.

حل الوضعية المشكّلة (4)

الجزء الأول:

- 1- استغلال نتائج اعمال غافرون ومساعدوه:
- تحليل المنحنى: يمثل تغير كمية الـ CO2 المشع المثبت من قبل طحلب اخضر في الضوء والظلام:
 - في وجود الضوء بشدة ومدة كافية نسجل ثبات كمية التـ CO2 المثبت عند قيمة عالية.
 - في الظلام نسجل استمرار تثبيت الـ CO2 بالتناقص حتى ينعدم خلال 20 ثا.
 - الاستنتاج: تثبيت الـ CO2 لا يتطلب ضوء ولكنّه يتطلب نواتج التفاعل الكيموضوي.
- ❖ المشكل العلمي المطروح: كيف يتم استعمال نواتج التفاعل الكيموضوي في تثبيت الـ CO2؟
- 2- استغلال نتائج اعمال كالفن ومساعدوه:
- تحليل النتائج: تمثل نتائج تتبع المركبات العضوية الناتجة عن تثبيت الـ CO2 المشع خلال فترات زمنية متغيرة عن طريق تقنية التحليل الكروماتوغرافي ذي البعدين.
 - بعد 2ثا: ظهور بقعة بحجم كبير لمركب عضوي يسمى APG (حمض فوسفو غليسيريك 3CP) وبقعة بحجم أصغر لمركب عضوي يسمى TP (سكر ثلاثي 3CP).
 - بعد 5ثا: ظهور بقعة الـ APG بحجم أصغر وبقعة TP بحجم أكبر مقارنة بالفترة السابقة مع ظهور بقعة بحجم أصغر لمركب يسمى HP (سكر سداسي مفسفر = هكسوز 6CP).
 - بعد 15 ثا: يصغر حجم كل من بقعة الـ APG و TP مقارنة بالفترة السابقة يزداد حجم بقعة HP، مع ظهور بقعة لمركب يسمى RuDP (ريبيلوز ثنائي الفوسفات 5CDP)
 - الاستنتاج: تظهر المركبات العضوية الناتجة عن تثبيت الـ CO2 وفق التسلسل الزمني التالي:
اول مركب يظهر هو الـ APG يليه TP ثم HP ثم RuDP.
 - ❖ اقتراح فرضيات حول مصدر الـ APG:
 - يتطلب تركيب الـ APG انطلاقا من CO2 تدخل مركب يلعب دور مستقبل الـ CO2.



- ✓ **الفرضية 1:** المستقبل مركب ثنائي الكربون (2C) حيث تثبيت جزيئة من الـ CO2 على مركب 2C يعطي جزيئة واحدة من الـ APG.
- ✓ **الفرضية 2:** المستقبل مركب خماسي الكربون (5C) حيث تثبيت جزيئة من الـ CO2 على مركب 5C يعطي جزيئين من الـ APG.

الجزء الثاني:

1- تفسير نتائج التجربة الموضحة في الوثيقة (أ2):

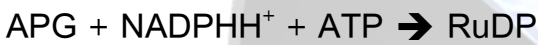
- في وجود الضوء والـ CO_2 : ن سجل ثبات في كمية كل من الـ APG و RuDP حيث تكون كمية الـ APG أكبر من RuDP ويعود ذلك الى ان كل منهما يركب ويستهلك بنفس السرعة (توازن ديناميكي)
- في وجود الضوء وغياب الـ CO_2 :
تتناقص كمية الـ APG حتى تنعدم، ويعود ذلك الى انه يستهلك ولا يركب لغياب الـ CO_2 .
- تتزايد كمية الـ RuDP ثم تثبت، ويعود ذلك الى انه يركب ولا يستهلك لغياب الـ CO_2 .
- تساير العمليتين يدل على أن الـ CO_2 ضروري لاستهلاك الـ RuDP في تركيب الـ APG:
 $CO_2 + RuDP \rightarrow APG$
- بما أن مركب خماسي الكربون فان تثبيت الـ CO_2 عليه يعطي جزئيتين من الـ APG وهذا ما يفسر ان كمية الـ APG أكبر من الـ RuDP خلال التوازن الديناميكي ويؤكد صحة الفرضية 2.

في وجود الضوء والـ CO_2 : ن سجل نفس النتائج السابقة بالنسبة لـ APG و RuDP

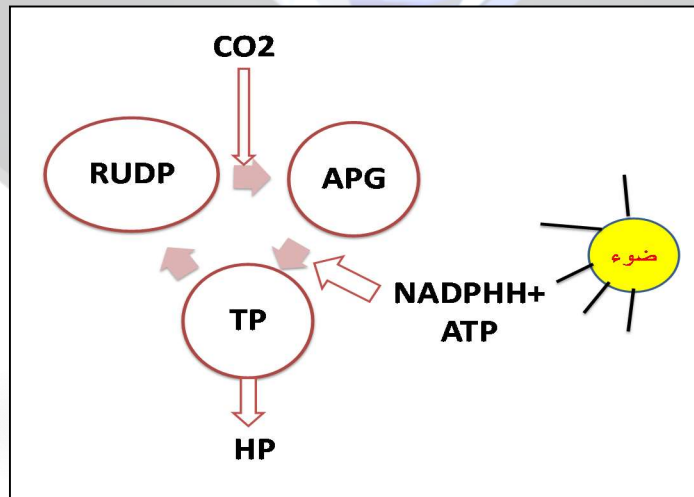
كما ن سجل تزايد في كمية الهكسوز HP ما يدل على انه يركب باستمرار بشكل مساير للتوازن الديناميكي بين APG و RuDP.

في وجود الـ CO_2 وغياب الضوء:

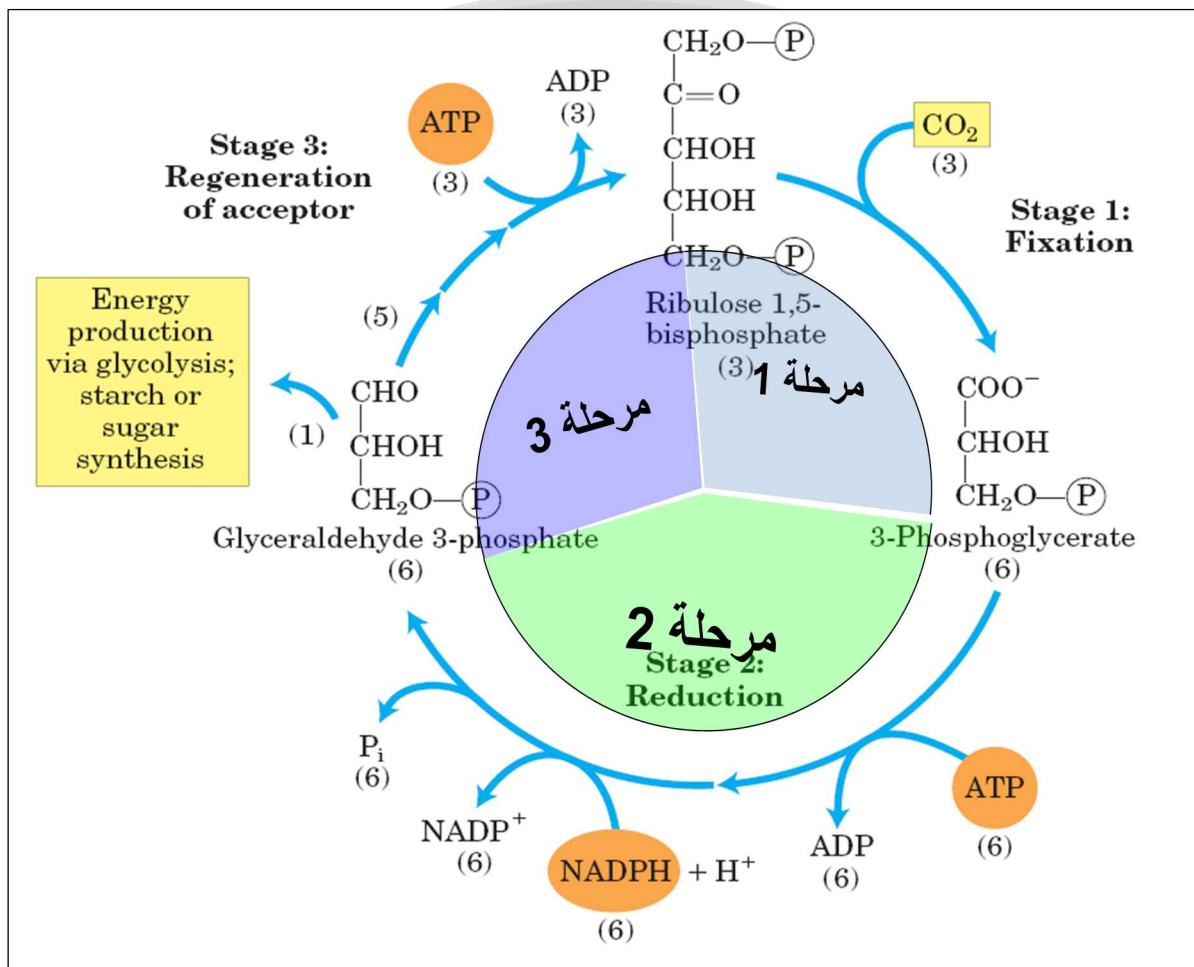
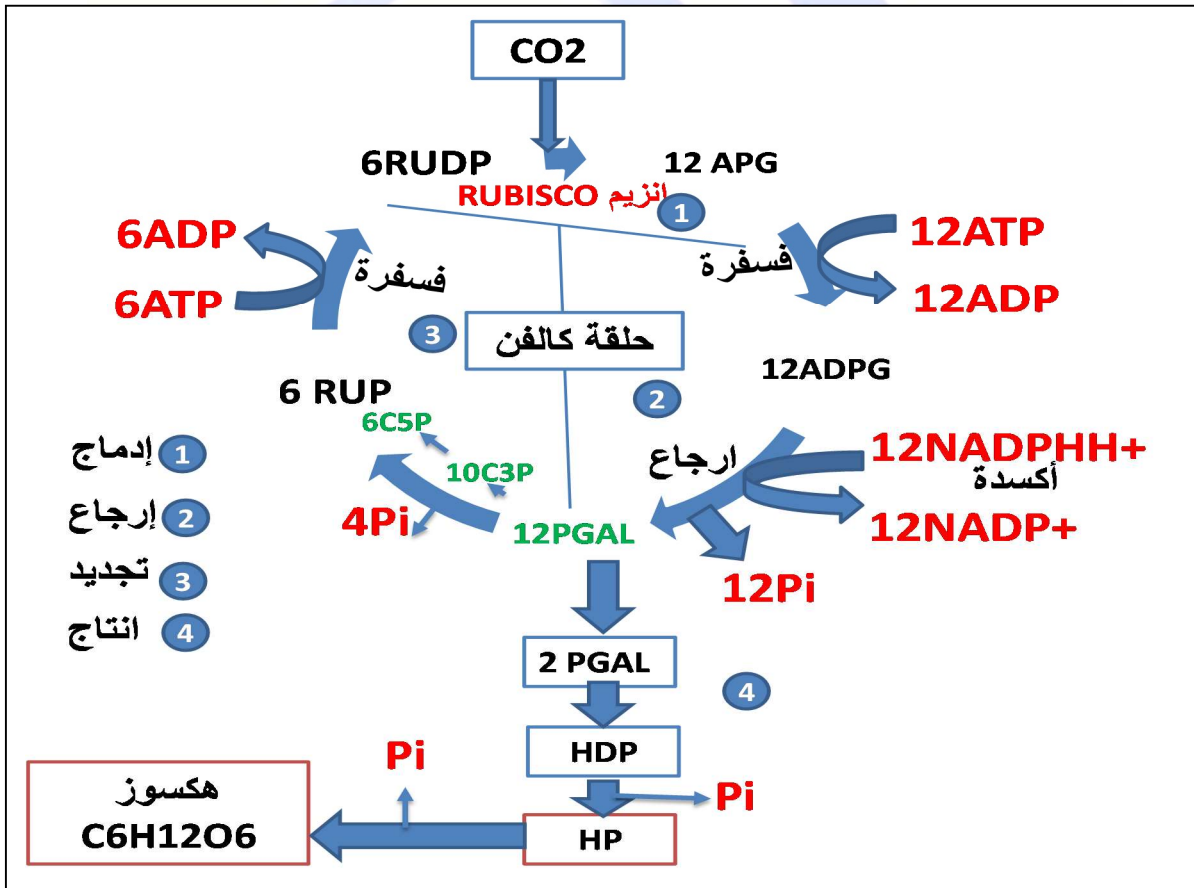
- تتزايد كمية الـ APG ثم تثبت، ويعود ذلك الى انه يركب ولا يستهلك لغياب الضوء.
- تتناقص كمية الـ RuDP حتى تنعدم، ويعود ذلك الى انه يستهلك ولا يركب لغياب الضوء.
- تساير العمليتين يدل على أن الضوء (نواتج التفاعل الكيموضوئي) ضروري لتركيب (تجديد) الـ RuDP انطلاقا من الـ APG.



- اقتراح مخطط بسيط يربط علاقة بين المركبات التي ظهرت في نتائج تجربة كالفن:

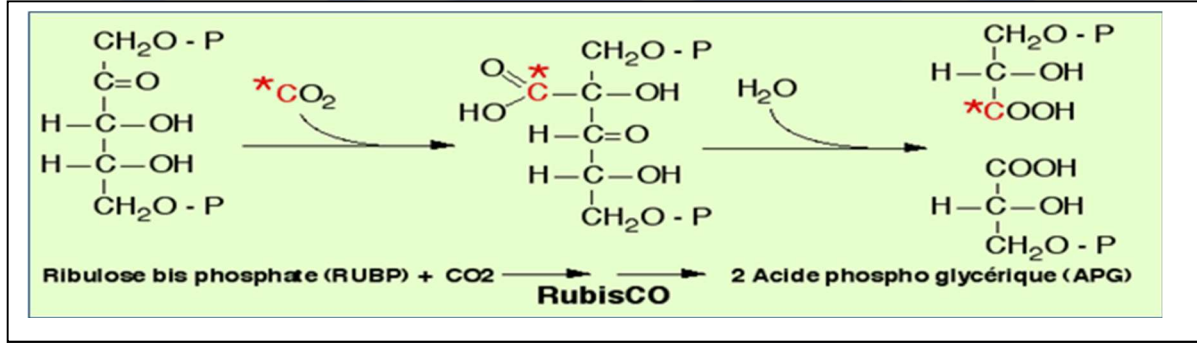


2- حلقة كالفن تسمح بإنتاج جزيئة من الهكسوز.

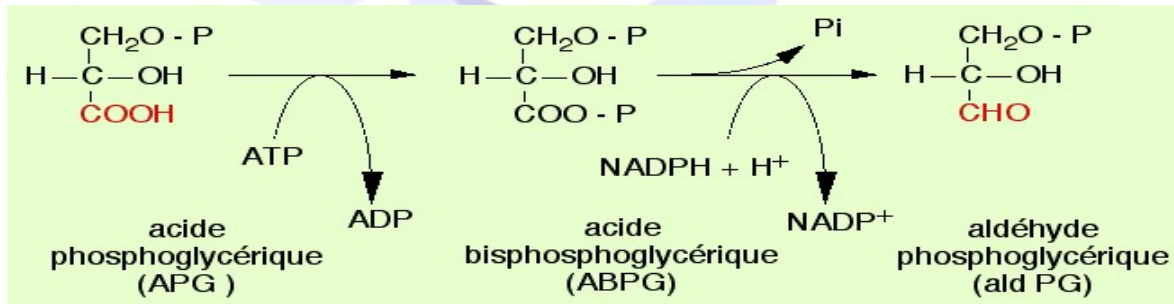


خلاصة آلية دمج ثاني أكسيد الكربون على مستوى الصانعة الخضراء .

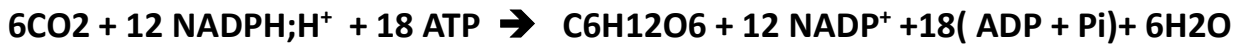
- يقوم أنزيم RUBISCO بتثبيت جزيئة CO₂ على جزيئة RUDP ليتشكل مركب سداسي الكربون سريع الانشطار الى 2APG



- تستعمل نواتج التفاعل الكيموضوي حيث ينشط APG بواسطة الـ ATP ثم يرجع الى سكر ثلاثي PGAL (فوسفو غليسرة الدهيد) باكسدة NADPH.H⁺.



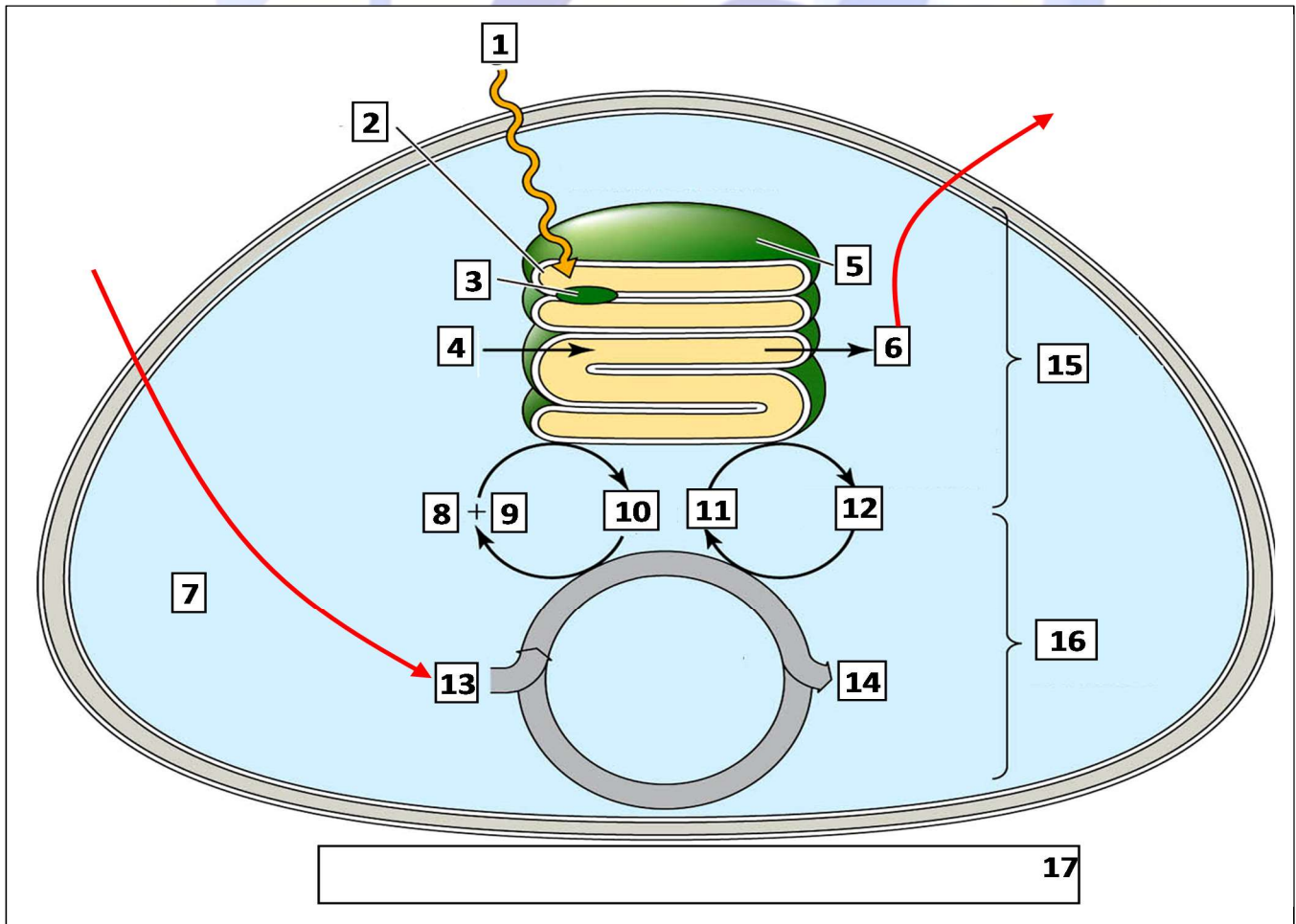
- يستعمل جزء من السكر الثلاثي في تجديد RUDP باستعمال المزيد من الـ ATP ويستعمل الجزء الاخر من السكر المرجع في تركيب السكريات سداسية الكربون (هكسوزات)، الاحماض الامينية، الدسم.
- معادلة التفاعل الكيمويوي



العلاقة بين التفاعل الكيموضوئي و الكيموحيوي

عند الخلايا النباتية الخضراء تعتبر الصانعة الخضراء ببنيتها الحجرية المميزة مقر عملية التركيب الضوئي التي تتضمن تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية كامنة. وفق تفاعلين أحدهما يتطلب طاقة ضوئية والآخر لا يتطلب ضوء.

- تمثل الوثيقة رسما تخطيطيا يوضح التكامل بين التفاعل الكيموضوئي والكيموحيوي لعملية التركيب الضوئي.



1- تعرف على البيانات المرقمة.

2- علل انطلاق الـ O_2 لفترة قصيرة ثم يتوقف عند تعريض صانعة خضراء للضوء وفي غياب الـ CO_2 ، وتثبيت الـ CO_2 وتركيب السكر لفترة قصيرة ثم يتوقف عند نقل الصانعات الخضراء من وسط به ضوء الى وسط مظلم لام مع وجود الـ CO_2 . دعم اجابتك بمعادلات كيميائية تبرز العلاقة التكاملية.

3- لخص في نص علمي العلاقة بين التفاعل الكيموضوئي والكيموحيوي. ثم انجز رسما تخطيطيا يبرز هذه العلاقة

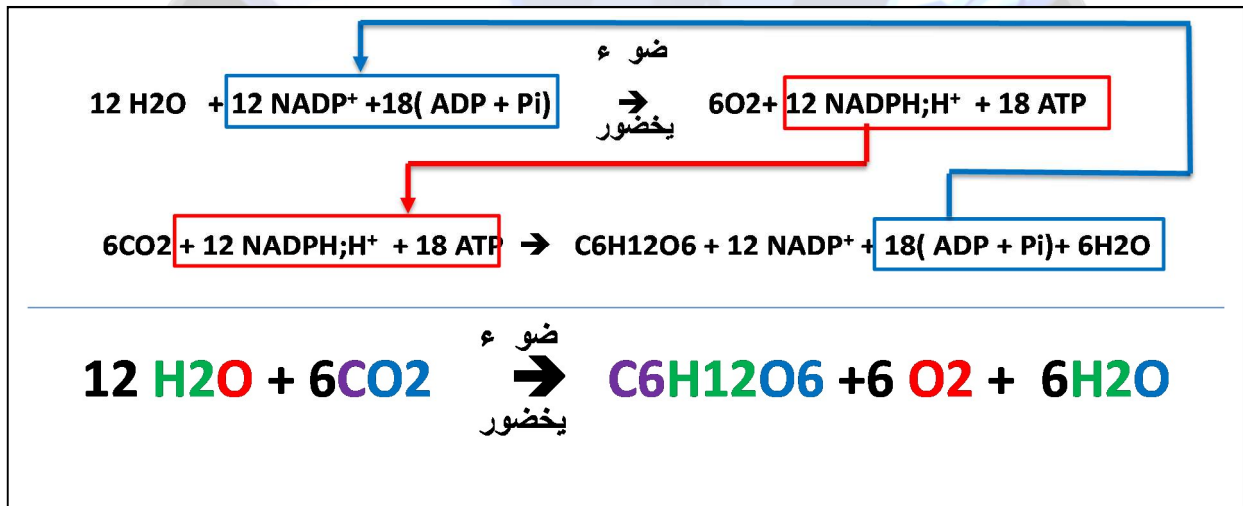
4- لخص في نص علمي العلاقة بين التفاعلين الكيمووضوئي والكيموحيوي مبرزاً التحولات الطاقوية التي تحدث على مستوى الصانعة الخضراء. ثم انجز رسماً تخطيطياً يبرز هذه العلاقة

الإجابة

1- البيانات المرقمة:

1= ضوء	=7 الحشوة	CO ₂ =13
2= غشاء التيلاكويد	=8 ADP	=14 سكر
3= نظام ضوئي	=9 Pi	=15 المرحلة الكيمووضوئية
4= H ₂ O	=10 ATP	=16 المرحلة الكيموحيوية
5=تيلاكويد (كبيس)	=11 NADP+	=17 مخطط يوضح التكامل بين مرحلتي التركيب الضوئي.
6=اكسجين	=12 NADPH,H ⁺	

2- انطلاق O₂ لفترة قصيرة فقط في غياب CO₂ يعود إلى توفر كمية من ADP و Pi و NADP⁺ استعملت في المرحلة الكيمووضوئية ولكنها لم تتجدد بسبب عدم حدوث المرحلة الكيموحيوية نظراً لغياب CO₂.
- تثبيت الـ CO₂ لفترة قصيرة ثم يتوقف يعود إلى توفير كمية محدودة من نواتج التفاعل الكيمووضوئي وعند نفاذها تتوقف حلقة كافن بسبب عدم إنتاجها في غياب الضوء.



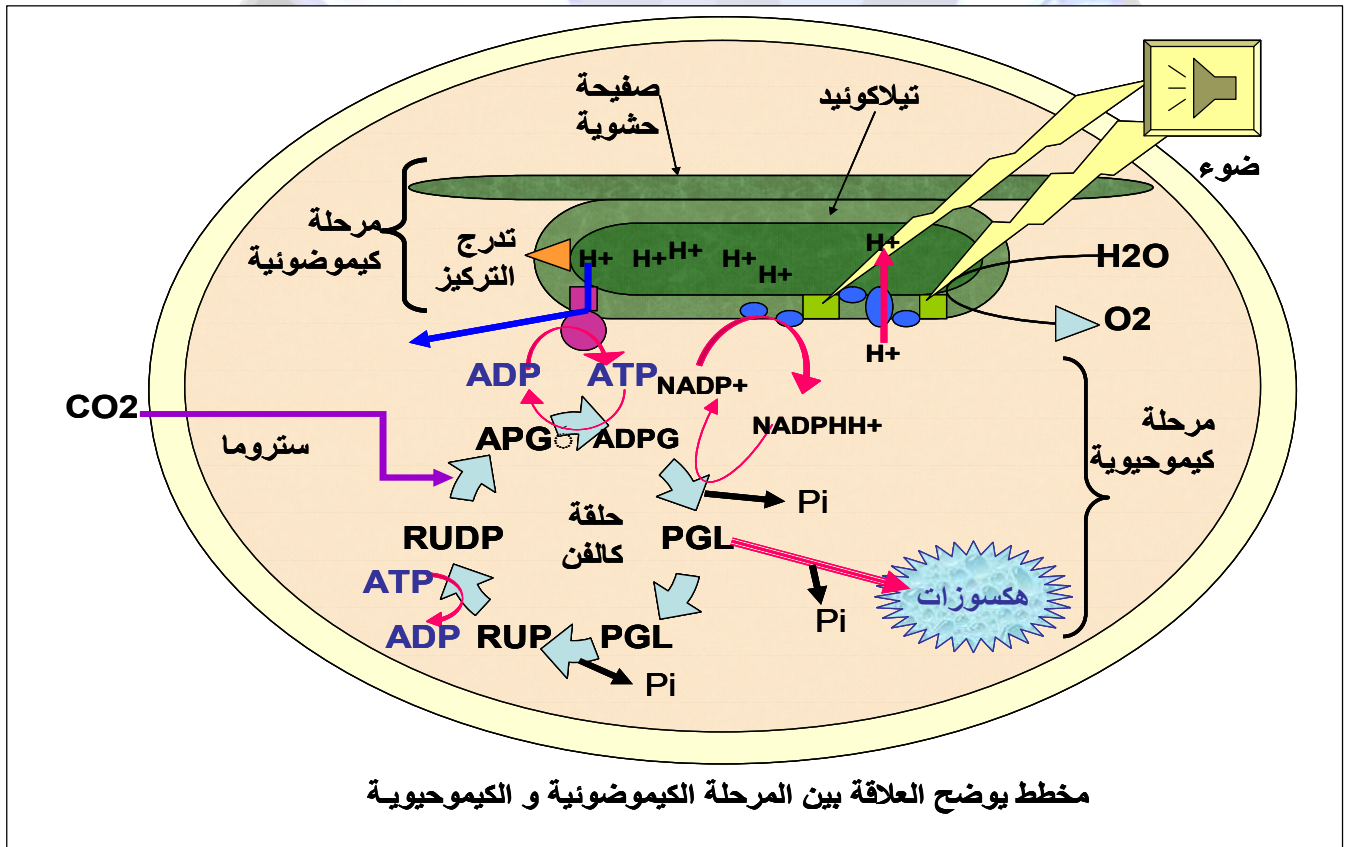
3- النص العلمي:

تحدث عملية التركيب على مستوى الصانعات الخضراء وفق تفاعلين متواليين ومتكاملين. مما يسمح بحدوث تحولات طاقة هامة. فكيف تسمح علاقة التكامل بين التفاعل الكيموضوئي و الكيموحيوي بتحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية كامنة؟

على مستوى التيلاكويد يحدث التفاعل الكيموضوئي بتدخل السلسلة التركيبية الضوئية التي تتكون من نظامين ضوئيين يعملان على استقبال الطاقة الضوئية وتحويلها الى إلكترونات محملة بالطاقة تنقلها سلسلة نواقل الإلكترونات مما يضمن اكسدة الماء مع انطلاق ثنائي الاكسجين و ارجاع مستقبل نهائي $NADP^+$ و تحويله الى $NADPH, H^+$ بالإضافة الى تدخل انزيم الـ ATP سنتاز. الذي يعمل على فسفرة الـ ADP بوجود P_i وتركيب الـ ATP (الفسفرة الضوئية) و بهذا يتم تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية في جزيئات أفضية وسيطية ($ATP, NADPH, H^+$).

تستعمل نواتج التفاعل الكيموضوئي في التفاعل الكيموحيوي الذي يحدث على مستوى الستروما، والذي يتم فيه تثبيت الـ CO_2 وارجاع المادة العضوية وفق حلقة من التفاعلات التي لا تتطلب الضوء وتسمى حلقة كالفن وبنسون بتدخل انزيمات نوعية أهمها RUBISCO و خلال ذلك يتم تحويل الطاقة الكيميائية في الجزيئات الايضية الوسيطة الى طاقة كيميائية كامنة في روابط الجزيئات العضوية كما يتم تجديد الـ $ADP, P_i, NADP^+$ الضرورية لاستمرار التفاعل الكيموضوئي. ان علاقة التكامل التي تربط بين التفاعلين الكيموضوئي والكيموحيوي هو ما يضمن استمرار عملية التركيب الضوئي بوجود الضوء والـ CO_2 وتوقف أحدهما يؤدي الى توقف الاخر وبالتالي توقف عملية التركيب الضوئي.

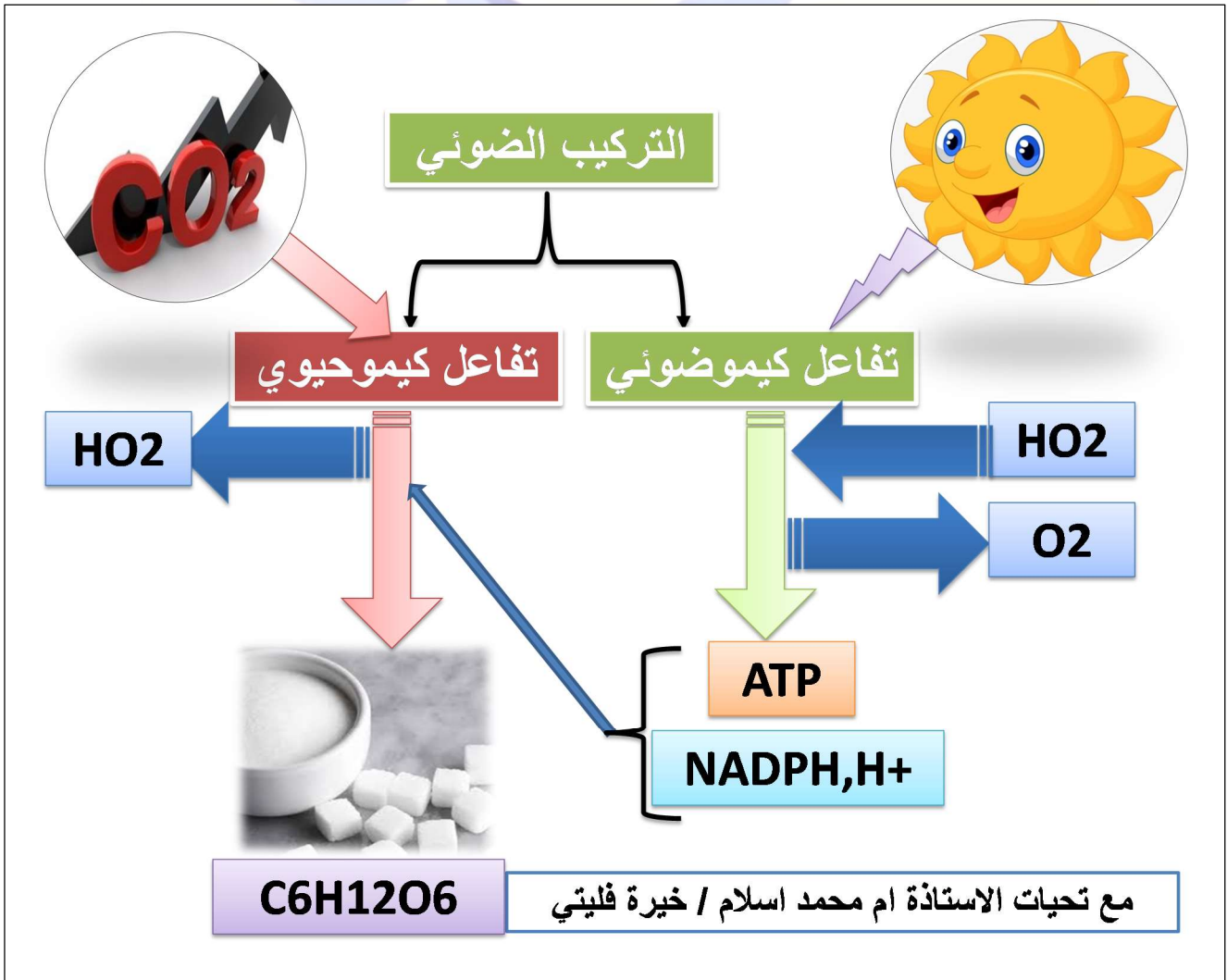
الرسم التخطيطي



قصة قصيرة تحدث داخل الصانعة الخضراء تتكرر مادام النور موجودا لتسعد جميع الكائنات الحية.

وكل صباح تستيقظ مسرعة صبغات اليخضور النائمة في اسرة الأنظمة الضوئية على هزات الفوتونات الضوئية فاقدة ثمارا الكترونية ما يلبث $NADP^+$ أن يلتقطها و يتحول الى $NADPH.H^+$ ، يفتح $PSII$ حنفية الماء ويعطي الاوامر لسكاكين الـ OEC (انزيم اكسدة الماء) لتحلل جزيئات الماء و تغذيه بثمار الكترونية عذبة و بينما ينطلق الـ O_2 مغردا في الهواء الطلق ترحب به الكائنات الحية ، تتراكم القشور البروتونية في تجويف المغسلة (التيلاكويد) و في جانب اخرها هي مروحيات الـ ATP سنناز تدور بحركة البروتونات مفسفرة الـ ADP تصرخ البذيرات انها الفسفرة الضوئية.

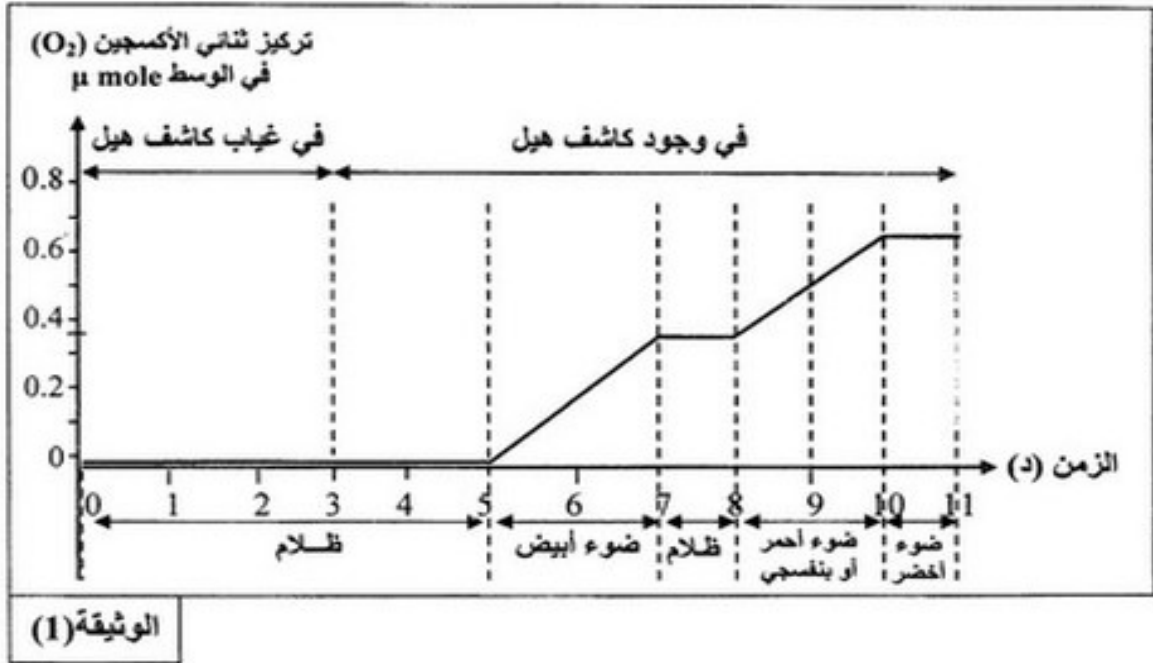
يستعد الـ CO_2 ليمسح ماضيه الاسود فيدخل مسرعا في عملية تجميلية كيميائية حيوية تثبته وتبيض وجهه وسرعان ما يبتسم داخل جزيئات السكر.



للمراجعة: تمرين مقترح في موضوع باك 2015

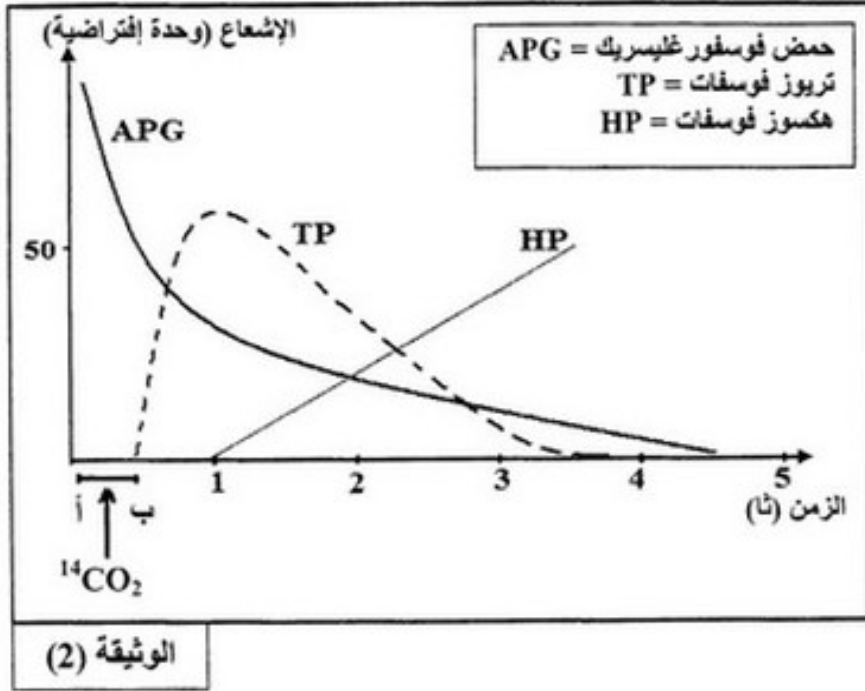
التمرين الثالث: (7 نقاط)

- الخلايا اليخضورية، بتغصبيها الخاص كائنات ذاتية التغذية وقادرة على تحويل الطاقة.
- I- الصانعات الخضراء عضيات سيتوبلازمية متخصصة تُحوّل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة.
- بيّن برسم عليه البيانات تبرز من خلاله أن الصانعة الخضراء عضيات ذات بنية ونشاط بيوكيميائي حجري.
- II- قصد التعرف على بعض آليات التركيب الضوئي أنجزت خطوات تجريبية باستعمال التجريب المدعم بالحاسوب (EXAO) على معلق صانعات خضراء مفتوحة الغلاف موضوعة ضمن مفاعل حيوي خال من CO_2 ومصدر إشعاعات ضوئية مختلفة وكاشف هيل (Hill) وهو محلول مؤكسِد يحتوي على شوارد الحديد Fe^{3+} .
- الشروط والنتائج التجريبية مبينة في الوثيقة (1):

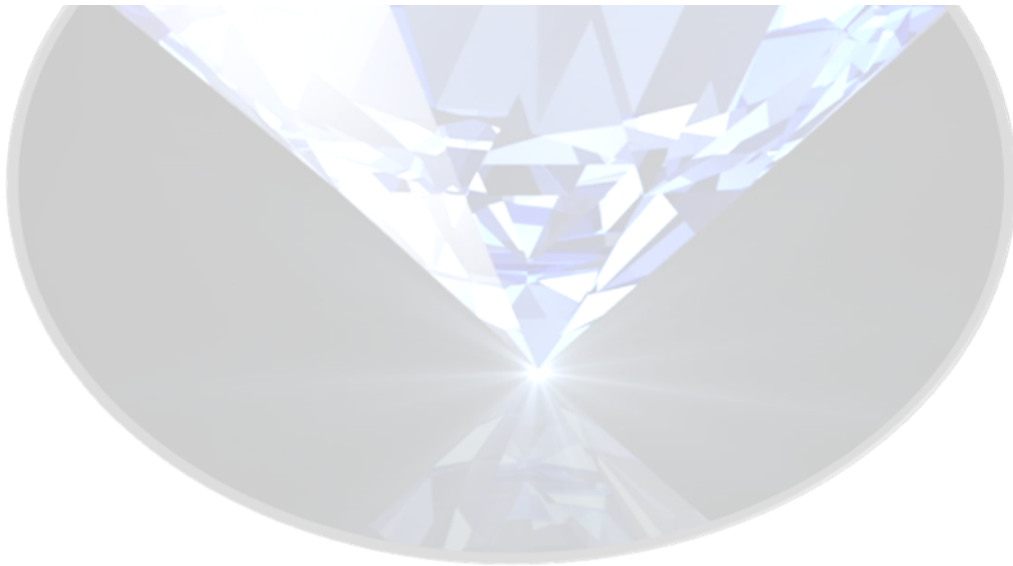


- 1- أ- حلّل النتائج الممثلة في الوثيقة (1).
- ب- استنتج الشروط التجريبية اللازمة لحدوث تفاعلات المرحلة الكيموضوئية في الكيس (التيلاكويد).
- ج- وضّح تسلسل آليات هذه المرحلة في الحالة الطبيعية.
- 2- اكتب المعادلة الإجمالية للمرحلة الكيموضوئية في الحالة الطبيعية.
- 3- ما أهمية هذه التجربة بخصوص إظهار ما يلي:
- أ- علاقة أكسدة الماء بتثبيت CO_2 .
- ب- مصدر الأوكسجين المنطلق أثناء عملية التركيب الضوئي.
- ج- مراحل التركيب الضوئي.

III- يُزود معلق أشنات خضراء بـ $^{14}\text{CO}_2$ (المشع) خلال الفترة الزمنية [أ - ب] الموضحة في الوثيقة (2)، ويُقاس تغير نسبة الإشعاع بدلالة الزمن لثلاث أنواع من المركبات العضوية هي: TP, HP, APG. النتائج ممثلة في الوثيقة (2).

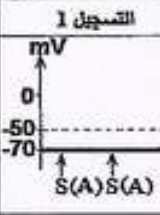
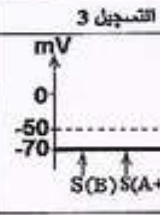
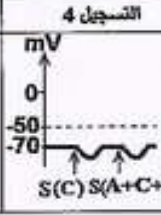
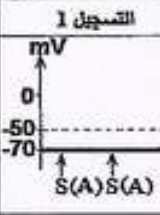
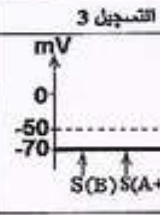
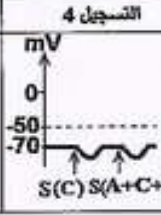
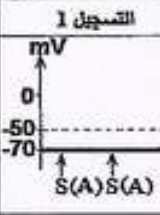
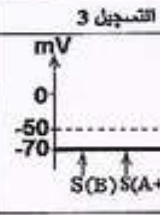
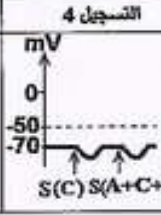


- 1- ما هي المعلومات الأساسية المستخرجة من نتائج الوثيقة (2)؟ ماذا تستخلص؟
- 2- مما سبق ومن معلوماتك المكتسبة في القسم، بيّن بمخطط التفاعلات الأساسية للمرحلة الكيموحيوية.



الإجابة

(تابع) الإجابة النموذجية وسلم التنقيط لاختبار مادة: علوم الطبيعة والحياة الشعبة: علوم تجريبية

0.50	0.25 2x	2- استنتاج أثر العصبونات قبل مشبكية (A, B, C) على العصبون المحرك: - العصبون قبل مشبكي (A) و العصبون قبل مشبكي (B) عصبونان منبهان للعصبون المحرك. - العصبون قبل مشبكي (C) عصبون مثبط للعصبون المحرك.										
1	0.25 4x	III - رسم التسجيلات : <table border="1"> <thead> <tr> <th>المستقبلات</th> <th>التسجيل 1</th> <th>التسجيل 2</th> <th>التسجيل 3</th> <th>التسجيل 4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>ملاحظة: للتوضيح فقط (حقن أنزيم الأستيل كولين إستيراز في المشبكين (1) و(3) يفك الأستيل كولين ولا يؤثر على الـ GABA في المشبك (2)، لذلك يبقى لفرط استقطاب في التسجيل (4) ولا نسجل أي زوال الاستقطاب).</p> <p>التمرين الثالث: (7 نقاط)</p> <p>I - رسم تخطيطي يبرز أن الصانعة الخضراء ذات بنية ونشاط بيوكيميائي حجري.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">  <p>رسم تخطيطي لما فوق بيئة الصانعة الخضراء يبرز بنيتها ونشاطها الكيموحيوي الحجري</p> </div>	المستقبلات	التسجيل 1	التسجيل 2	التسجيل 3	التسجيل 4	R1				
المستقبلات	التسجيل 1	التسجيل 2	التسجيل 3	التسجيل 4								
R1												
1.25	0.25 5x	II 1- أ- تحليل نتائج الوثيقة (1) - من 0 إلى 5 د: في الظلام و في غياب أو بوجود كاشف هيل (مؤكسد يحتوي Fe^{3+})، يبقى تركيز ثنائي الأوكسجين (O_2) معدومة في الوسط. - من 5 إلى 7 د: في وجود الضوء الأبيض وكاشف هيل يتزايد تركيز الـ O_2 في الوسط ليصل إلى القيمة $0.3(\mu mole)$. - من 7 إلى 8 د: في الظلام وبوجود كاشف هيل يبقى تركيز الـ O_2 ثابتا عند القيمة $0.3(\mu mole)$. - من 8 إلى 10 د: في وجود ضوء أحمر أو بنفسجي وكاشف هيل يتزايد تركيز الـ O_2 ليصل إلى $0.65(\mu mole)$. - من 10 إلى 11 د: في وجود ضوء أخضر وكاشف هيل يبقى تركيز الـ O_2 ثابتا عند القيمة $0.65(\mu mole)$.										
0.5	0.25 2x	ب- الاستنتاج: الشروط التجريبية اللازمة لحدوث تفاعلات المرحلة الكيموضونية: - توفر الضوء الأبيض (الإشعاعات الحمراء أو البنفسجية). - وجود مستقبل للإلكترونات الاصطناعي التجريبي (Fe^{3+}) في الوسط.										

(تابع) الإجابة النموذجية وسلم التنقيط لاختبار مادة: علوم الطبيعة والحياة الشعبة: علوم تجريبية

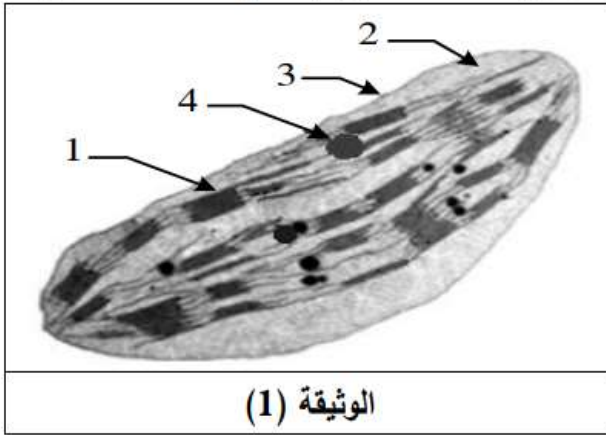
0.75	0.25 3x	<p>ج- توضيح تسلسل الآليات في الحالة الطبيعية: عند تعرض الصانعات الخضراء للضوء الأبيض (الفوتونات) ويوجد المستقبل النهائي الطبيعي الفيزيولوجي للإلكترونات (NADP⁺)، تحدث تفاعلات أكسدة وإرجاع على مستوى الكيبس (الغشاء)، حيث تتأكسد الأنظمة الضوئية مسببة أكسدة الماء فيتححرر الـ O₂ والبروتونات (H⁺) والإلكترونات (e⁻) التي تستقبل في نهاية السلسلة التركيبية الضوئية بواسطة المستقبل النهائي NADP⁺ (حالة مؤكسدة) الذي يرجع إلى NADPH.H⁺ (حالة مرجعة).</p>
0.75	0.25 3x	<p>2- كتابة المعادلة الإجمالية للمرحلة الكيموضوئية:</p> $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NADP}^+ + (\text{ADP} + \text{P}_i) \xrightarrow[\text{يخضور}]{\text{ضوء}} \text{O}_2 + 2(\text{NADPH.H}^+) + \text{ATP}$
0.75	0.25 3x	<p>3- أهمية هذه التجربة بخصوص إظهار ما يلي:</p> <p>أ- علاقة أكسدة الماء بتثبيت CO₂: التجربة تبين أن أكسدة الماء تتوقف على وجود الضوء، أكسدة الماء تمت في غياب CO₂ فهي غير مرتبطة مباشرة بتثبيت CO₂.</p> <p>ب - مصدر الأكسجين المنطلق أثناء عملية التركيب الضوئي: التجربة تبين أنه في غياب CO₂ ينطلق O₂، لذلك فمصدر O₂ المنطلق أثناء عملية التركيب الضوئي ينتج عن أكسدة الماء.</p> <p>ج - مراحل التركيب الضوئي: التجربة تبين أن عملية التركيب الضوئي تتم في مرحلتين منفصلتين: - مرحلة كيموضوئية حدثت فيها أكسدة الماء وإرجاع المستقبل (كاشف هيل). - ومرحلة كيموجيوية لم تحدث لغياب CO₂.</p>
1	0.25 3x	<p>III -1- المعلومات الأساسية المستخرجة:</p> <p>- جزيئات الـ APG هي أول جزيئة عضوية تتركب بعد تثبيت CO₂ في الجزيئات العضوية.</p> <p>- جزيئات APG تتحول إلى جزيئات TP.</p> <p>- جزيئات TP تتحول إلى جزيئات HP.</p>
1	0.25 4x	<p>● الاستخلاص : أثناء المرحلة الكيموجيوية يثبت CO₂ خلال مركبات أبيضية ومبسطة لتركيب المادة العضوية حيث تتكون جزيئات APG كأول مركب عضوي ثم يحول إلى TP الذي يُشكل HP.</p> <p>2- مخطط التفاعلات الأساسية للمرحلة الكيموجيوية (حلقة كالفن):</p>

باك دورة 2016

التمرين الثاني: (07 نقاط)

تمتلك الخلية عضيات يتم على مستواها ظواهر طاقوية ضرورية لحياتها، والدراسة التالية تهدف لتوضيح بعض جوانب ذلك على مستوى ما فوق البنية الخلوية.

I-1- تمثل الوثيقة (1) ما فوق البنية الخلوية لعضية تعتبر مقر مجموع التفاعلات الكيميائية التي تحدث أثناء تحويل



الطاقة خلال ظاهرة بيولوجية معينة.

أ- تعرّف على هذه العضية.

ب- اكتب بيانات العناصر المرقمة.

2- أ- حدّد نمط التحويل الطاقوي الذي يحدث على مستوى هذه العضية.

ب- ما هي الظاهرة البيولوجية المعنية؟ اكتب معادلتها الإجمالية.

II- يؤدي كل من العنصر (1) و (2) للوثيقة (1) وظيفة خاصة في سيرورة الظاهرة المدروسة بفضل تركيبهما الجزيئي النوعي، يمثل الشكل (أ) للوثيقة (2) جزيئة من العنصر (1) بينما الشكل (ب) من الوثيقة (2) يوضح أحد أنزيمات العنصر (2) أثناء نشاطه.

<p>الأنزيم (E)</p> <p>الشكل (ب)</p>	<p>الوثيقة (2)</p>	<p>الشكل (أ)</p>
-------------------------------------	--------------------	------------------

1- تنشط جزيئة الشكل (أ) تفاعلا أساسيا خلال مرحلة من الظاهرة المدروسة.

أ- تعرّف على جزيئة الشكل (أ) محددا طبيعتها الكيميائية.

ب- سمّ المرحلة المعنية واكتب معادلتها الكيميائية.

2- أجريت تجربة على العنصر (1) من الوثيقة (1) في الظلام بوجود ADP و Pi بكمية كافية، المراحل والشروط والنتائج موضحة في الجدول التالي:

المرآحل	الشروط التجريبية	النتائج
①	. يوضع العنصر (1) من الوثيقة (1) وسطه الداخلي حامضي في وسط قاعدي.	. تدفق H^+ . تركيب الـ ATP
②	. يوضع العنصر (1) من الوثيقة (1) وسطه الداخلي حامضي في وسط حامضي بنفس درجة الحموضة.	. عدم تدفق H^+ . عدم تركيب الـ ATP
③	. نعيد المرحلة (1) بعد نزع الجزء (س) لجزئية الشكل (أ).	. تدفق H^+ . عدم تركيب الـ ATP
④	. نعيد المرحلة (1) مع إضافة Fluoro-aluminate (FAL) التي ترتبط في مكان تثبيت الـ ADP على مستوى الجزء (س) لجزئية الشكل (أ).	. تدفق H^+ . عدم تركيب الـ ATP
⑤	. نعيد المرحلة (1) مع إضافة dicyclohexylcarbodiimide (DCCD) التي ترتبط بالجزء (ع) لجزئية الشكل (أ).	. عدم تدفق H^+ . عدم تركيب الـ ATP

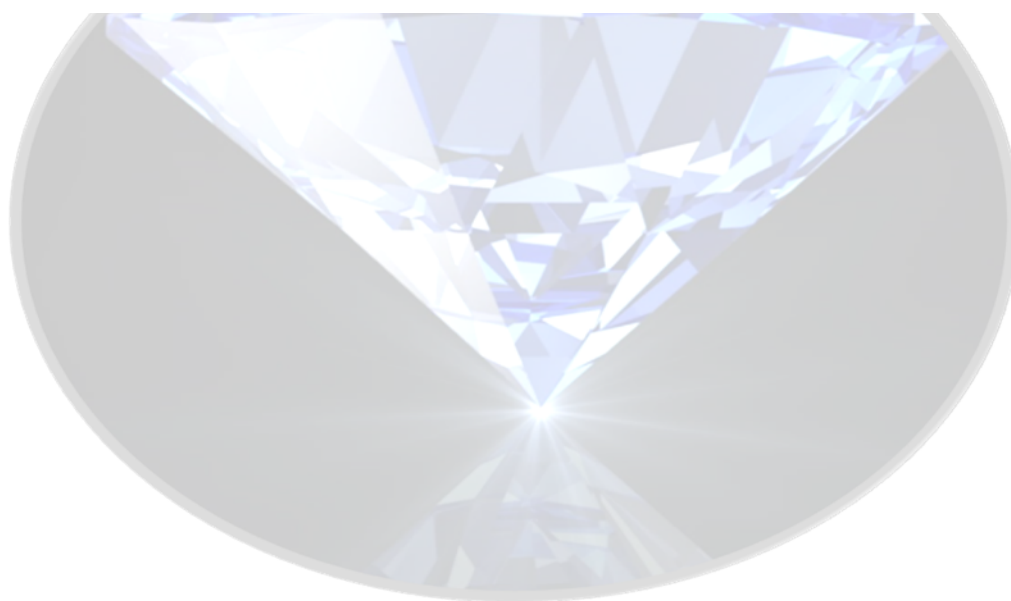
3- يتدخل الأنزيم (E) للشكل (ب) من الوثيقة (2) في المرحلة التي تلي المرحلة السابقة في الظاهرة المدروسة.

أ- تعرف على الأنزيم (E) ثم حدّد مادة تفاعله (الركيزة S) والنتاج المتحرر (P).

ب- حدّد المرحلة التي يتدخل فيها الأنزيم (E).

ج- يتوقف استمرار عمل الأنزيم (E) على نشاط جزئية الشكل (أ)، بيّن ذلك وحدد دور الأنزيم (E) في هذه الظاهرة.

III- من معلوماتك ومما سبق، وضح برسم تخطيطي آلية تحويل الطاقة خلال الظاهرة البيولوجية المدروسة.



التمرين الثاني: (07 نقاط)		
1.25	0.25 4x0.25	<p>I-1-أ- التعرف على العضية: الصانعة الخضراء.</p> <p>ب- كتابة بيانات العناصر المرقمة: 1 - تيلاكوييد (كبيس). 2 - الحشوة (Stroma). 3 - غلاف البلاستيدة. 4 - حبيبات نشاء.</p>
0.75	0.25 0.25 0.25	<p>2- أ- تحديد نمط التحويل الطاقي الذي يحدث في الصانعة الخضراء:</p> <p>تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة في المادة العضوية مخزنة في الروابط الكيميائية</p> <p>ب- الظاهرة البيولوجية المعنية: التركيب الضوئي.</p> <p>- كتابة المعادلة الإجمالية للظاهرة البيولوجية:</p> $6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{يخضور}]{\text{ضوء}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
1	0.25 0.25 0.25 0.25	<p>II-1- أ- التعرف على الجزيئة: هي الكرية المذبذبة ATP synthétase.</p> <p>- الطبيعة الكيميائية للجزيئة: جزيئة بروتينية.</p> <p>ب- اسم المرحلة: المرحلة الكيموضوئية.</p> <p>- كتابة المعادلة الكيميائية للمرحلة الكيموضوئية:</p> $12\text{H}_2\text{O} + 12\text{NADP}^+ + 18(\text{ADP} + \text{P}_i) \xrightarrow[\text{يخضور}]{\text{ضوء}} 12\text{NADPH.H}^+ + 18\text{ATP} + 6\text{O}_2$ <p>تقبل المعادلة:</p> $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NADP}^+ + \text{ADP} + \text{P}_i \xrightarrow[\text{يخضور}]{\text{ضوء}} 2\text{NADPH.H}^+ + \text{ATP} + \text{O}_2$
1.25	0.25	<p>2- أ- تليل سبب إجراء التجربة في الظلام: لمنع أكسدة الماء وانتقال (H+) التي تتم بوجود الضوء وبالتالي التحكم في الشروط التجريبية الخاصة بدرجة الـ pH.</p>
	4x0.25	<p>ب- المعلومات المستخلصة من النتائج التجريبية:</p> <ul style="list-style-type: none"> • يتطلب تشكيل الـ ATP: - أن يكون pH داخل التيلاكوييد أصغر من pH الوسط الخارجي (وجود تدرج في تركيز H⁺) - وجود وسلامة الكريات المذبذبة الأنزيم المركب للـ ATP • الكريات المذبذبة أنزيم ATP synthétase يشتمل على: - الجزء (ع) ممرا لتدفق H⁺ نحو الحشوة. - الجزء (س) خاص بفسفرة الـ ADP.
1.50	3x0.25 0.25 0.25 0.25	<p>3- أ- التعرف على الأنزيم (E): الريبولوز ثنائي الفوسفات كربوكسيلاز (RubisCO).</p> <p>- مادة تفاعله (الركيزة S): الريبولوز ثنائي الفوسفات Rudip.</p> <p>- الناتج (P) المتحرر: جزيئتان من حمض الفوسفوغليسريك APG.</p> <p>ب- المرحلة التي يتدخل فيها الأنزيم (E): المرحلة الكيموحيوية.</p> <p>ج- التبيان: تُنتج الكرية المذبذبة الـ ATP الضروري لتجديد ركيزة أنزيم RubisCO وهي Rudip.</p> <p>- دور أنزيم RubisCO في عملية التركيب الضوئي: يُثبت CO₂ في الحشوة فيدمج بذلك الكربون المعدني في المادة العضوية الناتجة عن التركيب الضوئي.</p>
1.25	5x0.25	<p>III- الرسم التخطيطي:</p>

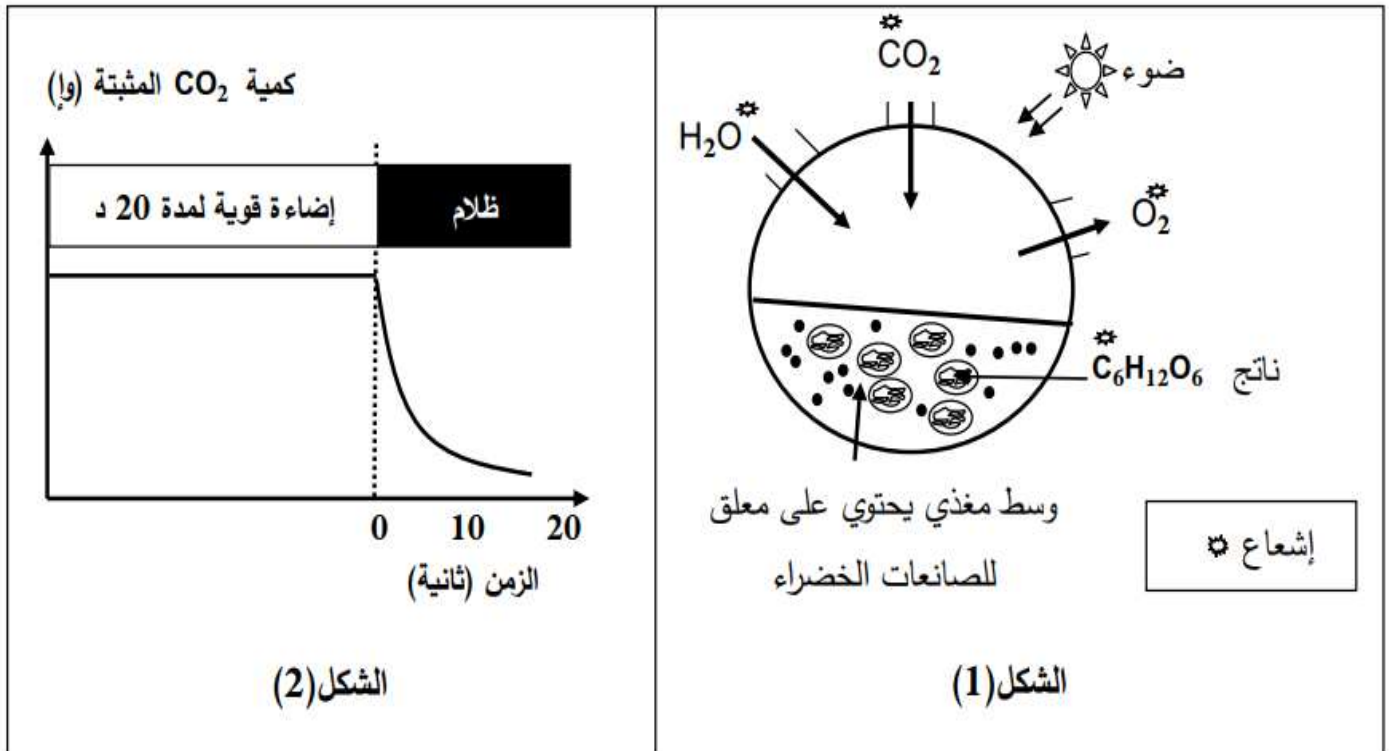
باك دورة 2017

التمرين الثالث: (08 نقاط)

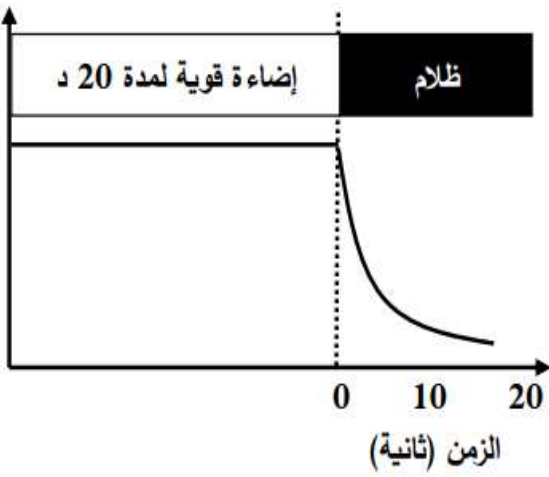
تعتبر النباتات الخضراء مقرا لظاهرة حيوية تسمح بتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة في جزيئات المادة العضوية وفق سلسلة من التفاعلات الحيوية الخلوية.

I- بهدف معرفة مراحل هذه الظاهرة وشروطها نجري التجارب التالية:

1) الشكل (1) من الوثيقة 1 يمثل التركيب التجريبي والنتائج المحصل عليها باستعمال معلق لصانعات خضراء.



كمية CO_2 المثبتة (وا)



الوثيقة 1

أ) استخراج المعلومات التي تقدمها نتائج تجربة الشكل (1) من الوثيقة 1.

ب) سمّ الظاهرة المدروسة في الشكل (1) من الوثيقة 1.

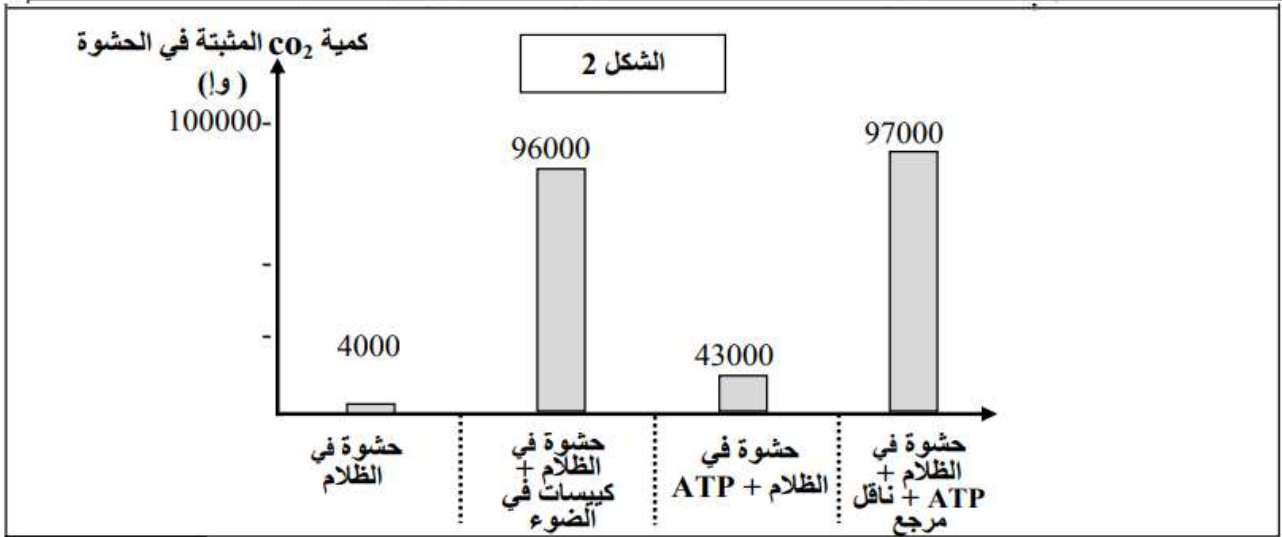
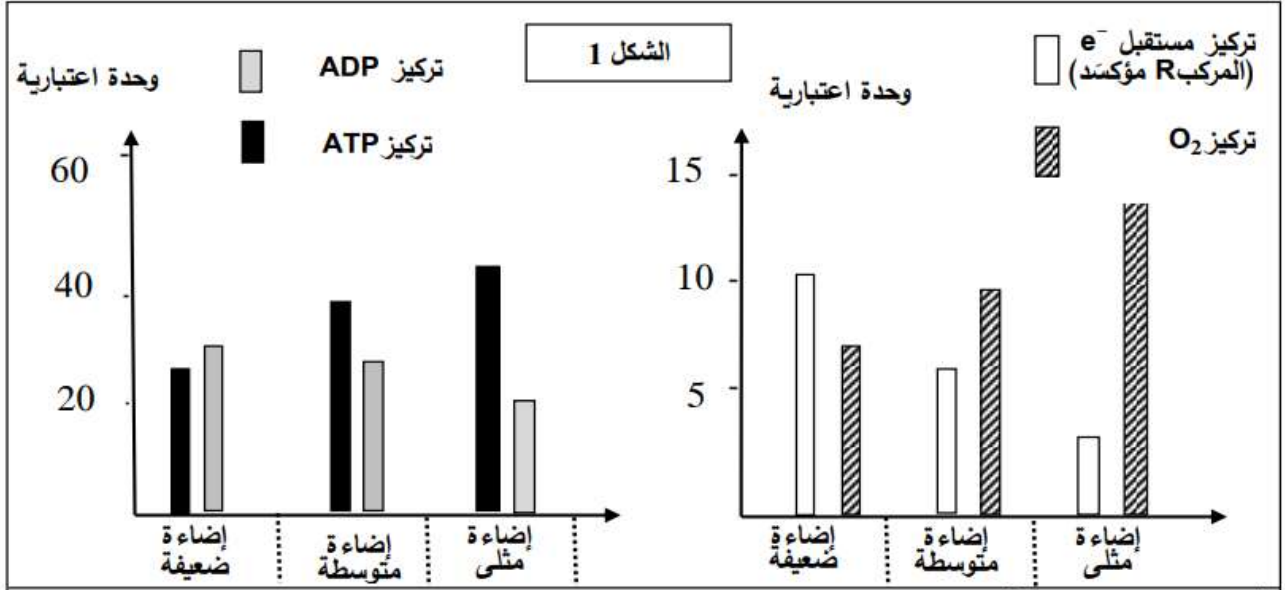
ج) اكتب المعادلة الإجمالية التي تعبر عن الظاهرة المدروسة.

2) الشكل (2) من الوثيقة 1 يمثل نتائج تجريبية لدراسة على أشنة خضراء (الكلوريللا) في وسط مناسب غني

ب CO_2 وفي درجة حرارة ثابتة مع تعريضه لفترة إضاءة قوية ثم نقله إلى الظلام مع قياس كمية CO_2 المثبتة.

- حلّ المنحنى وماذا تستنتج؟

- II- لتحديد بعض تفاعلات ونتائج مراحل الظاهرة السابقة نستعرض التجريبتين التاليتين:**
- التجربة 1:** يُعَرَّضُ معلق من الصانعات الخضراء في درجة حرارة 25° لشدة إضاءة مختلفة، يتم إيقاف التفاعلات الحيوية بعد كل ثلاث دقائق ويقاس تركيز كل من الـ ATP ، الـ ADP ، المركب R مؤكسدا (مستقبل الكترولونات) وتركيز غاز الـ O₂. النتائج موضحة في الشكل (1) من الوثيقة 2.
- التجربة 2:** عُرضت صانعات معزولة لشدة إضاءة مثلى ولمدة كافية في وجود CO₂ ثم تمّت تجزئتها. زُوِّدت الحشوة بـ CO₂ ذي الكربون المشع، الشروط التجريبية والنتائج ممثلة بالشكل (2) من الوثيقة 2.



- 1- أ) فسر النتائج التجريبية الممثلة بالشكل (1) من الوثيقة 2 مع إبراز نتائج المرحلة المعنية.**
- ب) لخص بمعادلات كيميائية مختلف التفاعلات التي تسمح بتشكيل نواتج هذه المرحلة.**
- 2- باستغلال نتائج التجربة 2 استنتج المرحلة المعنية من الظاهرة المدروسة؛ مقرها وشروط حدوثها.**

III- من خلال نتائج الدراسة السابقة ومعلوماتك المكتسبة أنجز رسما تخطيطيا وظيفيا تبرز فيه العلاقة بين مراحل الظاهرة المعنية في هذه الدراسة.

انتهى الموضوع الأول

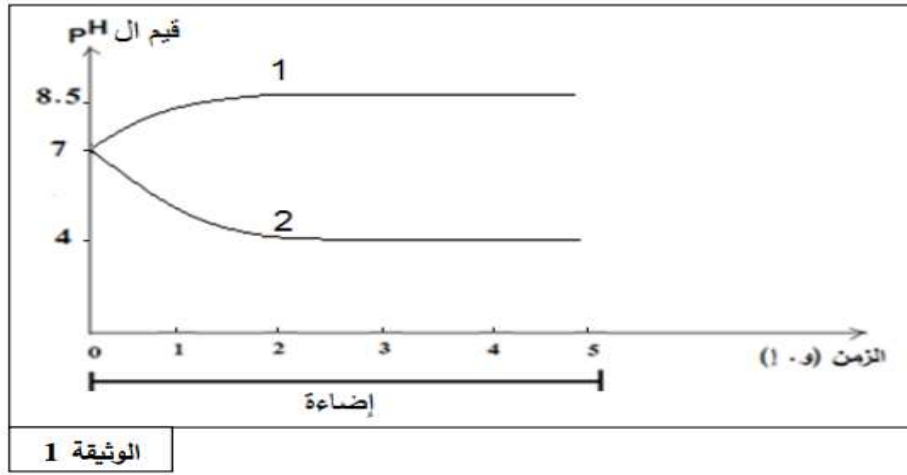
0.75	3×0.25	<p>التمرين الثالث: (08 نقاط) I - 1 - أ) المعلومات المستخرجة : - في وجود CO_2 والماء تقوم الصانعة الخضراء المعرضة للضوء بتكوين مادة عضوية و تحرير ثنائي الاكسجين. - مصدر ثنائي الأوكسجين المنطلق هو الماء - مصدر كربون المادة العضوية هو غاز الفحم الممتص</p>
0.5	0.5	<p>ب) الظاهرة المدروسة : التركيب الضوئي أو تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كاملة</p>
0.5	0.5	<p>ج) المعادلة الإجمالية للتركيب الضوئي : $6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{بخصور}]{\text{ضوء}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$</p>
1	2×0.25 0.5	<p>2) تحليل المنحنى: (مؤشرات الإجابة: الشروط، النتائج، العلاقات) - في وسط غني بغاز الفحم و إضاءة قوية يثبت غاز الفحم بكمية عالية وثابتة - عند النقل مباشرة إلى وسط مظلم يستمر تثبيت غاز الفحم بكميات متناقصة لمدة 20 ثا ومنه استمرار تثبيت الـ CO_2 لا يتطلب ضوء مباشرة وتوقف تثبيته بعد 20 ثا يدل على ضرورة نواتج مرحلة سابقة. الاستنتاج : يتم التركيب الضوئي وفق مرحلتين؛ مرحلة كيميوضوئية تحتاج تفاعلاتها للضوء و مرحلة كيميوضوية لا تحتاج تفاعلاتها للضوء .</p>
1.5	0.5×3	<p>II - 1 - أ) تفسير النتائج التجريبية للشكل (1) : - يفسر تناقص الـ ADP و تزايد الـ ATP عند زيادة شدة الإضاءة بفسفرة الـ ADP إلى الـ ATP. - يفسر تناقص المؤكسد R و تزايد كمية O_2 المنطلق عند زيادة شدة الإضاءة بأكسدة الماء و انطلاق O_2 و تحرر إلكترونات ترجع المستقبل (المؤكسد R).</p>
0.75	3×0.25 تقبل المعادلة بدون H_2O	<p>ب- المعادلات الكيميائية لمختلف تفاعلات المرحلة الكيميائية : 1- التحلل الضوئي للماء: $O_2 + 4H^+ + 4e^- \xrightarrow[\text{بخصور}]{\text{ضوء}} 2H_2O$ 2- ارجاع النواقل : $2NADP^+ + 4e^- + 4H^+ \rightarrow 2(NADPH.H^+)$ (يمكن استبدال $NADP^+$ بـ R) أو $2NADP^+ + 4e^- + 2H^+ \rightarrow 2NADPH$ 3- الفسفرة الضوئية للـ ADP: $ADP + Pi + E \rightarrow ATP + H_2O$: سنتاز ATP</p>
1	0.25 × 2 0.5	<p>2- المرحلة المعنية هي المرحلة الكيميائية / مقرها : الحشوة شروطها : CO_2، نواتج المرحلة الكيميائية (ATP ، نواقل مرجعة)</p>
2	0.5 تفاعلات المرحلة الكيميوضوية 0.5 تفاعلات المرحلة الكيميوضوية 0.5 للعلاقة 0.5 للشكل	<p>III - الرسم التخطيطي الوظيفي</p> <p>مخطط يوضح العلاقة بين المرحلتين</p>

التمرين الثاني: (07 نقاط)

تتخصص عضيات خلوية مثل الصانعة الخضراء والميتوكوندري في توفير طاقة قابلة للاستعمال وفق شروط يُطلَبُ تحديدها من خلال الدراسات التالية:

الجزء 1:

- عُزِلَتْ صانعات خضراء مفتوحة الغلاف ووضعت في وسط خال من CO_2 و معرضة للضوء يُضافُ إليه باستمرار $NADP^+$ و ADP و Pi . فلو حظ انطلاق O_2 ، إلا أنه لم يتم اصطناع الجزيئات العضوية. إذا أعيدت التجربة السابقة مع إضافة كمية محدودة من $NADP^+$ و ADP و Pi ، فإنه بعد مدة يتوقف انطلاق O_2 وعند تزويد الوسط بـ CO_2 ينطلق O_2 من جديد ويتم بناء المادة العضوية. - أنشئ علاقة بين المواد المضافة وانطلاق الـ O_2 وتركيب المادة العضوية.
- في تجربة أخرى وُضِعَ مُعلَقُ تيلاكوييدات في أنبوب اختبار يحتوى على وسط حيوي تركيبه مماثل للستروما وُعْرضَ للضوء ثم قيسَ تغير قيمة الـ pH في كل من تجويف التيلاكوييدات والوسط المحيط بها. النتائج المتحصل عليها توضحها الوثيقة (1).

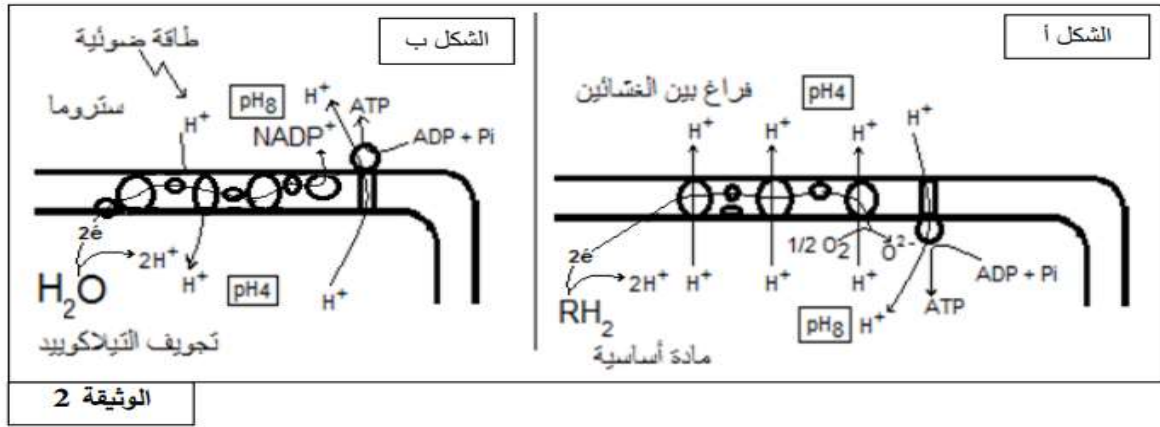


أ) انسب كل منحنى إلى الوسط المناسب له.

ب) فسّر تغير قيم الـ pH.

ج) إذا علمت أن تغير قيم الـ pH يرافقه إنتاج الـ ATP، اقترح فرضية تفسر بها تشكل الـ ATP.

الجزء 2: تمثل الوثيقة (2) آلية تشكل الطاقة القابلة للاستعمال على مستوى ما فوق بنية الصانعة الخضراء والميتوكوندري.



1) سمّ الظاهرة الموافقة لكل شكل من شكلي الوثيقة (2).

2) تحقّق من صحة الفرضية المقترحة في الجزء 1.

3) استدلّ بمعطيات الوثيقة (2) كي تثبت بأن الظاهرتين الممثلتين بشكلي الوثيقة (2) هما ظاهرتان متشابهتان.

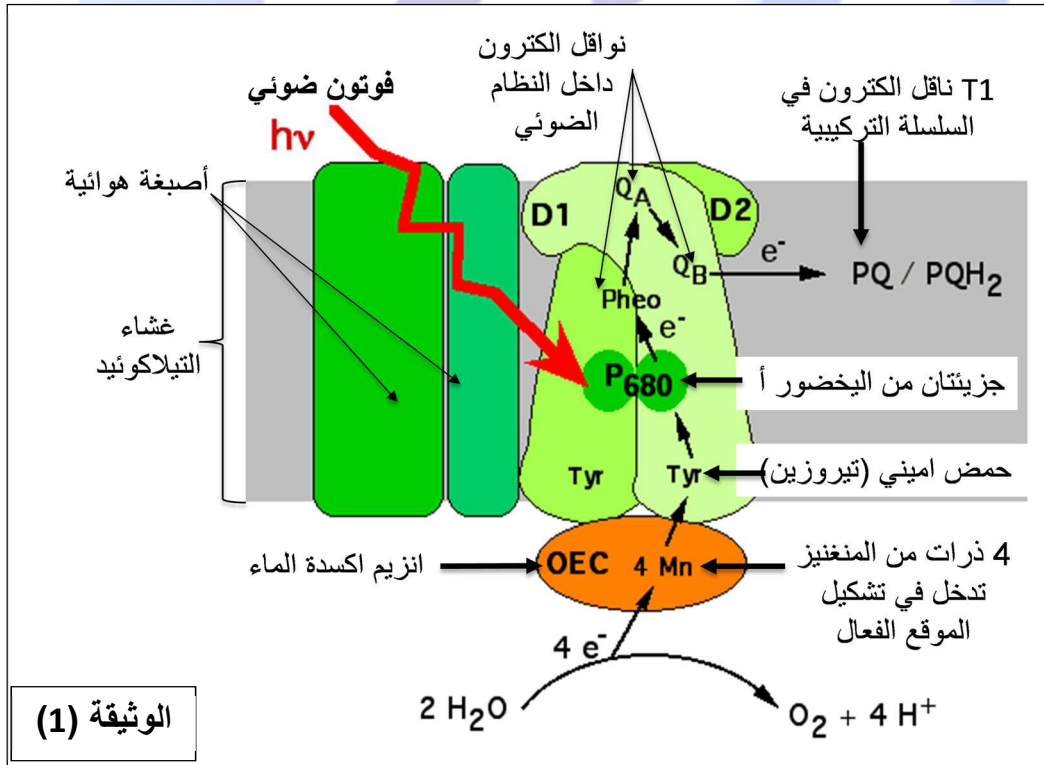
		التمرين الثاني: (07 نقاط)
		الجزء الأول:
1	1	<p>(1) علاقة بين المواد المضافة وانطلاق ال O_2 وتركيب المادة العضوية: في وجود الضوء و $NADP^+$ و ADP و Pi تتم مرحلة كيميوسنتوية ينتج عنها انطلاق O_2 وتشكل $NADPH$ و ATP. تشكل المادة العضوية أثناء المرحلة الكيموسنتوية يتم بإرجاع CO_2 باستعمال نواتج المرحلة الكيموسنتوية.</p>
2	0.25X2	<p>(2) أ - المنحنى 1 يوافق الوسط المحيط المماثل للستروما؛ المنحنى 2 يوافق تجويف التيلاكويد</p> <p>ب - إثر تعرض التيلاكوييدات للضوء تتحفز الأنظمة الضوئية ويحلل الماء ضوئيا، تنتقل الإلكترونات عبر السلسلة التركيبية الضوئية إلى أن تصل إلى المستقبل $NADP^+$، تتحرر طاقة تستعمل في ضخ H^+ نحو تجويف التيلاكوييدات مما يؤدي إلى تناقص تركيز H^+ في الوسط المحيط المماثل للستروما. يرفق ذلك بتراكم H^+ وزيادة تركيزه في تجويف</p> <p>ج - اقتراح فرضية تفسيرية: خروج البروتونات المتراكمة في تجويف التيلاكوييدات من التجويف إلى الستروما يؤدي إلى تشكل ال ATP. تقبل أي فرضية وجيهة.</p>
		الجزء الثاني:
0.5	0.25X2	<p>(1) - تسمية الظاهرة الممثلة في الشكل أ: فسفرة تأكسدية - تسمية الظاهرة الممثلة في الشكل ب: فسفرة ضوئية</p> <p>(2) التحقق من صحة الفرضية:</p>
1.25	1.25	<p>يبين الشكل ب من الوثيقة 2 أن تراكم H^+ وزيادة تركيزه في تجويف التيلاكويد يؤدي إلى ظهور تدرج كهروكيميائي يولد كمون غشائي محرك ينقل البروتونات عبر الكريات المذنبة، مما يؤدي إلى فسفرة ال ADP إلى ATP بتدخل أنزيم ال ATP سانتاز، وهو ما يؤكد صحة الفرضية.</p>
2.25	0.25X7	<p>(3) استدلال يثبت تشابه الظاهرتين: في كلا الظاهرتين نسجل حدوث ما يلي:</p> <ul style="list-style-type: none"> • حدوث أكسدة؛ • انتقال إلكترونات عبر نظام أكسدة وإرجاع لتصل إلى مستقبل نهائي؛ • تحرر طاقة؛ • الطاقة المحررة تستعمل في ضخ H^+ من الوسط الأقل حموضة إلى الوسط الأعلى حموضة من جهة من الغشاء إلى الجهة الأخرى؛ • حدوث تراكم H^+ في الجهة الأخرى؛ • ظهور تدرج كهروكيميائي يولد كمون غشائي محرك ينقل البروتونات عبر الكريات المذنبة؛ • تحدث فسفرة لل ADP وتشكل ال ATP بتدخل أنزيم ال ATP سانتاز؛ <p>فالظاهرتان المدروستان متشابهتان (فسفرتان تسمحان بتركيب ال ATP).</p>
	0.5	

تمرين مقترح: ممارسة الاستدلال العلمي ضمن مسعى علمي

يرافق حدوث التفاعل الكيمووضوئي على مستوى التيلاكوييد إنطلاق الـ O₂ بتدخل النظام الضوئي الثاني PSII الذي يتكون من (صبغة هوائية - مركز تفاعلي (2 جزئيات يخضور أ) - معقد انزيمي لتوليد الأوكسجين (OEC "oxygen evolving complexe"). فماهي العلاقة الوظيفية بين عناصر النظام الضوئي الثاني؟

الجزء الأول: ان تحرير جزيئة واحدة من الـ O₂ يتطلب أكسدة جزيئين من الـ H₂O بوجود الضوء كما هو موضح في معادلة تحلل الماء، إلا أن جزيئة اليخضور أ (P680) في المركز التفاعلي للنظام الضوئي لا تحرر الا الكترونا واحدا فقط إثر تهيجها بالفوتون الضوئي.

تمثل الوثيقة (1) العلاقة البنوية بين المركز التفاعلي للنظام الضوئي II ومعقد OEC.



الوثيقة (1)

- باستغلال الوثيقة (1):

1- حدّد مصير الإلكترون الذي تفقده صبغة اليخضور أ P680 ومصدر تعويضه.

2- يسمى المعقد OEC الذي يضم 4 ذرات من المنغنيز بالجسم S الذي له القدرة على استقبال 4e⁻ في نفس الوقت

وفق المعادلة التالية:

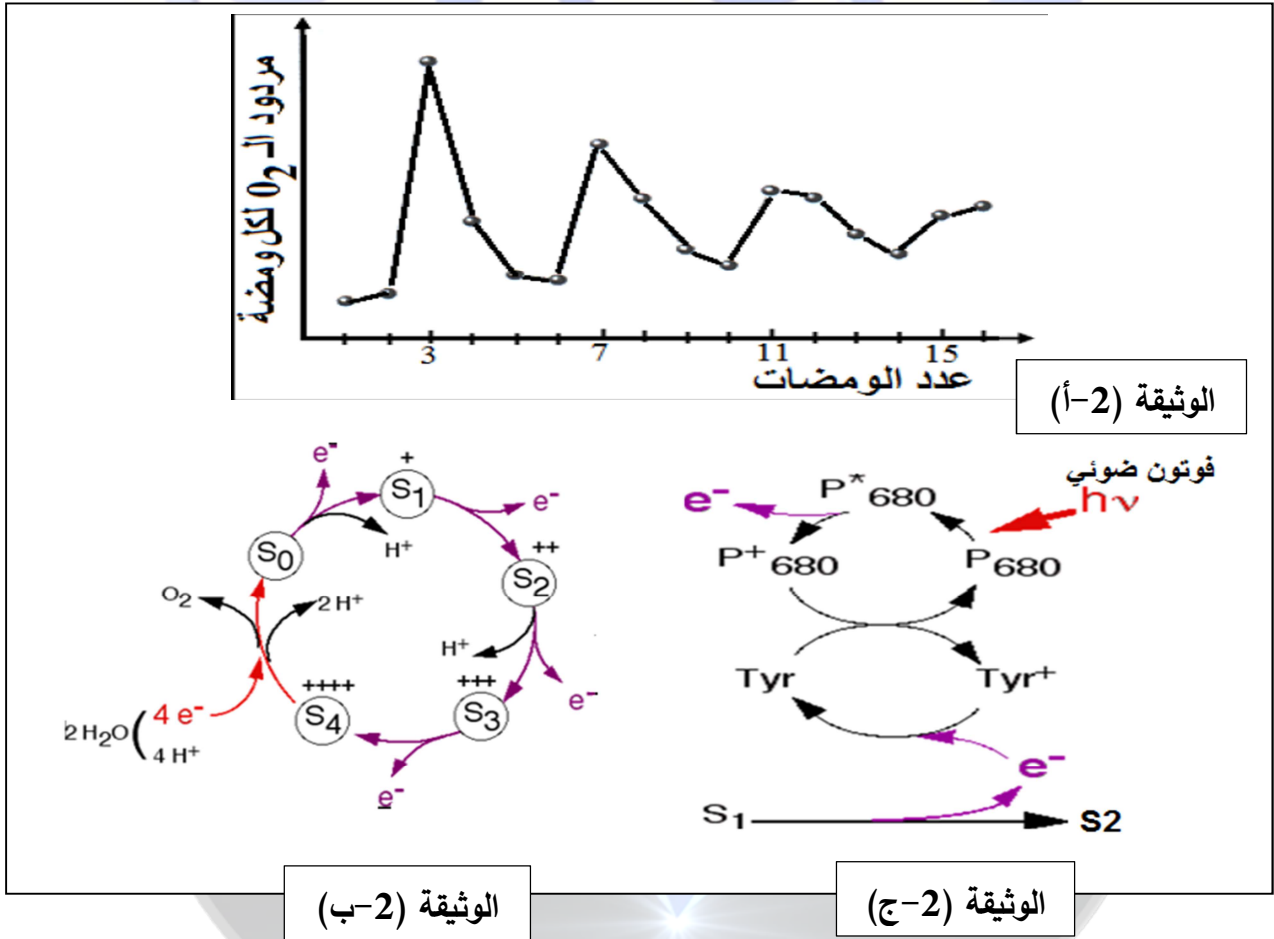


- اقترح فرضية تفسّر بها آلية طرح جزيئة واحدة من الـ O₂ (آلية انتاج الـ O₂)؟

الجزء الثاني: للتحقق من صحة الفرضية نقدم الدراسة التجريبية التالية:

في عام 1969 تمكن العالم جوليو " Pierre Joliot " ومساعدوه (Barbieri et Chabaud) من انجاز تجربة على معلق من طحلب اخضر و هو كائن وحيد الخلية (Alga Chlorella) حيث :

- تم تعريض المعلق الى ومضات ضوئية متقطعة بشدة عالية ولمدة قصيرة جدا من فئة 100ms حيث تمكن الشدة من اضاءة كل الانظمة الضوئية (حالة التشبع). اما المدة فهي قصيرة جدا لذلك فكل نظام ضوئي لا يحفز الا مرة واحدة وبفوتون ضوئي واحد. مكن قياس كمية الـ O₂ (مردود ثنائي الاكسجين) المتحررة بعد كل ومضة انطلاقا من فترة ظلام بواسطة الكترود سريع الالتقاط. النتائج المحصل عليها ممثلة في الوثيقة (2-أ).
- من جهة أخرى تجربة جوليو "Joliot" ومساعدوه حفزت Bassel Kok ومساعديه في عام 1970 على البحث من أجل تفسير النتائج فطوروا نموذجا يدعى بـ "نموذج كوك" أو بعبارة أخرى "حلقة أكسدة الماء" التي يتدخل فيها المعقد المحفز لإنتاج الـ O₂ (OEC) الموجودة على مستوى PSII. الشكل (2-ب) يوضح نموذج كوك.
- اما الشكل (2-ج) فيوضح ما يحدث بين المركز التفاعلي للـ PSII وإحدى مراحل دورة كوك. علما ان المركب S في الظلام يكون مستقرا عند الحالة S₁.



- باستغلال (الوثيقة 2) بين كيف سمحت اعمال كوك من تفسير نتائج تجربة جوليو مدعما اجابتك برسم تفسيري واثبات صحة الفرضية.

الجزء الثالث: اعتمادا على معلوماتك والمعلومات المستخرجة من الموضوع أنجز رسما تخطيطيا يوضح الية التفاعل الذي يضمن انطلاق الـ O₂ مبرزا نتائجه في معادلة كيميائية.

الإجابة:

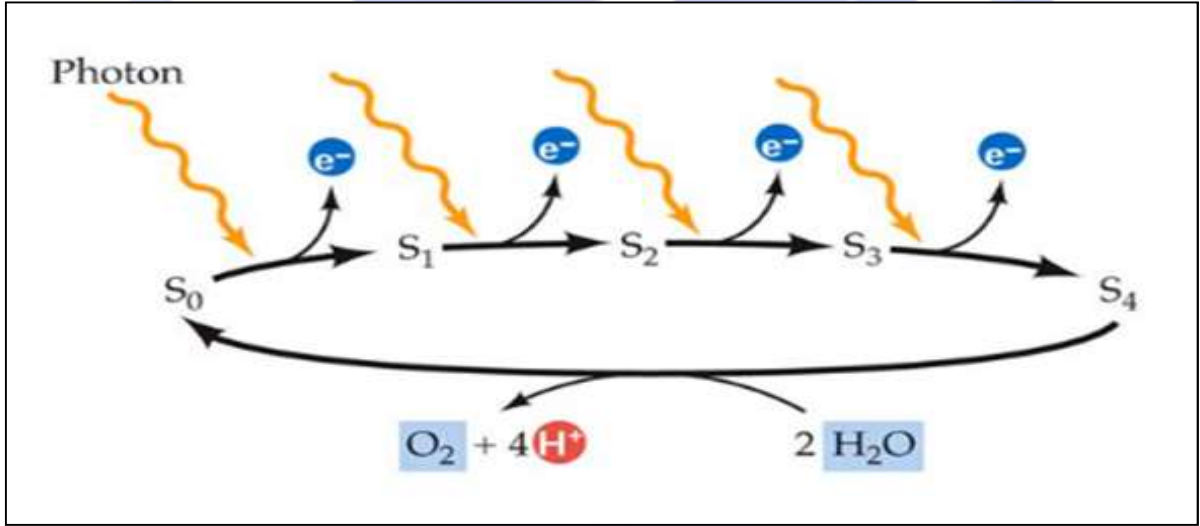
الجزء الأول:

- 1- مصير الالكترن الذي تفقده صبغة اليخضور أ P680: ينتقل عبر سلسلة الناقل داخل النظام الضوئي حيث يكون اول مستقبل له Pheo ثم QA ثم QB ثم يلتقطه اول ناقل في سلسلة الالكترونات العشائية PQ فيرجع ويتحول الى PQH2 بعد التقاطه $2e^-$ من تهيج الصبغتين و $2H^+$ من الستروما.
- مصدر تعويض الالكترن هو تحلل H_2O بتدخل معقد انزيمي OEC.
- 2- الفرضية التفسيرية: بما ان p680 تفقد الكترن واحدا عندما تتهيج بفوتون ضوئي واحد، ونتاج O_2 يتحرر عنه 4 الكترونات لتعوض الكترونات المركز التفاعلي فانه يتطلب امتصاص 4 فوتونات ضوئية لأكسدة النظام الضوئي وفقدان 4 الكترونات من أجل تحفيز الانزيم على اكسدة جزيئتين من الماء وتحرير 4 الكترونات فينتج جزئي من الماء.

الجزء الثاني:

- الشكل (أ) : تحليل النتائج
- في بداية التجربة يبلغ مردود الاكسجين أقصاه عند الومضة الثالثة وبعد ذلك نسجل المردود الاقصى للأكسجين عند كل أربع ومضات (7 ثم 11 ثم 15 .) الى ان يبلغ مردوده كمية متوسطة مع مرور الزمن
- نستنتج ان انتاج الاكسجين لا يتم إلا بعد الومضة الرابعة. (يتطلب انتاج جزيئة من الـ O_2 أربع ومضات من الضوء)
- استغلال الشكل (ب): شرح نموذج كوك:
- يمر المعقد OEC الذي يرمز له بـ S بخمس حالات 5 حالات:
- الحالة S4 يكون أكثر اكسدة يحمل 4 شحن موجبة فيكتسب دفعة واحدة 4 الكترونات ناتجة عن اكسدة جزيئتين من الماء. كما يكتسب $2H^+$ فقط. ليتحول الى الحالة S0. ويرافق ذلك انتاج جزيئة من الـ O_2
- يتحول من الحالة S0 الى الحالة S1 بتحرير الكترن واحد وبروتون. ثم يتحول من الحالة S1 الى الحالة S2 بتحرير الكترن واحد فقط،
- يتحول من الحالة S2 الى الحالة S3 بتحرير الكترن واحد وبروتون. ثم يتحول من الحالة S3 الى الحالة S4 بتحرير الكترن واحد فقط، وبذلك يسترجع حالته الأكثر اكسدة ليعيد الكرة من جديد.
- باستغلال الشكل (ج): عند النقاط P680 لطاقة الفوتون الضوئي يتهيج فتأكسد فاقد الكترونا محملا بالطاقة.
- يرجع $P680^+$ باكتسابه الكترن من اكسدة الحمض الاميني Tyr. الذي يُرجع بالكترن الناتج عن اكسدة S1 الذي ينتقل الى الحالة S2.
- باستغلال المعلومات السابقة يمكن تفسير نتائج تجربة جوليو:
- حسب المعلومات المقدمة: في الظلام يكون هذا المعقد في الحالة الأكثر استقرارا وهي S1 باعتبارها أكثر أكسدة.

- في بداية التجربة بعد الومضة الضوئية الأولى يتأكسد المركز التفاعلي للنظام الضوئي الثاني فيتحول P680 إلى P680⁺ ، وحسب كوك عودة P680⁺ إلى P680 ينتج عنه انتقال المعقد من S1 إلى S2.
- بعد الومضة الثانية يتأين P680 ما يؤدي إلى انتقال المعقد من S2 إلى S3.
- بعد الومضة الثالثة يتأين P680 فيتحول المعقد من S3 إلى S4.
- عندما يكون المعقد في الحالة (S4) يكون قد حرر 4 إلكترونات. وباستطاعته تفكيك جزيئات الماء (2 جزيئة) باقتناص 4 e⁻ من 2H₂O محرراً جزيئة O₂ ويعود إلى حالته S₀ غير المستقرة.
- لذلك تتكرر الذروة بعد كل 4 ومضات حيث يتمكن المعقد S من استرجاع الحالة الأكثر اكسدة.



- وعليه فان تحرير جزيئة واحدة من الـ O₂ يتطلب سقوط 4 فوتونات ضوئية على النظام الضوئي مما يحفز انزيم اكسدة الماء على تحليل الماء واستقبال 4 الكترونات لتمريرها الى المركز التفاعلي لتعويض الالكترن المفقود إثر الاكسدة بالفوتون الضوئي. وهذا ما يثبت صحة الفرضية.

الجزء الثالث: انجاز رسم تخطيطي لالية حدوث التفاعل الكيموضوئي

