

3 ع ت

مجلة الجوهرة / مجلة وعم

مدرسية للتخضير لشهادة

البكالوريا - إعداد الاستاذة خيرة

فليتي

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

الدروس على شكل وضعيات مشكلة في صيغة تمارين.

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

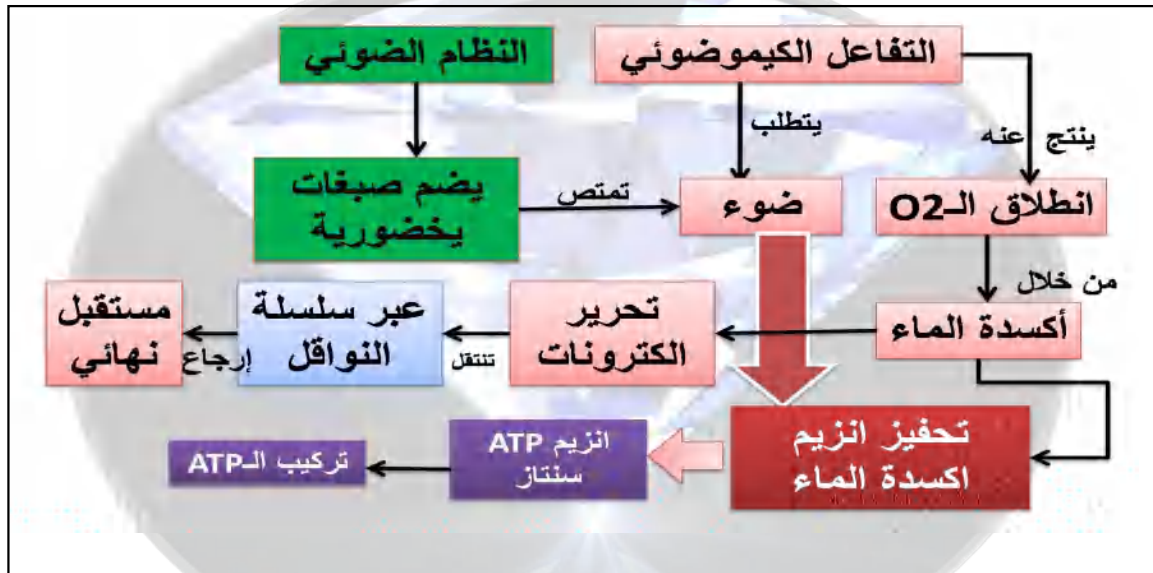
الوضعية المشكلة (2)

❖ يحدث التفاعل الكيموضوي على مستوى التيلاكوييد بانطلاق الـ O_2 ، حيث أنّ بنية غشاء التيلاكوييد تدلّ 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 مبرزاً النواتج.

البحث والتقصي:

1/ شروط عمل التيلاكويد:

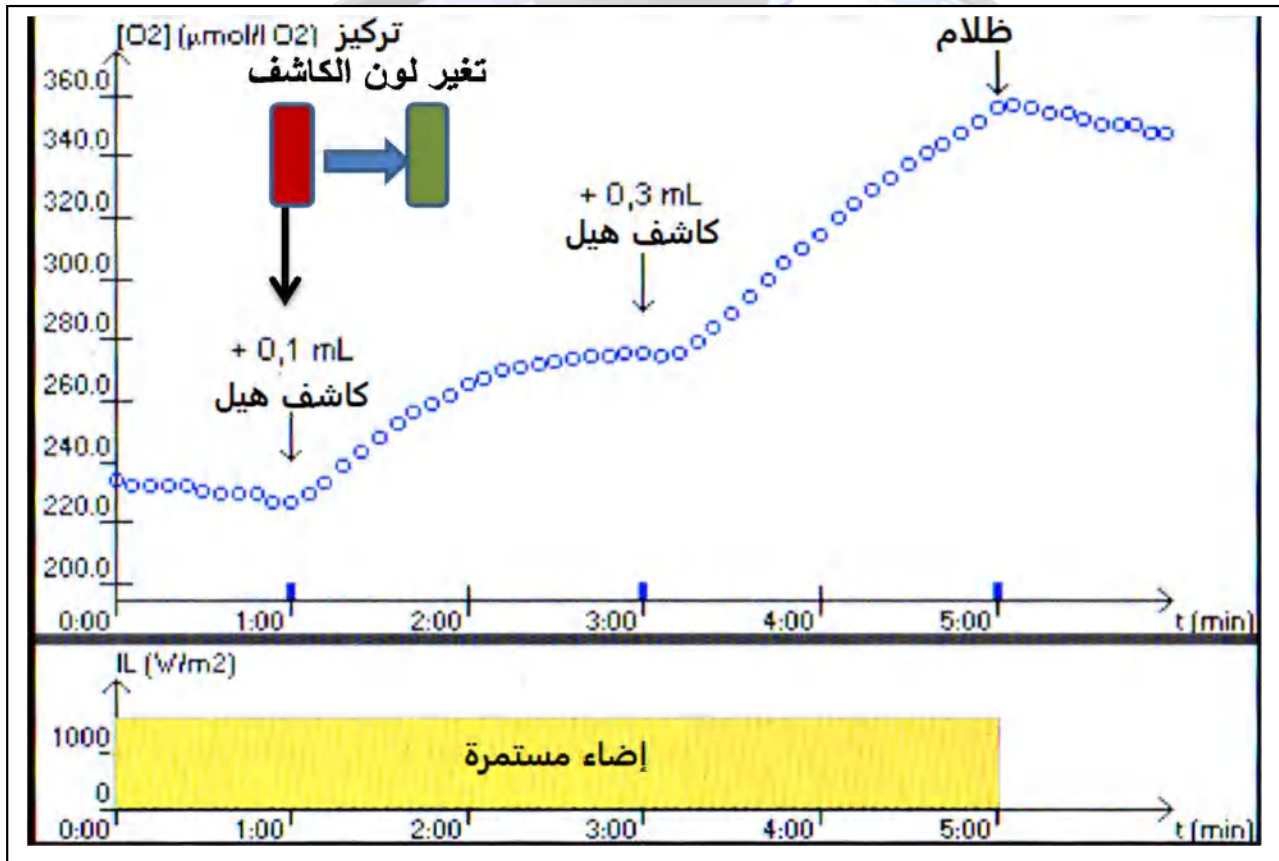
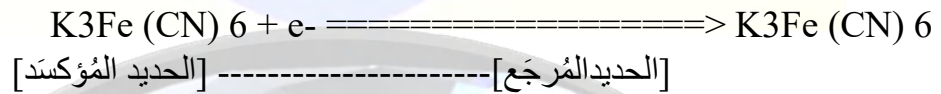
السند (1): تجربة هيل:

✓ خطوات الحصول على صانعات خضراء حرة ومفتوحة الغلاف.

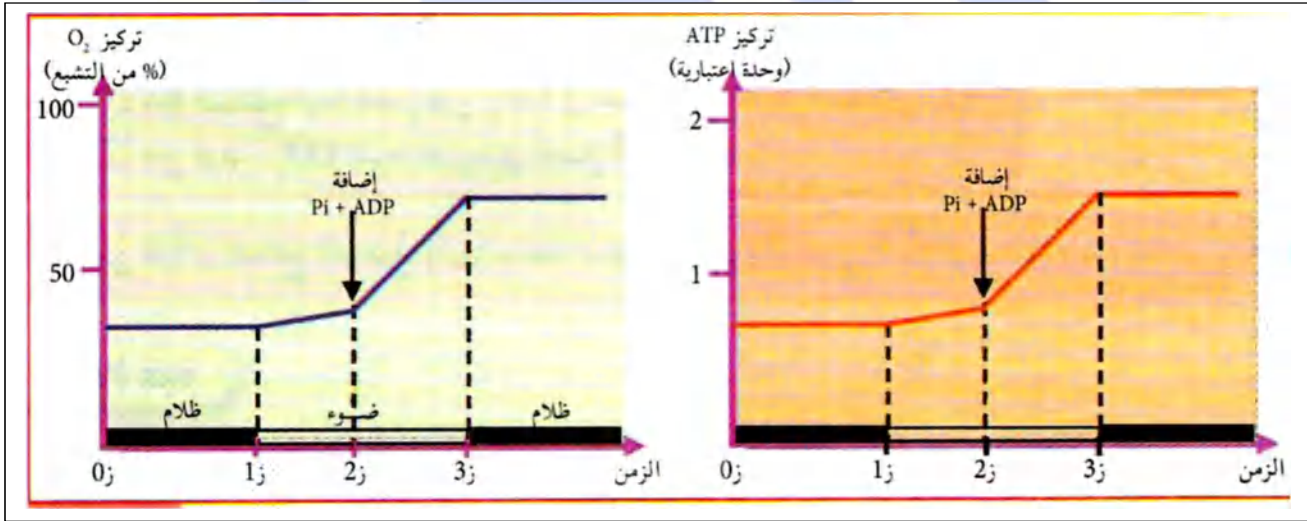
- قطع أوراق السبانخ التي وضعت سابقا في الثلاجة في هاون وضمف اليها 10 إلى 25 مل من محلول سكروز الفوسفات (درجة الحموضة = 6.5) ثمّ اسحقه لمدة دقيقتين.
- قم بترشيح الخليط عبر شاش للحصول على كمية كافية من الرشاحة. (يجب أن يبقى المرشح بارداً في حاوية مغلقة، بوضعه في وعاء مملوء بمكعبات الثلج والماء).
- ضع قطرة 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

- املاً 3/2 من مفاعل حيوي خال من الـ CO2 بالرشاحة. ضع مسبار الأكسجين 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 (وقّف القياسات بعد 1 إلى 2 دقيقة).
- * كاشف هيل هو محلول من فيرو سيانور البوتاسيوم بتركيز 0.2. M (64.5g / L). هذا الكاشف لديه خاصية استقبال الإلكترون وفقاً للمعادلة:

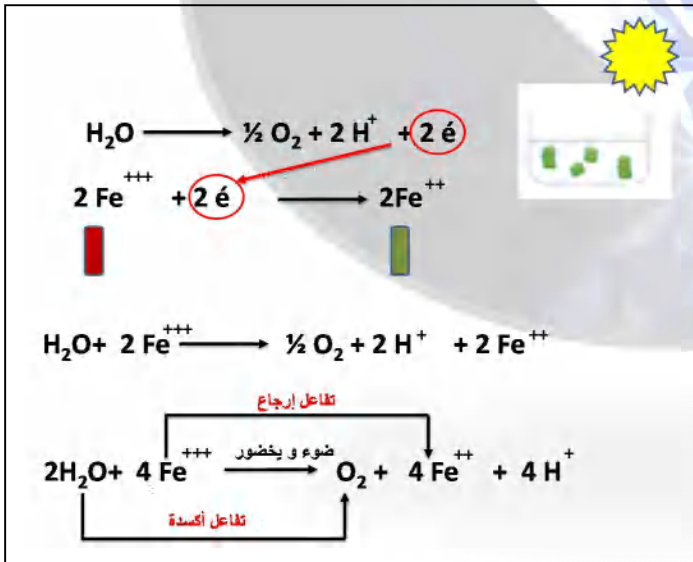


السند (2): تمّ قياس تركيز كل من O_2 و ATP في معلق من الصانعات الخضراء في شروط تجريبية مناسبة قبل وبعد حقن مادتي P_i ، ADP الشروط والنتائج التجريبية موضحة في الوثيقة.



حل الوضعية المشكلة (1)

- تحليل نتائج تجربة هيل:
- قبل اضافة مستقبل الإلكترونات الاصطناعي: يبقى تركيز الـ O_2 ثابتا في وجود الضوء.
- بعد اضافة 0.1 مل من المستقبل في حالة مؤكسدة وفي وجود الضوء يتزايد تركيز الـ O_2 لفترة يرافقه تغير لون المحلول من البني المحمر الى الاخضر ثم يثبت تركيز O_2 .
- بعد اضافة 0.3 مل من المستقبل وفي وجود الضوء يتزايد تركيز الـ O_2 .
- في الظلام ورغم ان كمية المستقبل كانت كافية لمدة اطول نسجل ثبات تركيز O_2 .
- نستنتج ان انطلاق الـ O_2 من التيلاكوييد يتطلب ضوء ومستقبل الكترونات في حالة مؤكسدة.



• تحليل نتائج قياس تركيز O_2 و ATP : نلاحظ تطابق المنحنيين.

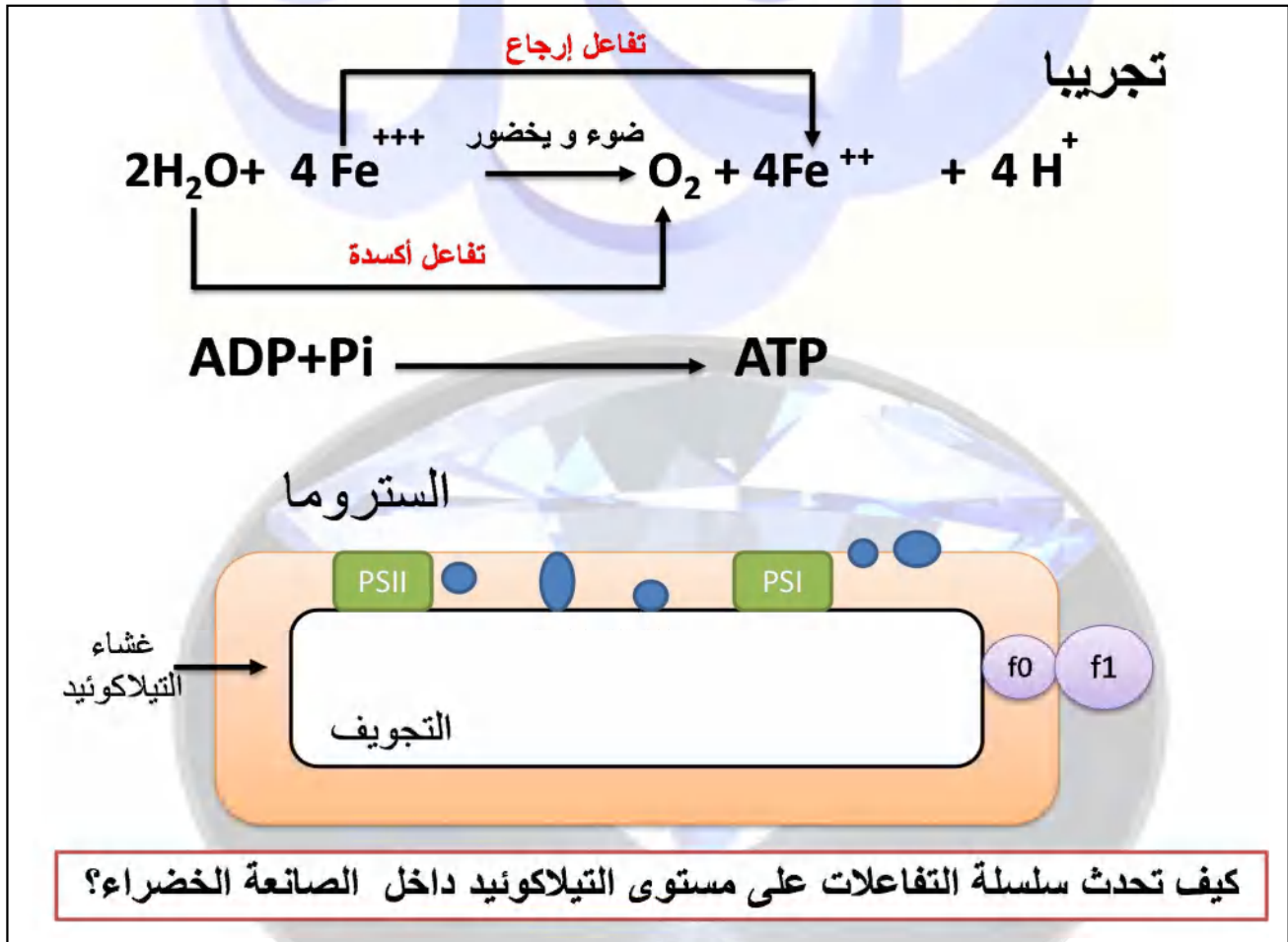
• قبل إضافة PI, ADP :

• في الظلام ن سجل ثبات تركيز كل من O_2 و ATP وفي وجود الضوء ن سجل تزايد طفيف وبطيئ في تركيزهما.

• بعد إضافة PI, ADP : في وجود الضوء ن سجل تزايد سريع في تركيز كل من O_2 و ATP وفي الظلام ثبات تركيزهما معا.

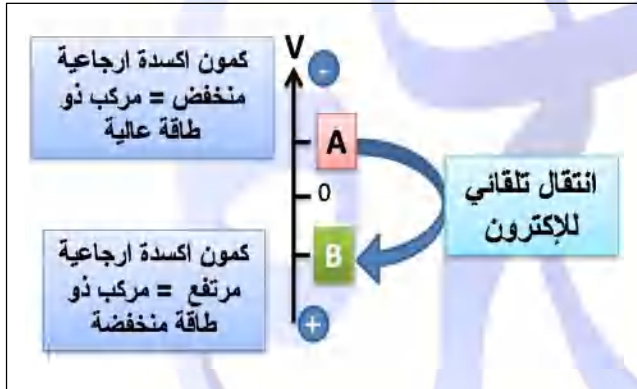
• نستنتج أن: انطلاق الـ O_2 على مستوى التيلاكوييد يرافقه تركيب الـ ATP ويتطلب ذلك ضوء و $ADP ; Pi$.

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



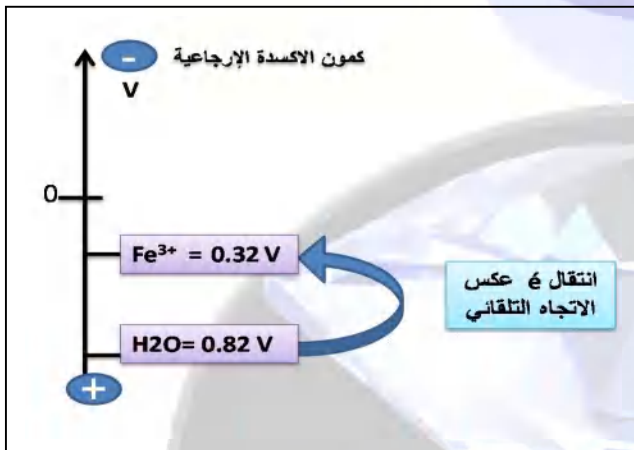
الوضعية المشكلة (3)

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



- كمون الأكسدة / إرجاع: يعبر مفهوم كمون 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: $NADP^+ / NADPH$ و Fe^{3+} / Fe^{2+} . تنتقل الإلكترونات بصورة تلقائية من المركبات أو الذرات ذات الكمونات المنخفضة نحو الكمونات المرتفعة.

❖ علما أن كمون الأكسدة الإرجاعية للماء (0.82 فولت) ولـ Fe^{3+} (0.32 فولت). مثل بمخطط بسيط كمون 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.

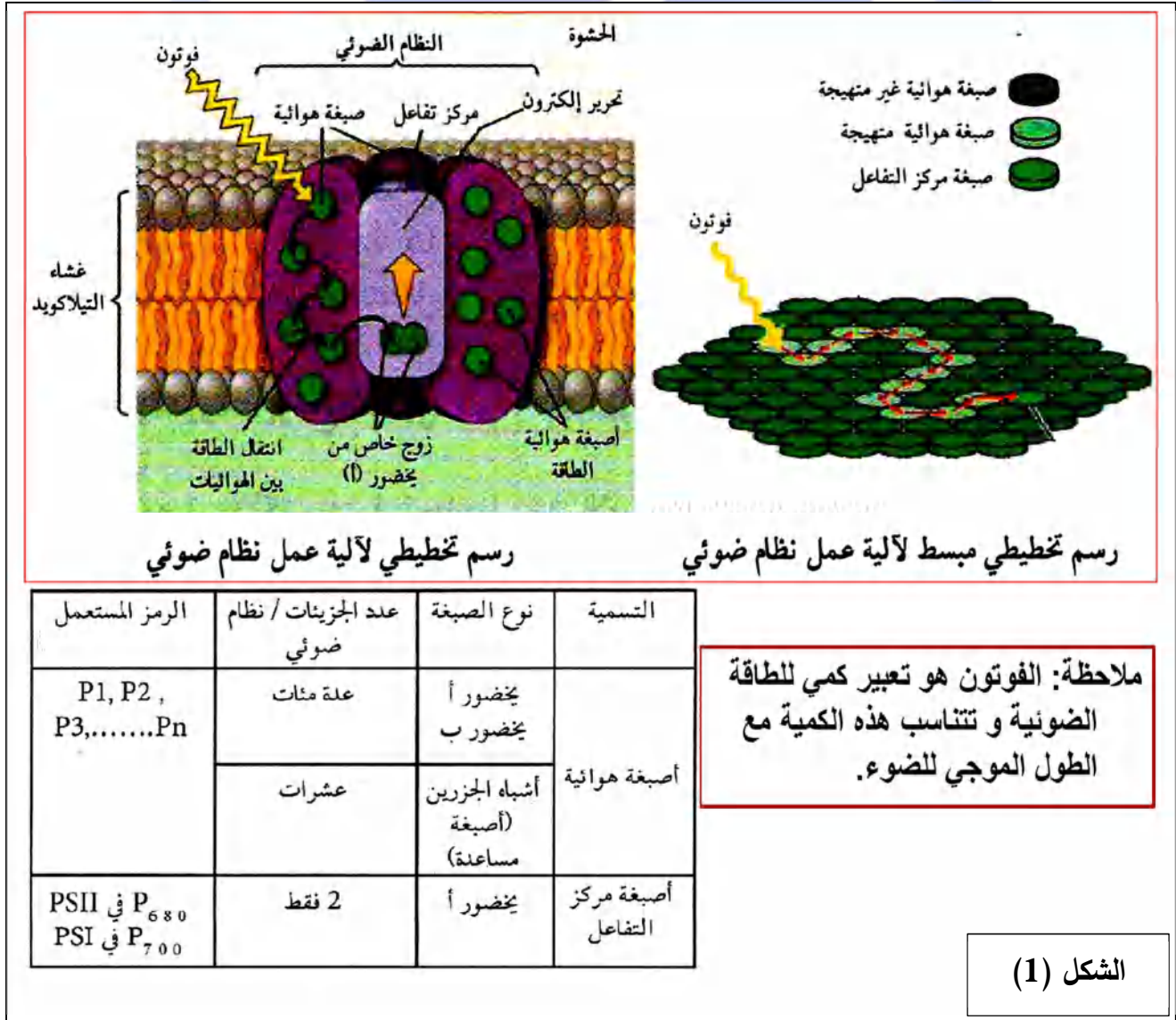
- دعم إجابتك بالمعادلة النهائية للتفاعل الطبيعي. ورسم تخطيطي لآلية حدوث تفاعل الأكسدة الإرجاعية على مستوى غشاء التيلاكوييد.

البحث والتقصي:

2/ دور الضوء واليخضور (الأنظمة الضوئية) في حدوث التفاعل الكيموضوئي:

أ) خصائص النظام الضوئي وآلية عمله:

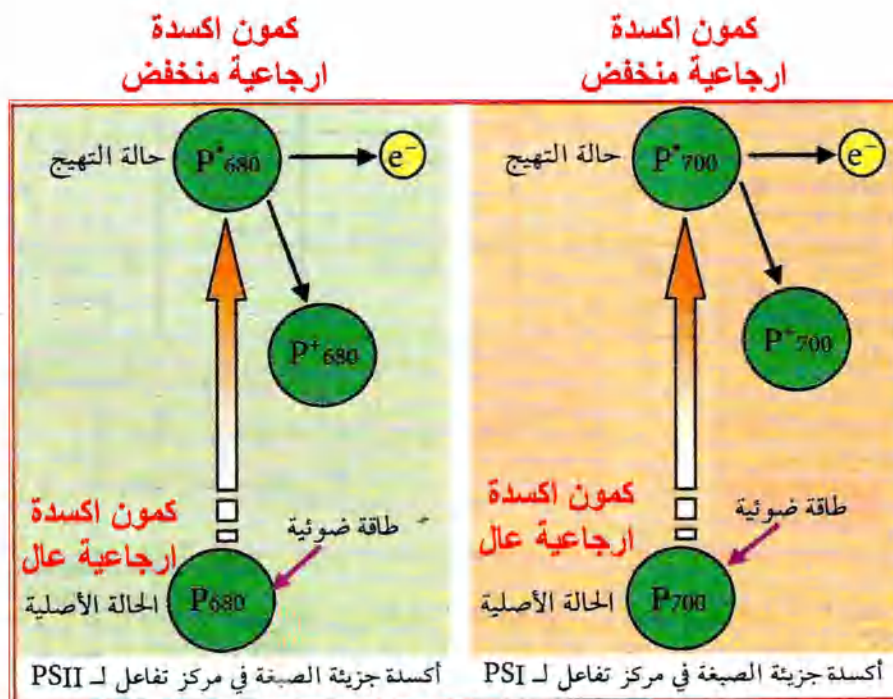
السند(1):



معلومات مفيدة: يرمز لصبغة (Pigment) ضمن النظام الضوئي بالحرف P وتضاف أرقام للحروف مثل p1 و p2 و Pn للصبغات الهوائية. بينما تضاف الأرقام 680 أو 700 لأصبغة مركزي التفاعل PSI و PSII (P700. P680) لتمييزها عن باقي أصبغة النظام الضوئي. وتمثل هذه الأرقام أطوال الموجات التي يكون عندها امتصاص هذه الاصبغة أعظميا بالرغم من ان هذه الاصبغة يمكن ان تتنبه عند هذين الموجتين فإنها تتلقى طاقتها من الاصبغة الهوائية أساسا وليس من الفوتونات الضوئية مباشرة.



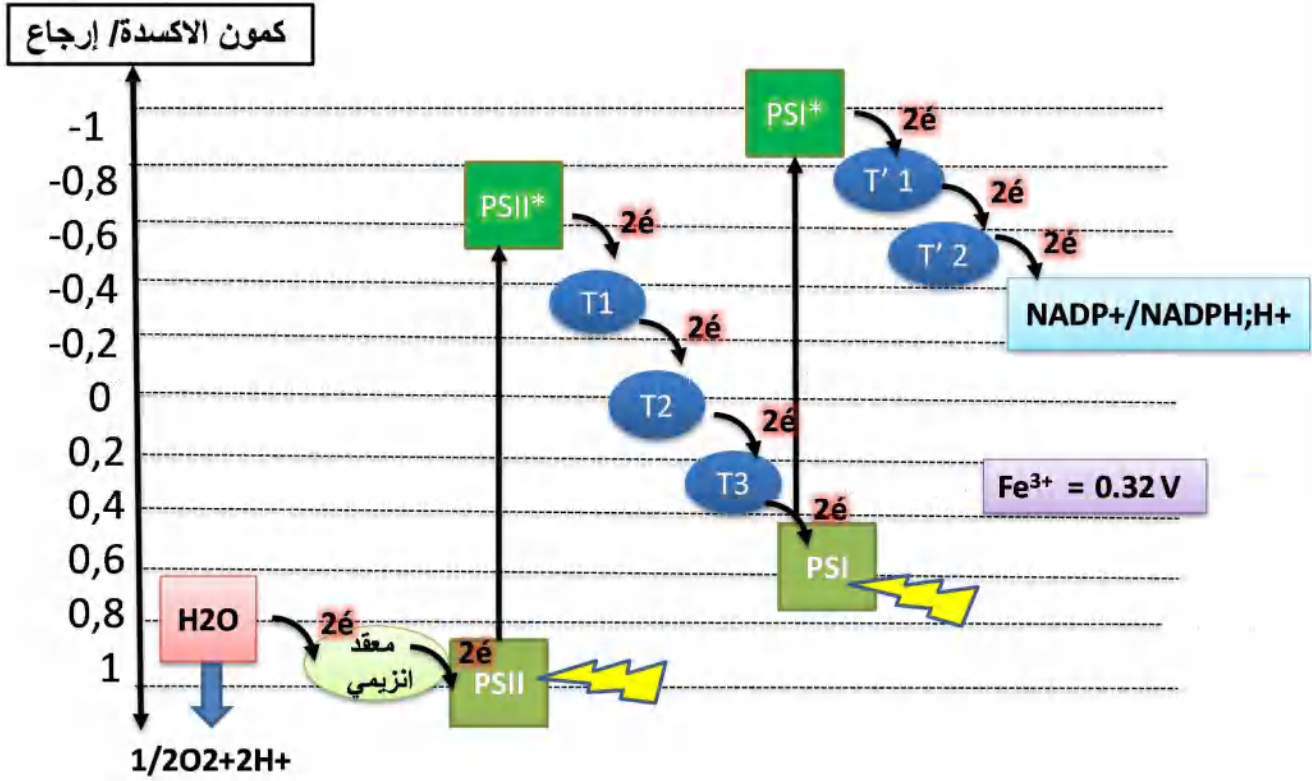
الشكل (2)



شكل إضافي للتوضيح

السند (2):

يمثل المخطط التالي مسار الإلكترونات في السلسلة التركيبية الضوئية



نواقل الإلكترونات تتمثل في:

3 نواقل تابعة لـ PSII

T1= Plastoquinone (PQ)

T2=complexe Cytochrome b6f
(Cytb6f)

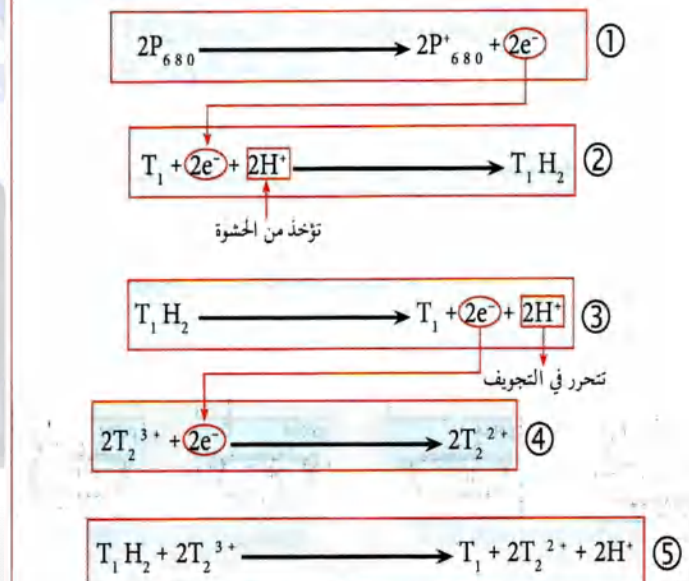
T3=Plastocyanine (PC)

ناقلين تابعين لـ PSI

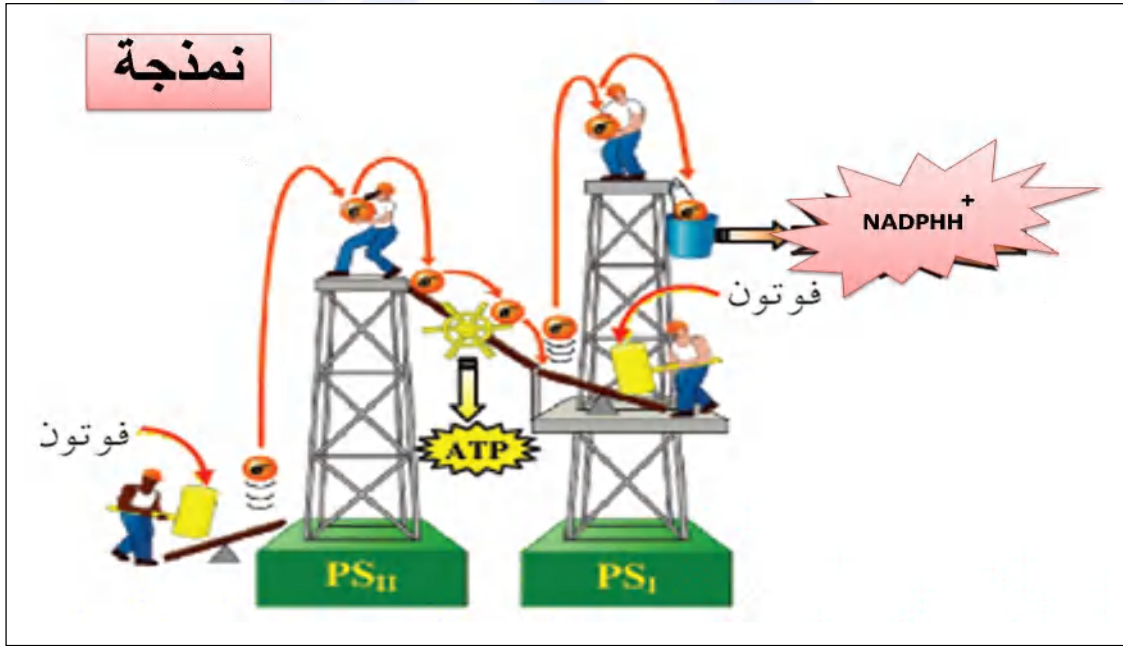
T'1= Ferredoxine (Fd)

T'2= Ferredoxin NADP
Reductase (FNR)

السند (3): الوثيقة 11 ص 189



الوثيقة (11)



⚡ معلومات إضافية (غير مقررة)

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 أثناء تفاعل الأكسدة الإرجاعية بين المعطي والمستقبل تطبق القانون

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

$$\Delta G = -nF(E_o - E_{o'})$$

- 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).

مثال:

P680* / P680	معطي	- 0,8	= -2*96,5(0,4 - (-0,8))=
P700 / P700 ⁺	مستقبل	+ 0,4	-193*(1,2)=-231,6 j/vol/mol
P700* / P700	معطي	- 1,3	= -2*96,5(-0,32 - (-1,3))=
NADP ⁺ / NADPH	مستقبل	- 0,32	-193*0,98=-189,14kj/vol/mol

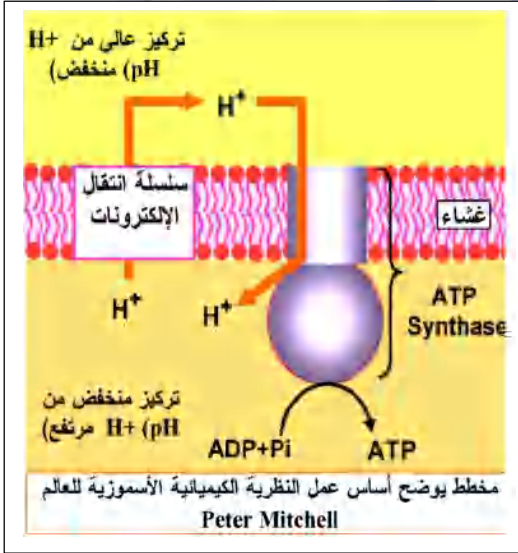
نتيجة التعرض المستمر للضوء تتجمع البروتونات الناتجة عن أكسدة الماء والتي يتم نقلها من الستروما الى التجويف. فما مصير البروتونات التي تتجمع في التجويف؟
(ب) مصير البروتونات المتجمعة في التجويف:

- 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

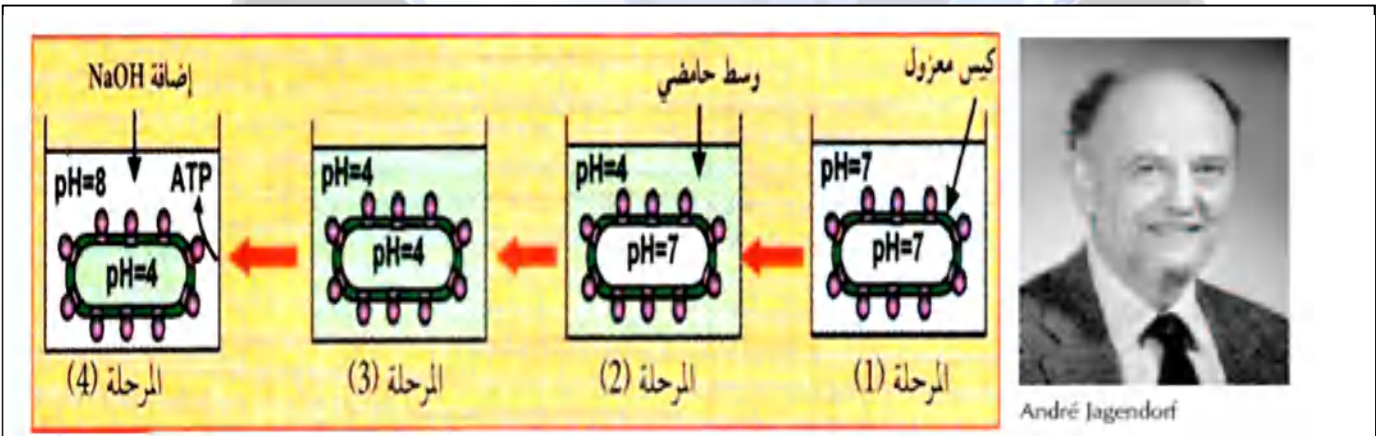


1- بناء على المخطط الذي وضعت على أساسه النظرية الكيميوأسموزية. صغ الفرضية التي توضح مصير البروتونات المتجمعة في التجويف.

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).



الوثيقة (4)

- باستغلال الوثيقة 4 ببين 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.

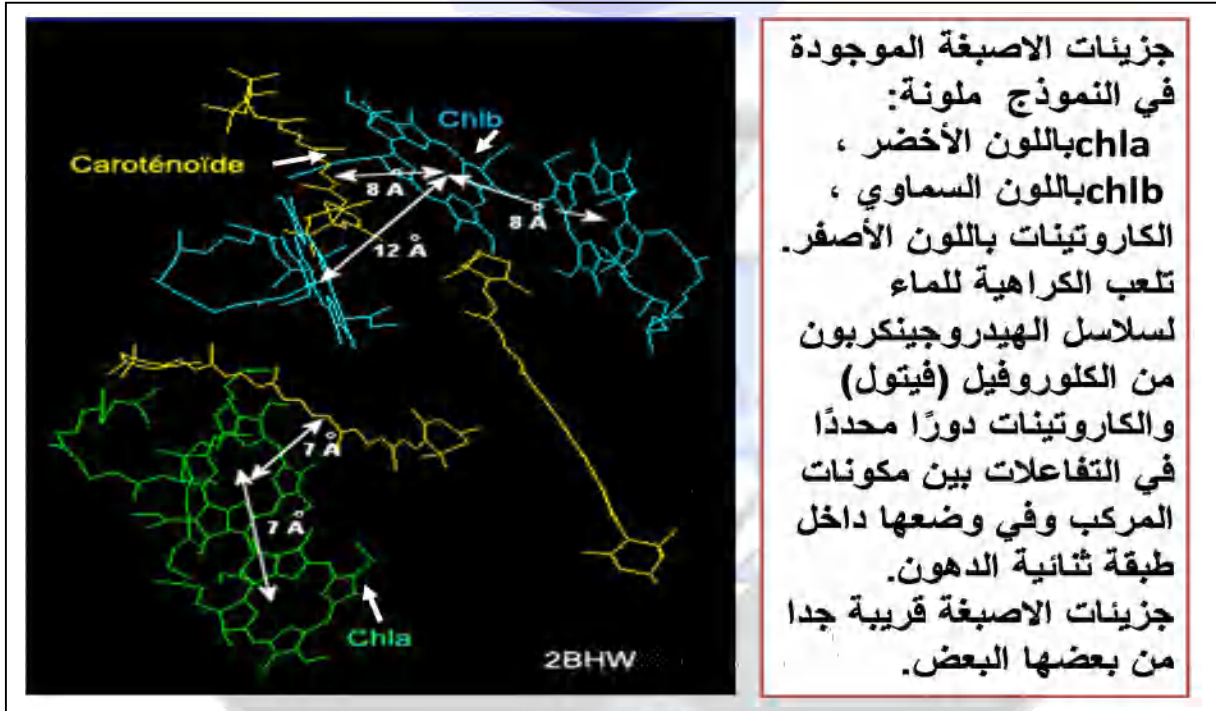
حل الوضعية المشكلة (3)

دور الضوء واليخضور في حدوث التفاعل الكيمووضوئي

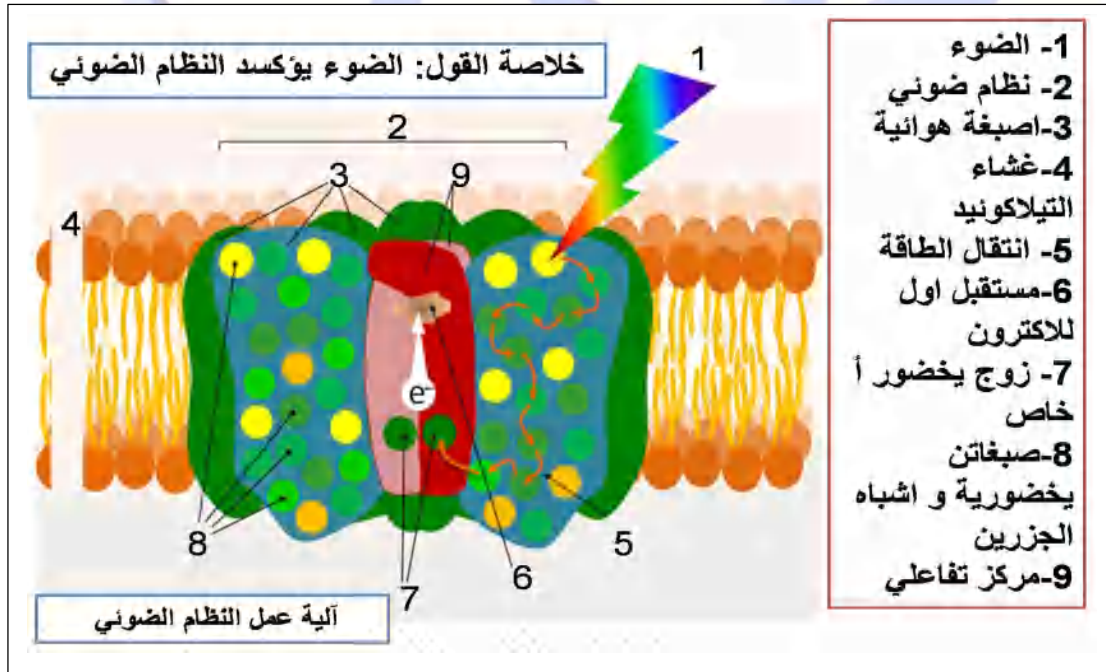
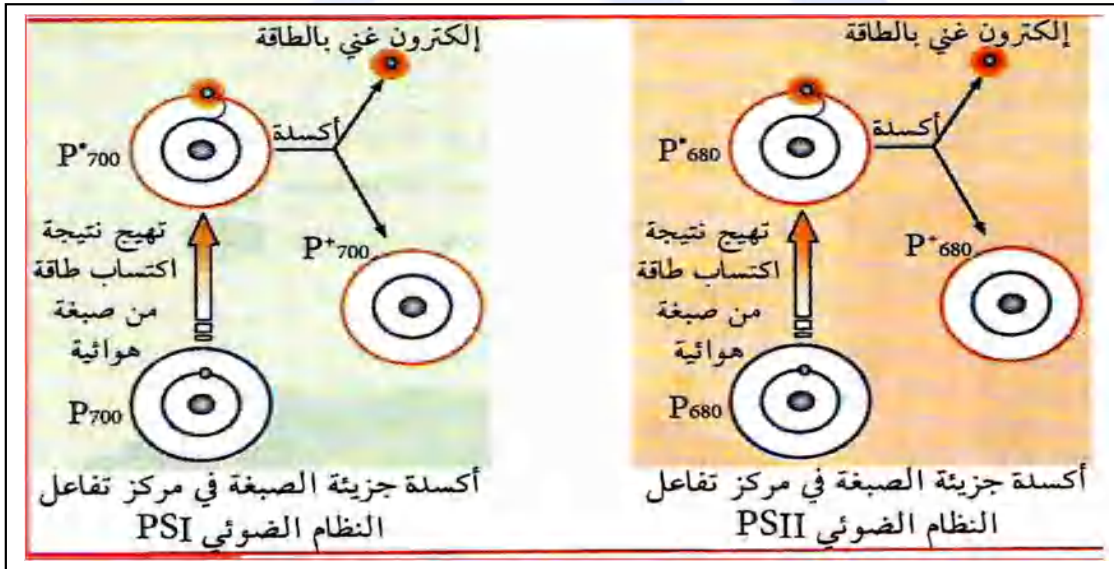
أ) آلية عمل النظام الضوئي:

✚ استغلال أشكال السند (1):

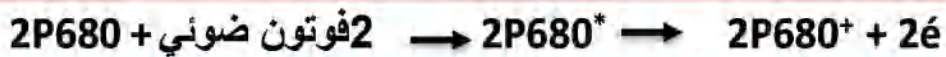
- يتكون النظام الضوئي من مجموعة أصبغة تصنّف من حيث الدور إلى:
 - هوائيات (أصبغة هوائية): وهي العدد الأكبر من الأصبغة (أكثر من 99%) تقوم بدور استقبال الفوتونات الضوئية وينتمي إليها اليخضور (أ و ب) وجزء صغير منها إلى اشباه الجزرين.
 - مركز التفاعل: وهو زوج خاص من أصبغة يخضور أ دورها تلقي الطاقة من الهوائيات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



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



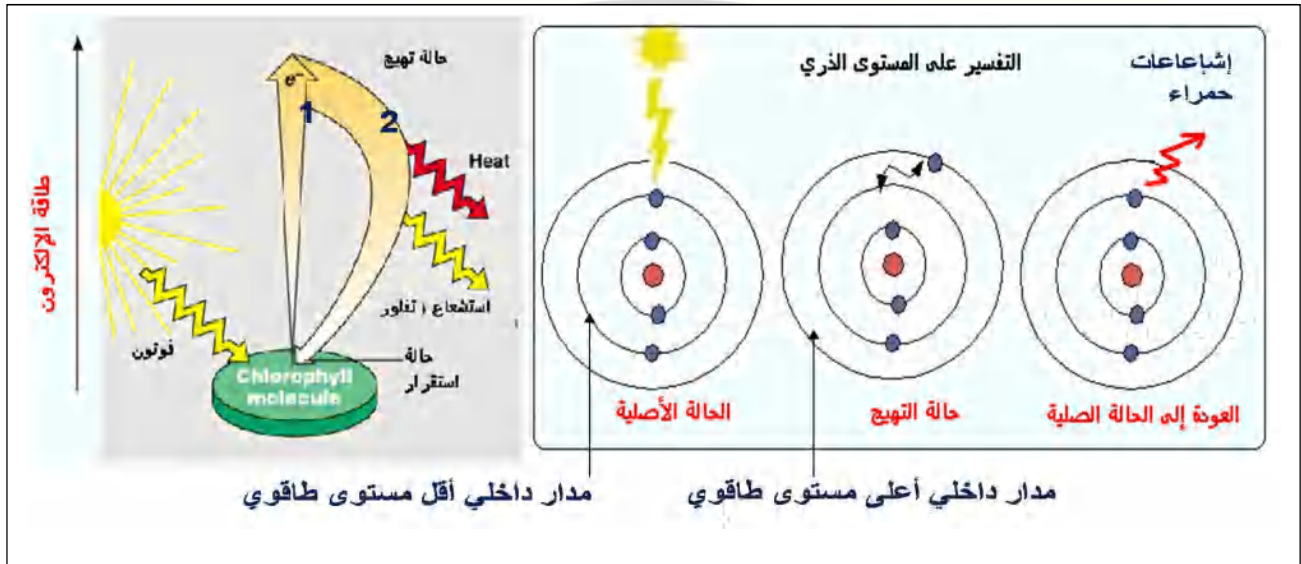
- عند سقوط فوتون ضوئي (كمية من الطاقة) على النظام الضوئي تلتقطه إحدى الصبغات الهوائية (يخضور أ)، يخضور ب) أو أشباه الجزرين) فتتهيج، ثم تفقد الطاقة دون فقدان الإلكترون، لتنتقل الطاقة من صبغة هوائية إلى أخرى بظاهرة الرنين (نتيجة تقارب الصبغات مع بعضها البعض)، عند وصول الطاقة إلى جزيئة اليخضور في المركز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



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

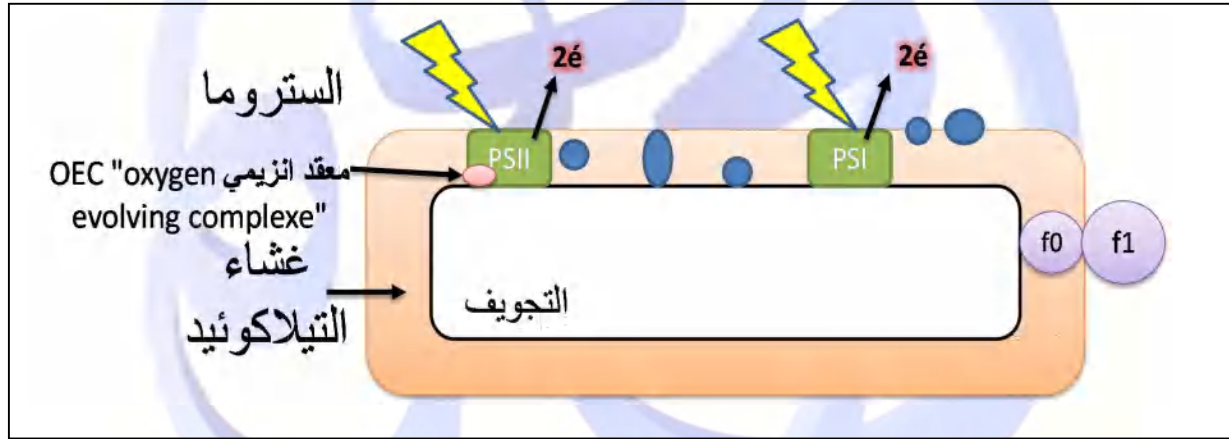


- التفسير على المستوى الذري: في اليخضور الخام يحدث تهيج الاصبغة اليخضورية الحرة (خارج النظام الضوئي) عند امتصاصها للضوء ولكن الطاقة المكتسبة تضيع على شكل اشعاعات حمراء عند عودة الالكترون الى مداره الأصلي ولا تحدث أكسدة ضوئية ونسعى الظاهرة بالاستشعاع وهي دليل تجريبي على ان الضوء ينبه (يهيج) على اليخضور.



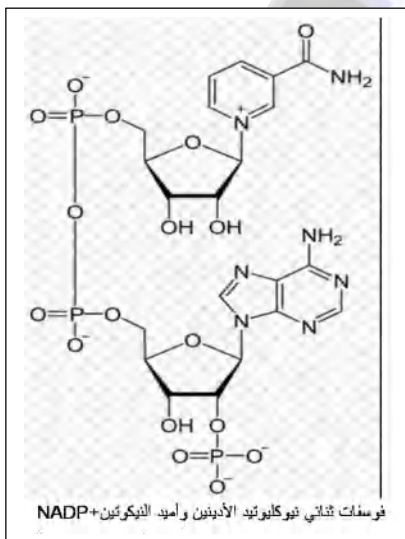
- ظاهرة الاستشعاع لا تحدث إلا نادرا، لان الضوء يؤكسد النظام الضوئي وبالتالي لا تفقد الطاقة على شكل اشعاعات حمراء الا في حالات نادرة.

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 كمون اكسدته الارجاعية فتحدث عملية الاكسدة ليحرر زوج من الالكترونات الغنية بالطاقة.
- تنتقل الالكترونات الغنية بالطاقة عبر سلسلة نواقل الالكترونات (T3.T2.T1) وفق تزايد كمون الاكسدة /الارجاع مما يصاحبه فقدان تدريجي للطاقة.



- في نفس الوقت يؤدي سقوط الفوتونات الضوئية على PSI إلى 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+).

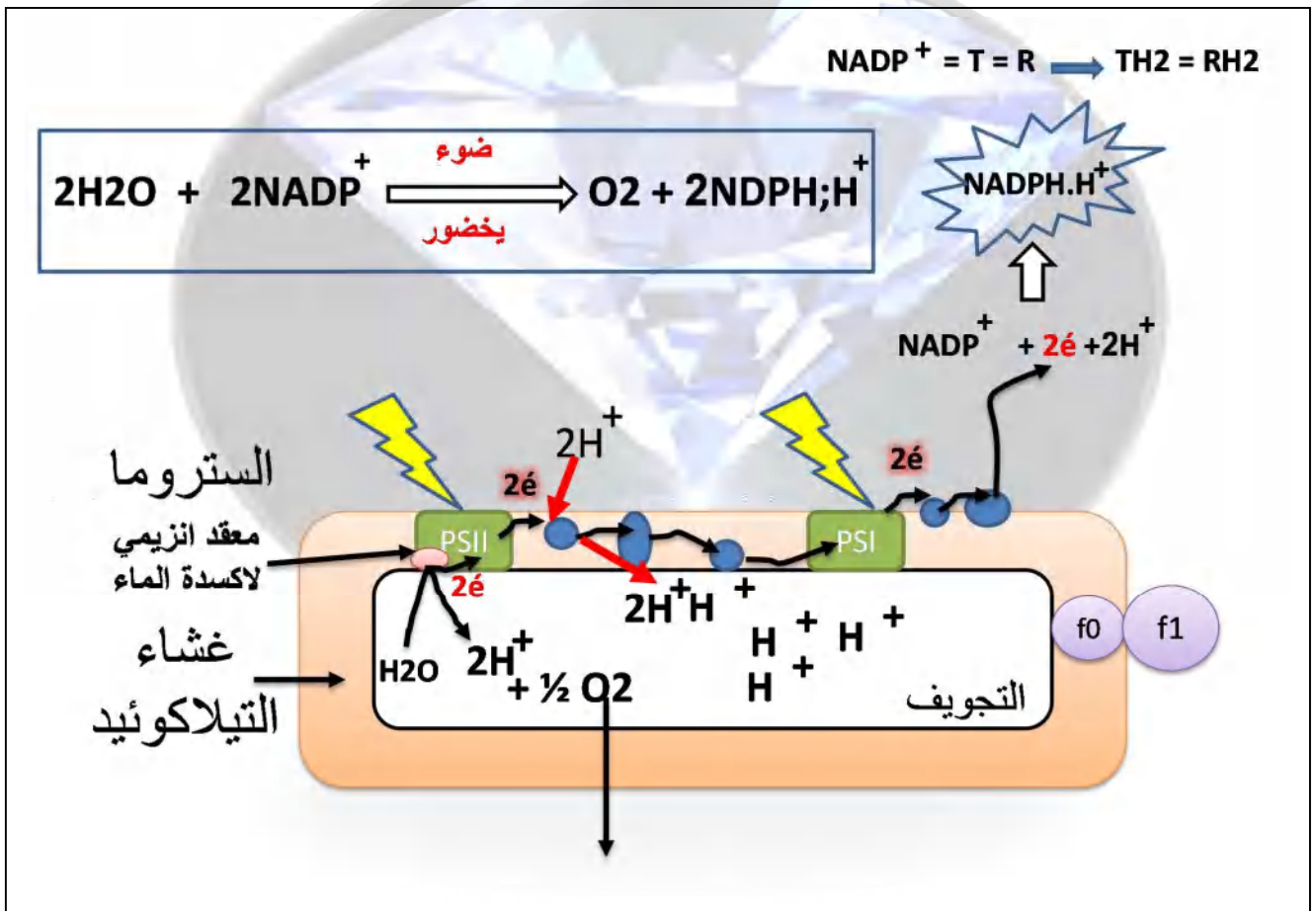
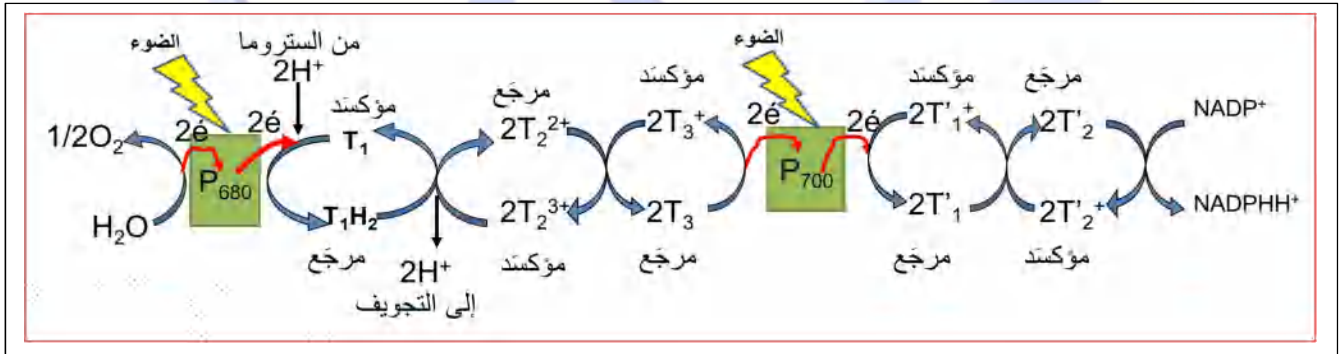
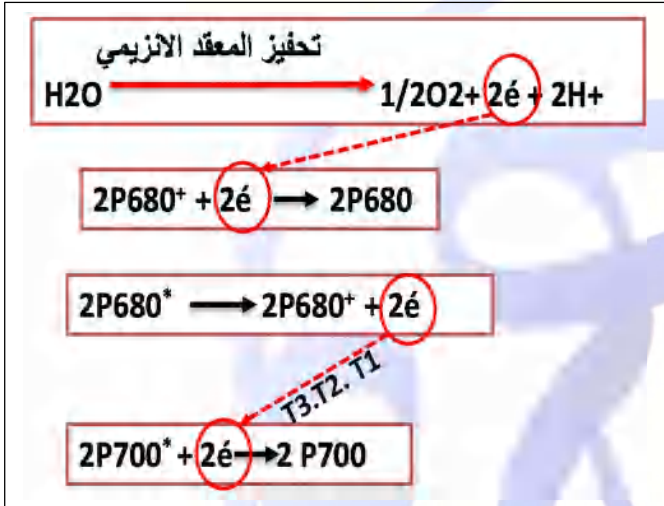


T'1;T'2

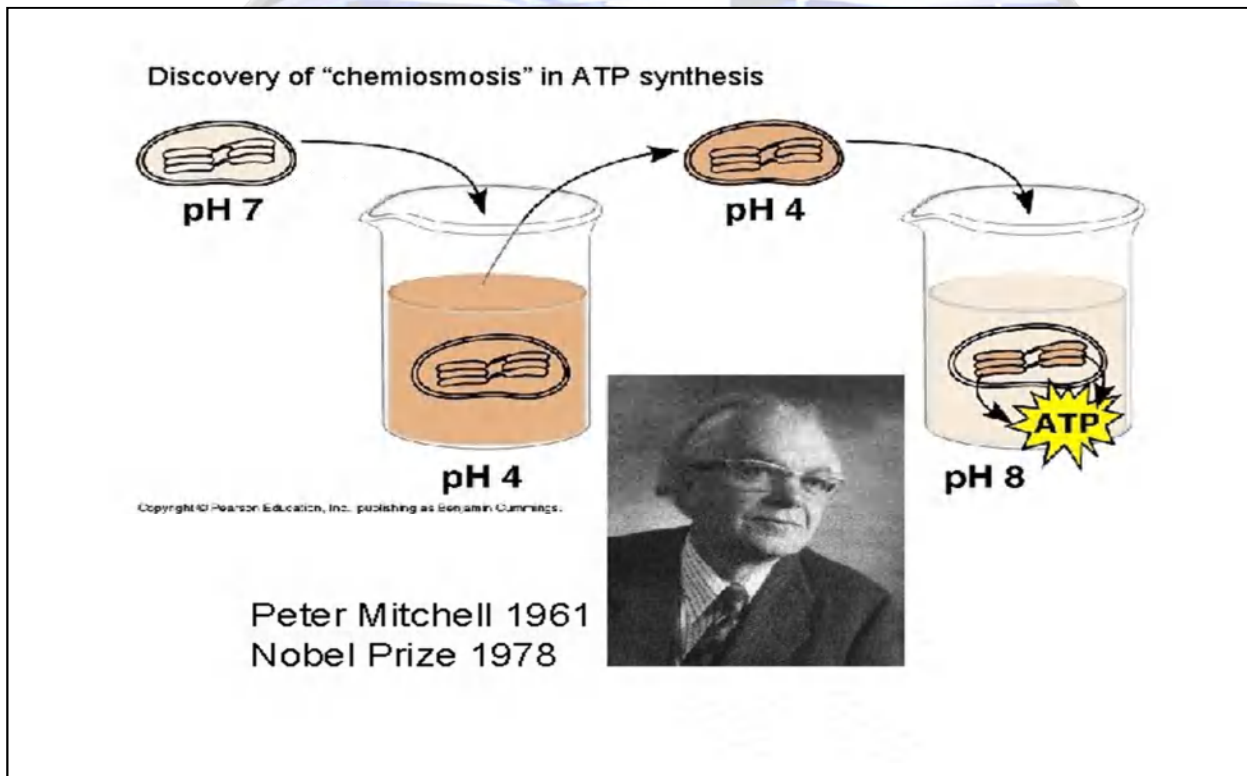


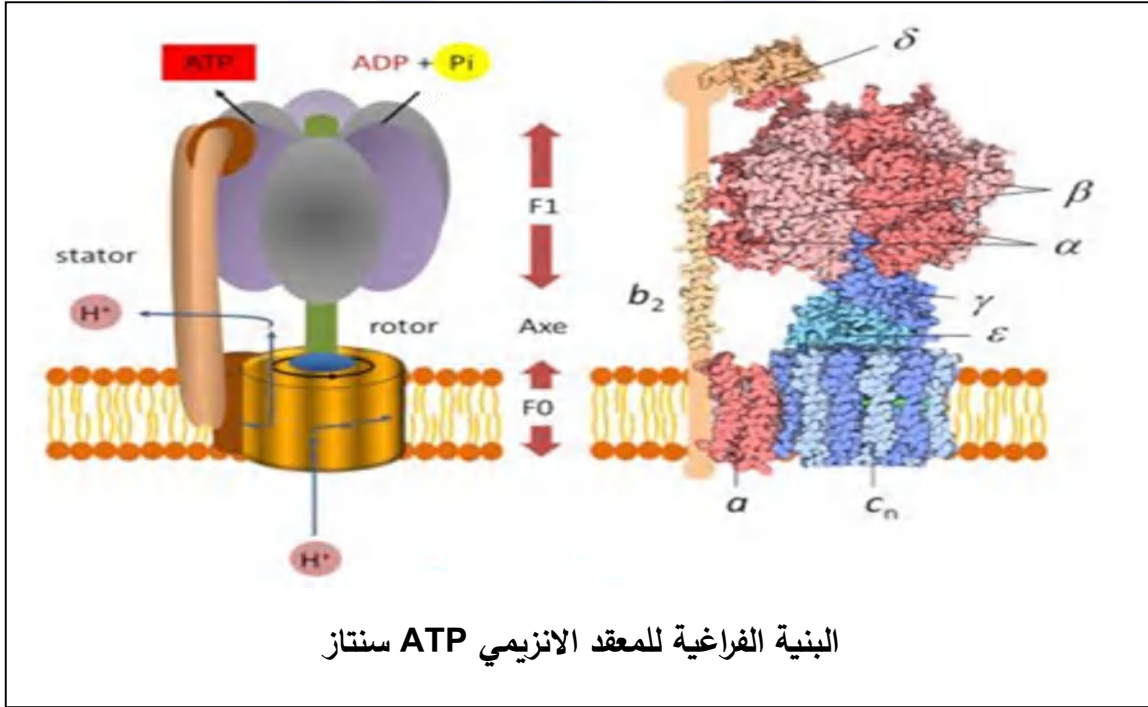
- لا يمكن لجزيئة اليخضور في مركز التفاعل ان تستعيد قدرتها على تحرير الالكترونات من جديد إلا إذا استعادت الالكترونات التي فقدتها. لذلك يتم تحفيز المعقد الانزيمي في PSII على تحليل الماء الذي ينتج عنه الكترونات تعوض الكترونات المركز التفاعلي. اما PSI فيعوض الكتروناته بالالكترونات الناتجة عن اكسدة PSII والتي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

- يكتسب T1 الالكترونات الناتجة عن أكسدة الـ PSII وبروتونين من الستروما، ثم يتحرك باتجاه T2 الذي يستقبل الالكترونات 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 حامضاً و PH الوسط قاعدياً.
- التوضيح: بوجود الضوء ومستقبل الإلكترونات المؤكسد ($NADP^+$) تستمر أكسدة الأنظمة الضوئية وإرجاع $NADP^+$ ، و خلال ذلك يتم نقل الإلكترونات 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 فرقاً في تركيزها ، حيث يصبح PH التجويف حامضياً (تركيز مرتفع لـ H^+) و PH الستروما مرتفعاً (تركيز منخفض لـ H^+)، فيتشكل سيل من البروتونات يتدفق عبر F_0 محفزاً انزيم ATP سنتاز على فسفرة الـ ADP بوجود P_i و تحرير الـ ATP على مستوى F_1 . إنها الفسفرة الضوئية. وهذا ما يتوافق مع الفرضية الكيمواسموزية لمتشال.



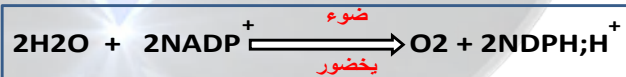


الخلاصة التركيبية:

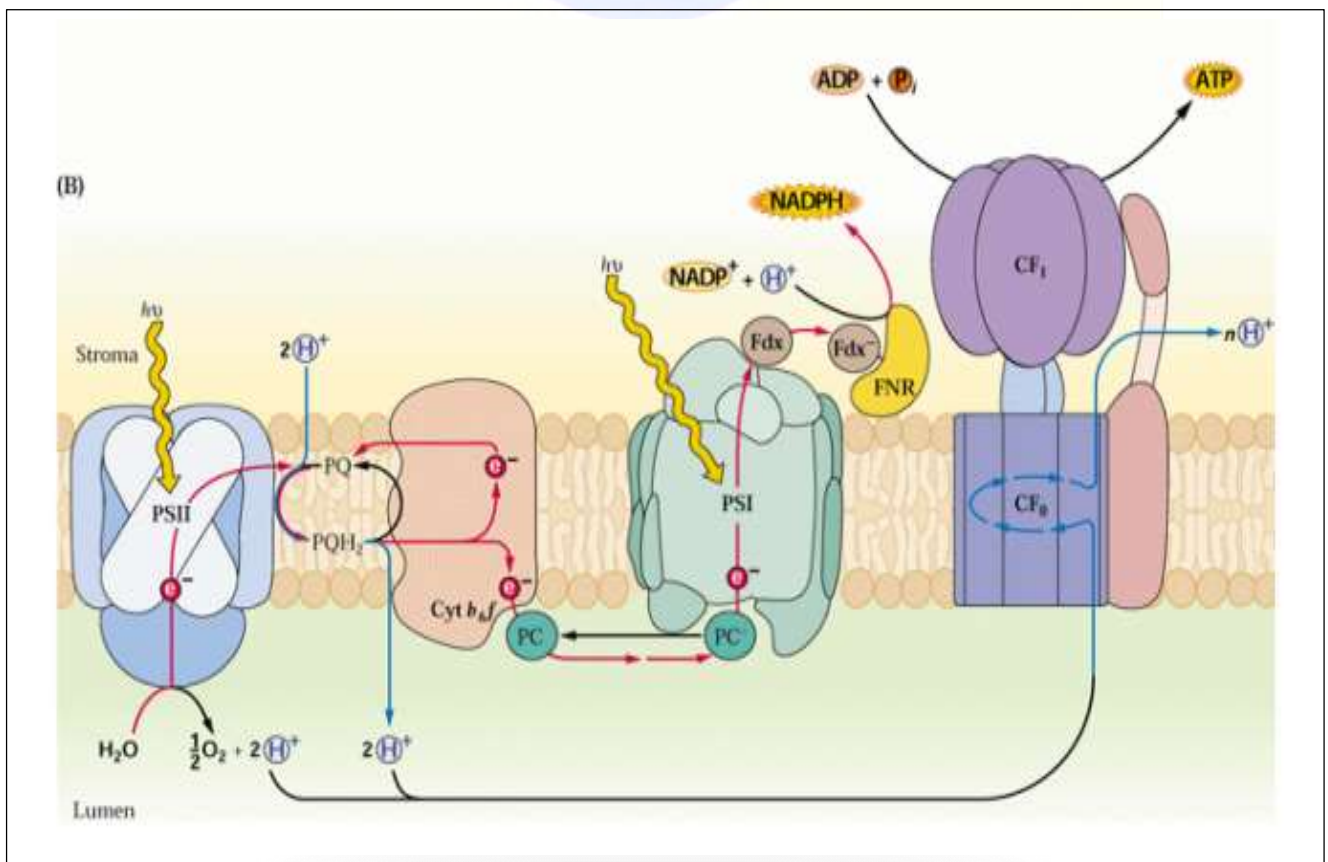
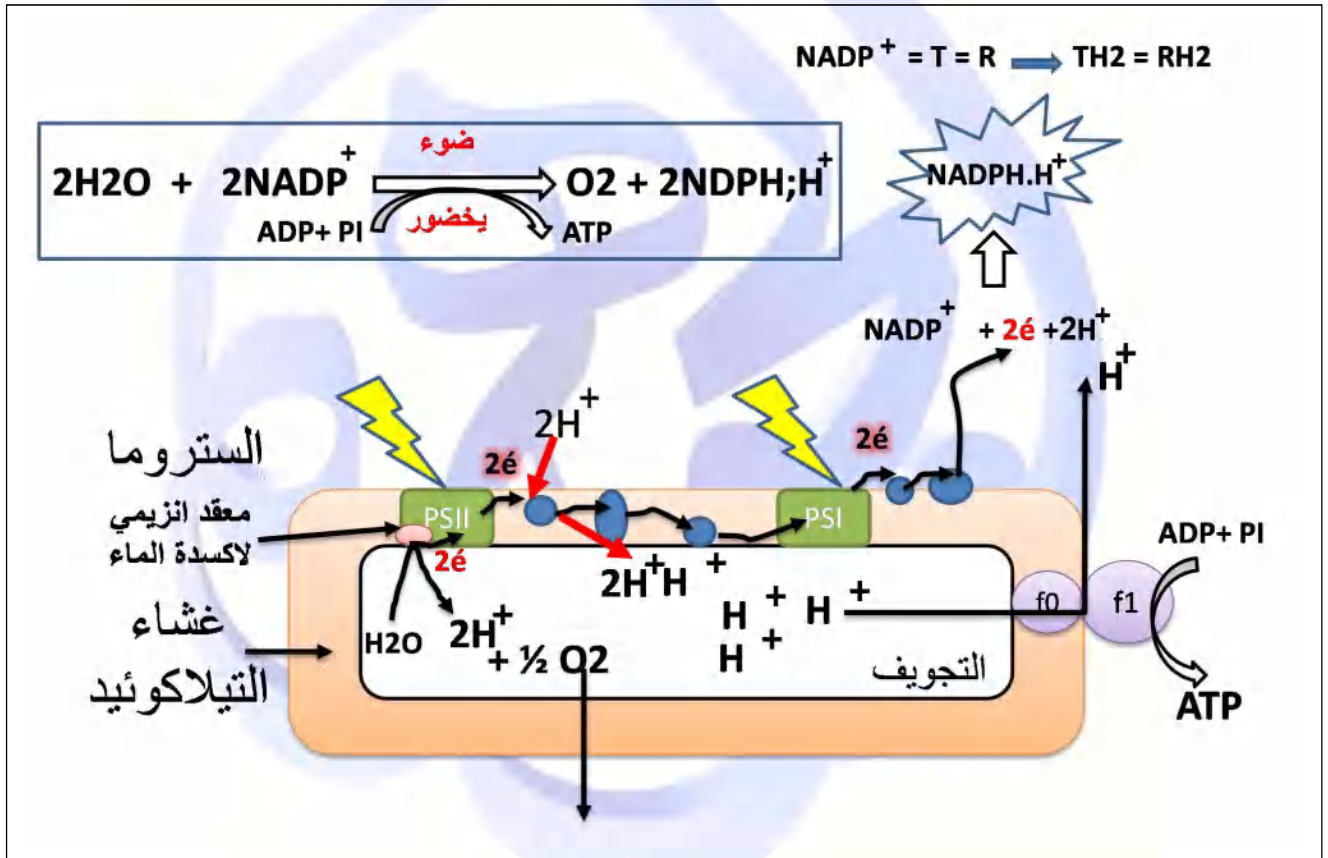
النص العلمي الملخص لآلية حدوث التفاعل الكيموضوئي.

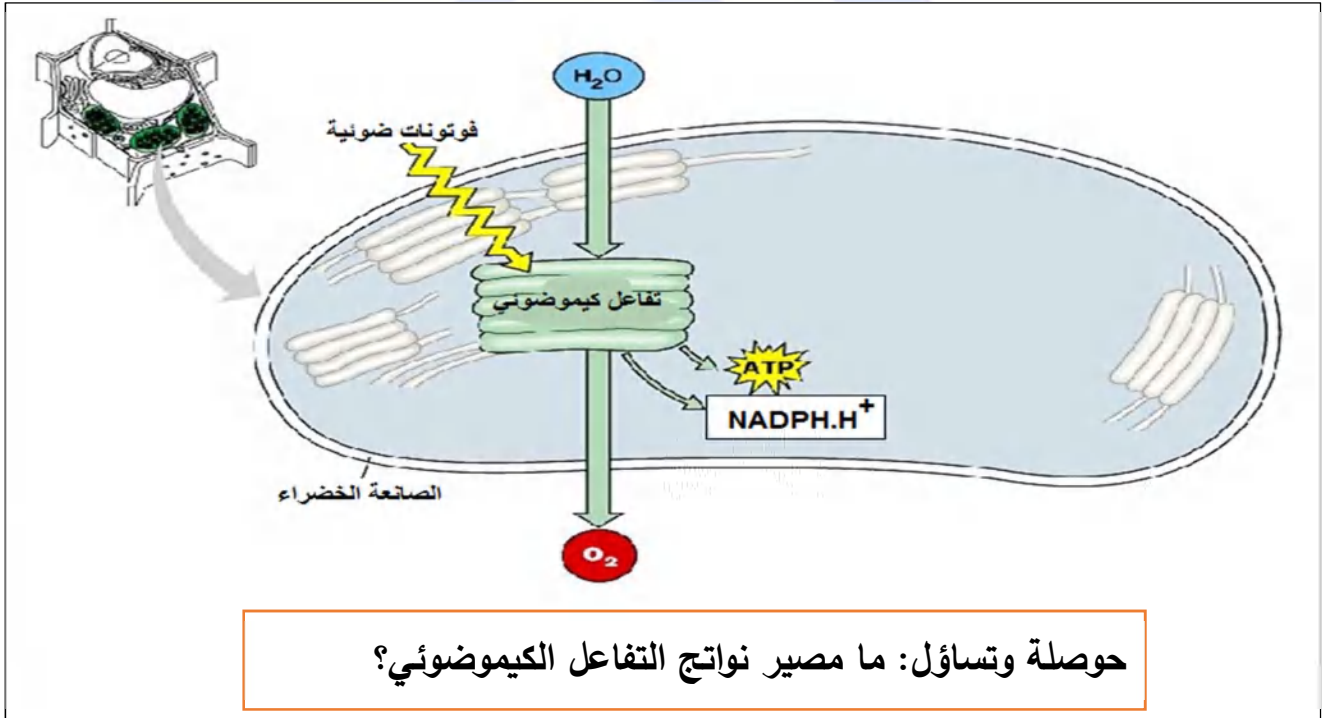
على مستوى غشاء التيلاكويد وبوجود الضوء ومستقبل الإلكترونات النيكوتين اميد ثنائي النكليوتيد فوسفات $NADP^+$ والـ ADP ، P_i تنطلق تفاعلات المرحلة الكيموضوئية وفقا للخطوات التالية:

- 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 الإلكترونات محملة بالطاقة، تنتقل عبر سلسلة النواقل حسب تزايد كمون الأكسدة الارجاعية.
- يسترجع المركز التفاعلي $PSII$ إلكتروناته وبالتالي قابلية التنبيه من أكسدة الماء. فتتحرر بروتونات في التجويف وينطلق الـ O_2 ، ويعوض PSI إلكتروناته بالإلكترونات $PSII$ أما الإلكترونات PSI فتستقبل نهائيا من طرف $NADP^+$ الذي يرجع ويتحول الى $NADPH.H^+$.

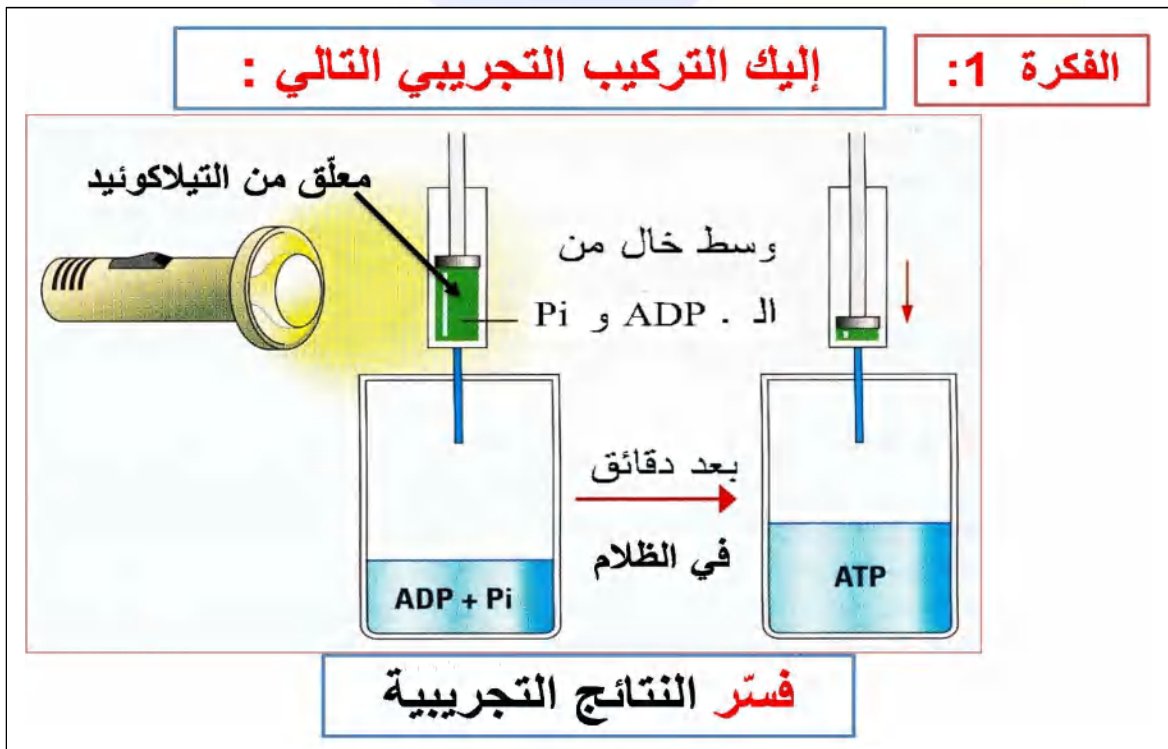


- يصاحب نقل الإلكترونات على طول سلسلة الأكسدة / ارجاع (السلسلة التركيبية الضوئية) تراكم البروتونات الناتجة عن أكسدة الماء وتلك التي يتم نقلها من الستروما إلى التجويف مما يخلق تدرجا في تركيز البروتونات بين الحشوة والتجويف فتنتشر البروتونات على شكل سيل يخرج عبر الـ ATP سنتاز محفزا إياه على فسفرة الـ ADP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





اهم الأفكار التي تبنى عليها التمارين

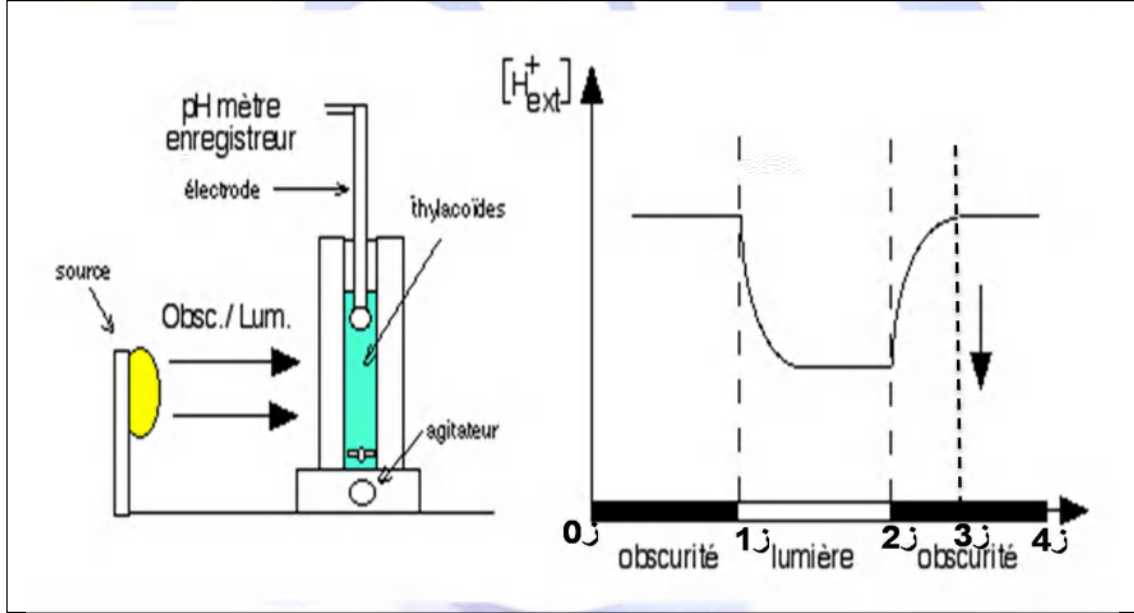


التفسير: عند تعريض المعلق للضوء لفترة محددة تحدث تفاعلات الأكسدة الإرجاعية ويخلق الفرق في تركيز البروتونات على جانبي غشاء التيلاكويد وعند نقلها إلى وسط يحتوي على ADP + Pi ورغم غياب الضوء يتم تركيب الـ ATP بسبب استمرار خروج البروتونات وفق تدرج التركيز عبر الكريات المذبذبة محفزة انزيم ATP سنتاز على فسفرة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

الفكرة 2:

- باستعمال التركيب التجريبي التالي:

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



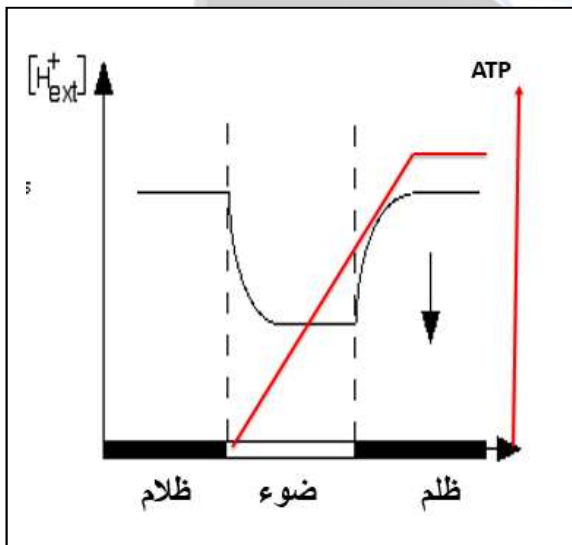
- 0-1 ز في الظلام: ثبات تركيز البروتونات يعود الى توقف تفاعل اكسدة ارجاع على مستوى غشاء التيلاكوييد لغياب الضوء.

- 1-2 ز في وجود الضوء: انخفاض سريع في تركيز البروتونات يعود الى نقلها من الوسط الى التجويف التيلاكوييد 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

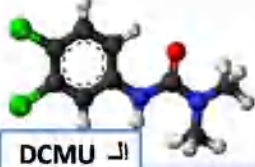
- 2-3 ز في الظلام: تزايد تركيز البروتونات في الوسط يعود الى توقف تفاعلات الاكسدة ارجاع في غياب الضوء مع استمرار خروج البروتونات وفق تدرج التركيز عبر الكريات المذنبة.

- 3-4 ز: 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 : 1 ز الى 3 ز.



تطبيق: باستعمال معلق صناعات خضراء معرض للضوء و بوجود DCMU (مركب يستعمل في مبيدات الأعشاب يمنع انتقال الإلكترونات من PSII إلى T1).

فهر النتائج المحصل عليها في الحالات التالية :	
	ال DCMU
النتائج	الشروط التجريبية
1	استعمال DCMU فقط عدم انطلاق الـ O ₂ وعدم إنتاج NADPHH+ و ATP
2	استعمال DCMU + مستقبل الإلكترونات اصطناعي (DCPIP) انطلاق O ₂ وعدم إنتاج NADPHH+ و ATP
3	استعمال DCMU + معطي الإلكترونات عدم انطلاق O ₂ ، و يتم إنتاج NADHH+ و ATP

DCPIP⁺ - 6 ثنائي كلورو فينول-إندولفينول. عندما يستقبل DCPIP الإلكترونات ، فإنه يتحول من حالة زرقاء إلى حالة عديمة اللون

$$\text{DCPIP}_{(\text{oxidized})} + 2 e^- \longrightarrow \text{DCPIP}_{(\text{reduced})}$$

Blue أزرق Colorless شفاف

- التفسير :

- 1- عدم انطلاق الـ O₂ يعود إلى عدم أكسدة الماء بسبب عدم أكسدة PSII نتيجة وجود DCMU التي تمنع انتقال الإلكترون منه إلى (PQ) T1.
- عدم إنتاج NADPHH⁺ يعود إلى عدم إرجاع NADP⁺ بسبب عدم أكسدة PSI رغم وجود الضوء نتيجة منع انتقال الإلكترونات في سلسلة الأكسدة الإرجاعية أي منع تعويض الإلكترونات.
- عدم تركيب الـ ATP غياب تفاعل الأكسدة الإرجاعية لا تتراكم البروتونات في التجويف مما يمنع الفسفرة الضوئية رغم وجود الضوء وانطلاق O₂.
- 2- انطلاق الـ O₂ يدل على أكسدة الماء نتيجة أكسدة PSII وتحرير الإلكترونات يستقبلها مستقبل الإلكترونات DCPIP وليس T1 بسبب وجود DCMU.
- عدم إنتاج NADPHH⁺ وعدم تشكيل ATP نفس التفسير في (1).
- 3- عدم انطلاق الـ O₂ يعود إلى وجود DCMU (نفس التفسير في 1)

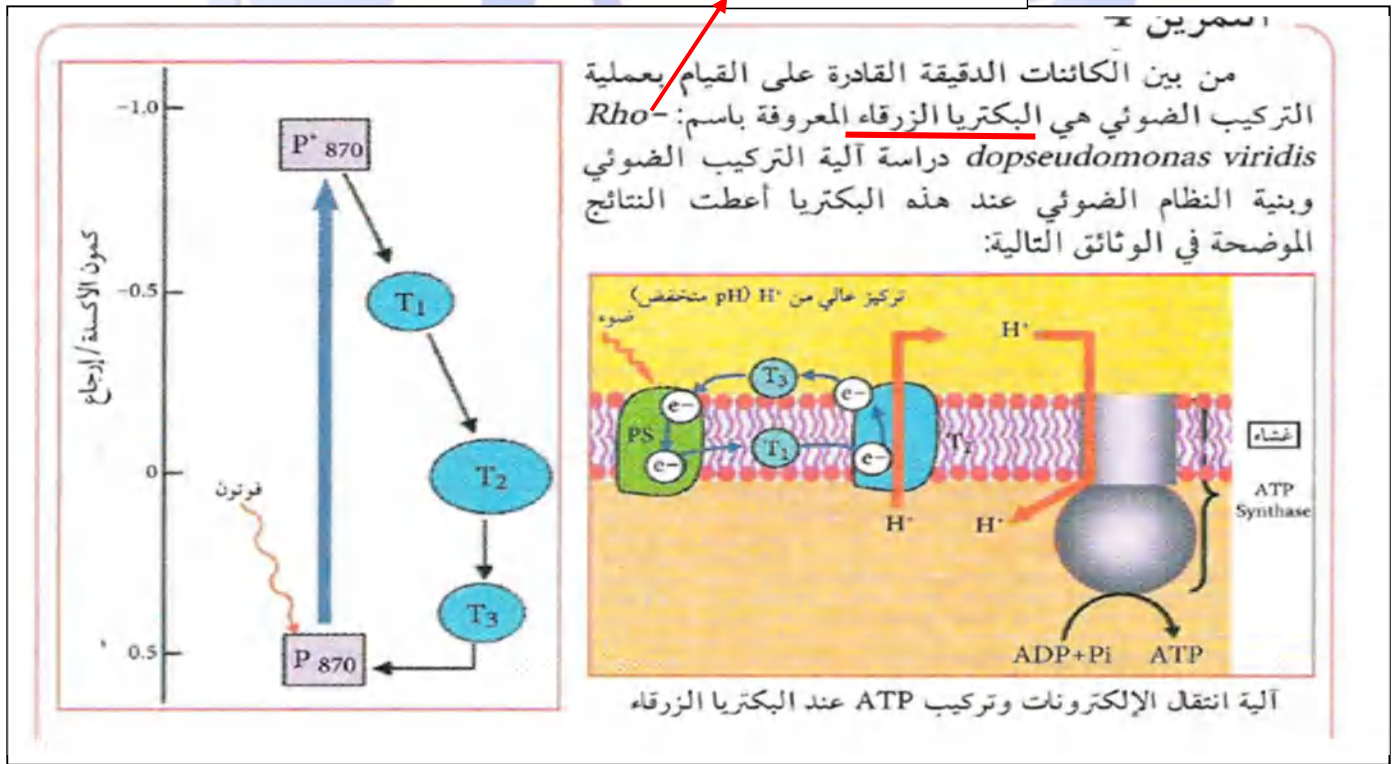
- إنتاج $NADH+H^+$ يعود الى ارجاع $NADP^+$ بالإلكترونات الناتجة عن اكسدة PSI في وجود معطي الكترونات الذي يضمن استرجاع الكتروناته .

- 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 مما يخلق 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



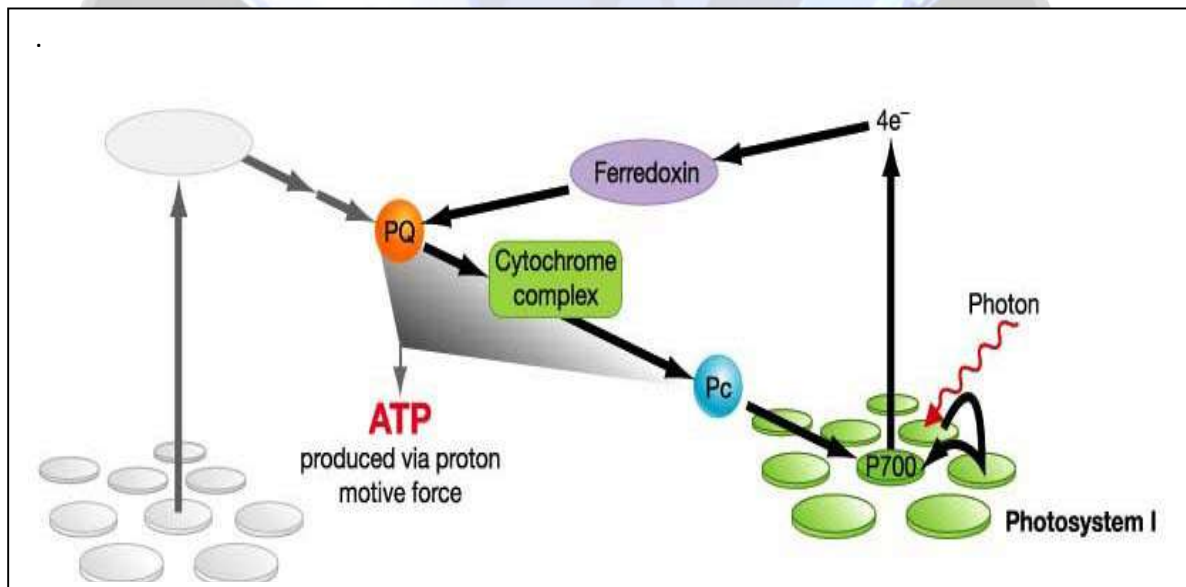
1. ما هي أوجه التشابه والاختلاف بين هذه الآلية وآلية انتقال الإلكترونات وتركيب ATP في النباتات الخضراء التي تم التعرف عليها سابقا ؟
 2. تعرف هذه الطريقة من انتقال الإلكترونات بالانتقال الحلقي ويمكن أن تحدث في النباتات الخضراء وتؤدي فقط إلى إنتاج ATP دون إنتاج $NADPH$. يشارك فيها النظام الضوئي الأول PSI فقط بتدخل التوافل 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 رسمًا تخطيطيًا 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 الية انتقال الالكترونات وتركيب الـ ATP بين البكتيريا الارجوانية والنباتات الخضراء.**

البكتيريا الارجوانية	النباتات الخضراء	
أوجه التشابه	-وجود نظام ضوئي يمتص الفوتونات الضوئية ويتهيج (ينخفض كمون اكسدته الارجاعية) فيتأكسد. -نقل الالكترونات عبر سلسلة النواقل حسب تزايد كمون الاكسدة الارجاعية، يرافقه نقل البروتونات على جانبي الغشاء من اجل خلق فرق التركيز الذي يتسبب في تشكيل سيل من البروتونات يخرج عبر انزيم ATP سنتاز ليحفزه على تركيب ATP (فسفرة تأكسدية ضوئية)	
أوجه الاختلاف	-تضم السلسلة التركيبية نظامين ضوئيين PSI مركزه التفاعلي P700 و PSII مركزه التفاعلي P680. و 5 نواقل الالكترونات -تنتقل الالكترونات في مسار مفتوح (خط Z) من H2O الى المستقبل النهائي $NADP^+$ ما يرافقه انطلاق O_2	-تضم السلسلة التركيبية نظام ضوئي واحد مركزه التفاعلي P870. و 3 نواقل الالكترونات تنتقل الالكترونات في مسار حلقي حيث تنطلق من النظام الضوئي وتعود اليه. وبالتالي لا يوجد مستقبل نهائي يتم ارجاعه ولا ينطلق O_2 (غياب معقد انزيمي لأكسدة الماء).

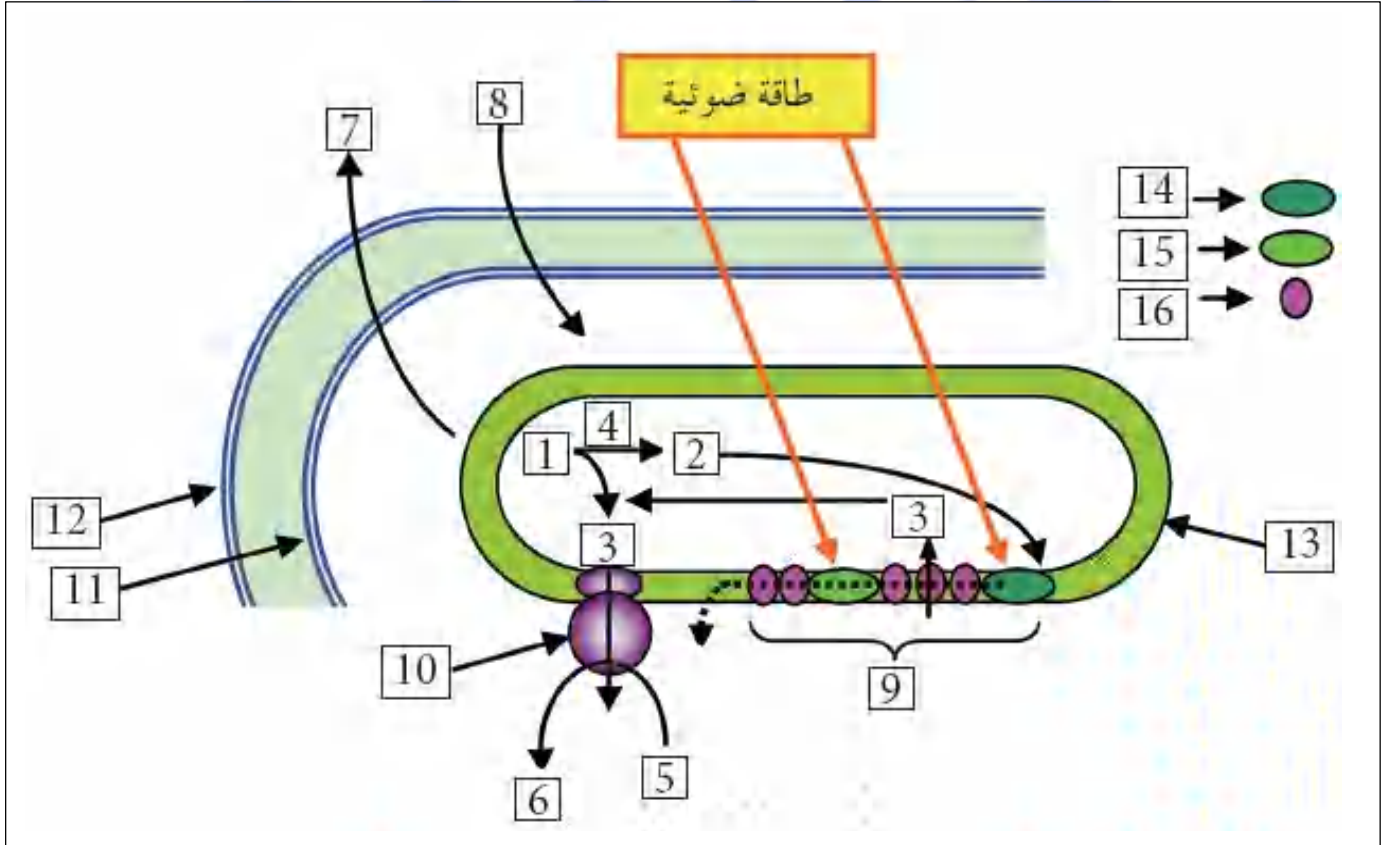
الاستنتاج: كل كل من البكتيريا الارجوانية والصانعات الخضراء عند النباتات الخضراء لها القدرة على الفسفرة الضوئية (تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية قابلة للاستعمال (ATP)) من خلال التفاعل الكيموضوئي مع اختلاف في النواتج حيث ينطلق الـ O_2 و تتشكل $NADPHH^+$ عند الصانعات الخضراء ولا ينطلق الـ O_2 ولا يتم انتاج مستقبل نهائي مرجع عند البكتيريا.

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

- يسمح الانتقال الحلقي للـ e^- بتراكم البروتونات داخل التجويف وبالتالي تعزيز انتاج 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 الصانعة الخضراء.

الإجابة

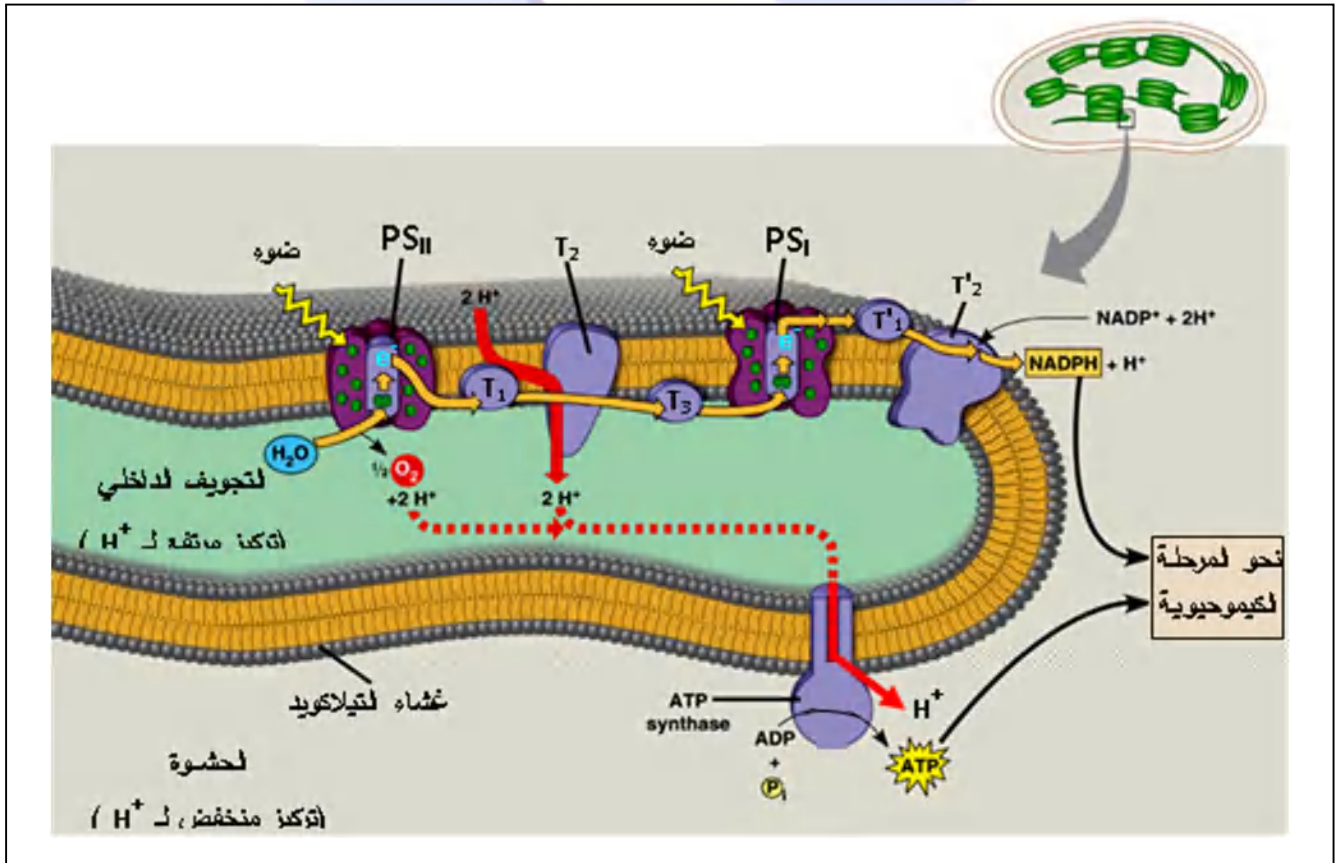
1- البيانات الرقمة:

$H_2O=1$	$ADP+Pi=5$	السلسلة التركيبية الضوئية=9	غشاء التيلاكويد=13
$=2$ إلكترونات	$ATP=6$	$ATP\ Synthase=10$	$PSII=14$
$H^+=3$	$O_2=7$	غشاء داخلي=11	$PSI=15$

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.

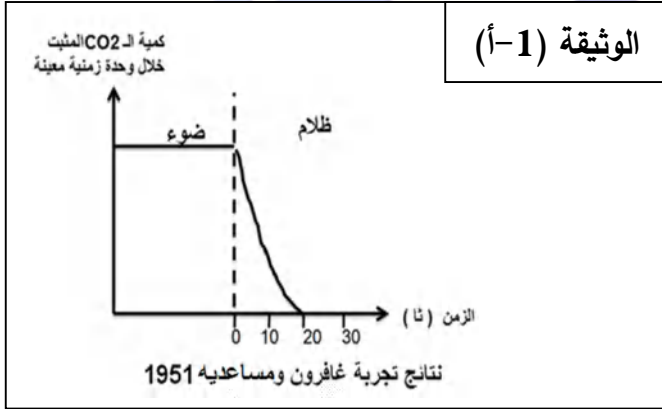
4- انجاز رسم تخطيطي وظيفي يبين الية حدوث التفاعل الكيموضوئي



الوضعية المشكلة (4)

على مستوى التلاكوئيد وبوجود الضوء ومستقبل الالكترونات الطبيعي والـ ADP. PI يحدث التفاعل الكيموضوئي 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 .

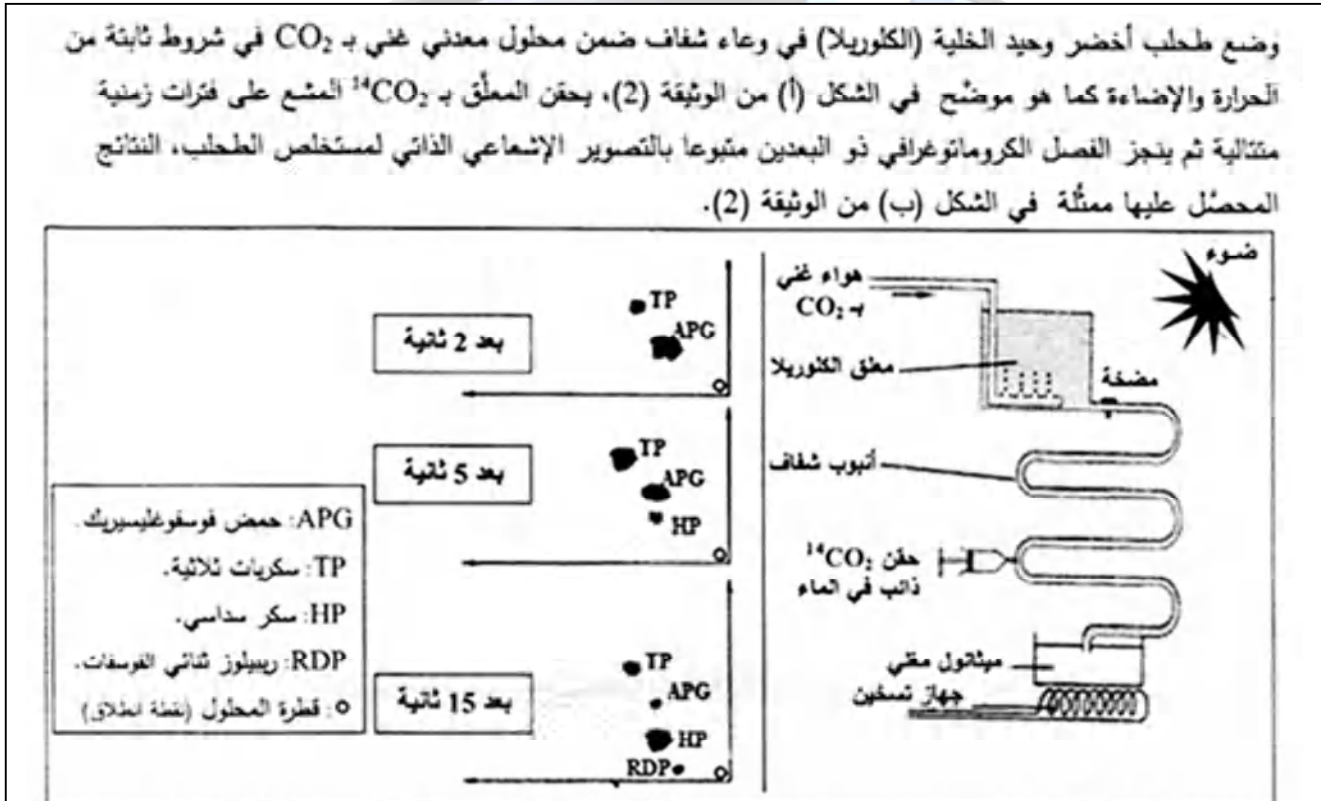
الجزء الأول:



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 كلوريل (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 ومساعدو بنسون بتجربة خطواتها ونتائجها موضحة في الوثيقة (ب-1)



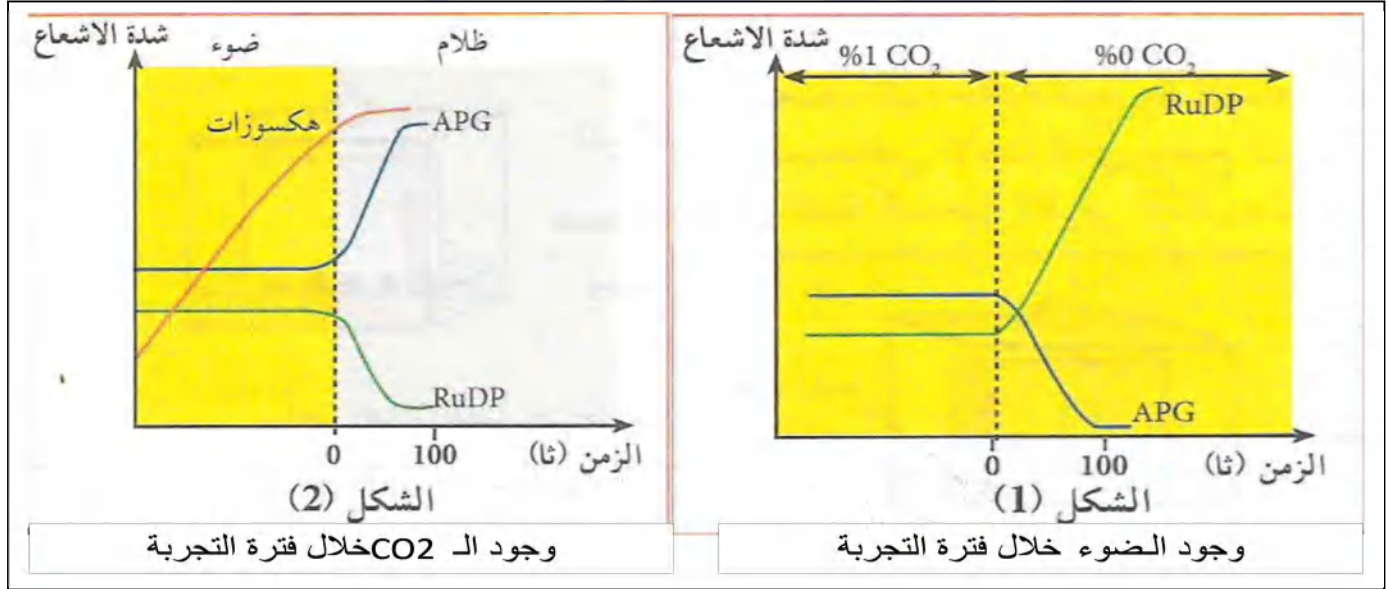
الوثيقة (ب-1)

ملاحظة: APG (حمض فوسفو غليسيريك 3CP)، TP (سكر ثلاثي 3CP)، 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:

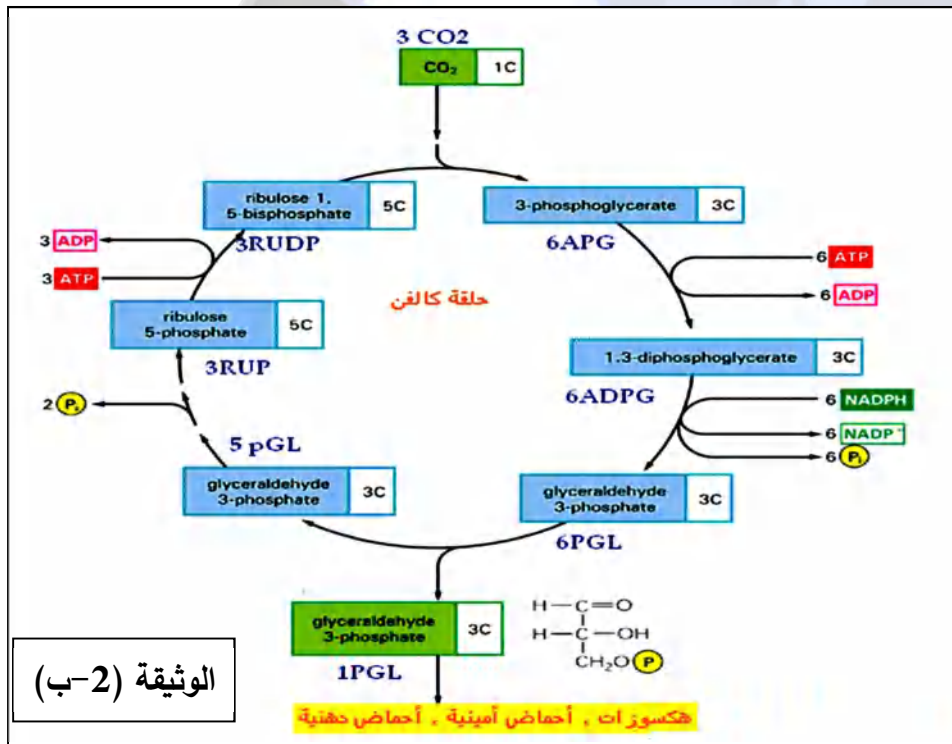
يتم قياس كمية المركبات المشعة (APG، RuDP، هكسوزات) في ظروف تجريبية مختلفة من ضوء/ ظلام، في وجود الـ CO_2 وفي غيابه. النتائج المحصل عليها موضحة في الشكلين (1 و 2) من الوثيقة (2).



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 CO_2 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 CO_2 على مستوى الصناعة

الخضراء.

الوثيقة (2-ب)

حل الوضعية المشكلة (4)

الجزء الأول:

- 1- استغلال نتائج اعمال غافرون ومساعدوه:
 - تحليل المنحنى: يمثل تغير كمية الـ CO_2 المشع المثبت من قبل طحلب اخضر في الضوء والظلام:
 - في وجود الضوء بشدة ومدة كافية نسجل ثبات كمية التـ CO_2 المثبت عند قيمة عالية.
 - في الظلام نسجل استمرار تثبيت الـ CO_2 بالتناقص حتى ينعدم خلال 20 ثا.
 - الاستنتاج: تثبيت الـ CO_2 لا يتطلب ضوء ولكنه يتطلب نواتج التفاعل الكيموضوئي.
 - ❖ المشكل العلمي المطروح: كيف يتم استعمال نواتج التفاعل الكيموضوئي في تثبيت الـ CO_2 ؟
- 2- استغلال نتائج اعمال كالفن ومساعدوه:
 - تحليل النتائج: تمثل نتائج تتبع المركبات العضوية الناتجة عن تثبيت الـ CO_2 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 CO_2 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 CO_2 تدخل مركب يلعب دور مستقبل الـ CO_2 .



- ✓ **الفرضية 1:** المستقبل مركب ثنائي الكربون (2C) حيث تثبيت جزيئة من الـ CO_2 على مركب 2C يعطي جزيئة واحدة من الـ APG.
- ✓ **الفرضية 2:** المستقبل مركب خماسي الكربون (5C) حيث تثبيت جزيئة من الـ CO_2 على مركب 5C يعطي جزيئتين من الـ APG.

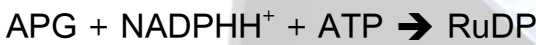
الجزء الثاني:

1- تفسير نتائج التجربة الموضحة في الوثيقة (2أ):

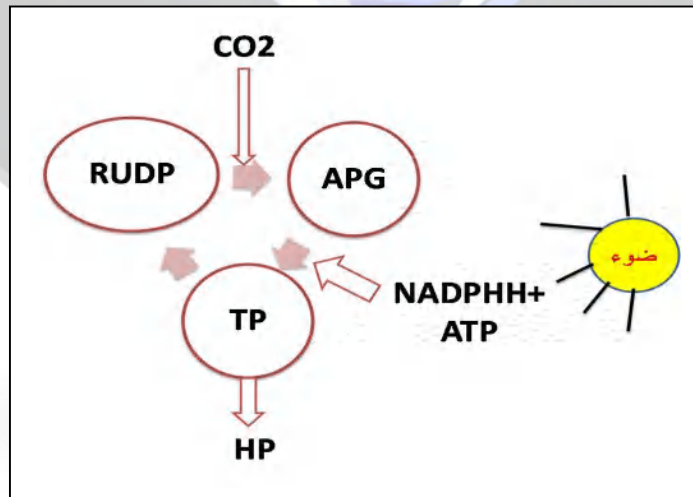
- في وجود الضوء والـ CO_2 : ن سجل ثبات في كمية كل من الـ APG و RuDP حيث تكون كمية الـ APG أكبر من RuDP ويعود ذلك الى ان كل منهما يركب ويستهلك بنفس السرعة (توازن ديناميكي)
- في وجود الضوء وغياب الـ CO_2 :
تتناقص كمية الـ APG حتى تنعدم، ويعود ذلك الى انه يستهلك ولا يركب لغياب الـ CO_2 .
- تتزايد كمية الـ 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 RuDP مركب خماسي الكربون فان تثبيت الـ CO_2 عليه يعطي جزيئين 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:

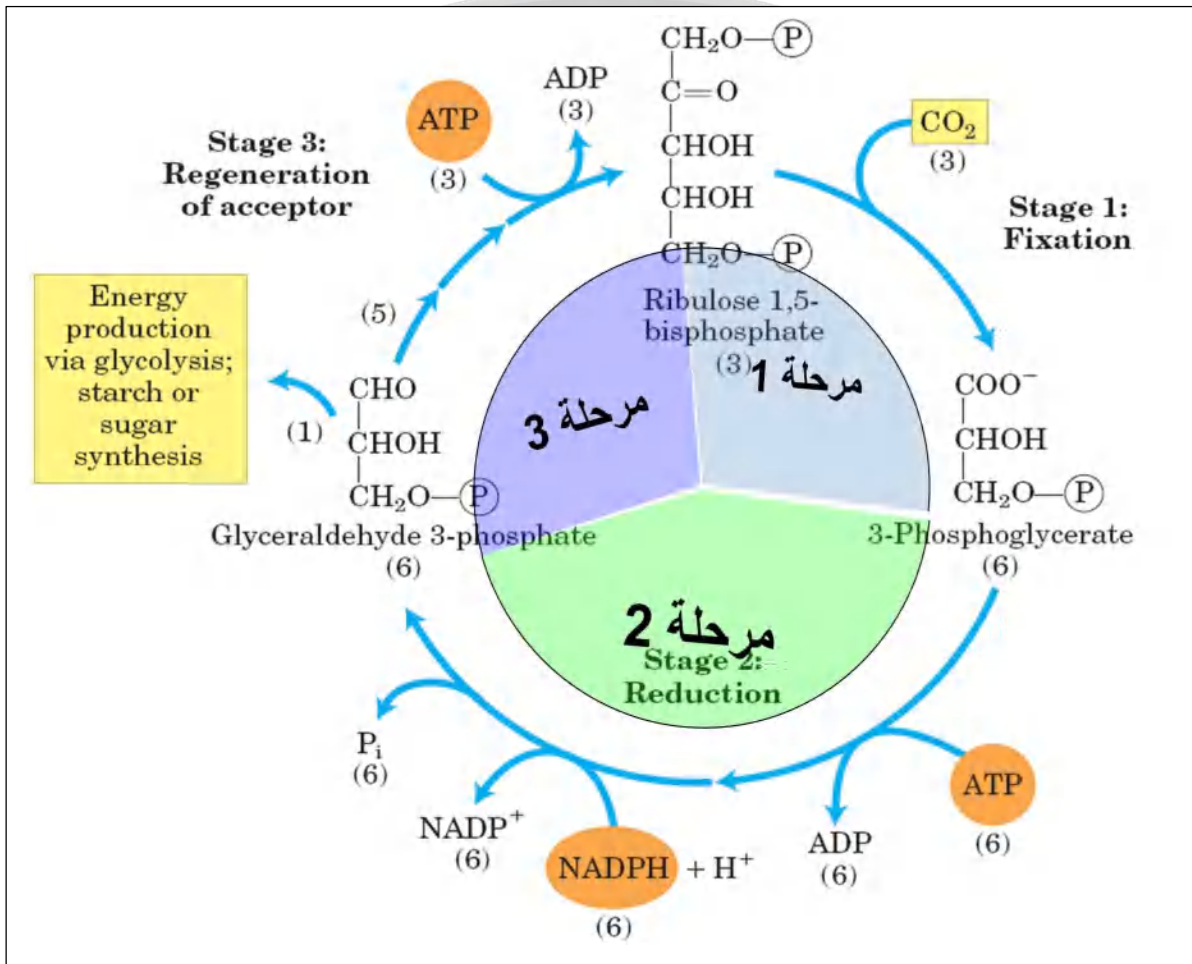
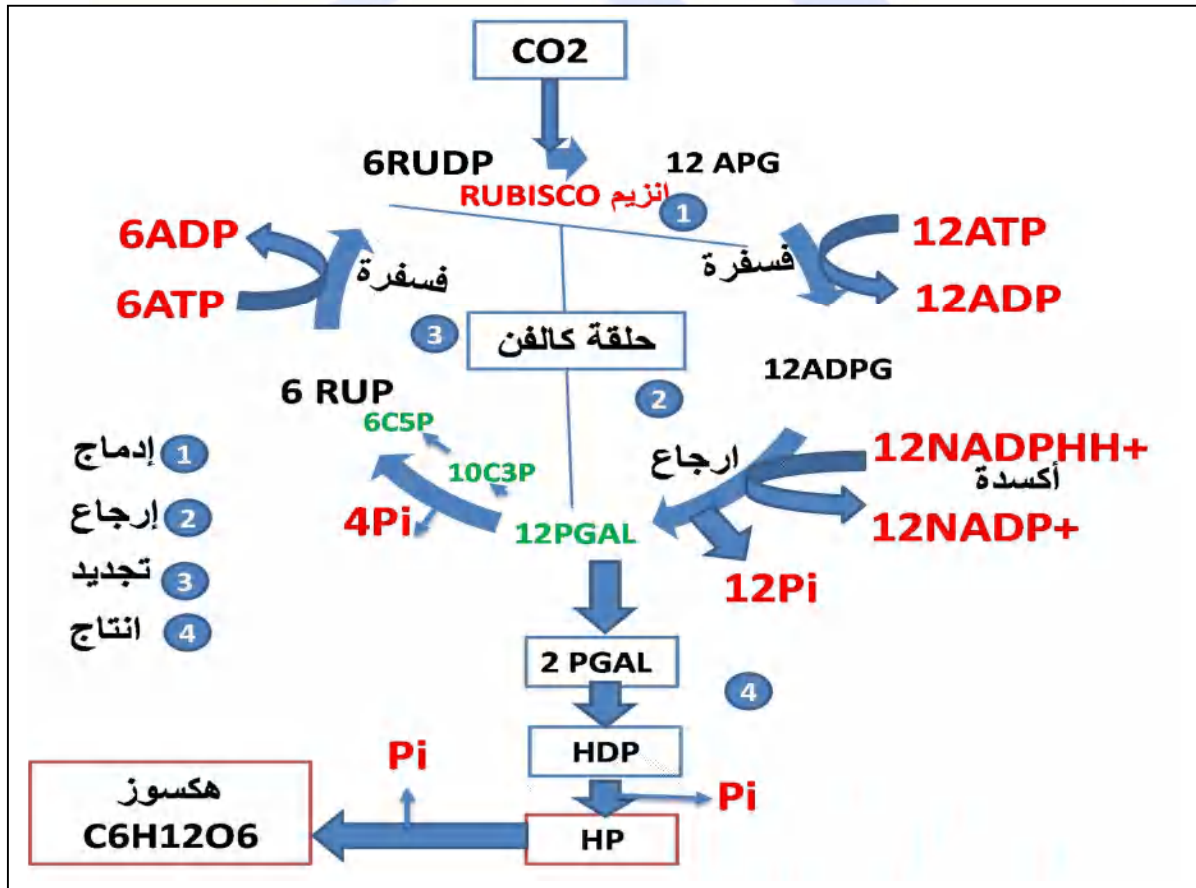
- تتزايد كمية الـ APG ثم تثبت، ويعود ذلك الى انه يركب ولا يستهلك لغياب الضوء.
- تتناقص كمية الـ RuDP حتى تنعدم، ويعود ذلك الى انه يستهلك ولا يركب لغياب الضوء.
- تساير العمليتين يدل على أن الضوء (نواتج التفاعل الكيموضوي) ضروري لتركيب (تجديد) الـ RuDP انطلاقا من الـ APG.



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



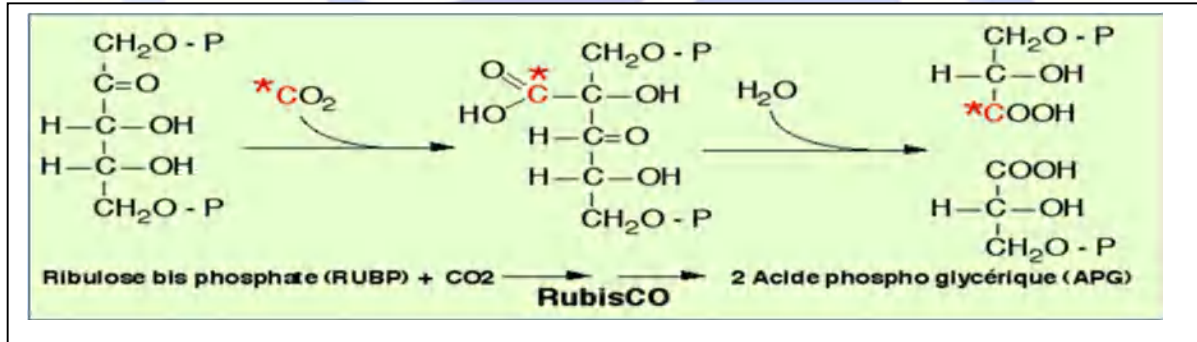
2- حلقة كالفن تسمح بإنتاج جزيئة من الهكسوز.



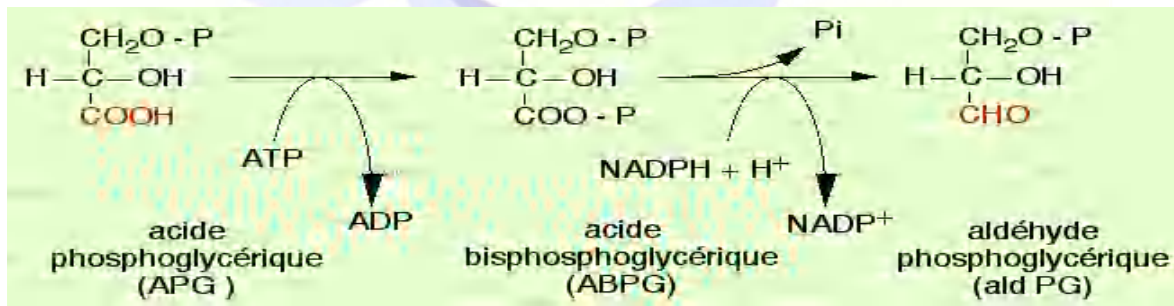
الجزء الثالث:

خلاصة آلية دمج ثاني أكسيد الكربون على مستوى الصانعة الخضراء .

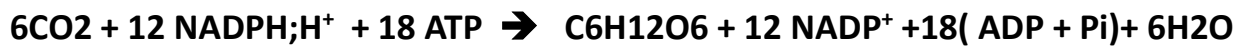
- يقوم أنزيم RUBISCO بتثبيت جزيئة CO₂ على جزيئة RUDP ليتشكل مركب سداسي الكربون سريع الانشطار الى 2APG



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



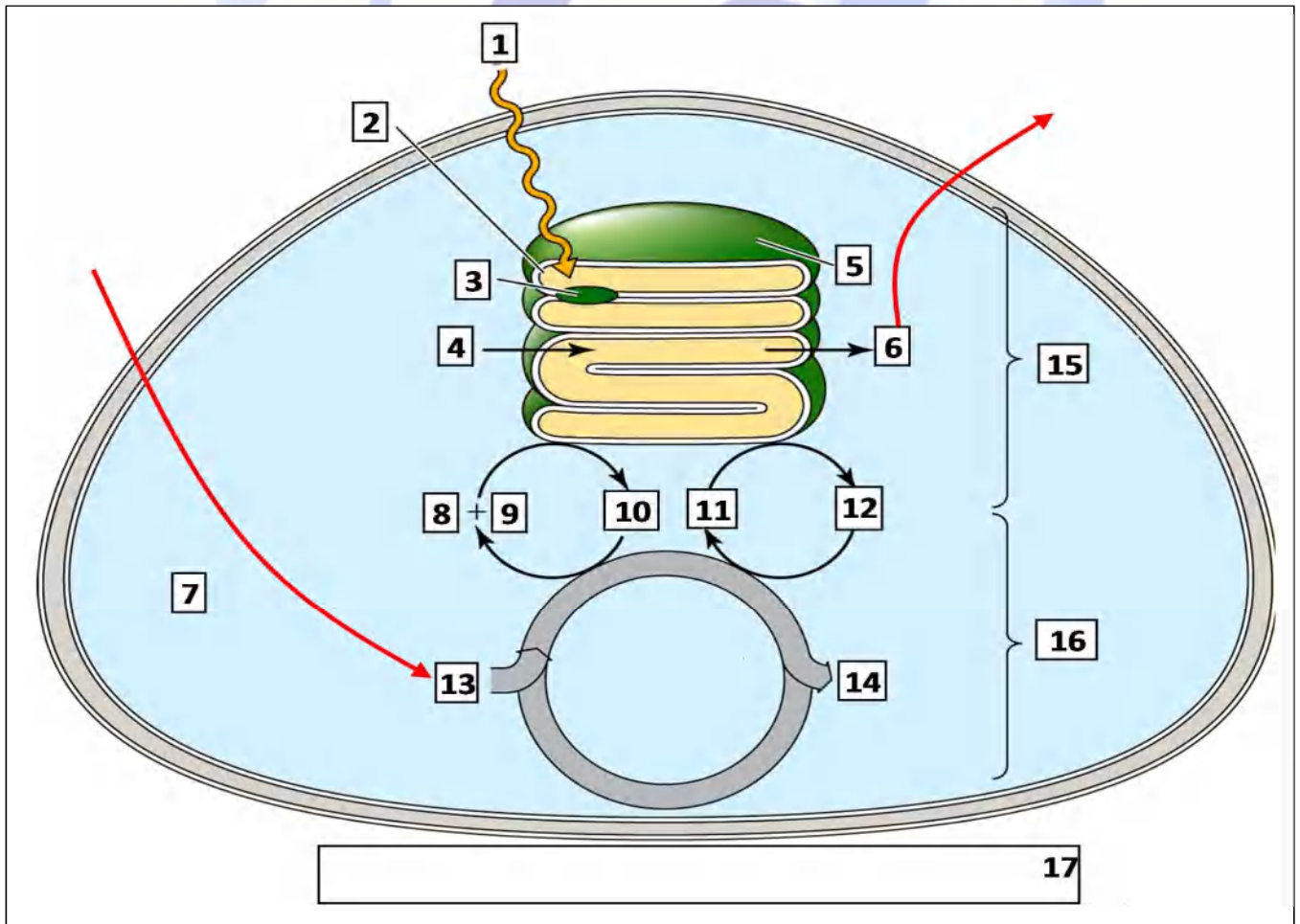
- يستعمل جزء من السكر الثلاثي في تجديد RUDP باستعمال المزيد من الـ ATP ويستعمل الجزء الآخر من السكر المرجع في تركيب السكريات سداسية الكربون (هكسوزات)، الاحماض الامينية، الدسم.
- معادلة التفاعل الكيمويوي



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- علّل 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 . دَعِّمَ اجابتك بمعادلات كيميائية تبرز العلاقة التكاملية.

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

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

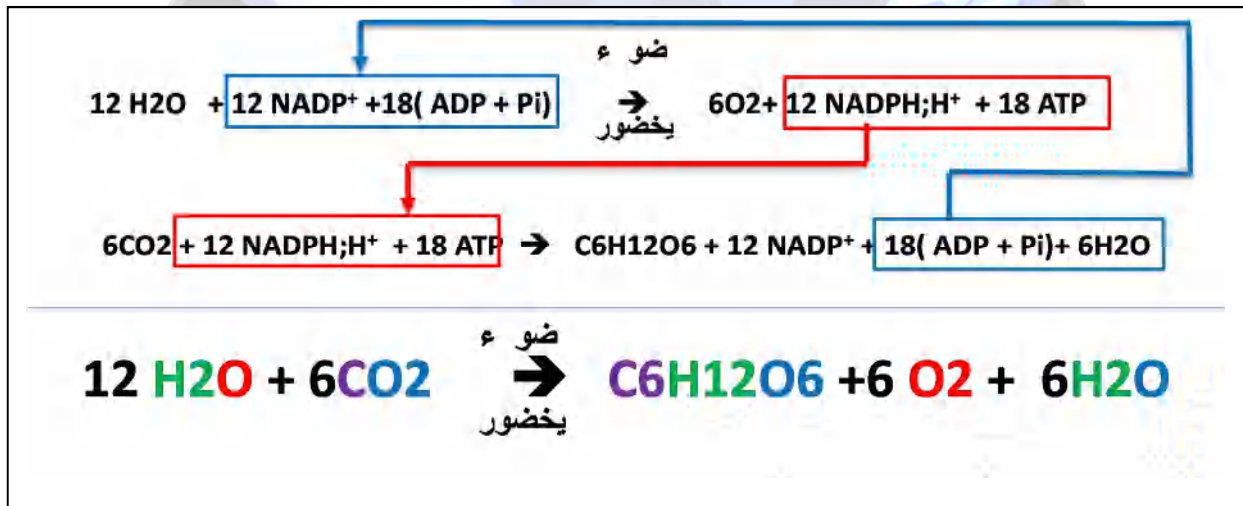
الإجابة

1- البيانات المرقمة:

1= ضوء	7= الحشوة	13= CO ₂
2= غشاء التيلاكويد	8= ADP	14= سكر
3= نظام ضوئي	9= Pi	15= المرحلة الكيموضوئية
4= H ₂ O	10= ATP	16= المرحلة الكيموحيوية
5= تيلاكويد (كبيس)	11= NADP+	17= مخطط يوضح التكامل بين مرحلتي التركيب الضوئي.
6= أكسجين	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 الكيموضوئية ولكنها لم تتجدد بسبب عدم حدوث المرحلة الكيموحيوية نظراً لغياب CO₂.

- تثبيط الـ CO₂ لفترة قصيرة ثم يتوقف يعود إلى توفير كمية محدودة من نواتج التفاعل الكيموضوئي وعند نفادها تتوقف حلقة كافن بسبب عدم إنتاجها في غياب الضوء.



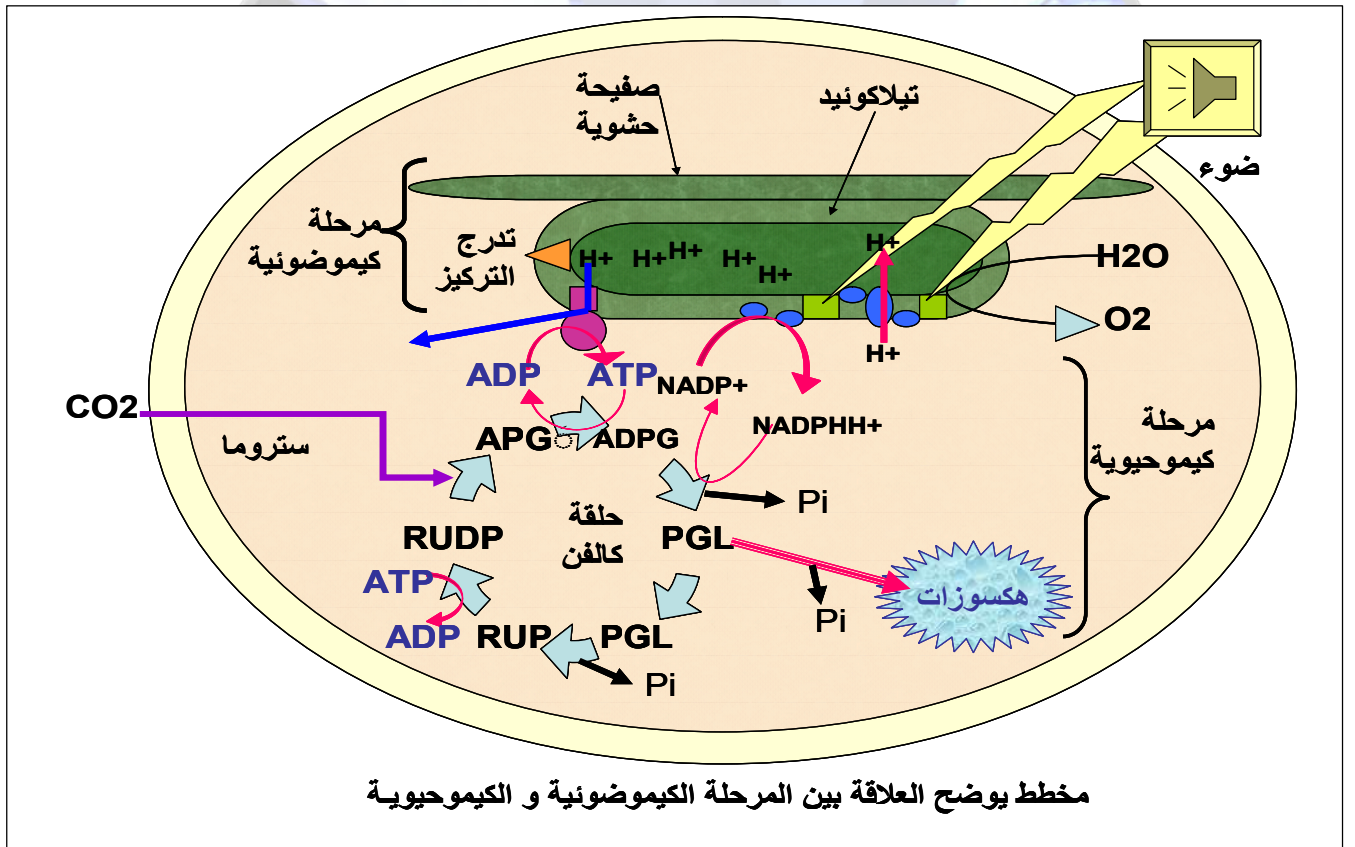
3- النص العلمي:

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

على مستوى التيلاكويد يحدث التفاعل الكيموضوي 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 الكيموضوي 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 الكيموضوي. ان علاقة التكامل التي تربط بين التفاعلين الكيموضوي والكيموحيوي هو ما يضمن استمرار عملية التركيب الضوئي بوجود الضوء والـ CO_2 وتوقف أحدهما يؤدي الى توقف الآخر وبالتالي توقف عملية التركيب الضوئي.

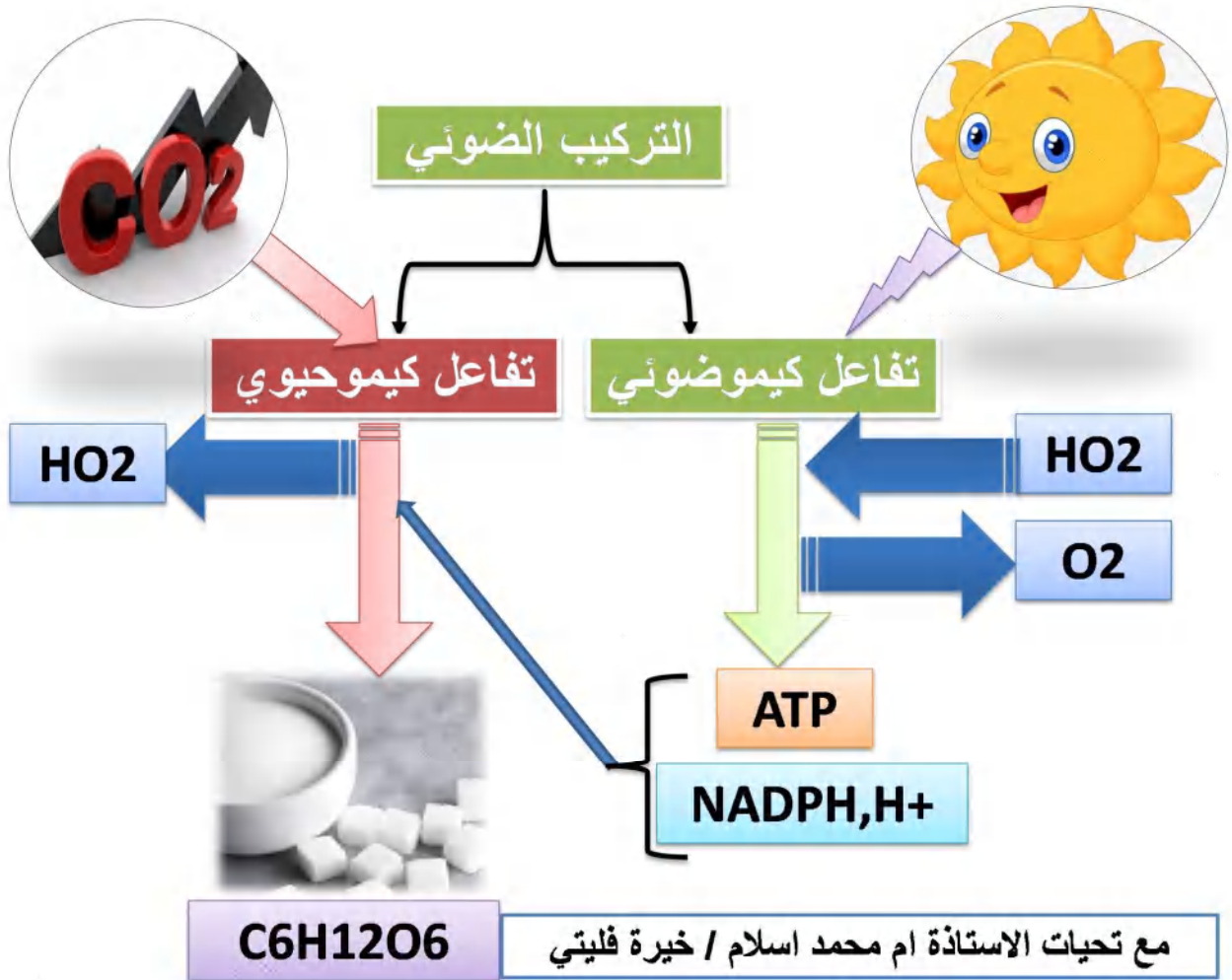
الرسم التخطيطي



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

وكل صباح تستيقظ مسرعةً 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 تغذية 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 اخر ها هي مروحيات الـ ATP سنّاز تدور بحركة البروتونات مفسفرة الـ ADP تصرخ البذيرات انها الفسفرة الضوئية.

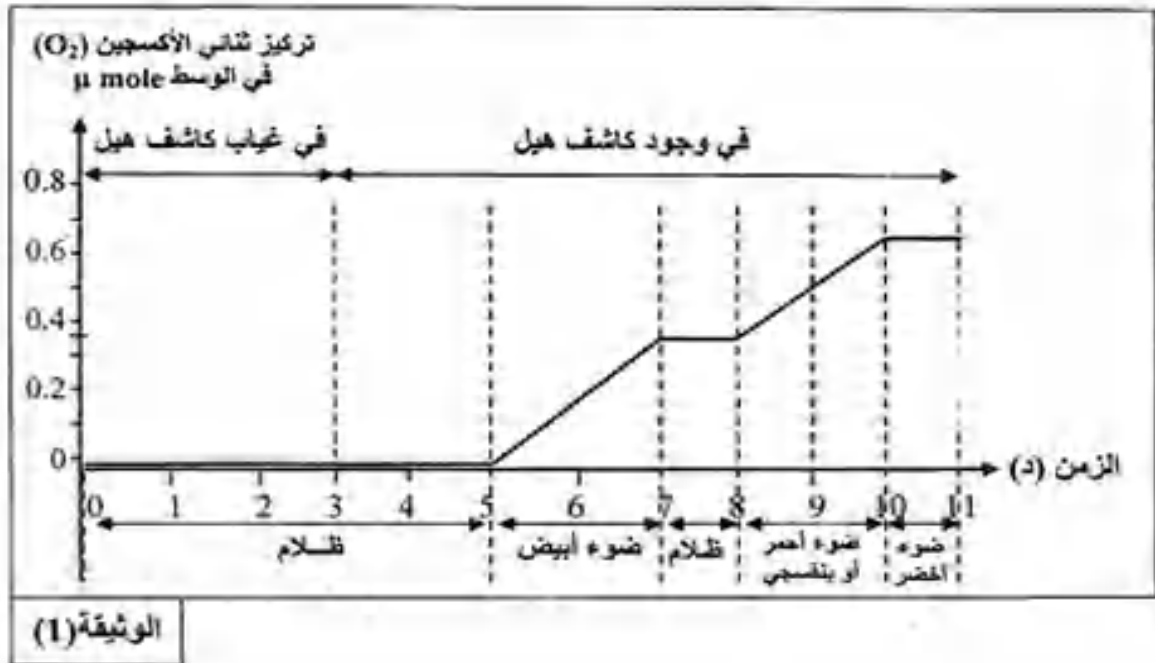
يستعد الـ CO_2 ليمسح ماضيه الاسود فيدخل مسرعا في عملية تجميلية كيميائية حيوية تثبته وتبيض وجهه وسرعان ما يبتسم داخل جزيئات السكر.



للمراجعة: تمرين مقترح في موضوع باك 2015

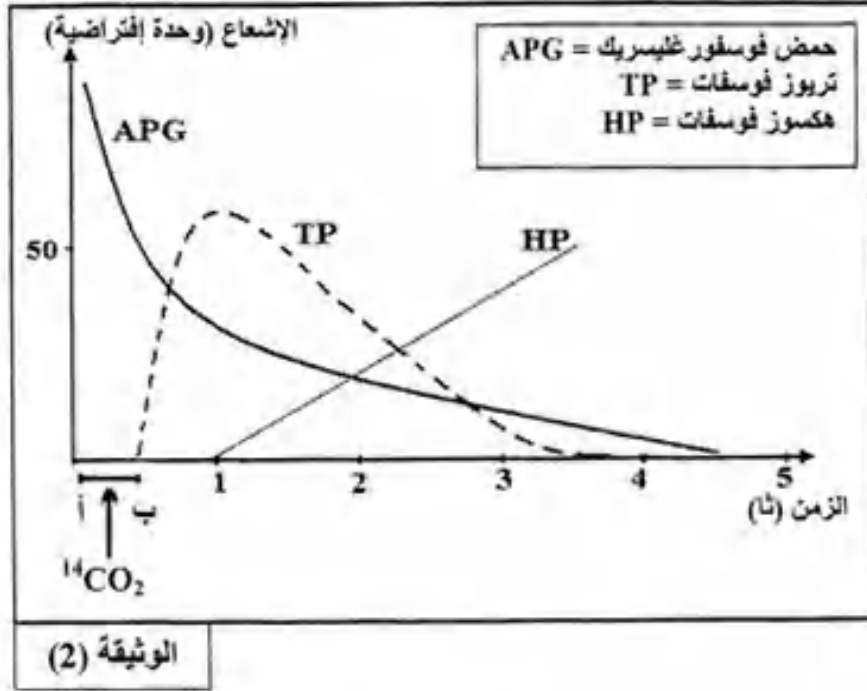
التمرين الثالث: (7 نقاط)

- الخلايا اليخضورية، بتغذيتها الخاص كائنات ذاتية التغذية وقادرة على تحويل الطاقة.
- I- الصانعات الخضراء عضيات سيتوبلازمية متخصصة تحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة.
- يتن برسم عليه البيانات تبرز من خلاله أن الصانعة الخضراء عضوية 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 مؤكسد يحتوي على ثوارد الحديد Fe^{3+} .
- الشروط والنتائج التجريبية مبينة في الوثيقة (1):



- 1- أ- حلل النتائج الممثلة في الوثيقة (1).
- ب- استنتج الشروط التجريبية اللازمة لحدوث تفاعلات المرحلة الكيموضوئية في الكيس (التيلاكويد).
- ج- وضع 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 الأكسجين 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.

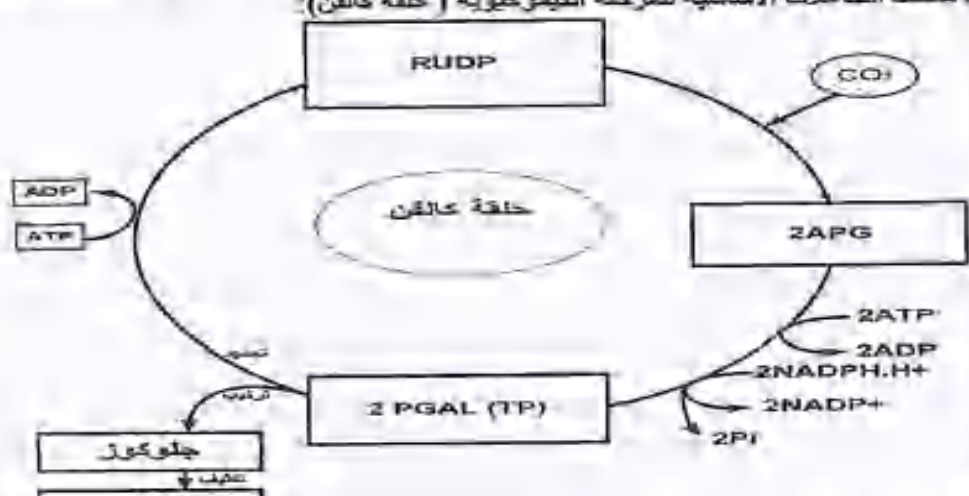


الإجابة

(تابع) الإجابة النموذجية وسلم التقطيع 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) عصبتان متباينتان للعصبون المحرك. - العصبون قبل مشبكي (C) عصبتان متباينتان للعصبون المحرك.										
1	0.25 4x	III - رسم التسجيلات : <table border="1"> <thead> <tr> <th>المسجلات</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> ملاحظة: للتوضيح فقط (حقن الأريم الأمستيل كولين إسترواز في المشبكين (1) و (3) يملك الأمستيل كولين ولا يؤثر على الـ GABA في المشبك (2)، لذلك يبقى غرط استقطاب في التسجيل (4) ولا يسجل أي زوال الاستقطاب). التكرير الثالث: (7 نقاط) I - رسم تخطيطي يبرر أن الصانعة الخضراء ذات بنية ونشاط بيوكيميائي حجري. رسم تخطيطي لما فوق بيئة الصانعة الخضراء يبرر بنيتها ونشاطها الكيموحيوي الحجري.	المسجلات	التسجيل 1	التسجيل 2	التسجيل 3	التسجيل 4	R1				
المسجلات	التسجيل 1	التسجيل 2	التسجيل 3	التسجيل 4								
R1												
1.25	0.25 5x	II - 1- تحليل نتائج الوثيقة (1) - من 0 إلى 5.5: في الظلام وفي غياب أي وجود كاشف هيل (مؤكسد يحتوي Fe^{3+})، يبقى تركيز تنفاني الأكسجين (O_2) معنوية في الوسط. - من 5 إلى 7: في وجود الضوء الأبيض وكاشف هيل يتزايد تركيز O_2 في الوسط ليصل إلى القيمة: $0.3(\mu mole)$. - من 7 إلى 8: في الظلام ويوجد كاشف هيل يبقى تركيز O_2 ثابتا عند القيمة: $0.3(\mu mole)$. - من 8 إلى 10: في وجود ضوء أحمر أو بنفسجي وكاشف هيل يتزايد تركيز O_2 ليصل إلى القيمة: $0.65(\mu mole)$. - من 10 إلى 11: في وجود ضوء أخضر وكاشف هيل يبقى تركيز O_2 ثابتا عند القيمة: $0.65(\mu mole)$.										
0.5	0.25 2x	II- الاستنتاج: الشروط التجريبية اللازمة لحدوث تفاعلات المرحلة الكيموضوئية: - توفر للضوء الأبيض (الإشعاعات الحمراء أو البنفسجية). - وجود مستقبل للإلكترونات الاصطناعي التجريبي (Fe^{3+}) في الوسط.										

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

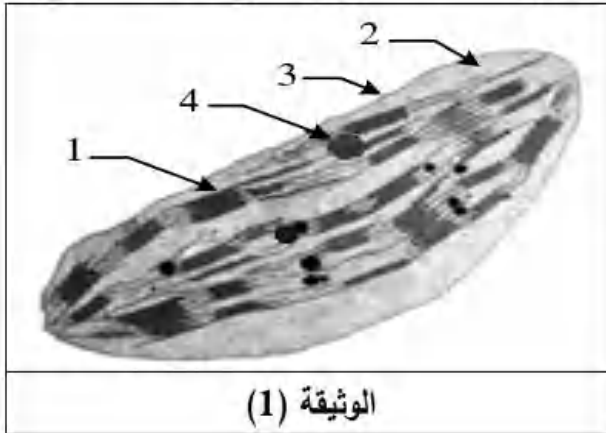
0.75	0.25 3*	ج- توضيح تسلسل الآليات في الحالة الطبيعية: عند تعرض الصانعات الخضراء للضوء الأبيض (الفوتونات) ويوجد المستقبل النهائي الطبيعي الفيزيولوجي للإلكترونات ($NADP^+$)، تحدث تفاعلات أكسدة وإرجاع على مستوى الكلوروفيل (الغشاء)، حيث تتأكسد الأنظمة الضوئية مسببة أكسدة الماء فينتحرر O_2 والبروتونات (H^+) والإلكترونات (e^-) التي تستعمل في نهاية السلسلة التركيبية الضوئية بواسطة المستقبل النهائي $NADP^+$ (حالة مؤكسدة) الذي يرجع إلى $NADPH.H^+$ (حالة مرجعة).
0.75	0.25 3*	2- كتابة المعادلة الإجمالية للمرحلة الكيميائية: $2H_2O + 2NADP^+ + (ADP+P_i) \xrightarrow[\text{يختصر}]{\text{ضوء}} O_2 + 2(NADPH.H^+) + ATP$
0.75	0.25 3*	3- أهمية هذه التجربة بخصوص إظهار ما يلي: أ- علاقة أكسدة الماء بنشيط CO_2 : التجربة تبين أن أكسدة الماء تتوقف على وجود الضوء، أكسدة الماء تمت في غياب CO_2 فهي غير مرتبطة مباشرة بنشيط CO_2 . ب- مصدر الأكسجين المنطلق أثناء عملية التركيب الضوئي: التجربة تبين أنه في غياب CO_2 يتطلق O_2 ، لذلك فمصدر O_2 المنطلق أثناء عملية التركيب الضوئي ينتج عن أكسدة الماء. ج- مراحل التركيب الضوئي: التجربة تبين أن عملية التركيب الضوئي تتم في مرحلتين منفصلتين: - مرحلة كيموسموية حدثت فيها أكسدة الماء وإرجاع المستقبل (كاشف فيل). - ومرحلة كيميائية لم تحدث لغياب CO_2 .
1	0.25 3*	III- 1- المعلومات الأساسية المستخرجة: - جزئيات الـ APG هي أول جزيئة عضوية لتتركب بعد تثبيت CO_2 في الجزيئات العضوية. - جزئيات APG تتحول إلى جزئيات TP. - جزئيات TP تتحول إلى جزئيات HP. 2- الاستخلاص: أثناء المرحلة الكيميائية ينتج CO_2 خلال مركبات أبضية ومبيطة لتركيب المادة العضوية حيث تتكون جزئيات APG كأول مركب عضوي تم تحول إلى TP الذي يشكل HP.
1	0.25 4*	2- مخطط التفاعلات الأساسية للمرحلة الكيميائية (حلقة كالفن): 

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



الوثيقة (1)

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.

الأنزيم (E)		
الشكل (ب)	الوثيقة (2)	الشكل (أ)

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

المراحل	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) لجزيئة 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) لجزيئة الشكل (أ).	. تدفق H^+ . عدم تركيب الـ ATP
⑤	. نعيد المرحلة (1) مع إضافة dicyclohexylcarbodiimide (DCCD) التي ترتبط بالجزء (ع) لجزيئة 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) والناج المتحرر (P).

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

ج- يتوقف استمرار عمل الأنزيم (E) على نشاط جزيئة 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	I-1-أ- التعرف على العضية: الصانعة الخضراء.
	4x0.25	ب- كتابة بيانات العناصر المرقمة: 1 - تيلاكوييد (كبيس). 2 - الحشوة (Stroma). 3 - غلاف البلاستيدة. 4 - حبيبات نشاء.
0.75	0.25	2- أ- تحديد نمط التحويل الطاقي الذي يحدث في الصانعة الخضراء:
	0.25	تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة في المادة العضوية مخزنة في الروابط الكيميائية
	0.25	ب- الظاهرة البيولوجية المعنية: التركيب الضوئي. - كتابة المعادلة الإجمالية للظاهرة البيولوجية:
	0.25	$6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{يخضور}]{\text{ضوء}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
1	0.25	II-1- أ- التعرف على الجزيئة: هي الكرية المذبذبة ATP synthétase.
	0.25	- الطبيعة الكيميائية للجزيئة: جزيئة بروتينية.
	0.25	ب- اسم المرحلة: المرحلة الكيموضوئية.
	0.25	- كتابة المعادلة الكيميائية للمرحلة الكيموضوئية:
		$12\text{H}_2\text{O} + 12\text{NADP}^+ + 18(\text{ADP} + \text{P}_i) \xrightarrow[\text{يخضور}]{\text{ضوء}} 12\text{NADPH.H}^+ + 18\text{ATP} + 6\text{O}_2$
		تقبل المعادلة:
		$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NADP}^+ + \text{ADP} + \text{P}_i \xrightarrow[\text{يخضور}]{\text{ضوء}} 2\text{NADPH.H}^+ + \text{ATP} + \text{O}_2$
1.25	0.25	2- أ- تحليل سبب إجراء التجربة في الظلام: لمنع أكسدة الماء وانتقال (H+) التي تتم بوجود الضوء وبالتالي التحكم في الشروط التجريبية الخاصة بدرجة الـ pH.
	4x0.25	ب- المعلومات المستخلصة من النتائج التجريبية: • 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	3- أ- التعرف على الأنزيم (E): الريبولوز ثنائي الفوسفات كربوكسيلاز (RubisCO).
	0.25	- مادة تفاعله (الركيزة S): الريبولوز ثنائي الفوسفات Rudip.
	0.25	- الناتج (P) المتحرر: جزيئتان من حمض الفوسفوغليسريك APG.
	0.25	ب- المرحلة التي يتدخل فيها الأنزيم (E): المرحلة الكيموحيوية.
	0.25	ج - التنبأ: تُنتج الكرية المذبذبة الـ ATP الضروري لتجديد ركيزة أنزيم RubisCO وهي Rudip.
	0.25	- دور أنزيم RubisCO في عملية التركيب الضوئي: يُثَبِّت CO ₂ في الحشوة فيُدمج بذلك الكربون المعدني في المادة العضوية الناتجة عن التركيب الضوئي.
1.25	5x0.25	III- الرسم التخطيطي:

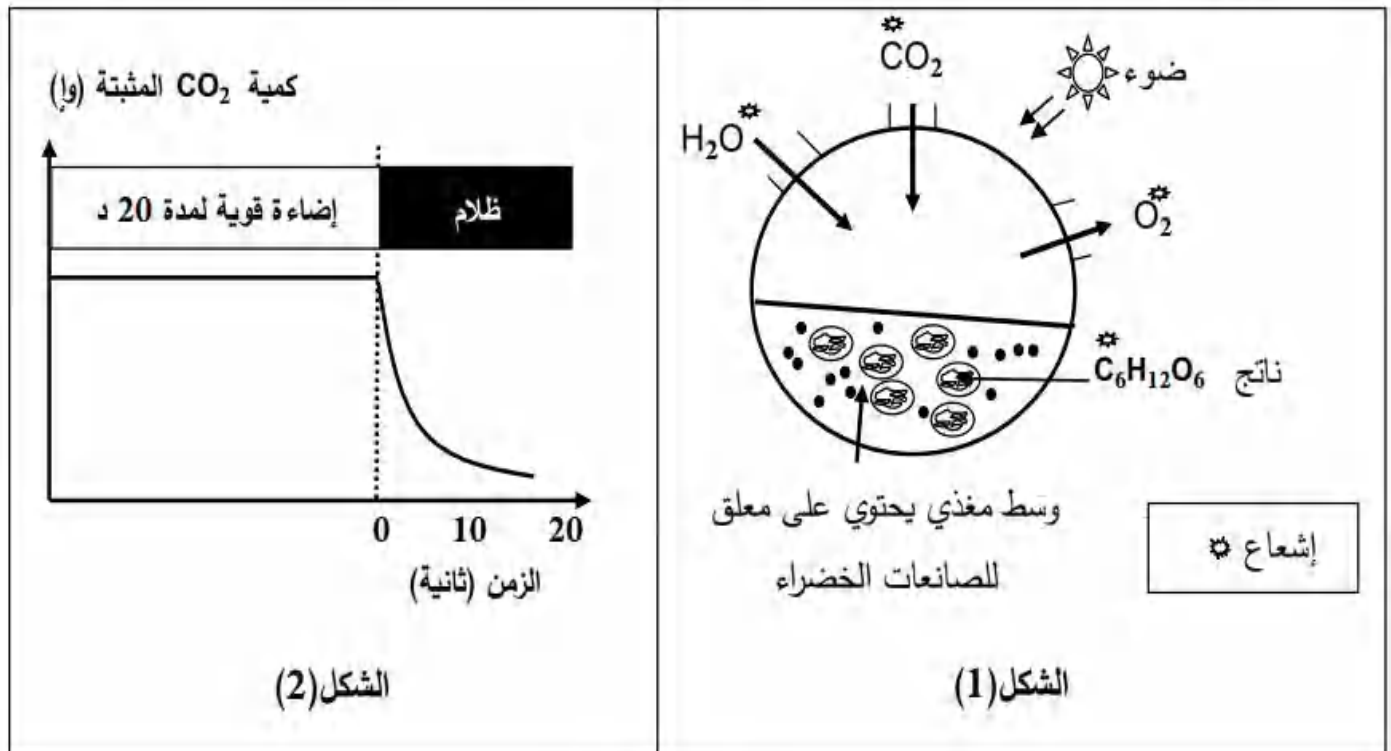
باك دورة 2017

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 تجري التجارب التالية:

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



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 (الكلوريلا) في وسط مناسب غني

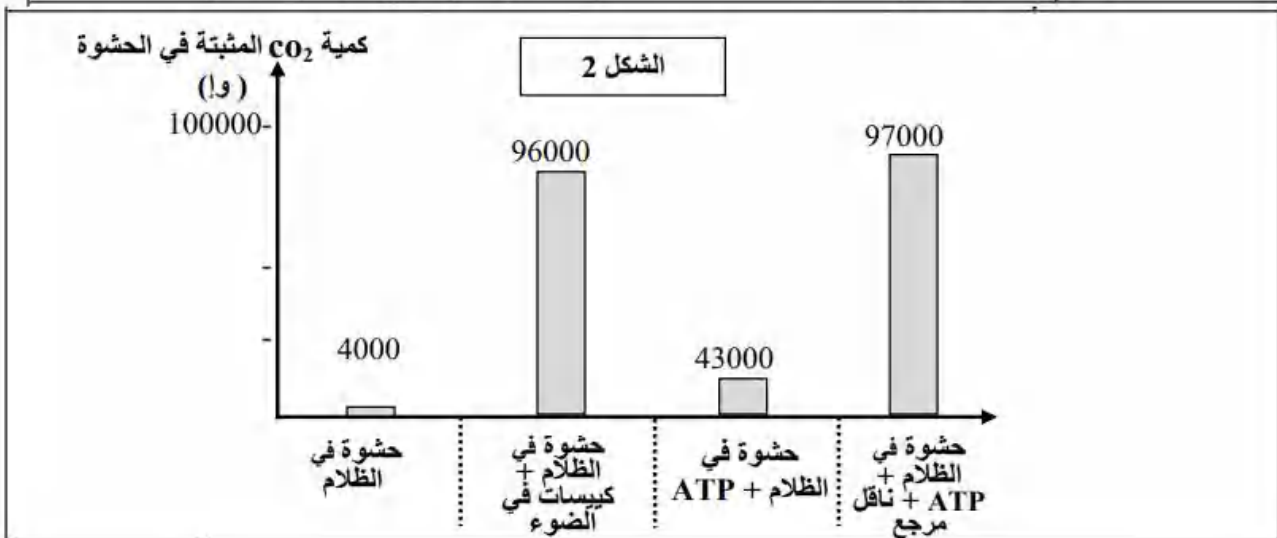
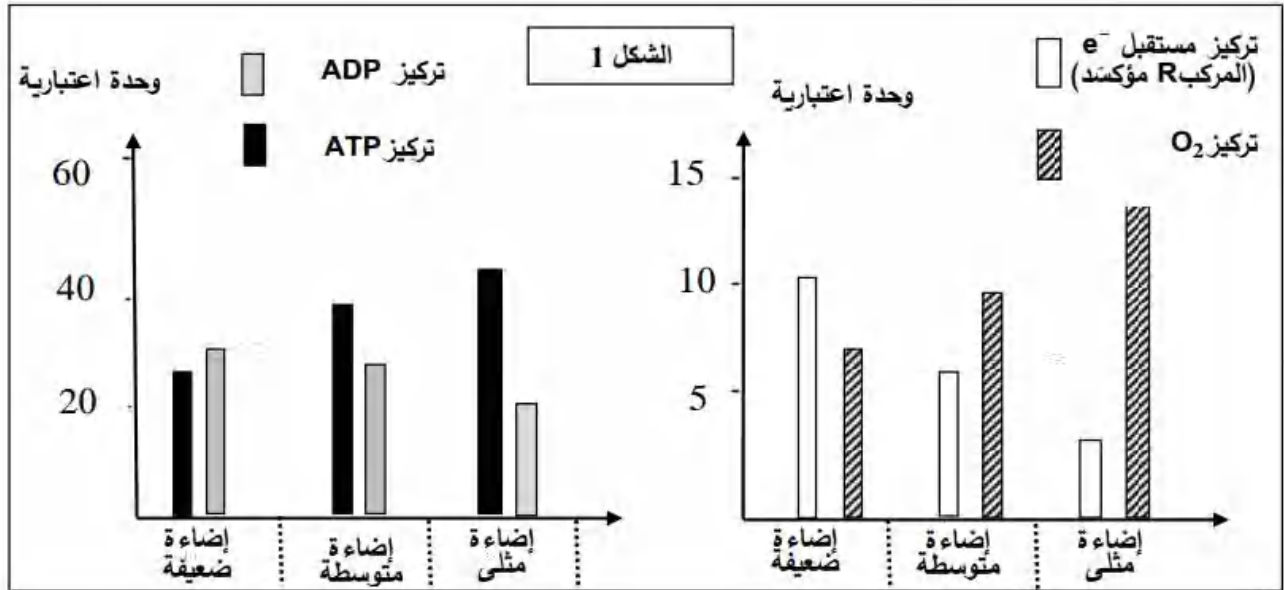
ب CO_2 وفي درجة حرارة ثابتة مع تعريضه لفترة إضاءة قوية ثم نقله إلى الظلام مع قياس كمية CO_2 المثبتة.

- حلّ المنحنى وماذا تستنتج؟

II- لتحديد بعض تفاعلات ونتائج مراحل الظاهرة السابقة نستعرض التجريبتين التاليتين:

التجربة 1: يُعرض 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 الإلكترونات) 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 تمت تجزئتها. زُوِدَت الحشوة بـ CO₂ ذي الكربون المشع، الشروط التجريبية والنتائج ممثلة بالشكل (2) من الوثيقة 2.



1- أ) فسّر النتائج التجريبية الممثلة بالشكل (1) من الوثيقة 2 مع إبراز نواتج المرحلة المعنية. الوثيقة 2

ب) لخص بمعادلات كيميائية مختلف التفاعلات التي تسمح بتشكيل نواتج هذه المرحلة.

2- باستغلال نتائج التجربة 2 استنتج المرحلة المعنية من الظاهرة المدروسة؛ مقررًا وشروط حدوثها.

III- من خلال نتائج الدراسة السابقة ومعلوماتك المكتسبة أنجز رسماً تخطيطياً وظيفياً تبرز فيه العلاقة بين مراحل

الظاهرة المعنية في هذه الدراسة.

انتهى الموضوع الأول

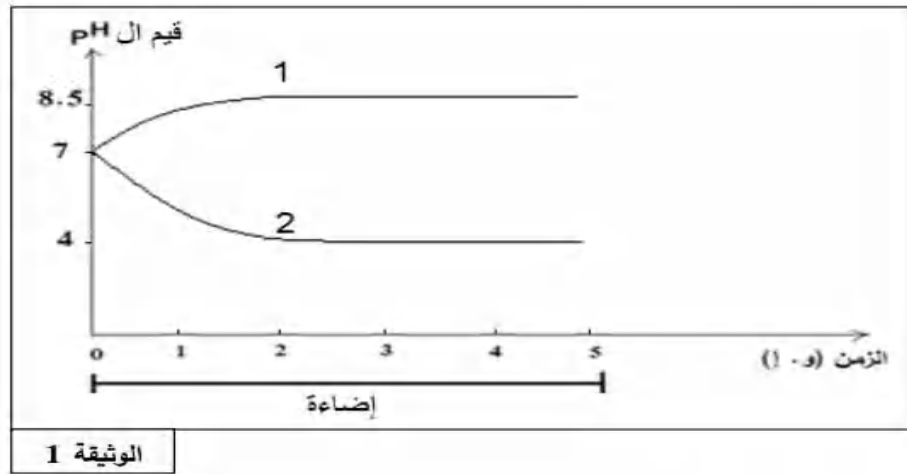
0.75	3×0.25	التمرين الثالث: (08 نقاط) 1-1 أ) المعلومات المستخرجة : - في وجود CO_2 والماء تقوم الصناعة الخضراء المعرضة للضوء بتركيب مادة عضوية و تحرير ثنائي الاكسجين. - مصدر ثنائي الأوكسجين المنطلق هو الماء - مصدر كربون المادة العضوية هو غاز الفحم الممتص
0.5	0.5	ب) الظاهرة المدروسة : التركيب الضوئي أو تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة
0.5	0.5	ج) المعادلة الإجمالية للتركيب الضوئي : $6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{يخضّر}]{\text{ضوء}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$
1	2×0.25 0.5	2) تحليل المنحنى: (مؤشرات الإجابة: الشروط، النتائج، العلاقات) - في وسط غني بغاز الفحم وإضاءة قوية يثبت غاز الفحم بكمية عالية وتابثة - 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 كيموضونية تحتاج تفاعلاتها للضوء و مرحلة كيموجيوية لا تحتاج تفاعلاتها للضوء .
1.5	0.5×3	II -1 أ) تفسير النتائج التجريبية للشكل (1) : - يفسر تناقص الـ ADP و تزايد الـ ATP عند زيادة شدة الإضاءة بفسفرة الـ ADP إلى 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).
0.75	3×0.25 تقبل المعادلة بدون H_2O	ب- المعادلات الكيميائية لمختلف تفاعلات المرحلة الكيموضونية : 1- التحلل الضوئي للماء: $2H_2O \xrightarrow[\text{يخضّر}]{\text{ضوء}} O_2 + 4H^+ + 4e^-$ 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: $ADP + Pi + E \rightarrow ATP + H_2O$ سنناز
1	0.25 × 2 0.5	2- المرحلة المعنية هي المرحلة الكيموجيوية / مقرها : الحشوة شروطها : CO_2، نواتج المرحلة الكيموضونية (ATP ، نواقل مرجعة)
2	0.5 تفاعلات المرحلة الكيموضونية 0.5 تفاعلات المرحلة الكيموجيوية 0.5 للمعلاقة 0.5 للمشغل	III - الرسم التخطيطي الوظيفي مخطط يوضح العلاقة بين المرحلتين

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:

- (1) عُرِثَت 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.
- (2) في تجربة أخرى وُضِعَ مُعلَقُ تيلاكوييدات في أنبوب اختبار يحتوى على وسط حيوي تركيبيه مماثل للستروما وغُرِثَ للضوء ثم قيس تغير قيمة الـ pH في كل من تجويف التيلاكوييدات والوسط المحيط بها. النتائج المتحصل عليها توضحها الوثيقة (1).

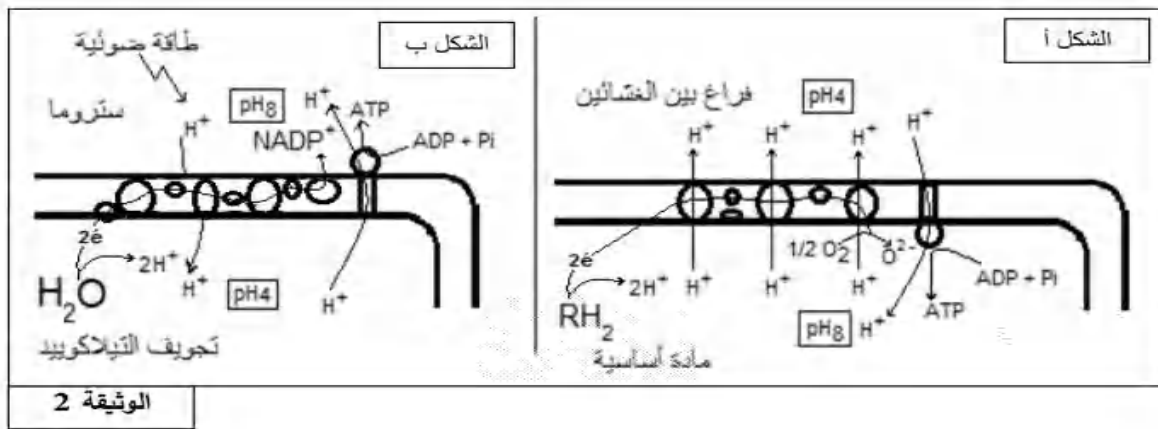


(أ) انسب كل منحنى إلى الوسط المناسب له.

(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) سجّ 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.

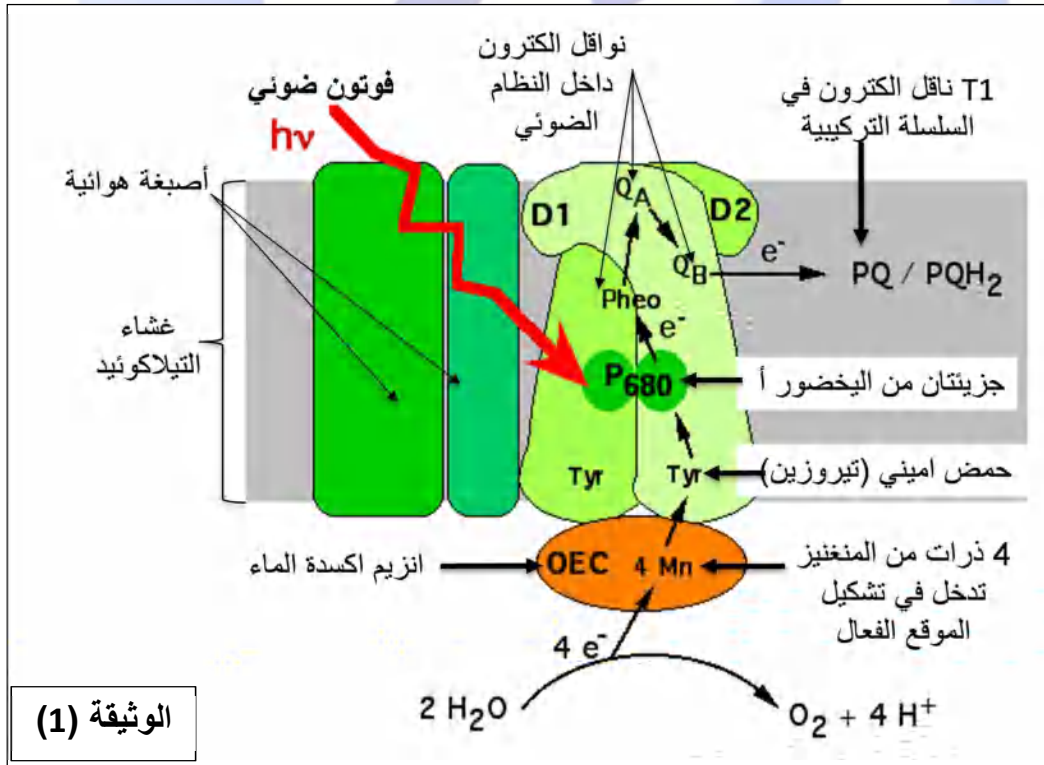
التمرين الثاني: (07 نقاط)		
الجزء الأول:		
1	1	(1) علاقة بين المواد المضافة وانطلاق الـ O_2 وتركيب المادة العضوية: في وجود الضوء و $NADP^+$ و ADP و Pi تتم مرحلة كيميوسنتية ينتج عنها انطلاق O_2 وتشكل $NADPH$ و ATP. تشكل المادة العضوية أثناء المرحلة الكيموسنتية يتم بإرجاع CO_2 باستعمال نواتج المرحلة الكيميائية.
2	0.25X2	(2) أ - المنحنى 1 يوافق الوسط المحيط المماثل للمستروما؛ المنحنى 2 يوافق تجويف التيلاكويد؛ 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 للمستروما. يرافق ذلك بتراكم H^+ وزيادة تركيزه في تجويف ... ج - اقتراح فرضية تفسيرية: خروج البروتونات المتراكمة في تجويف التيلاكوييدات من التجويف إلى المستروما يؤدي إلى تشكل الـ ATP. تقبل أي فرضية وجيهة.
0.5	0.25X2	الجزء الثاني: (1) - تسمية الظاهرة الممثلة في الشكل أ: فسفرة تأكسدية - تسمية الظاهرة الممثلة في الشكل ب: فسفرة ضوئية (2) التحقق من صحة الفرضية: 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 المذبذبة، مما يؤدي إلى فسفرة الـ ADP إلى ATP بتدخل أنزيم الـ ATP سانثاز، وهو ما يؤكد صحة الفرضية.
1.25	1.25	
2.25	0.25X7	(3) استدلال يثبت تشابه الظاهرتين: في كلا الظاهرتين تسجل حدوث ما يلي: • حدوث أكسدة؛ • انتقال إلكترونات عبر نظام أكسدة وإرجاع لتصل إلى مستقبل نهائي؛ • تحرير 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 المذبذبة؛ • تحدث فسفرة للـ ADP وتشكل الـ ATP بتدخل أنزيم الـ ATP سانثاز؛ فالظاهرتان المدروستان متشابهتان (فسفرتان تسمحان بتركيب الـ ATP).
0.5		

تمرين مقترح: ممارسة الاستدلال العلمي ضمن مسعى علمي

يرافق حدوث التفاعل الكيموضوئي على مستوى التيلاكوييد إنطلاق الـ O_2 بتدخل النظام الضوئي الثاني PSII الذي يتكون من (صبغة هوائية - مركز تفاعلي (2 جزيئات يخضور أ) - معقد انزيمي لتوليد الأكسجين (OEC "oxygen evolving complexe"). فماهي العلاقة الوظيفية بين عناصر النظام الضوئي الثاني؟

الجزء الأول: ان تحرير جزيئة واحدة من الـ O_2 يتطلب أكسدة جزيئين من الـ H_2O بوجود الضوء كما هو موضح في معادلة تحلل الماء، إلا أن جزيئة اليخضور أ (P680) في المركز التفاعلي للنظام الضوئي لا تحرر الا إلكترون واحد فقط إثر تهيجها بالفوتون الضوئي.

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



- 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:

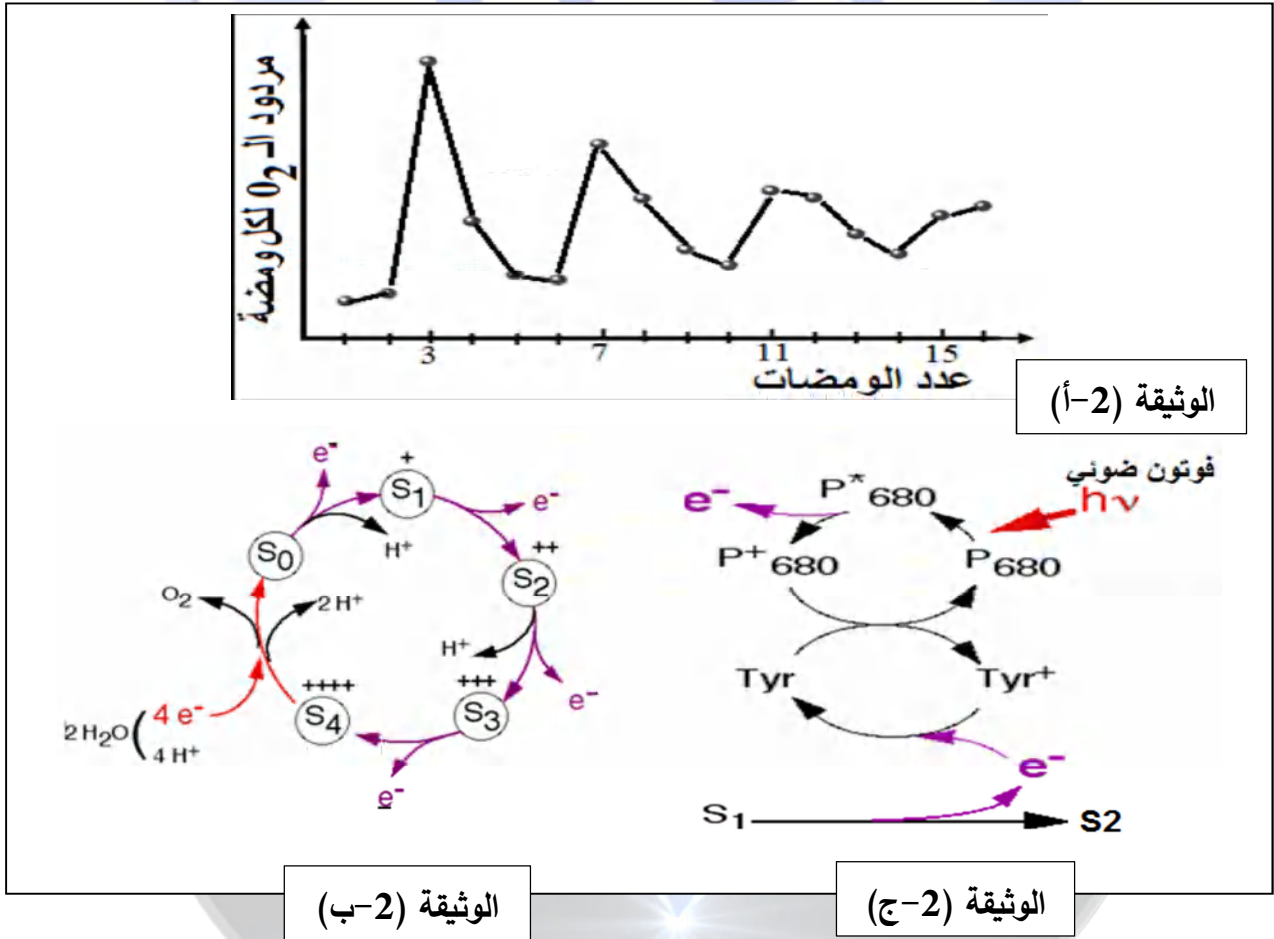


- اقترح فرضية تفسّر بها آلية طرح جزيئة واحدة من الـ O_2 (آلية انتاج الـ O_2)؟

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 ms100 حيث تمكّن 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 فطوّروا 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) بيّن كيف سمحت اعمال كوك من تفسير نتائج تجربة جوليو مدعما اجابتك برسم تفسيري وإثبات 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:

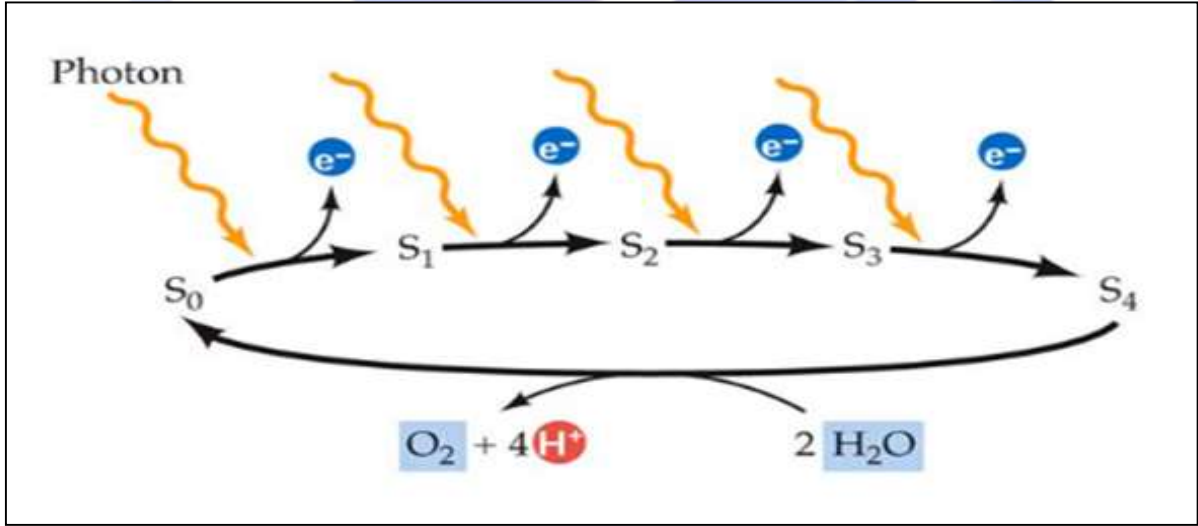
الجزء الأول:

- 1- مصير الالكترن الذي تفقده صبغة اليخضور $P680$: ينتقل عبر سلسلة النواقل 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 جزيئين 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 جزيئين 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 فاقدا 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 $2H_2O$ محرراً جزيئة O_2 ويعود إلى حالته S_0 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 O_2 يتطلب سقوط 4 فوتونات ضوئية على النظام الضوئي مما يحفز انزيم اكسدة الماء على تحليل الماء واستقبال 4 إلكترونات لتمريرها الى المركز التفاعلي لتعويض الإلكترونات المفقود إثر الاكسدة بالفوتون الضوئي. وهذا ما يثبت صحة الفرضية.

الجزء الثالث: انجاز رسم تخطيطي لآلية حدوث التفاعل الكيمووضوئي

