3ع ت

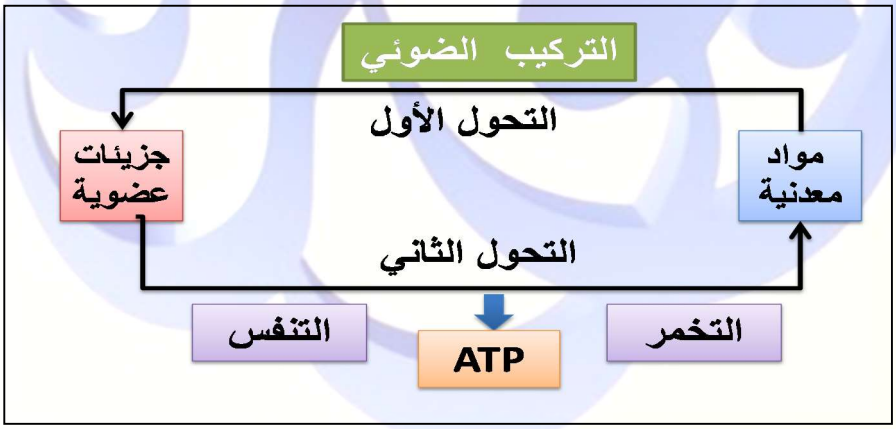
مجلّة الجوهرة / مجلة دعم مدرسية للتّحضير لشهادة البكالوريا -إعداد الأستاذة خيرة فليتي.

شعارنا: أفضل طريقة للتدرب على منهجية الدراسة في المادة أن نتناول الدّروس على شكل وضعيات مشكلة في صيغة تمارين.

العدد04: وحدة آلية تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية كامنة

التذكير بالمكتسبات القبلية الضرورية

- يتطلب التركيب الحيوية (تركيب البروتين)، عمل مضخة Na^+ / K^+ النشاط الإنزيمي .... امدادا مستمرا بالطاقة (على شكل ATP)، فتقوم الخلايا (نباتية، حيوانية) بسلسلة من التحولات الطاقوية للحصول على ATP وفق المخطط التالي:

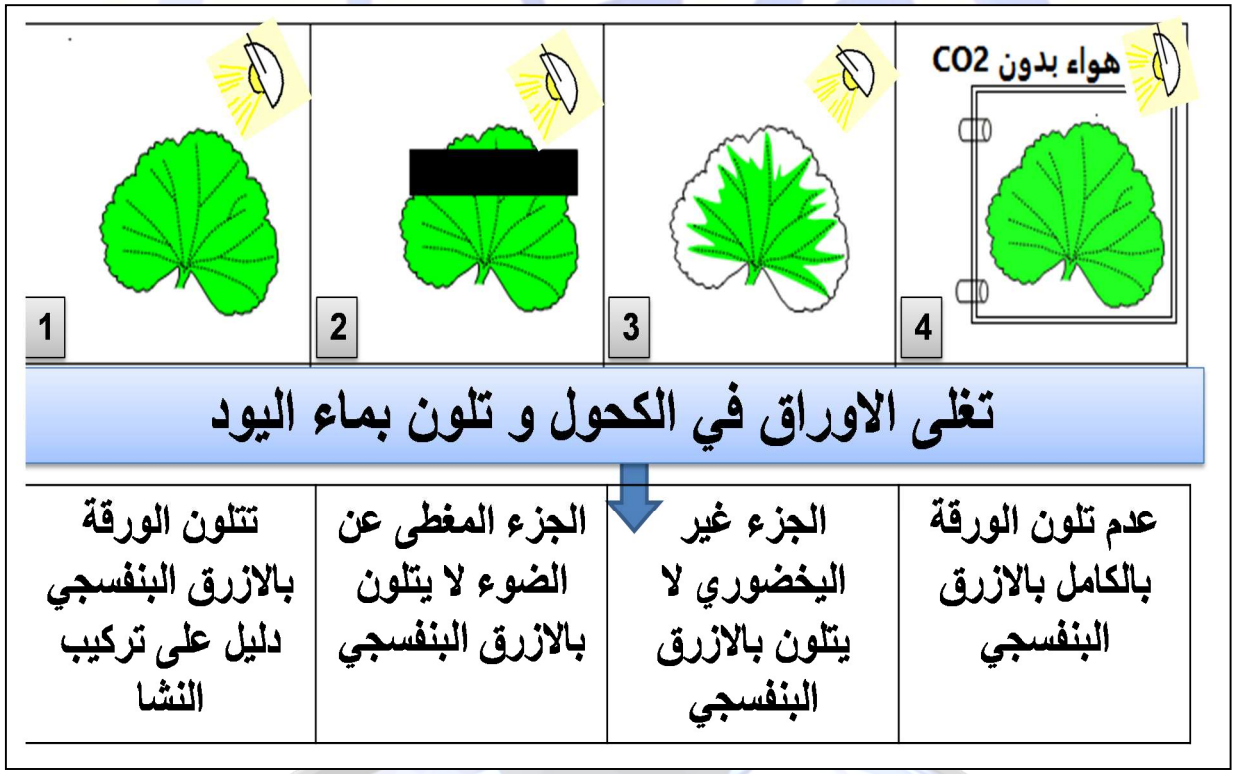


- تتم التحولات الطاقوية السابقة على المستوى الخلوي وبالضبط على مستوى عضيات ذات بنيات دقيقة.

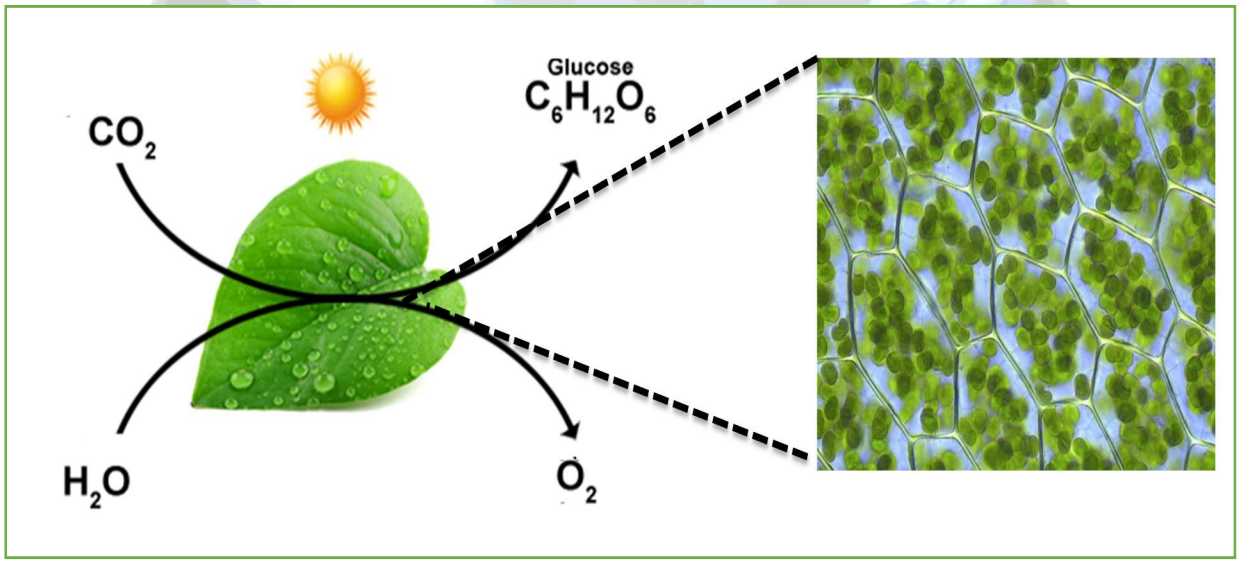
المجال التعلمي (3): التحولات الطاقوية على مستوى ما فوق البنيات الخلوية.

التذكير بشروط عملية التركيب الضوئي

نجري الدراسة التجريبية التالية:



1-استنتج شروط التركيب الضوئي.



2-اكتب معادلة التركيب الضوئي محدّدا مقر حدوثها في الخلية ونوع التحول الطاقوي الحاصل. ثم صغ المشكل العلمي.

الإجابة:

1- الاستنتاج: تتطلب عملية التركيب الشروط التالية: اليخضور، الضوء، CO2

2-معادلة التركيب الضوئي

$$6CO_2 + 12\,H_2O \xrightarrow[\text{يخضور}]{\text{ضوء}} C_6H_{12}O_6 + 6\,H_2O + 6\,O_2$$

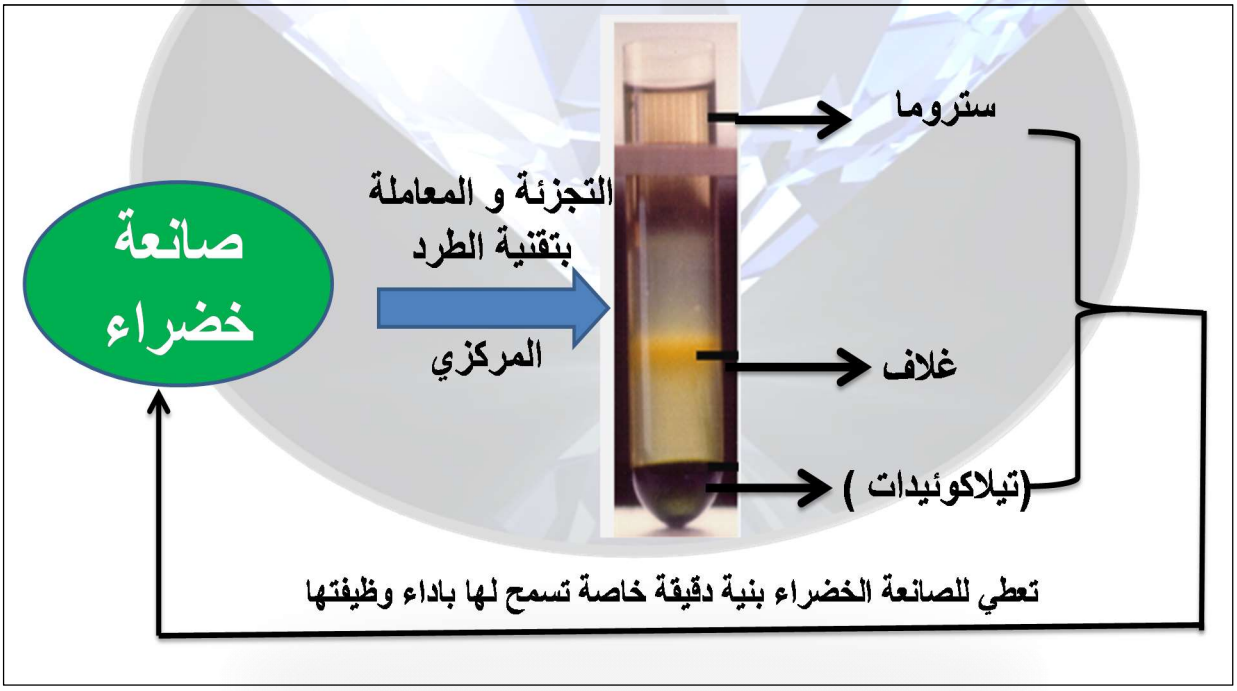
- **تحدث عملية التركيب الضوئي على مستوى الصانعة الخضراء ويتم من خلالها تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة روابط الجزيئات العضوية.**

المشكل المطروح: كيف يتم تحويل **الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة في جزيئات المادة العضوية؟**

الوحدة (1): آليات تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة في جزيئات المادة العضوية.

الوضعية المشكلة(1)

- **تتميز الخلية حقيقية النواة مثل الخلية النباتية الخضراء ببنية حجيرية لوجود نظام غشائي يجزئ الهيولى الى عضيات محاطة بغشاء مزدوج او غشاء بسيط من بينها الصانعات الخضراء (مقر عملية التركيب الضوئي).**



- **كيف تنتظم هذه المكونات لتعط للصانعة الخضراء بنية دقيقة تسمح بأداء وظيفتها؟**

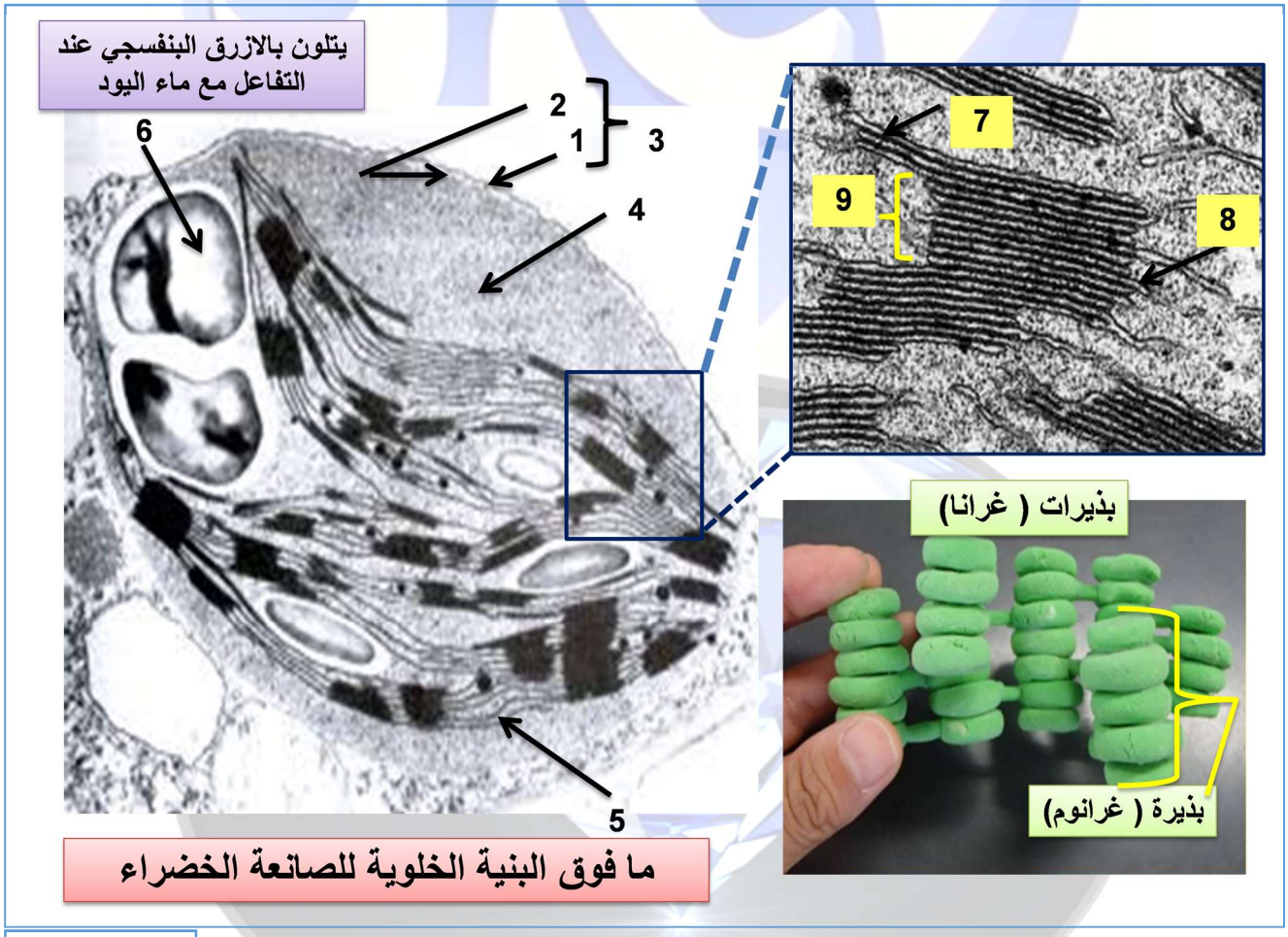
البحث والتقصي:

تقنيات البحث:

- **1-ندرس ما فوق البنية الخلوية (الملاحظة بالمجهر الالكتروني)**
- **2-نحلل نتائج التركيب الكيموحيوي لكل من الستروما والتلاكوئيد ونتعرّف على بنية غشاء التلاكوئيد.**
- **3-دورمكونات الصانعة الخضراء في سيرورة عملية التركيب الضوئي.**

معالجة النتائج:

1/ ما فوق بنية الصانعة الخضراء:



الوثيقة(1)

1-تعرّف على البيانات المرقمة.

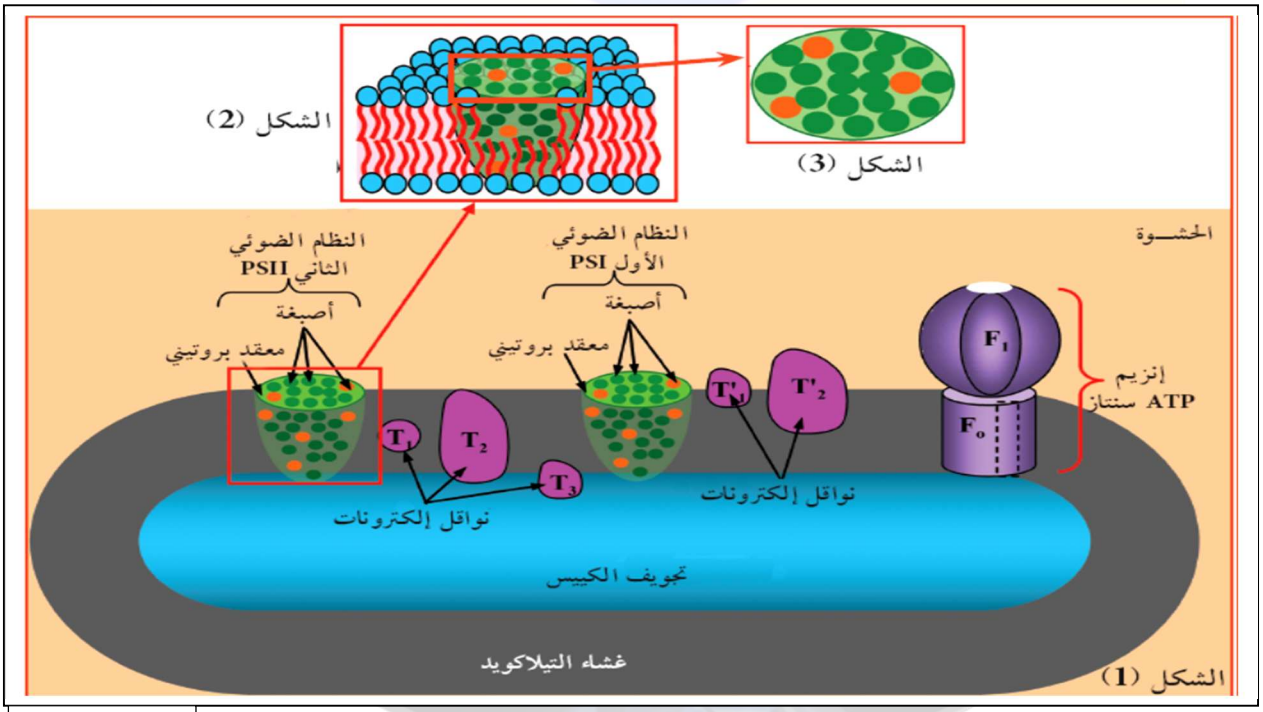
2-اعتمادا على الجزء المكبّر والنمذجة ميّز أغشية التلاكوئيد إلى كيسات وصفائح حشوية.

3-مثّل برسم تخطيطي بسيط بنية الصانعة الخضراء.

2/ التركيب االكيموحيوي للستروما وغشاء التيلايكوئيد:

- **مكّنت دراسة التركيب الكيميائي لكل من الستروما وغشاء التلاكوئيد من انجاز الجدول التالي وأشكال الوثيقة(2):**

جزء الصانعة الخضراء	أهم المكونات الكيميائية
أغشية التيلاكوئيد	أصبغة يخضورية أ ب ، أصبغة أشباه الجزرين نواقل الكترونات - أنظمة ضوئية (PS1 ; PS2) إنزيم ATPSynthase (الكرية المذنبة) انزيم أكسدة الماء .
الحشوة	مواد أيضية لتركيب الجزيئات العضوية مرافقات إنزيمية (NADPH; NADP+) ATP; ADP ; Pi إنزيمات متنوعة أهمها ريبيلوز ثنائي الفوسفات كربوكسيلاز Rubisco



الوثيقة(2)

- **قارن بين التركيب الكيموحيوي لغشاء التيلاكوئيد والحشوة. ما ذا تستنتج؟**
- **صف بنية غشاء التيلاكوئيد.**

3/ سيرورة عملية التركيب الضوئي:

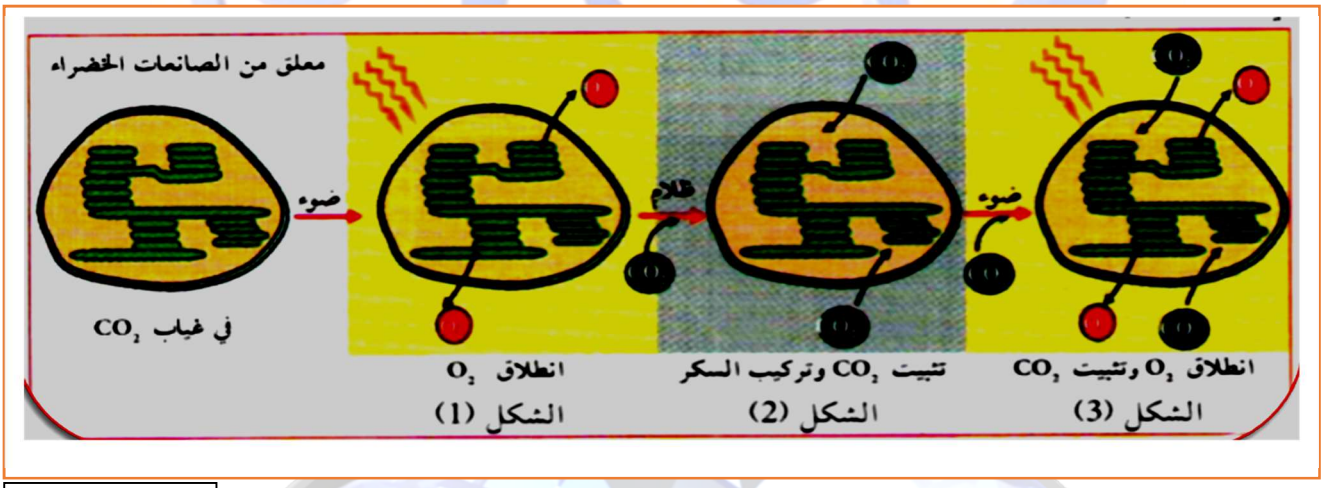
❑ لتوضيح مراحل حدوث عملية التركيب الضوئي:

✓ تم تعريض معلّق للصانعات الخضراء للضوء في شروط تجريبية مناسبة في غياب الـ CO_2 فلوحظ انطلاقO_2 لفترة قصيرة ثمّ يتوقف. (الشكل (1)

✓ عند وضع المعلّق السابق في الظلام وإمداده بـ CO_2 لوحظ تثبيت لـ CO_2 وتركيب للسكر لفترة قصيرة (الشكل (2)

✓ عند وضع المعلق في الضوء وCO_2 يلاحظ انطلاق O_2وتثبيت CO_2 بصورة مستمرة. الشكل (3)

❑ مراحل التجربة موضحة في اشكال الوثيقة (3):



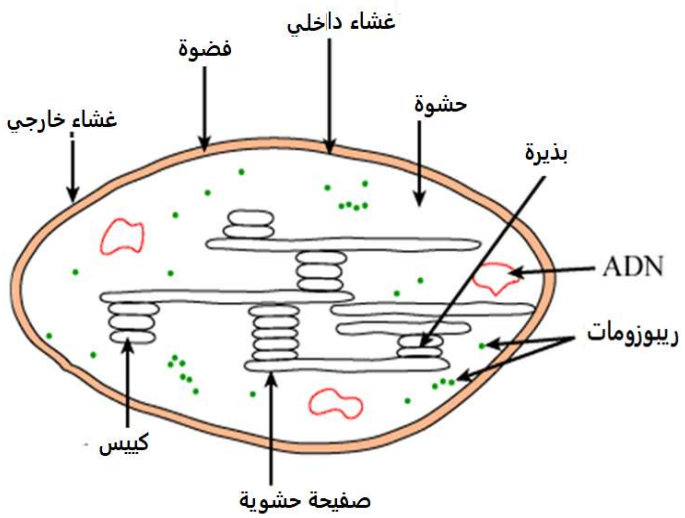
الوثيقة (3):

- باستغلال الوثيقة (3) ومعلوماتك حول التركيب الكيموحيوي لمكونات الصانعة الخضراء وضح كيف تتم سيرورة عملية التركيب الضوئي. مدعما اجابتك بالتوضيح على معادلة التركيب الضوئي. باستغلال الوثيقة (3) ومعلوماتك حول التركيب الكيموحيوي لمكونات الصانعة الخضراء وضح كيف تتم سيرورة عملية التركيب الضوئي. مدعما اجابتك بالتوضيح على معادلة التركيب الضوئي.

الخلاصة التركيبية: بناء على ما جاء في هذا البحث لخص بنية الصانعة الخضراء ودورها في سيرورة عملية التركيب الضوئي.

حل الوضعية المشكلة (1)

1/ ما فوق بنية الصانعة الخضراء:



- للصانعة الخضراء بنية حجيرية منظمة، تحاط بغلاف يتكون من غشاء خارجي وغشاء داخلي بينهما فضوة بين غشائية.
- يحيط الغشاء الداخلي بتجويف تملؤه الستروما(الحشوة) تحتوي على جزيئاتADN وريبوزومات، وتسبح فيها تراكيب غشائية تسمى التيلاكوئيدات نميز فيها صفائح حشوية تصطف عليها كييسات مسطحة مشكلة بذيرة(غرانوم).

2/ التركيب الكيموحيوي للستروما وغشاء التيلاكوئيد:

لكل من التيلاكوئيد والحشوة تركيب كيموحيوي خاص:

*** تحوي الأغشية التيلاكوئيدية أصبغة التركيب الضوئي (اليخضور، أصبغة أشباه الجزرين) وجهاز انزيمي: انزيم اكسدة الماء، وانزيم الـ ATPسنتاز، مما يدل على انها متخصصة في التقاط الضوء، اكسدة الماء، وتركيب الـ ATP.**

- **تحوي الحشوة مواد الأيض الوسيطية لتركيب المواد العضوية كنواقل البروتونات $NADPH-H^+$الـ ATP، ADP وكذلك عدد من الإنزيمات كالريبولوز ثنائي الفوسفات كربوكسيلاز، مما يدل على انها مقر لتفاعلات تثبيت الـ CO_2 ودمجه في تركيب الجزيئات العضوية.**
- **الاستنتاج: يلعب كل من غشاء التيلاكوئيد والستروما دور خاص في سيرورة عملية التركيب الضوئي.**

2/ التركيب الكيموحيوي للستروما وغشاء التيلاكوئيد:

- نميز في غشاء التلاكوئيد نوعين من الانظمة الضوئية PSI , PSII

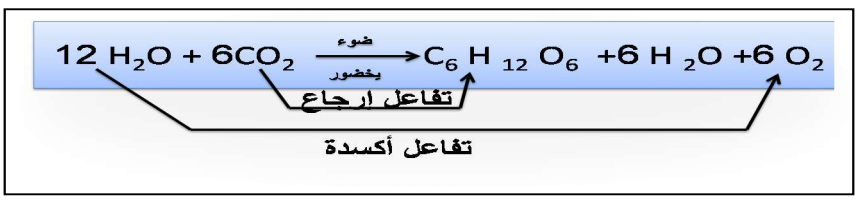
- النظام الضوئي معقد ضخم ضمني في الغشاء التلاكوئيدي يتكون من اصبغة يخضورية وأصبغة اشباه الجزرين محاطة بغلاف بروتيني.
- نواقل الالكترونات معظمها بروتينات تشكل سلسلة يتباين توضعها في الغشاء حيث يتبع PSII 3 نواقل T1 يتوسط الغشاء، T2 ضمني، T3 سطحي داخلي. ويتبع PSI ناقلين T'1، T'2 سطحيان خارجيان.
- انزيم الـ ATP سنتاز هو معقد بروتيني كبير يقوم بتركيب الـ ATP.
- تشكل هذه العناصر سلسلة وظيفية تسمى السلسلة التركيبية الضوئية.

3/ سيرورة عملية التركيب الضوئي:

استغلال الوثيقة (3): تفسير النتائج

- الشكل (1): انطلاق الـ O2 لفترة قصيرة فقط في غياب الـ CO2 وبوجود الضوء يدل على أن انطلاق الـ O2 ناتج عن تفاعل يحدث في وجود الضوء ولا يتطلب الـ CO2 ولكنه ضروري في استمرار التفاعل.
- يتم تفاعل انطلاق الـ O2على مستوى اغشية التيلاكوئيد باعتبارها تضم أنظمة ضوئية تحتوي صبغات يخضورية لاقطة للضوء.
- الشكل (2): تثبيت الـ CO2 وتركيب الجزيئات العضوية لفترة قصيرة في غياب الضوء وبوجود الـ CO2يدل على ان الضوء غير ضروري لحدوث تفاعل تثبيت الـ CO2 وتركيب الجزيئات العضوية ولكن استمرار التفاعل يتطلب وجود الضوء.
- يتم تفاعل تثبيت الـ CO2على مستوى الستروما لوجود انزيم Rubusco والمواد الايضية الأخرى.
- الشكل (3): استمرار انطلاق الـ O2 وتركيب الجزيئات العضوية بوجود الضوء والـ CO2 يدل على استمرار حدوث عملية التركيب الضوئي وفق التفاعلين السابقين.
- نستخلص أن: عملية التركيب الضوئي على مستوى الصانعة الخضراء تتم وفق تفاعلين (مرحلتين) متواليين ومتكاملين:

* تفاعل (مرحلة) كيموضوئي تتطلب ضوء ويخضور تحدث على مستوى غشاء التيلاكوئيد يتم خلالها انطلاق الـ O2. وتفاعل (مرحلة) كيموحيوي لا يتطلب ضوء يتم خلاله ارجاع الـ CO2وتركيب الجزيئات العضوية.

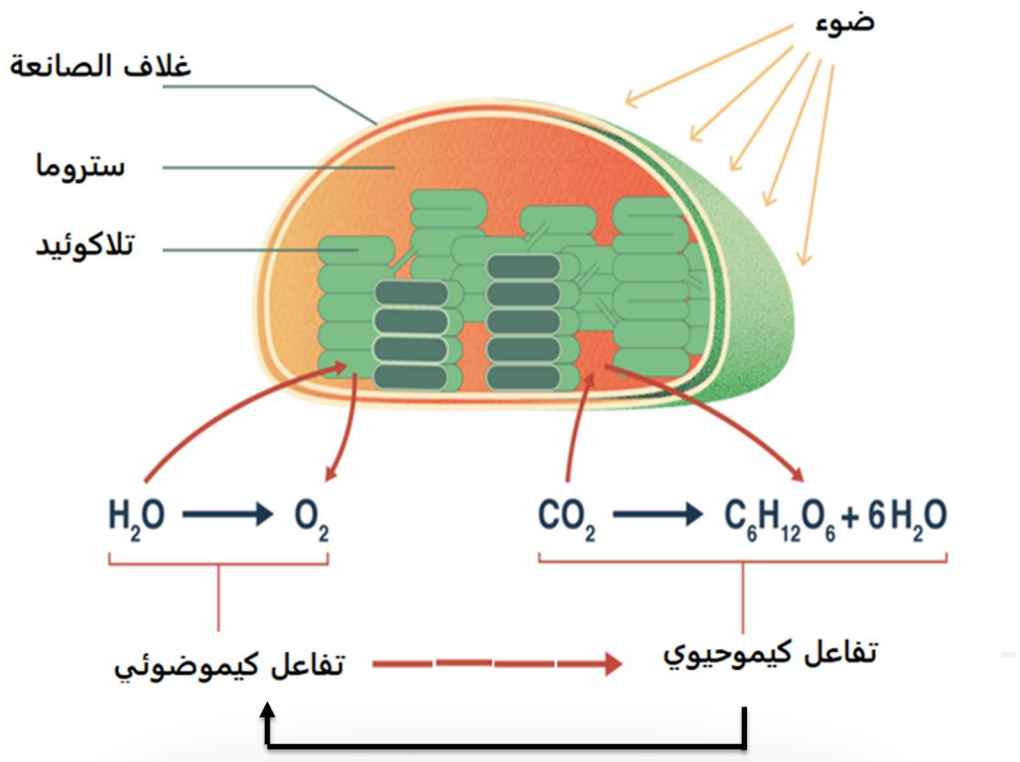


الخلاصة التركيبية: للصانعة الخضراء (البلاستيدة) بنية حجيرية منظمة كالاتي:

- **تراكيب غشائية داخلية تشكل أكياس مسطحة تسمى التلاكوئيد نميز فيها صفائح حشوية تصطف بينها كييسات مشكلة بذيرة.**
- **تجويف داخلي تملؤه الستروما (الحشوة) يحاط بغشاء بلاستيدي داخلي.**
- **يضاعف الغشاء الداخلي بغشاء خارجي يفصل بينهما فضوة بين الغشاءين**
- **تحوي اغشية التيلاكوئيد أصبغة التركيب الضوئي (يخضورية + اشباه الجزرين) وجهاز انزيمي (انزيم اكسدة الماء والـ ATPسنتاز).**
- **تحوي الحشوة مواد أيضية وسيطية لتركيب المواد العضوية كنواقل البروتونات $NADH;H^+$ و Pi،ADP ، ATP، وكذلك عدد من الانزيمات كالريبولوز ثنائي الفوسفات كربوكسيداز).**

- **تتم عملية التركيب الضوئي وفق مرحلتين:**

- **مرحلة كيموضوئية يتم خلالها انطلاق O2**
- **مرحلة كيموحيوية لا تحتاج إلى ضوء يتم خلالها إرجاع الـ CO2 وانتاج المادة العضوية**



تطبيق: اقترح تجربة تثبت من خلالها أن مصدر O2 المنطلق هو الماء خلال عملية التركيب الضوئي.

الحل:

معلّق من الصانعات الخضراء + $H_2O + CO^*_2$ $\xrightarrow{\text{ضوء}}$ انطلاق 0_2 عادي

معلّق من الصانعات الخضراء + $H_2O^* + CO_2$ $\xrightarrow{\text{ضوء}}$ انطلاق 0_2 مشع

* اشعاع

- استنتاج: مصدر الـ O2 المنطلق اثناء عملية التركيب الضوئي هو الماء وليس الـ CO2