

ملخص آليات تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كامنة في المادة العضوية

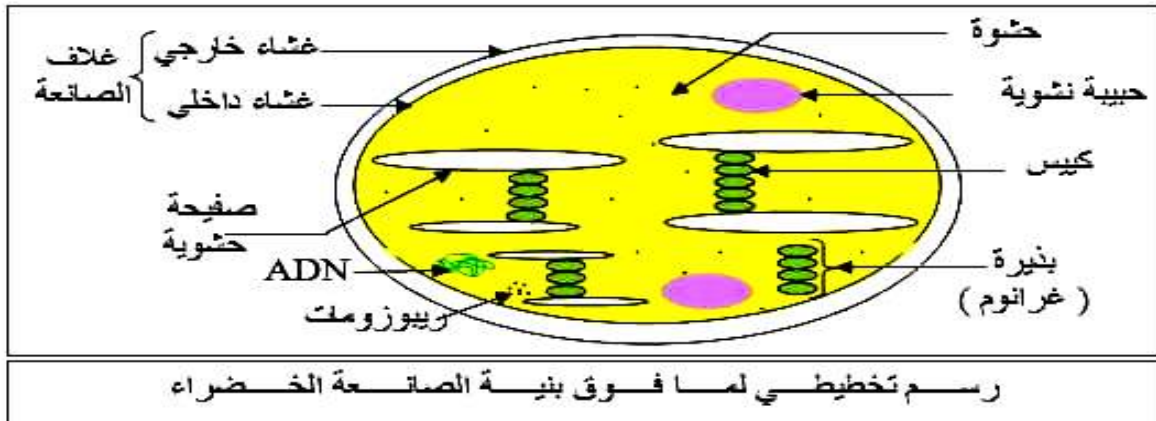
• مفهوم و معادلة التركيب الضوئي

- التركيب الضوئي ظاهرة تؤدي إلى تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كامنة تخزن في شكل جزيئات عضوية كالنشاء

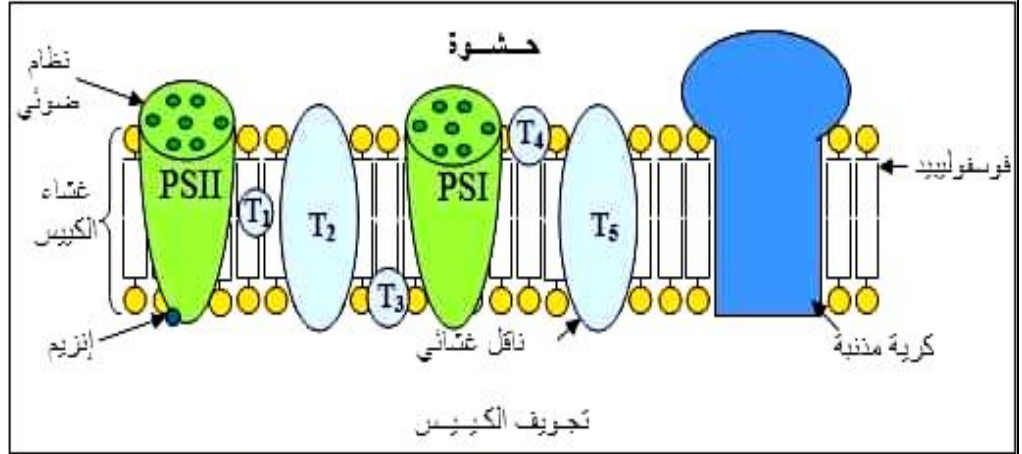
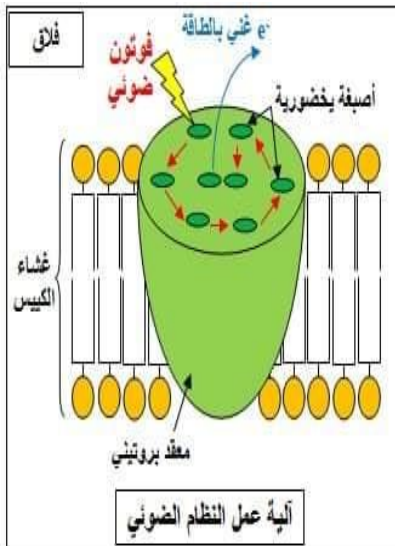


• مقرر عملية التركيب الضوئي

- تتم مجموع التفاعلات الكيميائية للتركيب الضوئي داخل الصانعة الخضراء .
- للصانعة الخضراء بنية حجيرية منظمة كالتالي :
 - ° كيبسات غشائية داخلية وصفائح حشوية : التيلاكوييد.
 - ° تجويف داخلي : تتمثل في حشوة ، محددة بغشاء بلاستيدي داخلي به ADN وريبوزومات و حبيبات نشوية .
 - يدعم الغشاء البلاستيدي الداخلي بغشاء خارجي . يفصل الغشاءين البلاستيدين فراغ بين غشاءين.

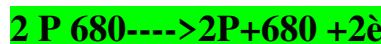


- تحوي الأغشية التيلاكويدية اصبغة التركيب الضوئي (الخيضور، أشباه الجزرين) وجهاز أنزيمي الـ ATP سينتاز.
- تحوي الحشوة مواد ابيضية الوسيطة لتركيب المواد العضوية و مرافقات انزيمية (NADP^+) ، الـ $\text{ADP} + \text{Pi}$ وكذلك عدد من الأنزيمات كالريبولوز ثنائي الفوسفات كربوكسيلاز (rubisco).



• تفاعلات المرحلة الكميوضوئية

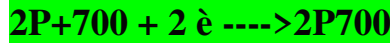
- تتأكسد جزيئة الخيضور لمركز التفاعل النظام الضوئي الثاني تحت تأثير الفوتونات المقترنة ، متخلية عن إلكترون غني بالطاقة وفق المعادلة التالية :



- تسترجع جزيئة الخيضور المؤكسدة ضوئيا شكلها المرجع ، وبالتالي قابلية التنبه انطلاقا من الإلكترونات الناتجة عن التحلل الضوئي للماء وفق المعادلة التالية :



- تنتقل الإلكترونات الناتجة عن مركز التفاعل في سلسلة من النواقل t_1, t_2, t_3 مما يؤدي إلى إرجاع النظام الضوئي الأول المؤكسد و يوافق انتقالها تحرير طاقة وفق المعادلة التالية :



- تتأكسد جزيئة اليخضور لمركز التفاعل النظام الضوئي الاول تحت تأثير الفوتونات المقتنصة ،متخلية عن الكترون غني بالطاقة وفق المعادلة التالية :

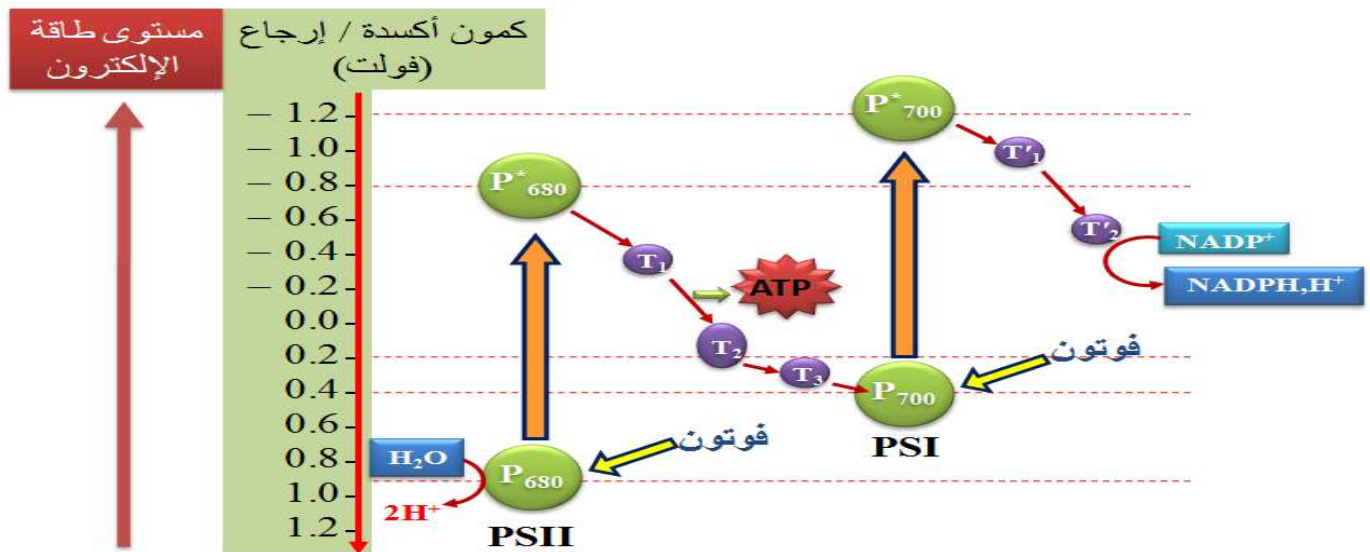


- إن المستقبل الأخير للإلكترونات الناتجة عبارة عن ناقل للبروتونات والإلكترونات NADP^+ الذي يُرجع إلى NADPH, H^+ بواسطة أنزيم NADP ريدوكتاز حسب التفاعل:



-تنتقل الإلكترونات الناتجة عن مركز التفاعل في سلسلة من النواقل متزايدة كمون الأكسدة والإرجاع - منخفض إلى مرتفع محررة طاقة.

- يتطلب انتقال الإلكترونات من كمون أكسدة / ارجاع مرتفع إلى كمون أكسدة/ ارجاع منخفض طاقة مصدرها الضوء (كانتقال الإلكترونات من النظام الضوئي الأول و الثاني إلى سلسلة النواقل).

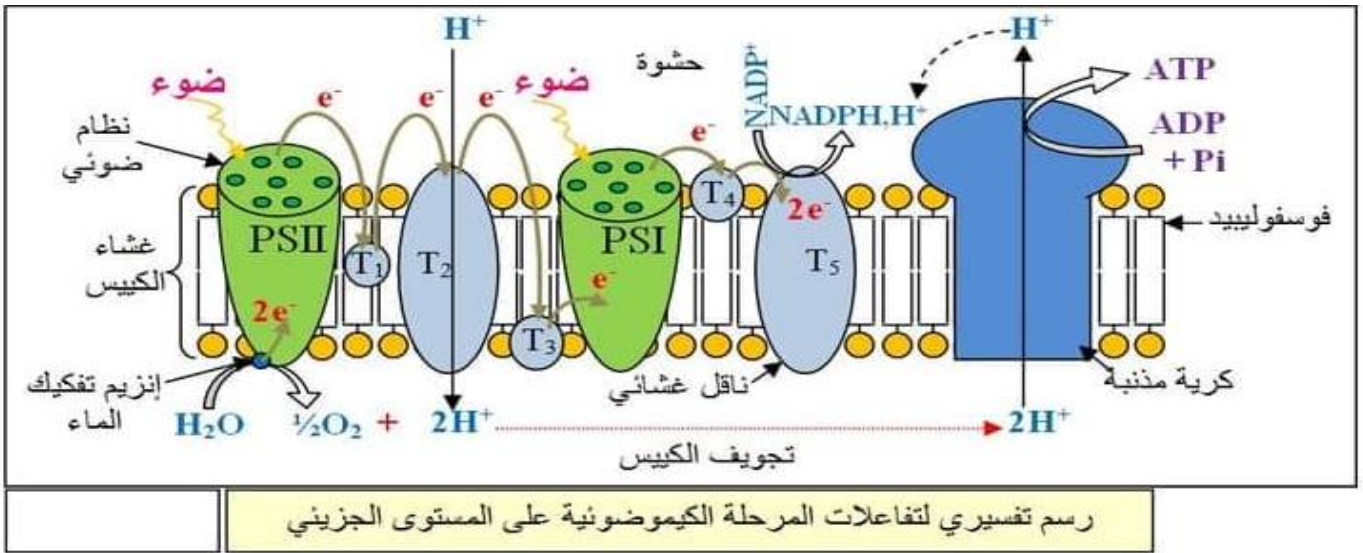


آلية انتقال الإلكترونات في السلسلة التركيبية الضوئية

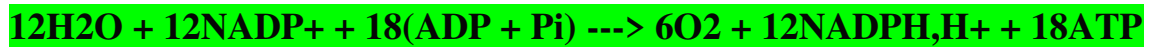
- يصاحب نقل الإلكترونات على طول سلسلة الأكسدة الإرجاعية ضخ البروتونات الناتجة عن التحلل الضوئي للماء وتلك المنقولة من الحشوة باتجاه تجويف التيلاكويد عبر T_2 .

- إن تدرج تركيز البروتونات المتولد بين تجويف التيلاكويد وحشوة الصانعة الخضراء ، ينتشر بظاهرة الميز على شكل سيل من البروتونات الخارجة عبر الكرية المذنبة.

- تسمح حركة البروتونات الخارجة بفسفرة ADP إلى ATP : إنها الفسفرة الضوئية.

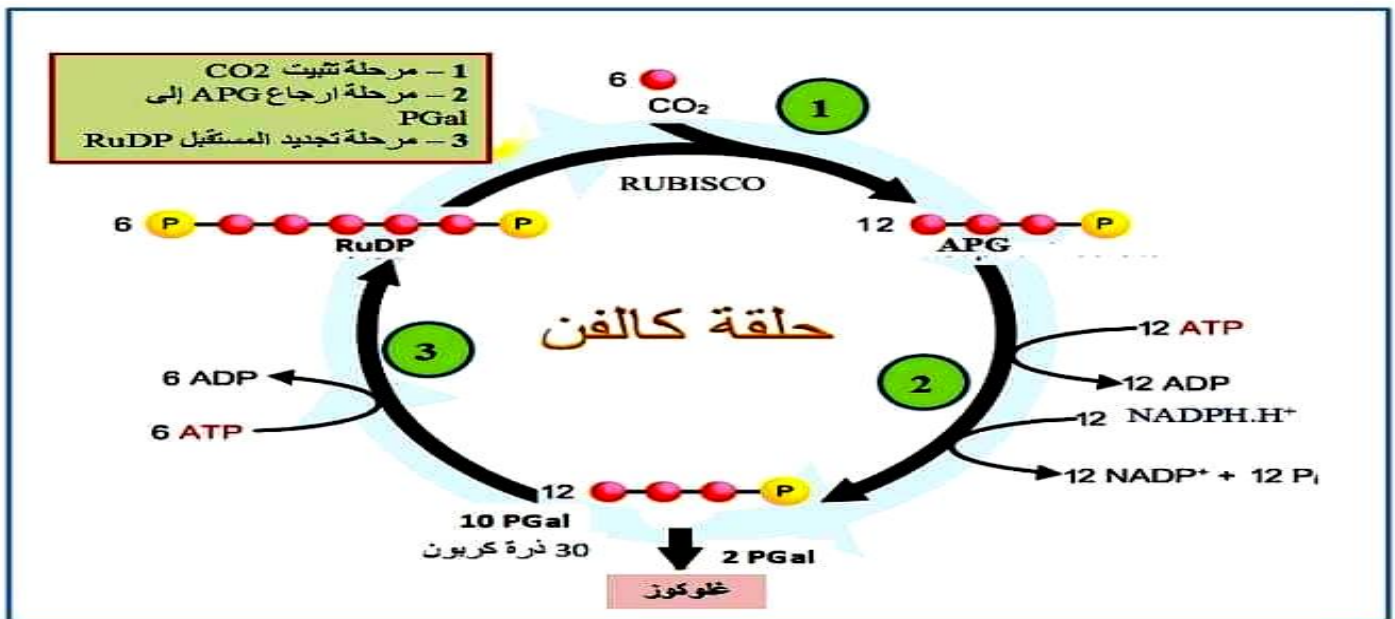


• المعادلة الإجمالية للمرحلة الكيموضوئية (التيلاكويد)



• ملخص المرحلة الكيموضوئية

- يُثبت الـ CO_2 على جزيئة خماسي الكربون : ريبولوز ثنائي الفوسفات (Rudip) مشكلا مركب سداسي الكربون الذي ينشطر سريعا إلى جزيئين بثلاث ذرات كربون هو حمض الفوسفو غيليسريك (APG).
- يتم دمج الـ CO_2 بأنزيم ريبولوز ثنائي الفوسفات (rubisco).
- يرجع حمض الفوسفو غيليسريك بواسطة الـ ATP و NADPH, H^+ الناتجين عن المرحلة الكيموضوئية.
- يستخدم جزء من السكريات الثلاثية المرجعة في تجديد الـ Rudip أثناء خلال تفاعلات حلقة كالفن وبنسون.
- يستخدم الجزء الآخر من السكريات المرجعة في تركيب السكريات سداسية الكربون ، الأحماض الأمينية ، والأحماض الدسمة.



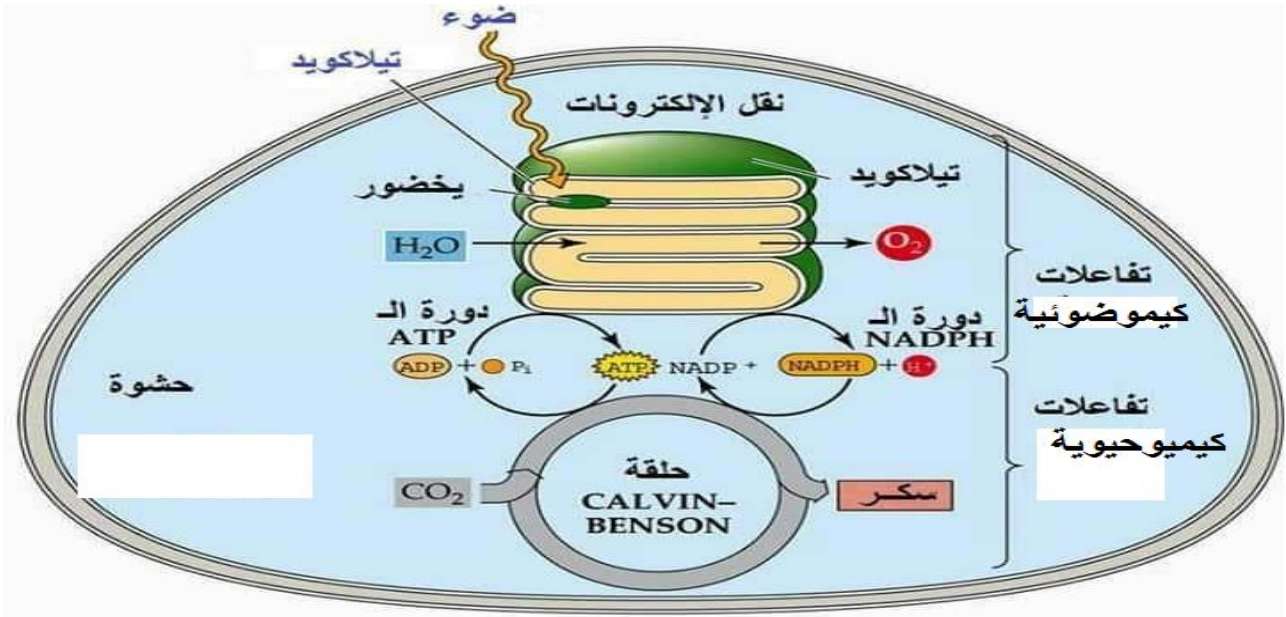
• المعادلة الإجمالية للمرحلة الكيموضوئية (الحشوة)



• التكامل بين المرحلتين الكيميوضوئية و الكيموحيوية

أثناء التركيب الضوئي يتم على مستوى الصانعات الخضراء الجمع بين:

- تفاعلات كيميوضوئية مقرها التيلاكويد يتم تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كامنة في ($\text{NADPH}, \text{H}^+ / \text{ATP}$).
- تفاعلات كيموحيوية مقرها الحشوة يتم إرجاع الـ CO_2 إلى مادة عضوية باستعمال ($\text{NADPH}, \text{H}^+ / \text{ATP}$) الناتجة من المرحلة الكيميوضوئية .



• ملاحظات

المرحلة الكيموحيوية (حلقة كالفن وبنسون)	المرحلة الكيميوضوئية	
كيموحيوية: سلسلة من التفاعلات الكيموحيوية لا تتطلب الضوء بشكل مباشر	كيميوضوئية: سلسلة من التفاعلات الكيموحيوية يشترط حدوثها توفر الضوء	تعليل تسمية المرحلة
الحشوة	غشاء التيلاكويد (السلسلة التركيبية الضوئية)	المقر
خارجية: CO_2 داخلية: نواتج المرحلة الكيميوضوئية (ATP و NADPH, H^+)، بالإضافة للإنزيمات	خارجية: الضوء داخلية: التيلاكويد، مستقبل الإلكترونات، ADP و Pi ، بالإضافة للإنزيمات	الشروط
تركيب سكريات، تجديد مرافق الإنزيم NADP^+ و $\text{ADP} + \text{Pi}$	انطلاق الـ O_2 ، إرجاع مستقبل الإلكترونات NADPH, H^+ ، تركيب الـ ATP	النتائج
المركب ريبيلوز ثنائي الفوسفات RuDP : مادة أيضية بسيطة يدمج معها الـ CO_2 لبدأ سلسلة تفاعلات حلقة كالفن وبنسون. إنزيم ريبيلوز ثنائي الفوسفات كربوكسيلاز Rubisco : يدمج الـ CO_2 مع RuDP . مرافق الإنزيم NADPH, H^+ : نقل البروتونات والالكترونات اللازمة لتفاعلات الإرجاع. ATP: فسفرة المواد الأيضية الوسيطة.	أنظمة ضوئية: تكتسب الفوتونات الضوئية وتحرر الكترونات (تتأكسد) نواقل الالكترونات: تنقل الالكترونات المتحررة. الكربوهيدرات: تركيب الـ ATP مرافق الإنزيم NADPH, H^+ : ينقل الالكترونات والبروتونات اللازمة لحدوث المرحلة الكيموحيوية (إرجاع الـ CO_2). إنزيمات: إنزيم أكسدة الماء، وإنزيم ريدوكتاز لإرجاع مرافق الإنزيم NADP^+ .	البنيات والجزيئات المتدخلة ودورها
$6\text{CO}_2 + 18\text{ATP} + 12\text{NADPH}, \text{H}^+ \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 18\text{ADP} + 6\text{Pi} + 12\text{NADP}^+$	$\text{H}_2\text{O} + \text{NADP}^+ + \text{ADP} + \text{Pi} \rightarrow 1/2\text{O}_2 + \text{NADPH}, \text{H}^+ + \text{ATP}$	المعادلة

يوجد في النظام الضوئي 2
إنزيم التحلل الضوئي للماء
الذي ينشط بعد أكسدة هذا
النظام و لا يوجد بالنظام
الضوئي 1.

تأخذ البروتونات من الحشوة
بالناقل T1 و يعطيها لـ T2
الذي يضخها للتجفيف عكس
تدرج التركيز باستخدام طاقة
انتقال الالكترونات المتحررة.

تتكون الكرية المذنبة من تحت
وحدين F0 لنقل البروتونات
خارج التجويف و F1 تحتوي
على إنزيم ATP سنتاز
باتجاه الحشوة.

تتحرر جزيئات الماء أثناء
تفاعلات حلقة كالفن.

ينطلق O_2 بشكل مؤقت في
حالة غياب CO_2 لعدم تجديد
 NADP^+ و $\text{ADP} + \text{Pi}$