

ملخص آليات تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كامنة في المادة العضوية

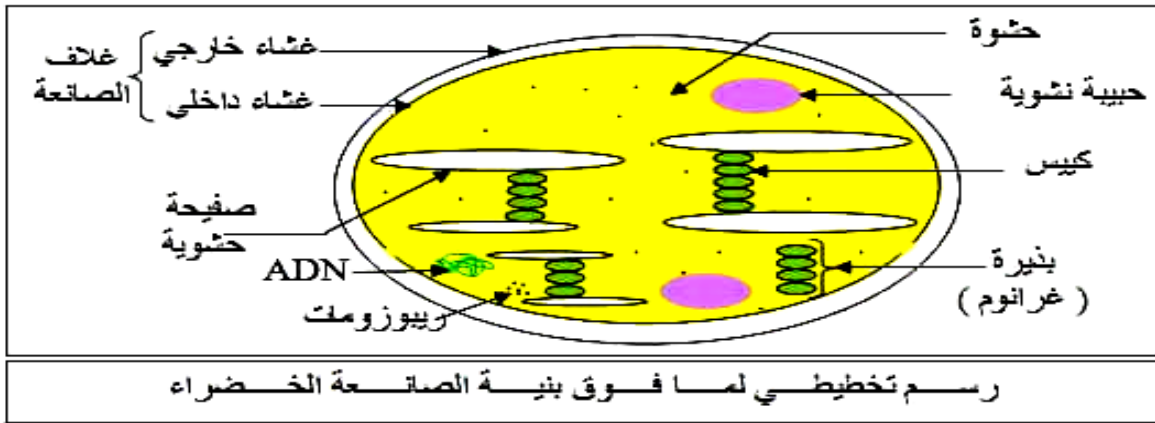
• مفهوم و معادلة التركيب الضوئي

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

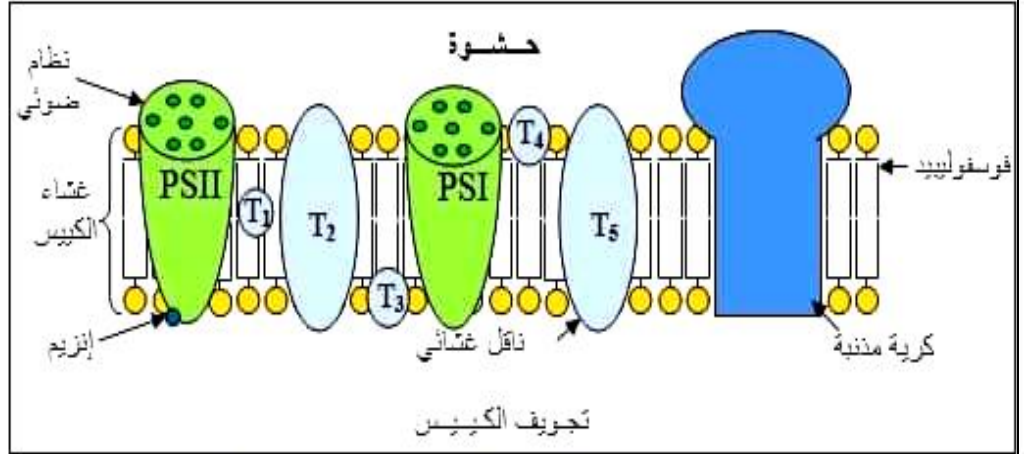
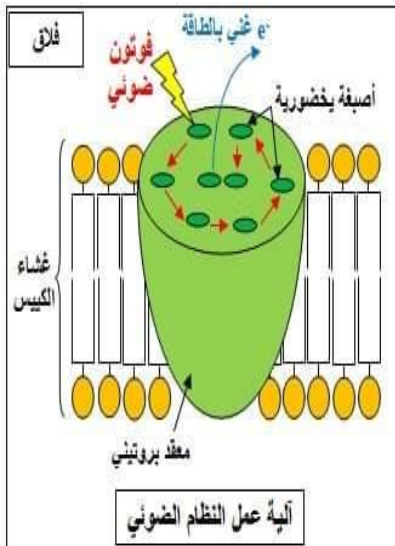


• مقرر عملية التركيب الضوئي

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



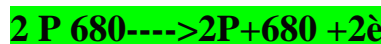
- تحوي الأغشية التيلاكويدية اصبغة التركيب الضوئي (البيكسور، أشباه الجزرين) وجهاز أنزيمي الـ ATP سينتاز.
- تحوي الحشوة مواد ابيضية الوسيطة لتركيب المواد العضوية و مرافقات انزيمية (NADP^+) ، الـ $\text{ADP} + \text{Pi}$ وكذلك عدد من الأنزيمات كالريبولوز ثنائي الفوسفات كربوكسيلاز (rubisco).



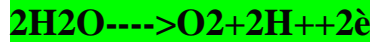
رسم تخطيطي يوضح البنية الجزيئية للكيس (تيلاكويد الصانعة الخضراء)

• تفاعلات المرحلة الكميوضوئية

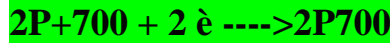
- تتأكسد جزيئة اليخضور لمركز التفاعل النظام الضوئي الثاني تحت تأثير الفوتونات المقنتصة ،متخلية عن الكترولون غني بالطاقة وفق المعادلة التالية :



- تسترجع جزيئة اليخضور 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 المقترنة، متخليية عن الكترولون غني بالطاقة وفق المعادلة التالية :

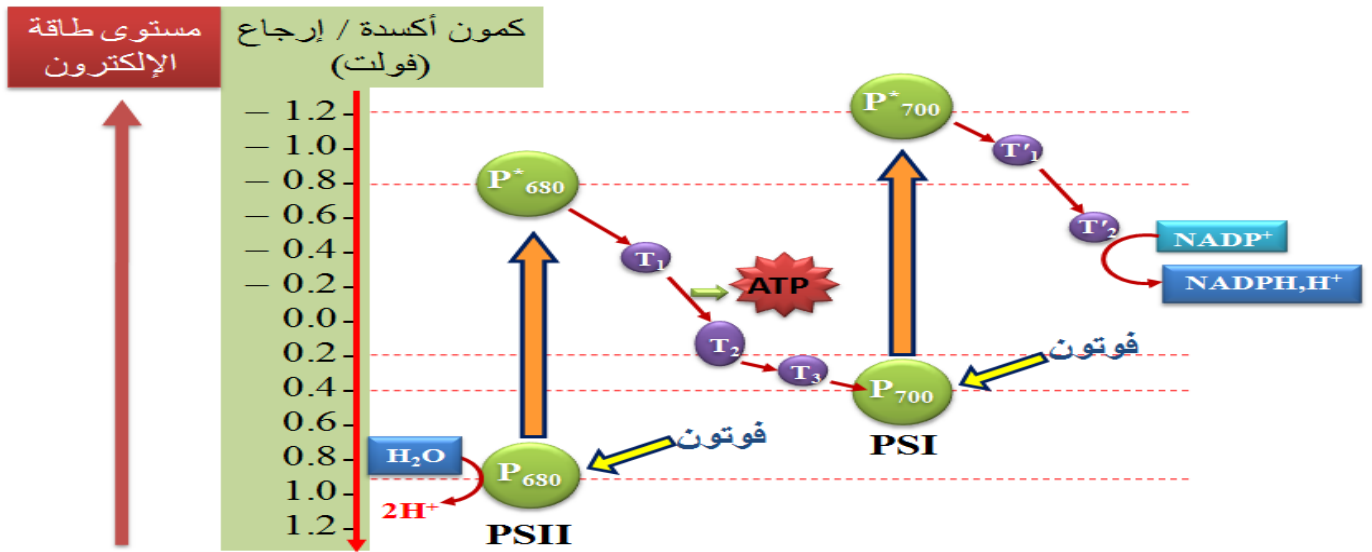


- إن المستقبل الأخير للإلكترونات الناتجة عبارة عن ناقل للبروتونات والإلكترونات NADP^+ الذي يُرجع إلى NADPH, H^+ بواسطة أنزيم NADP ريدوكتاز حسب التفاعل:



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

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

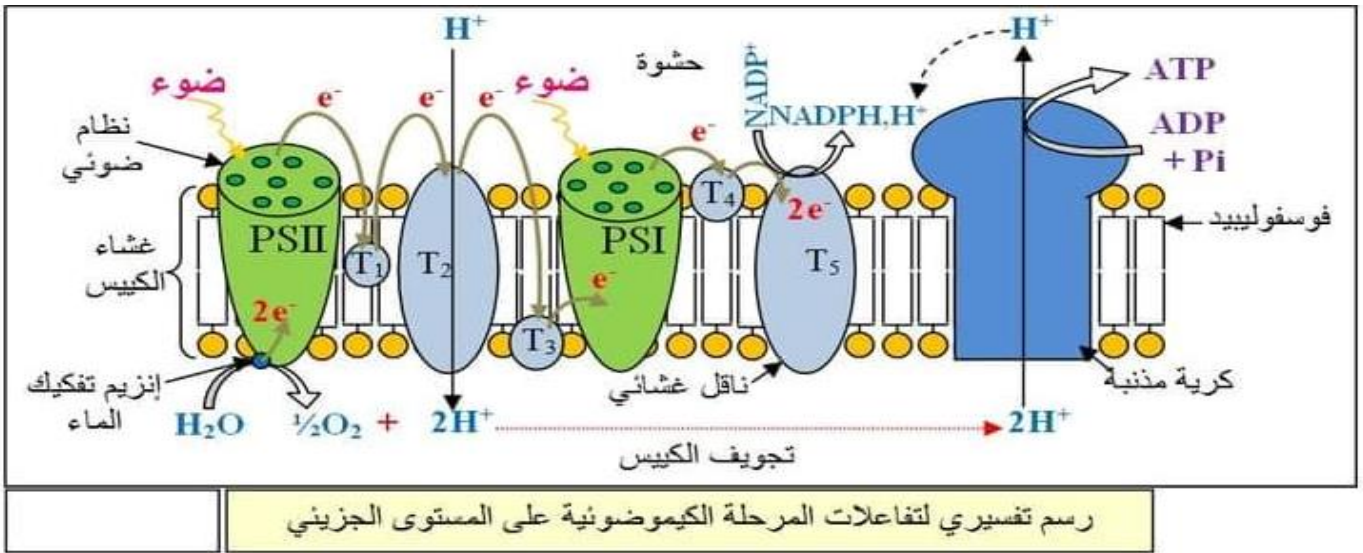


آلية انتقال الإلكترونات في السلسلة التركيبية الضوئية

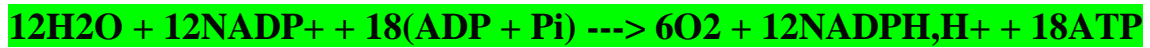
- يصاحب نقل الإلكترونات على طول سلسلة الأكسدة الإرجاعية ضخ البروتونات الناتجة عن التحلل الضوئي للماء وتلك المنقولة من الحشوة باتجاه تجويف التيلاكويد عبر T_2 .

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

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

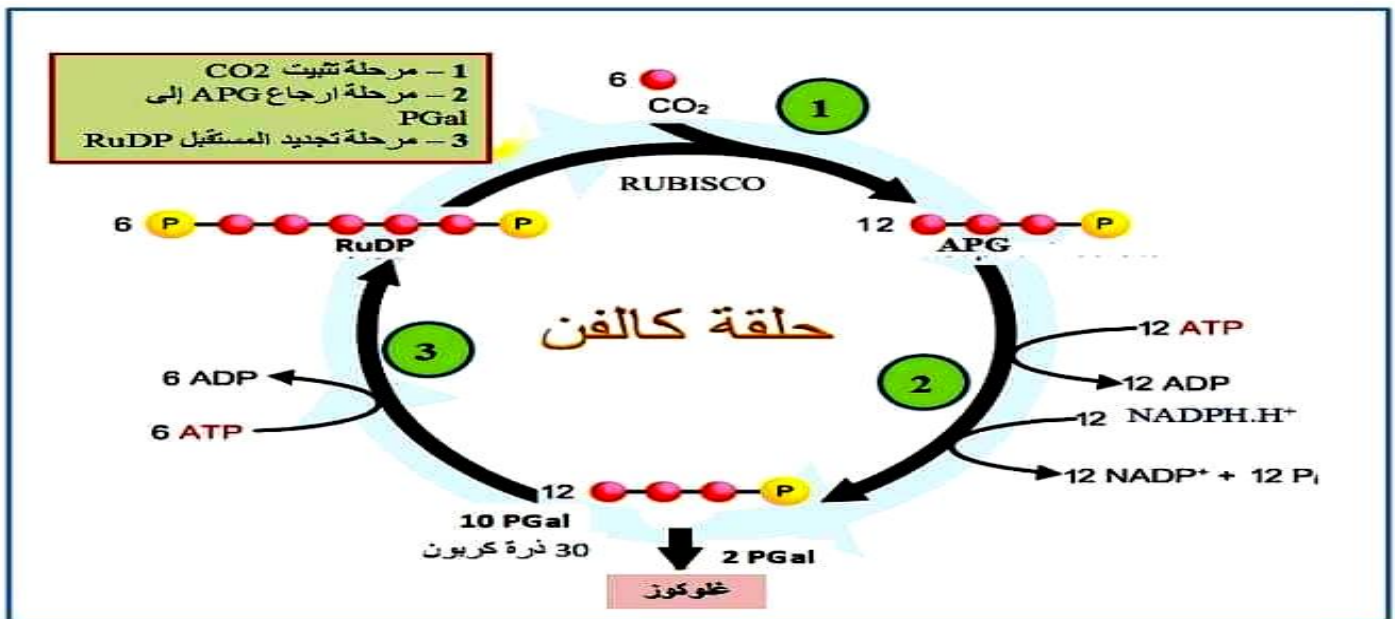


• المعادلة الإجمالية للمرحلة الكيموضوئية (التيلاكويد)



• 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).
- يدمج 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 ، والاحماض الدسمة.



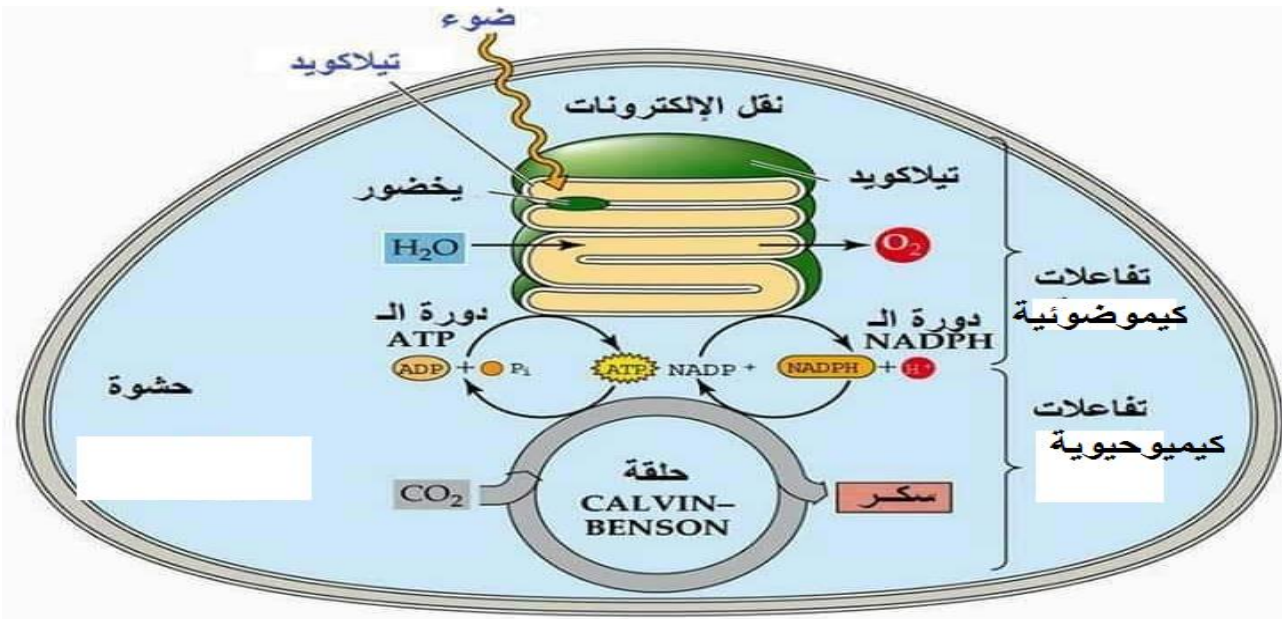
• المعادلة الإجمالية للمرحلة الكيموضوئية (الحشوة)



• 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 ($NADPH, H^+ / ATP$) .
- تفاعلات كيموحيوية مقرها الحشوة يتم إرجاع الـ CO_2 إلى مادة عضوية باستعمال ($NADPH, H^+ / ATP$) 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	تعليق تسمية المرحلة
الحشوة	غشاء التيلاكويد (السلسلة التركيبية الضوئية)	المقر
خارجية: CO_2	خارجية: الضوء	الشروط
داخلية: نواتج المرحلة الكيميوضوئية (ATP و $NADPH, H^+$)، بالإضافة للإنزيمات	داخلية: التيلاكويد، مستقبل الإلكترونات، ADP و PI ، بالإضافة للإنزيمات	النتائج
تركيب سكريات، تجديد مرافق الإنزيم $NADP^+$ و $ADP + Pi$	انطلاق الـ O_2 ، إرجاع مستقبل الإلكترونات $NADPH, H^+$ ، تركيب الـ ATP	البنيات والجزيئات المتداخلة ودورها
المركب ريبيلوز ثنائي الفوسفات $RuDP$: مادة أفضية وبسيطة 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 والإلكترونات اللازمة لتفاعلات الإرجاع. ATP: فسفرة المواد الأفضية الوسيطة.	أنظمة ضوئية: تكتسب الفوتونات الضوئية وتحرر الإلكترونات (تتأكسد) نواقل الإلكترونات: تنقل الإلكترونات المتحررة. الكربوهيدرات: تركيب الـ ATP مرافق الإنزيم $NADPH, H^+$: ينقل الإلكترونات والبروتونات اللازمة لحدوث المرحلة الكيموحيوية (إرجاع الـ CO_2). إنزيمات: إنزيم أكسدة الماء، وإنزيم ريدوكناز لإرجاع مرافق الإنزيم $NADP^+$.	
$6CO_2 + 18ATP + 12NADPH, H^+ \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 18ADP + 6Pi + 12NADP^+$	$H_2O + NADP^+ + ADP + Pi \rightarrow 1/2O_2 + NADPH, H^+ + ATP$	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 ل T2
الذي يضحها للتجويف عكس
تدرج التركيز باستخدام طاقة
انتقال الإلكترونات المتحررة.

تتكون الكرية المذبذبة من تحت
وحدتين 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
 $ADP+Pi$ و $NADP^+$.