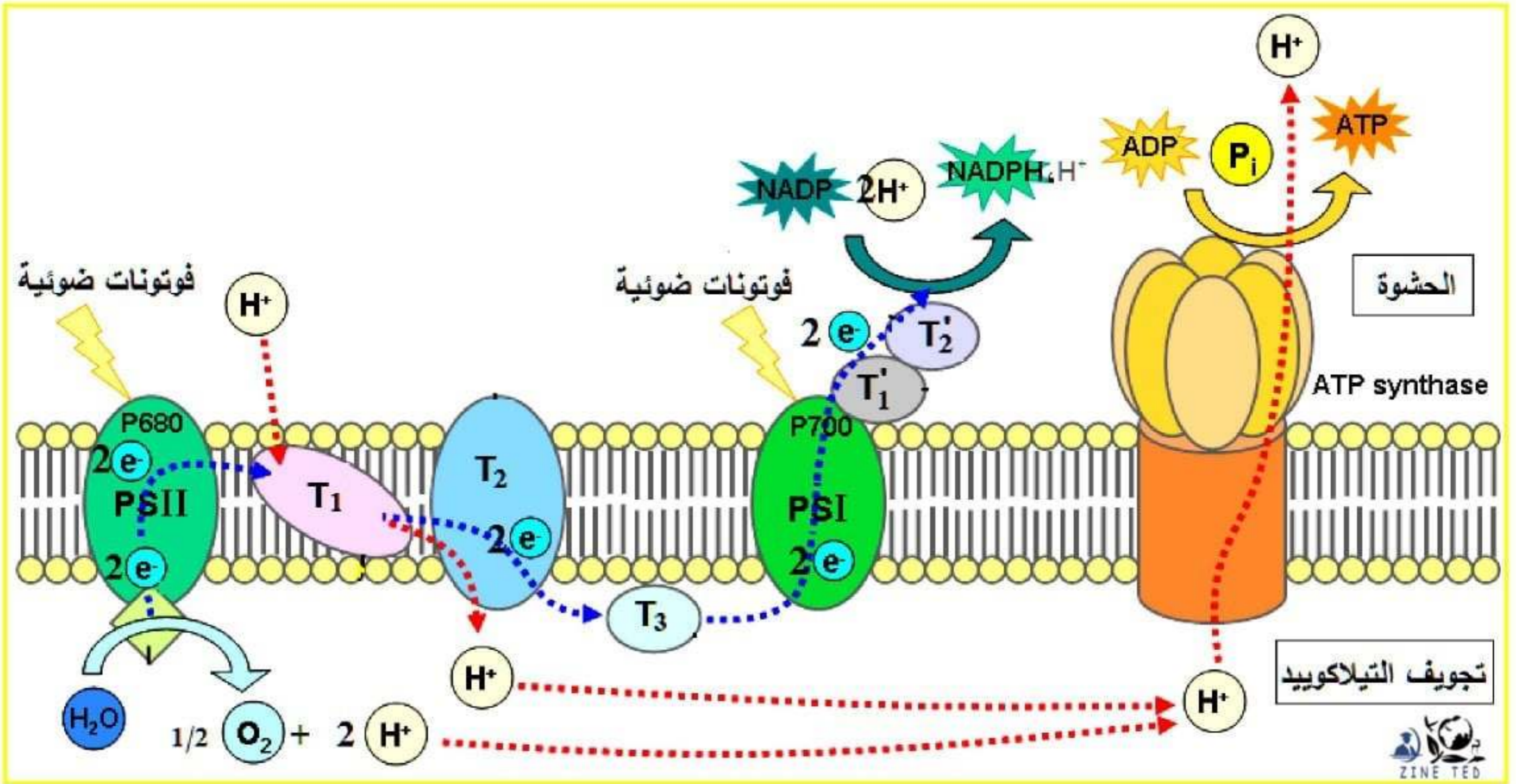


العتبة 4: المرحلة الكيموضوئية



بنية غشاء التيلاكويد: يتكون غشاء التيلاكويد من طبقتين فسفوليبيديتين تحتوي على نظامين ضوئيين PSII و PSI ونواقل للإلكترونات وإنزيم ATP سنتاز تدعى في مجموعها بالسلسلة التركيبية الضوئية .

- النظام الضوئي: معقد بروتيني يوجد ضمن غشاء التيلاكويد يحتوي على عدد كبير من جزيئات أصبغة اليخضور وأشباه الجزرين.

- المصدر الأول للإلكترونات في السلسلة التركيبية الضوئية كما ان O_2 المنطلق خلال هذه المرحلة ناتج عن اماهة جزيئة الماء

المستقبل الأخير للإلكترونات: الطبيعي $NADP^+$ (النيكوتين أميد أدنين ثنائي النيكليوتيد فوسفات) اصطناعي: مثل فيروسيانور البوتاسيوم.

- آلية انتقال الإلكترونات في السلسلة التركيبية الضوئية: تنتقل من كمون اكسدة وارجاع منخفض الى كمون اكسدة و ارجاع مرتفع مع تحرير طاقة .

- الضوء الأبيض المرئي يتكون من سبعة أطياف تنحصر الأطوال الموجية لها بين 400 و 700 نانومتر، وهي على الترتيب: الأزرق، البنفسجي، النيلي، الأخضر، الأصفر، البرتقالي، الأحمر.

-الاطياف الاكثر امتصاصا هي الاكثر تأثيرا في عملية التركيب الضوئي حيث تمتص جزيئات اليخضور بنسبة كبيرة الإشعاعات الطرفية وأقل في الإشعاعات الوسطية ومنخفضة جدا في الإشعاع الموافق للون الأخضر.

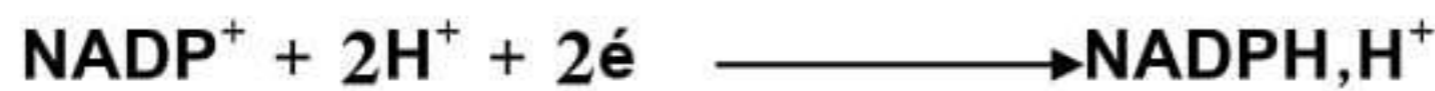
-التفلور(الاستشعاع): يكتسب إلكترون من جزيئة اليخضور طاقة فوتونات ضوئية فينتقل من مداره الأصلي إلى مدار ذو مستوى طاقي أعلى منه فتتهيج جزيئة اليخضور ثم بعد زمن قصير جدا يعود إلى مداره الأصلي ويحرر الطاقة المكتسبة على شكل إشعاع أحمر فتستقر جزيئة اليخضور

-آلية عمل النظام الضوئي: يتكون كل نظام ضوئي من عدد كبير من الأصبغة الهوائية وصبغتين لمركز التفاعل، تستقبل كل صبغة هوائية فوتونات ضوئية فتتهيج بهذا ، فينتقل الإلكترون من المدار القريب الى المدار الابعد ثم يعود الإلكترون إلى مداره الأصلي وتحرر منه الطاقة المكتسبة وتنتقل إلى الصبغة المجاورة فتتهيجها بنفس الآلية حتى تصل الطاقة إلى صبغة مركز التفاعل فتتهيج بدورها وتحرر الكترونين غنيين بالطاقة (اكسدة).

-دور الأصبغة الهوائية: التقاط الفوتونات الضوئية ونقلها لأصبغة مركز التفاعل دون تحرير للإلكترونات.

-دور أصبغة مركز التفاعل: تتجمع فيها الطاقة الملتقطة من مختلف الجزيئات الهوائية وتتأكسد محررة إلكترونين غنيين بالطاقة.

آلية حدوث المرحلة الكيموضوئية عند سقوط الفوتونات الضوئية على غشاء التيلاكوييد يتأكسد النظامان الضوئيان PSI و PSII ويحرر كل منهما إلكترونين تنتقل الإلكترونات المحررة عبر السلسلة التركيبية الضوئية محررة طاقة (تستعمل في ادخال البروتونات من الحشوة الى تجويف التيلاكوييد) لتستقبل في الاخير من طرف NADP+ وفقا للمعادلة التالية :



يتم تعويض الإلكترونات المفقودة من النظام الضوئي باكسدة الماء حسب المعادلة التالية :



تتراكم البروتونات في تجويف التيلاكوييد الداخلة عبر T₂ اثناء انتقال الإلكترونات والنااتجة عن اكسدة الماء فيصبح تركيزها اعلى من الحشوة لتتحرر عبر الكرية المذبذبة (ATP سنتاز) على شكل سيل من البروتونات مما يولد طاقة تستعمل في فسفرة الـADP وفقا للمعادلة التالية : $\text{ADP} + \text{P}_i \longrightarrow \text{ATP} + \text{H}_2\text{O}$ تدعى هذه

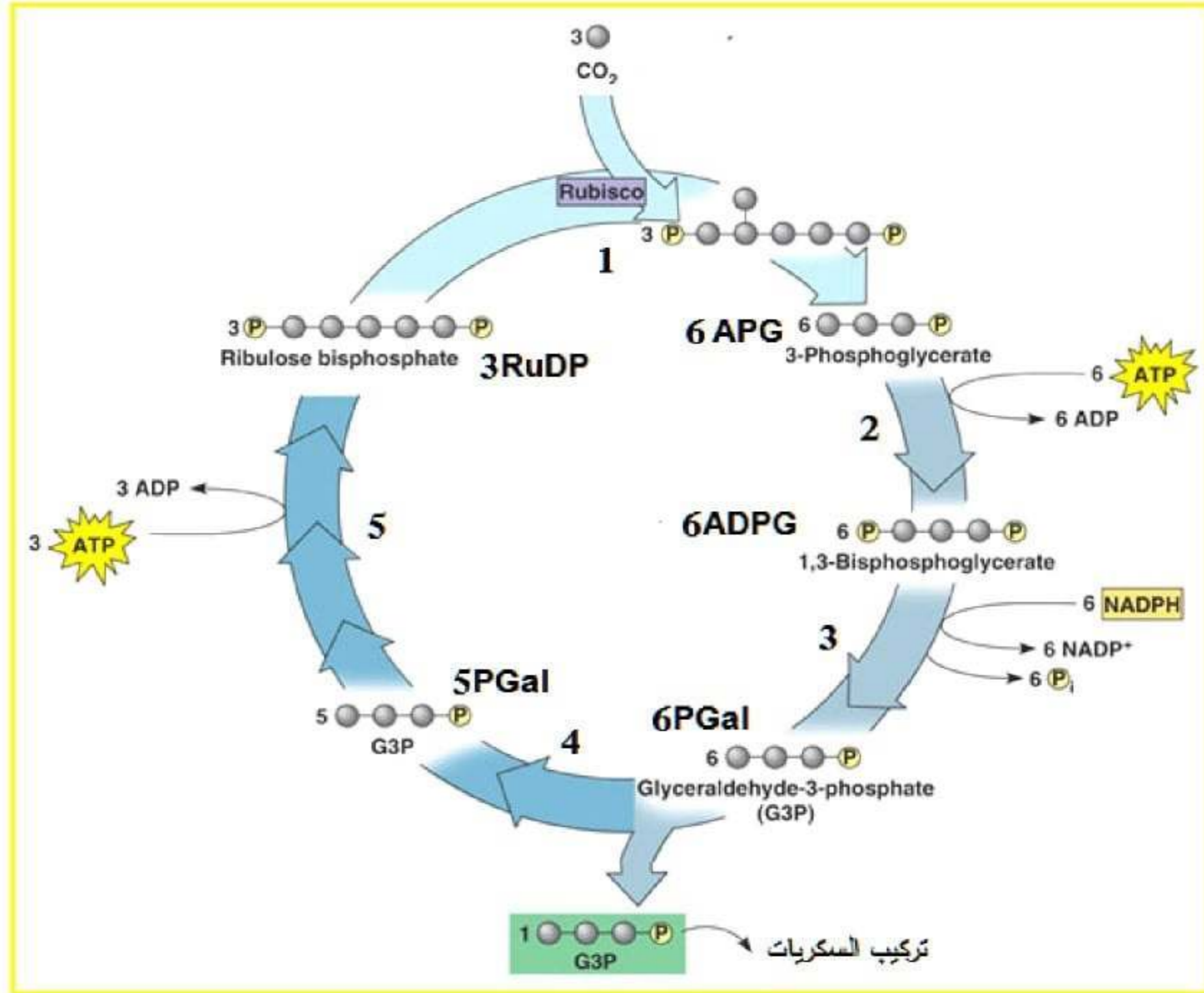
العملية بالفسفرة التاكسدية





العتبة 5: المرحلة الكيموحيوية

بواسطة الإنزيم ريبولوز ثنائي الفوسفات كربوكسيلاز **Rubisco** يثبت CO_2 على جزيئة خماسية الكربون **RuDP** (الريبولوز ثنائي الفوسفات) مشكلا مركب سداسي الكربون سرعان ما ينشطر إلى جزيئتين من **APG** (حمض الفوسفوغليسيريك ثلاثي الكربون)

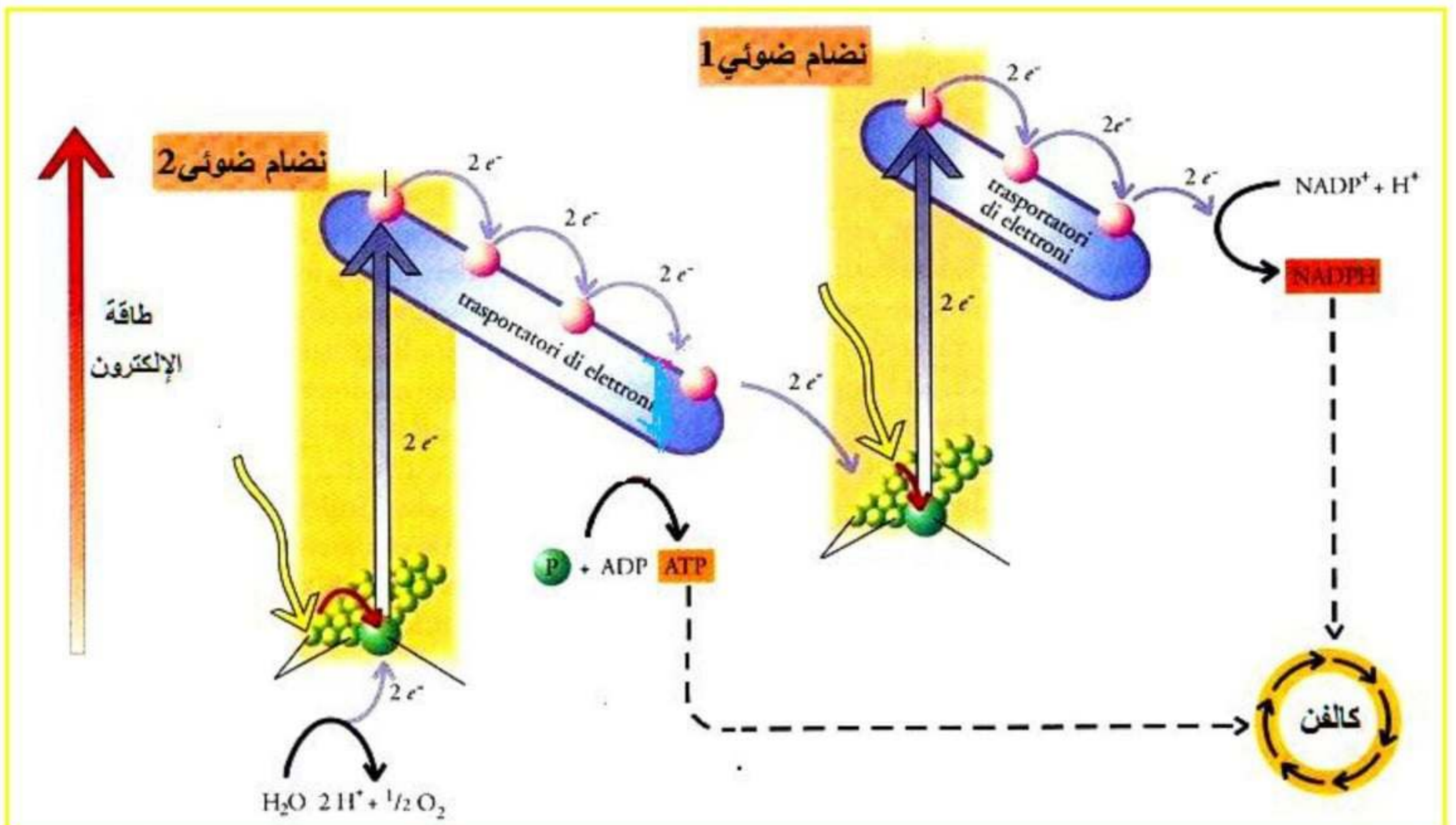
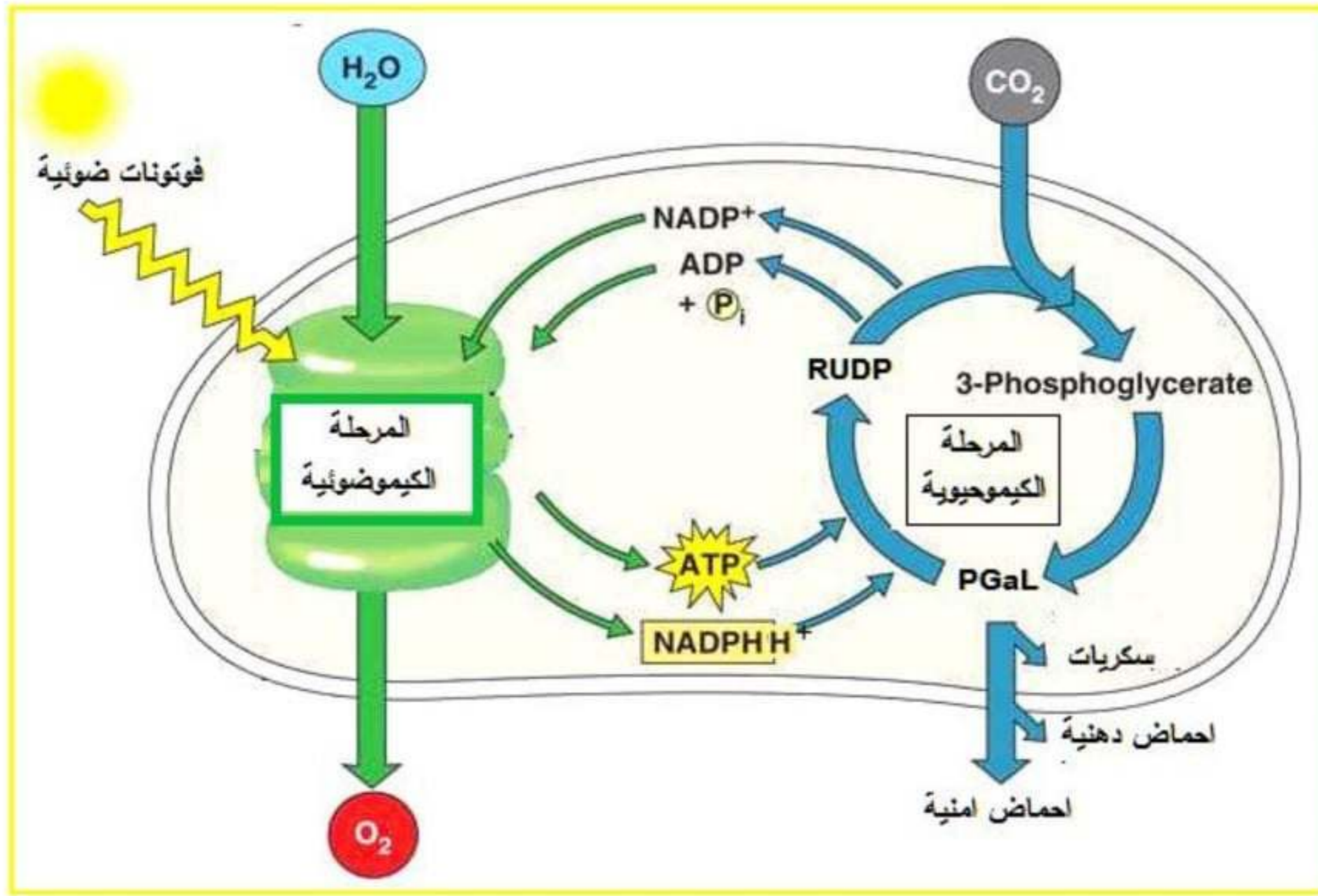


العلاقة بين APG و RuDP

يتحول **APG** و **RuDP** إلى بعضهما بشكل حلقي (ثبات ديناميكي) في الحالة الطبيعية أي في وجود CO_2 و الضوء
 - في غياب الضوء يتراكم **APG** الناتج عن تحول **RuDP** ، بذلك ينفذ **RuDP** ويتوقف تجديد المرافقات الانزيمية و **ATP**
 وبالتالي المرحلة الكيموضوئية ثم التركيب الضوئي
 في غياب CO_2 يتراكم **RuDP** الناتج عن تحول **APG** في وجود نواتج المرحلة الكيموضوئية بذلك ينفذ **APG** وتتوقف
 حلقة كالفن بالتالي التركيب الضوئي

العتبة 6: التكامل بين المرحلة الكيموضوئية والكيموحوية

تتكامل مرحلتي التركيب الضوئي بصورة منظمة حيث توفر المرحلة الكيموضوئية ATP و NADPH, H^+ لحدوث المرحلة الكيموحوية كما توفر المرحلة الكيموحوية المواد الأولية (NADP^+ , Pi , ADP) لتركيب ATP و NADPH, H^+ لاستمرار المرحلة الكيموضوئية.، تحدث المرحلتان معا لكي يتم انتاج الطاقة الكيميائية الكامنة في الجزيئات العضوية



العتبة 3: مميزات مرحلتي التركيب الضوئي

المرحلة	المرحلة الكيموضوئية	المرحلة الكيموحيوية (حلقة كالفن)
تعليق التسمية	كيموضوئية: سلسلة من التفاعلات الكيموحيوية يشترط حدوثها توفر الضوء	كيموحيوية: سلسلة من التفاعلات الكيموحيوية لا تتطلب الضوء بشكل مباشر
مقر الحدوث	غشاء التيلاكويد (السلسلة التركيبية الضوئية)	الحشوة
الشروط	خارجية: الضوء داخلية: التيلاكويد، مستقبل الإلكترونات ADP و Pi ، بالإضافة للإنزيمات	خارجية: CO ₂ داخلية: نواتج المرحلة الكيموضوئية (NADPH,H+ATP) ، الإنزيمات
النواتج	إرجاع مستقبل الإلكترونات NADPH,H+ ، انطلاق O ₂ ، تركيب ATP	تركيب المادة العضوية ، تجديد مرافق الإنزيم NADP+ و ADP + Pi
العناصر المتدخلة و الدور	أنظمة ضوئية :تقتنص الفوتونات الضوئية وتحرير الكترولونات (تأكسد) نواقل الإلكترونات :تنقل الإلكترونات المتحررة من النظام الضوئي حسب كمون الأكسدة والارجاع الكرية المذبذبة :تركب الـATP NADPH,H+: ناقل الإلكترونات والبروتونات اللازمة لحدوث المرحلة الكيموحيوية إنزيم أكسدة الماء ، وإنزيم NADP ريدوكتاز لإرجاع مرافق الإنزيم NADP+.	RuDP: مادة ابيضية وسطية مستقبلة لـ CO ₂ لبدأ سلسلة تفاعلات حلقة كالفن إنزيم Rubisco ريبيلوز ثنائي الفوسفات كربوكسيلاز يدمج CO ₂ مع RuDP ATP : فسفرة المواد الأيضية الوسيطة NADPH,H+ نقل البروتونات والإلكترونات اللازمة لتفاعلات الإرجاع
المعادلة	$H_2O + NADP^+ + ADP + Pi \longrightarrow \frac{1}{2}O_2 + NADPH,H+ + ATP$	$6CO_2 + 18ATP + 12NADPH,H+ \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 18ADP + 18Pi + 12 NADP^+ + 6 H_2O$

