عملية التمثيل الضوئي

The Photosynthesis

الاستاذ الدكتور

محمد عبد الحميد سرور

استاذ ورئيس قسم علوم الاغذية والتغذية

مقدمة

- النبات الكائن الوحيد القادر على تحويل الطاقه الضوئيه الى طاقه كيميائيه بواسطة عملية التمثيل الضوئي وينتج ٥٠٠ بليون طن من المادةالعضويه والاوكسجين اللازم لحياة كل الكائنات الحيه

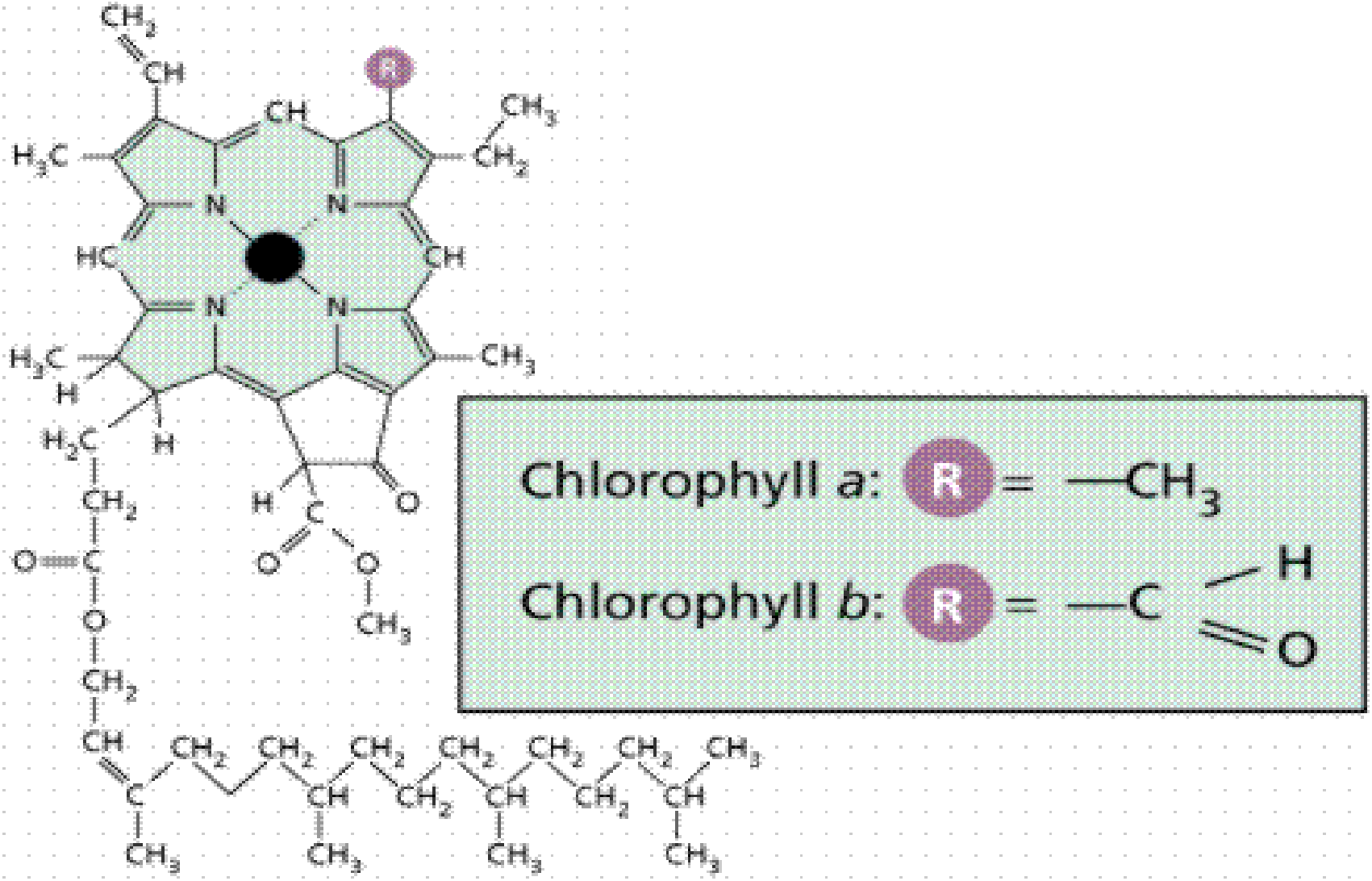
- النباتات الخضراء والبكتيريا الضوئيه Photosynthetic bacteria تقوم بالتمثيل الضوئي وأنتاج اول مركب عضوي هو الجلوكوز

- البلاستيدات الخضراء هي المسئوله عن عملية التمثيل الضوئي وتوجد في النسيج الوسطي (الخلايا الكلورنشيميه) وتتكون من :غلاف مزدوج والحشوه

الصبغات المشاركه فى عملية التمثيل الضوئى

هي عباره عن مركبات توجد داخل البلاستيدات الخضراء، تحول الطاقه الضوئيه الى طاقه كيميائيه مثل صبغات الكلوروفيل وعددها (٩) منها أ،ب،ج،د، هـ ، ويوجد كلورفيل أ- ب في النباتات ذاتيه التغذيه autotrophic وبكتيريا photosynthetic bacteria .

Chemical التركيب الكيميائي لمركبات الكلوروفيل structure of chlorophyll



الكاروتينات Carotenoides

مركبات دهنيه توجد في البلاستيدات والحيوانات والكائنات الدقيقه الفطريات وبكتيريا البناء الضوئي والطحالب بما فيها الحمراء والخضراء .

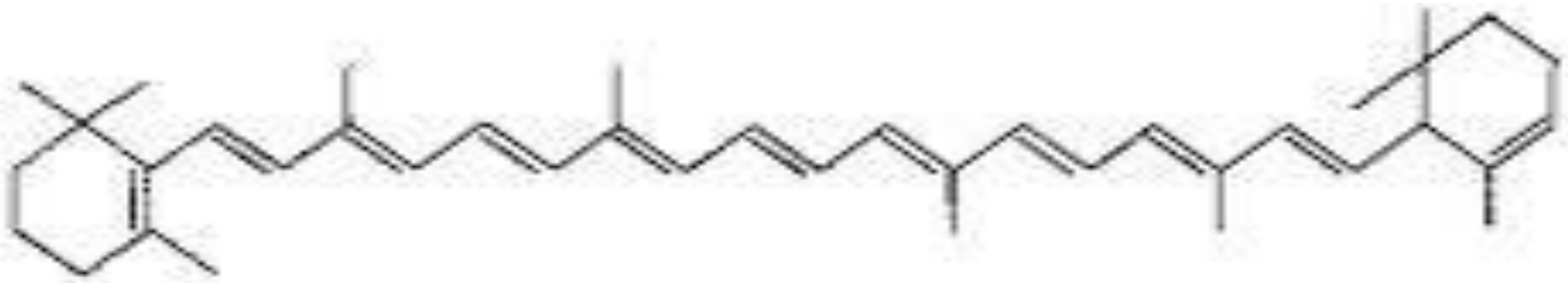
تتكون من الـ C و H مثل آلفا كاروتين و بيتا كاروتين وهناك انواع تحتوي على O مثل الزانثوفيلات .وأهم وظائفها

١- وقاية الكلورفيل من الاكسدة الضوئيه .

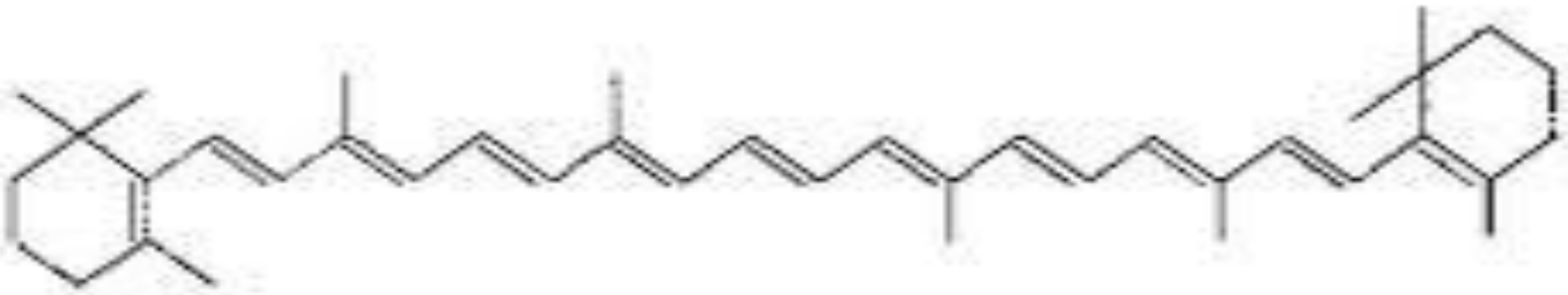
٢- امتصاص الطاقه الضوئيه ونقلها إلى كلورفيل

.

التركيب الكيميائى للكاروتينات a و b



α - carotene



β - carotene

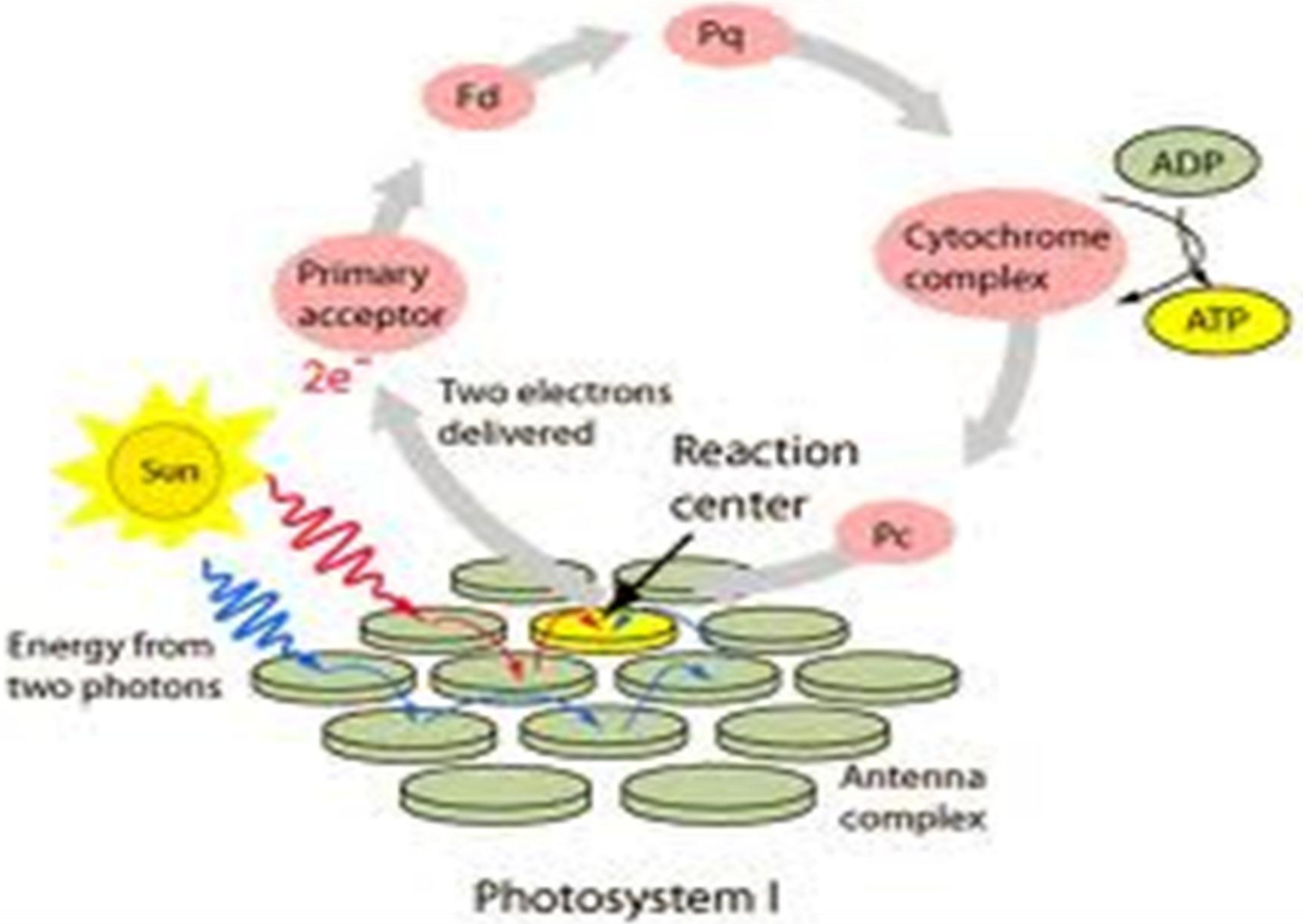
آلية عمل النظام الضوئي: Mechanism

١- تستقبل الصبغات الفوتونات الضوئيه من الشمس وتنتقل من جزيئ الى آخر حتى تصل الى مركز التفاعل .

٢- يتسبب الضوء فى إثارة أحدى الكترونات مركز التفاعل وينتقل الى سلسلة نقل الالكترونات مما يتسبب في إختزاله أي (شحنه بالطاقه عاليه)

٣- ينتقل هذا الالكترون الى مستقبل الكتروني أخرعبر سلسلة ناقلات الالكترونات فاقد بذلك جزء من طاقته في كل خطوه من خطواته على شكل فلوروسنت Fluorescence

وتستغل تلك الطاقه في تكوين ATP وتسمى هذه العمليه بالفسفرة الضوئيه photophosphorylation



Photosystem I

مصدر الأكسجين فى عمليات البناء الضوئى

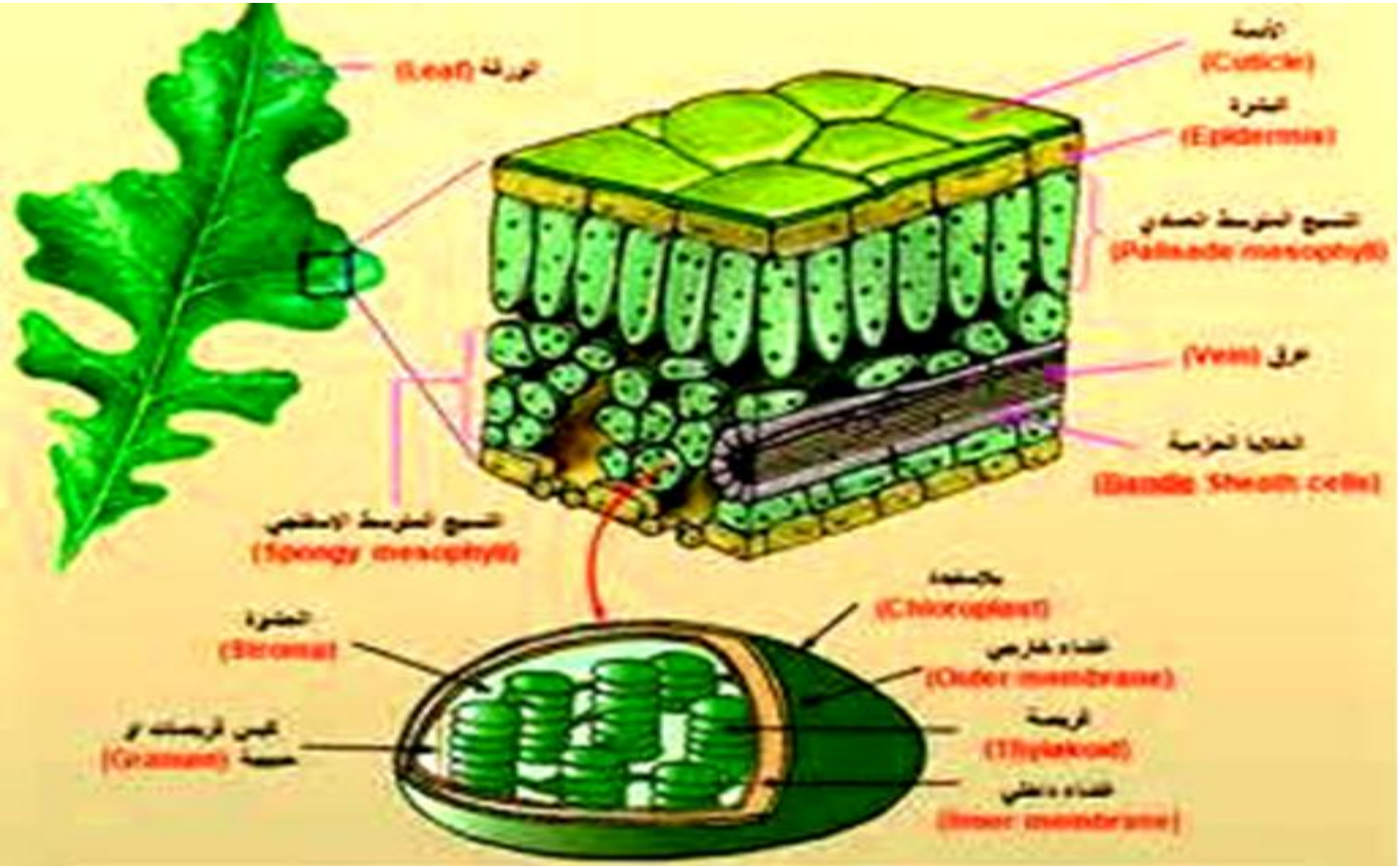
قام العالم Hill بتعريض الكلوروبلاست المعزول + الضوء + مع مستقبل الكتروني صناعي

—> نتج الـ اكسجين O_2 وتم التأكد بأن الماء هو مصدر الـ O_2 وليس CO_2 كما أن إختزال CO_2 لا يعتمد على وجود الضوء .

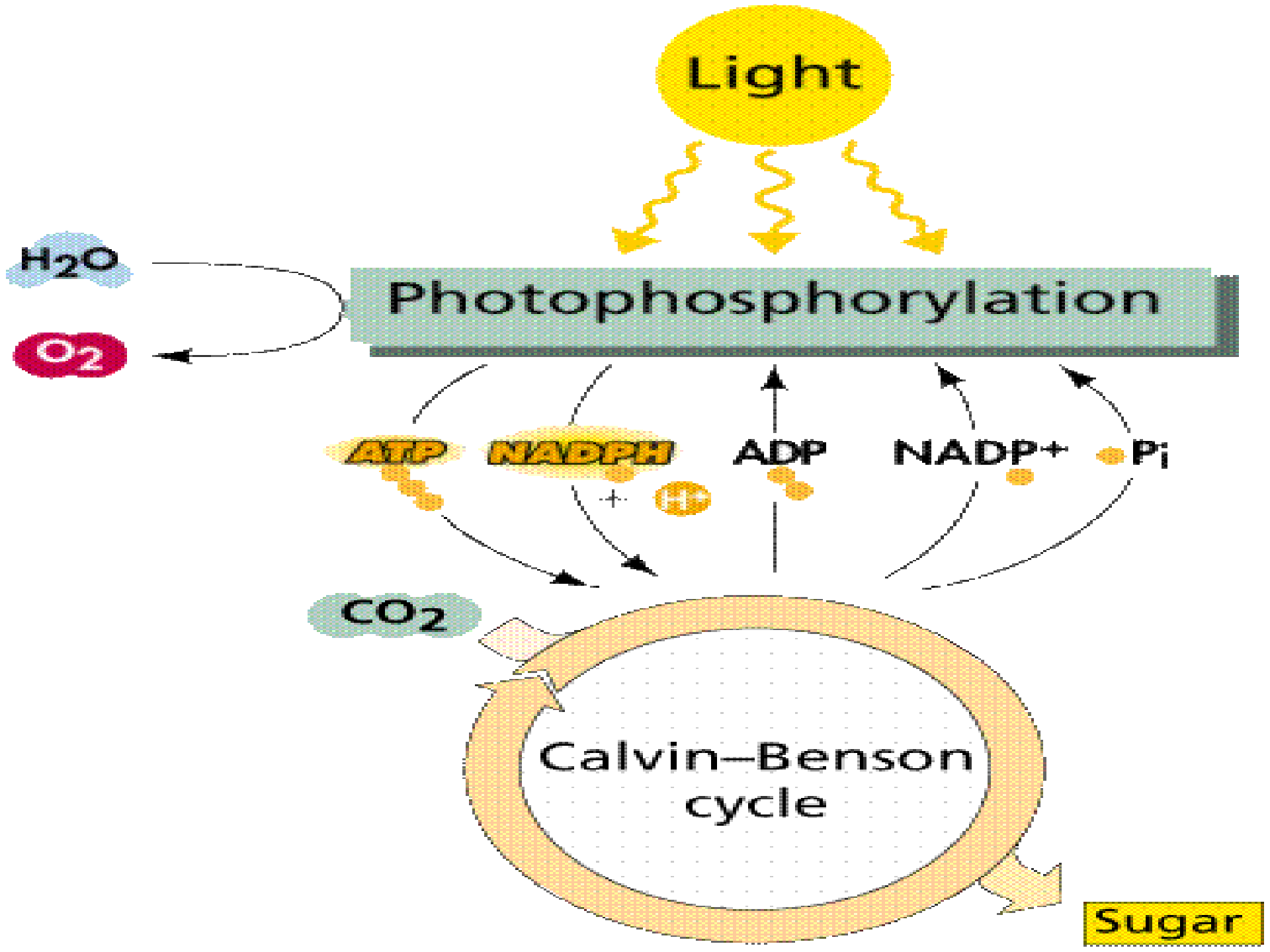
وحدة البناء الضوئي Photosynthetic unit

- أصغر مجموعه من جزيئات صبغات البلاستيده الخضراء تشترك في النشاط الكيميائي الضوئي و تتكون من حوالى 230 جزيئ كلوروفيل تسمى بالكوانتاسوم وتحدث في البلاستيدة جميع مراحل التمثيل الضوئي
- تفاعلات الضوء في أغشيه الثيلاكويد وإنتاج ATP و NADPH
- تفاعلات الظلام تثبيت CO_2 تحدث في الحشوه Stroma .

أ - البلاستيدات الخضراء والبناء الضوئى:



شكل (4-5): قطاع عرضى يبين التركيب الدقيق للورقة، والبلاستيدة.


Light
H2O
Photophosphorylation
O2
ATP
NADPH
ADP
NADP+
Pi
CO2
Calvin–Benson cycle
Sugar

التفاعلات الكيميوضوئيه Reactions photochemical

تتكون التفاعلات الكيميائية خلال عملية البناء الضوئي من قسمين رئيسين هما:

أ- تفاعلات الضوء .(Light Reactions)

ب- تفاعلات الظلام.(Dark Reactions)

أ ـ تفاعلات الضوء(Light Reactions)

-سلسلة من التفاعلات تتم في وجود الضوء ولهذا فهي تفاعلات كيميائية ضوئية (Photochemical reactions)

- يطلق عليها تفاعلات هل (Hill's reactions) وهي أول التفاعلات الكيميائية في عملية التمثيل الضوئي.

- هذه التفاعلات تمر بخطوات وتغيرات جوهرية متتابعة وتشمل:

1- امتصاص الطاقة الضوئية.Light energy absorption

٢ - نقل الطاقة الضوئية.Light energy transfer

3 - تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية

وتشمل تفاعلات الضوء نوعين هما:

1- الفسفرة الضوئية الدائرية (Cyclic photo phosphorylation).

٢- الفسفرة الضوئية غير الدائرية (Non cyclic photo phosphorylation).

وتتميز العمليتين السابقتين بما يلى:

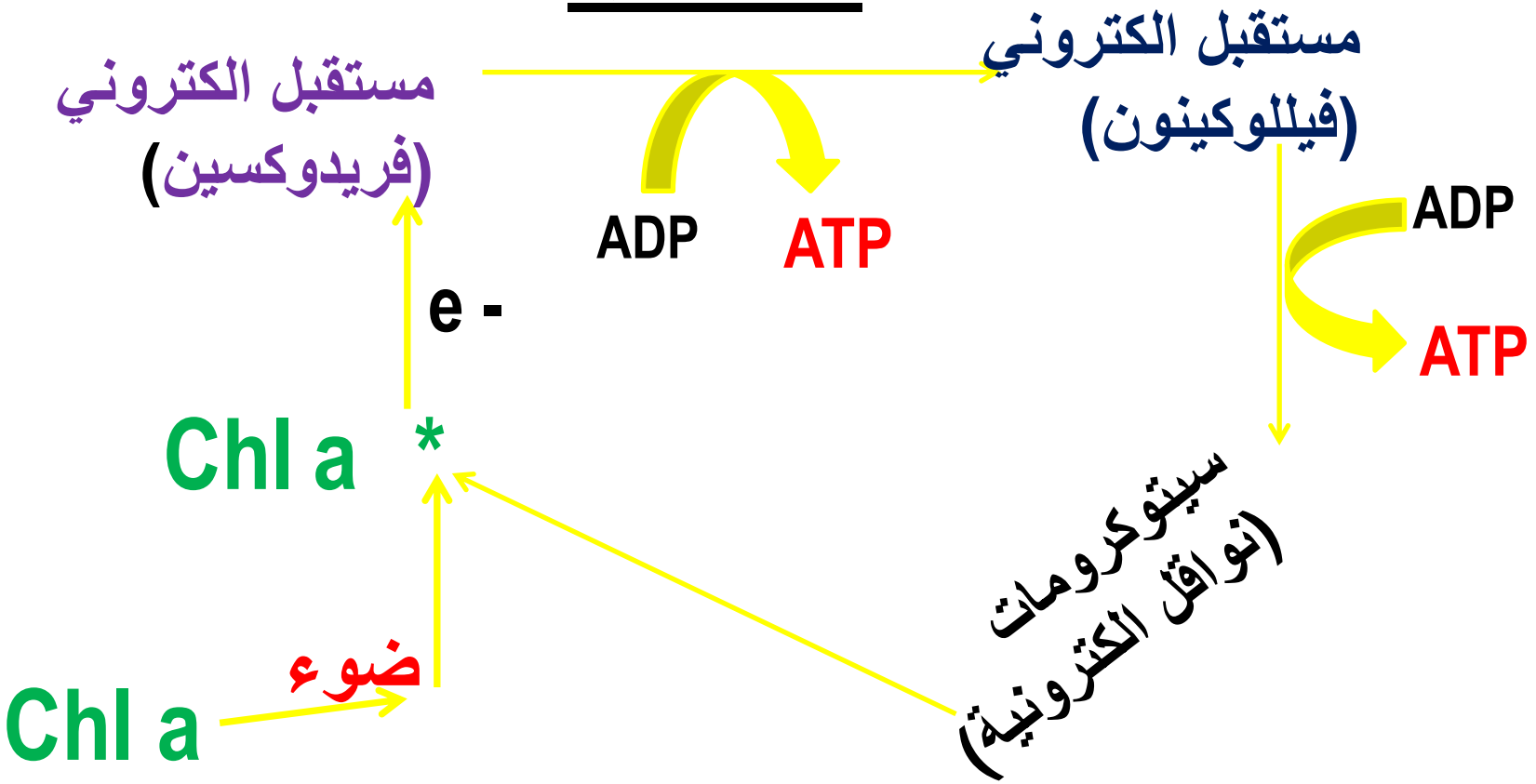
انطلاق الكترونين $2e^-$ من الكلوروفيل عند سقوط الضوء عليه.

يتكون مركب $NADPH_2$ الذي له دور في بدء تفاعل الظلام.

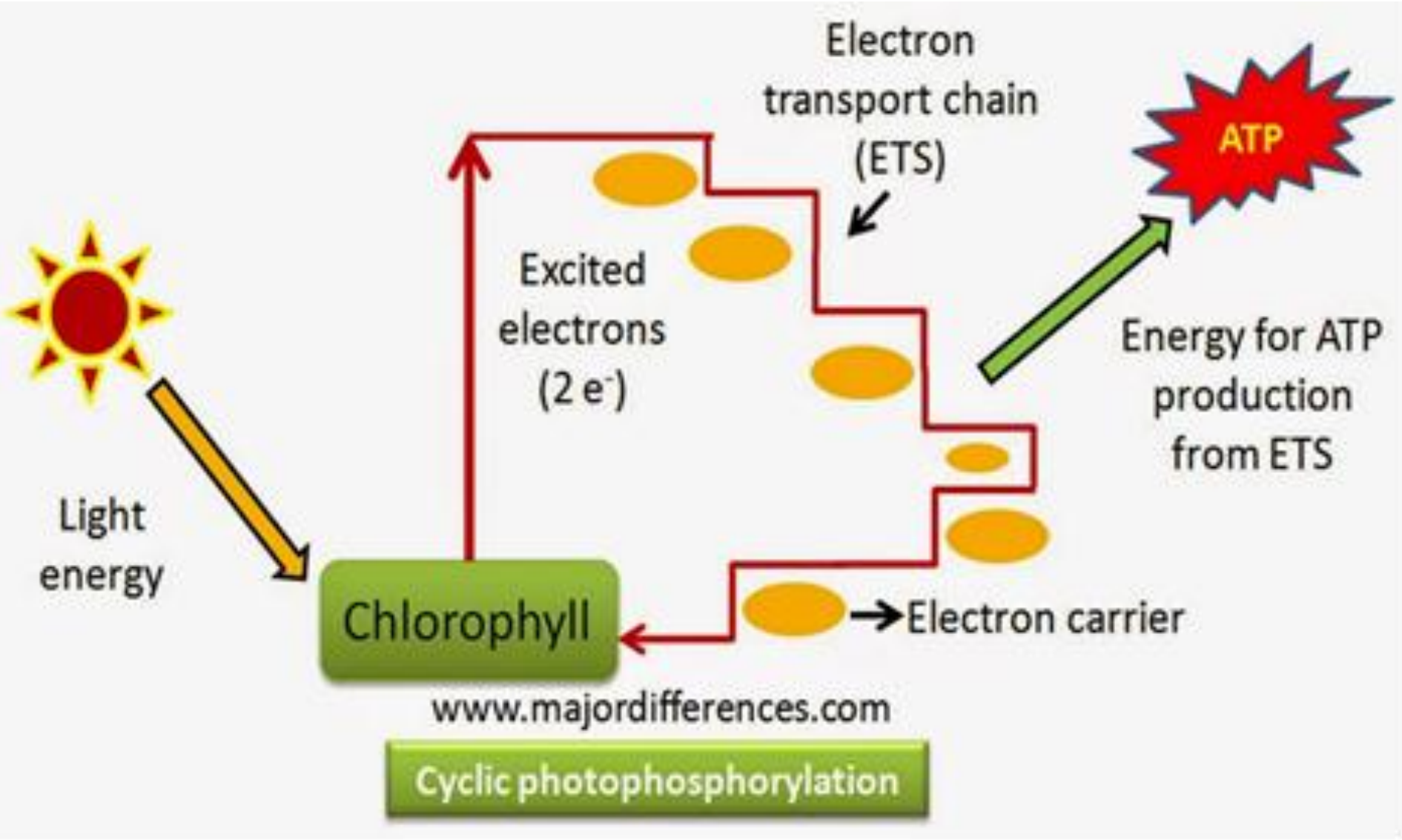
أهمية $NADPH_2$ حمل ذرات الهيدروجين ذات الطاقة العالية والضرورية في تكوين الكربوهيدرات وتؤدي عملية تفاعل الضوء إلى انتاج الطاقة وتكوين مركب ATP الذي سوف يستخدم في تكوين الكربوهيدرات في تفاعل الظلام.

1- الفسفرة الضوئية الدائرية

سميت بهذا الاسم لان الالكترونات تنطلق من كلوروفيل A وتعود اليه



شكل اخر يوضح الفسفرة الضوئية الدائرية



فى هذه النوع من **الفسفرة الضوئية الدائرية** تنتقل الالكترونات من جزيئات الكلوروفيل A المهيجة او المثارة إلى سلسلة من الحوامل الالكترونية وتعود في النهاية الى الكلوروفيل A مرة اخرى وفى هذه الفسفرة لا ينطلق غاز الاوكسجين ولايتكون NADPH وتقتصر هذه الدورة على جمع الطاقة فى صورة ATP

٢ـ الفسفرة الضوئية الغير دائرية :

ونتيجة هذه الفسفرة : تكوين ATP و NADPH و وانتاج الالكترونات و انطلاق غاز الاوكسجين

أوجه التشابه بين الفسفرة الضوئية الدائرية واللادائرية

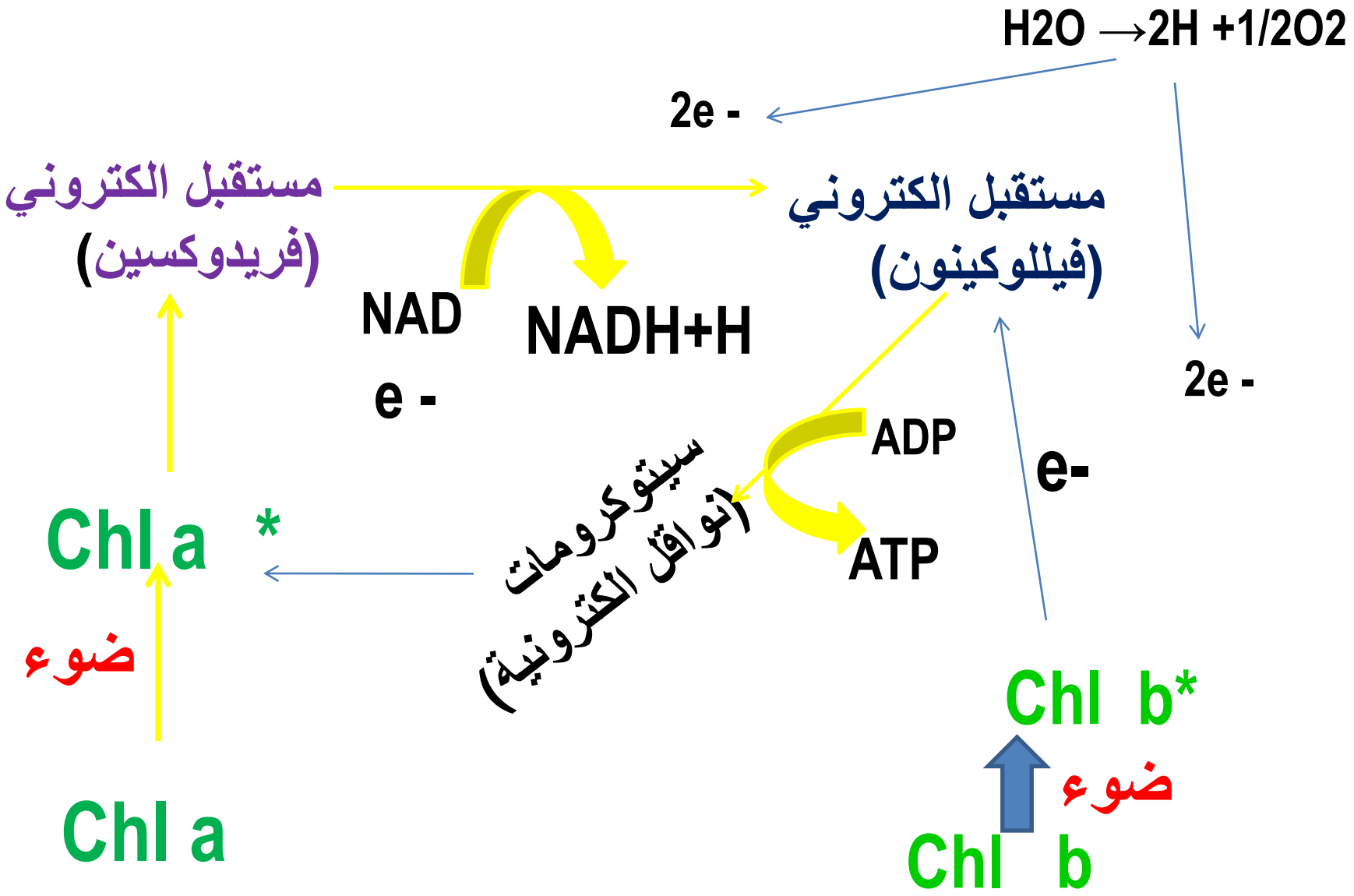
يستخدمان نواقل الكترونية متماثلة في قسم كبير منهما

ينتجان ATP وينتجان الالكترونات

أوجه الاختلاف بين الفسفرة الضوئية الدائرية واللادائرية

يختلفان في نقاط الانطلاق والوصول ففي الدائرية تنطلق الالكترونات من كلوروفيل a وتعود اليه اما الغيردائريه فتنطلق من كلوروفيل b وتعود الى الكلوروفيل a وينطلق غاز الاكسجين واختزال NADPفي الغير دائرية فقط

الفسفرة الضوئية الغير دائرية :

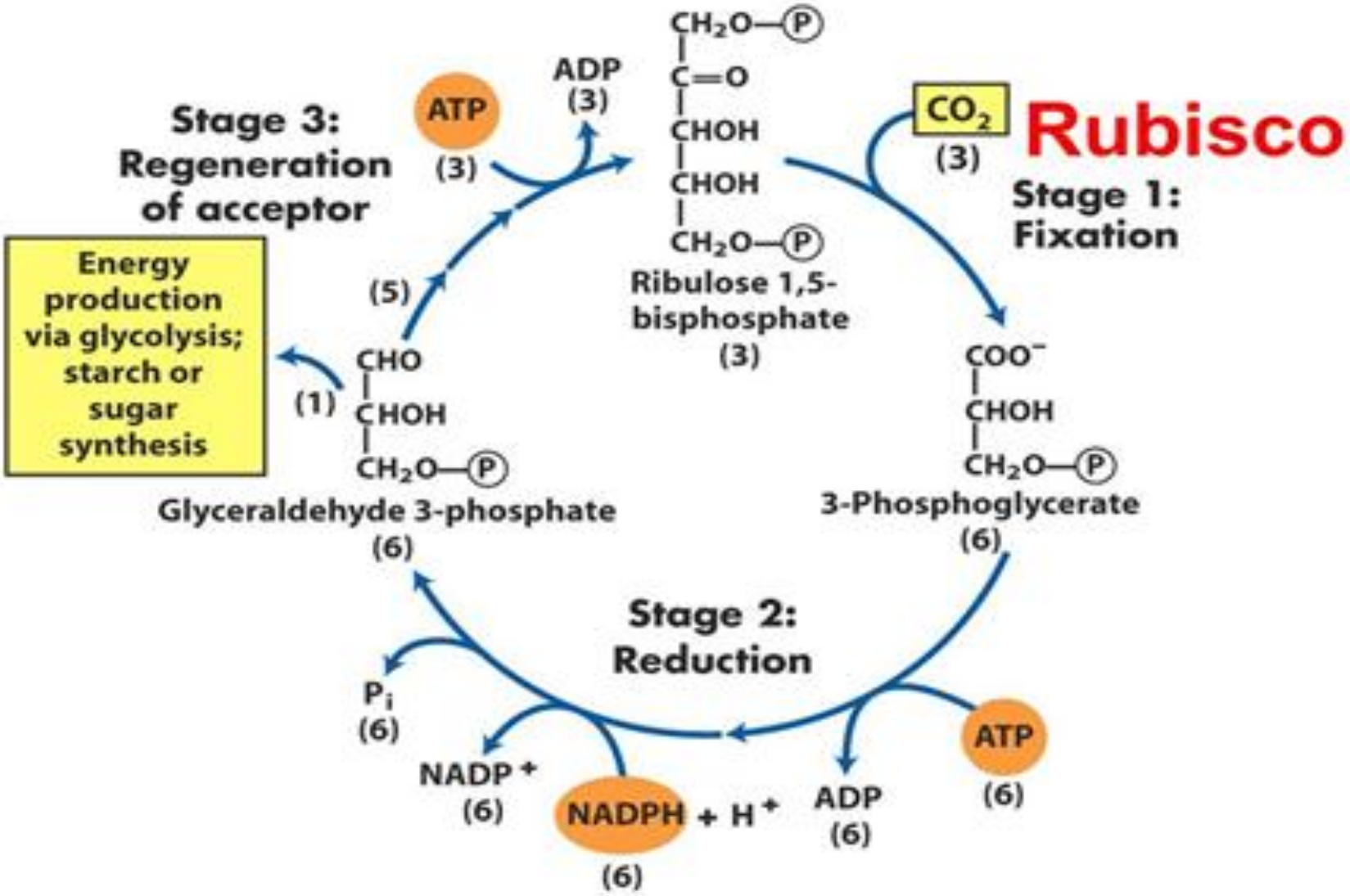


تفاعلات الظلام أو تفاعلات تثبيت ثانى اكسيد الكربون(دورة كالفن Calvin cycle):

- دورة كالفن أو دورة تثبيت ثانى أكسيد الكربون تسمى هذه التفاعلات حلقة كالفن (Calvin Cycle) نسبة إلى مكتشفها، وتحدث هذه التفاعلات في ستروما البلاستيدة حيث توجد الإنزيمات اللازمة لها، ودون الحاجة للضوء

- يتم فيها استخدام نواتج التفاعلات الضوئية من الـ ATPو NADPH حيث يدخل الكربون في حلقة كالفن على شكل CO2 ويغادرها على شكل سكر ويستهلك ATPكمصدر للطاقة، وNADPH

Calvin cycle دورة كالفن



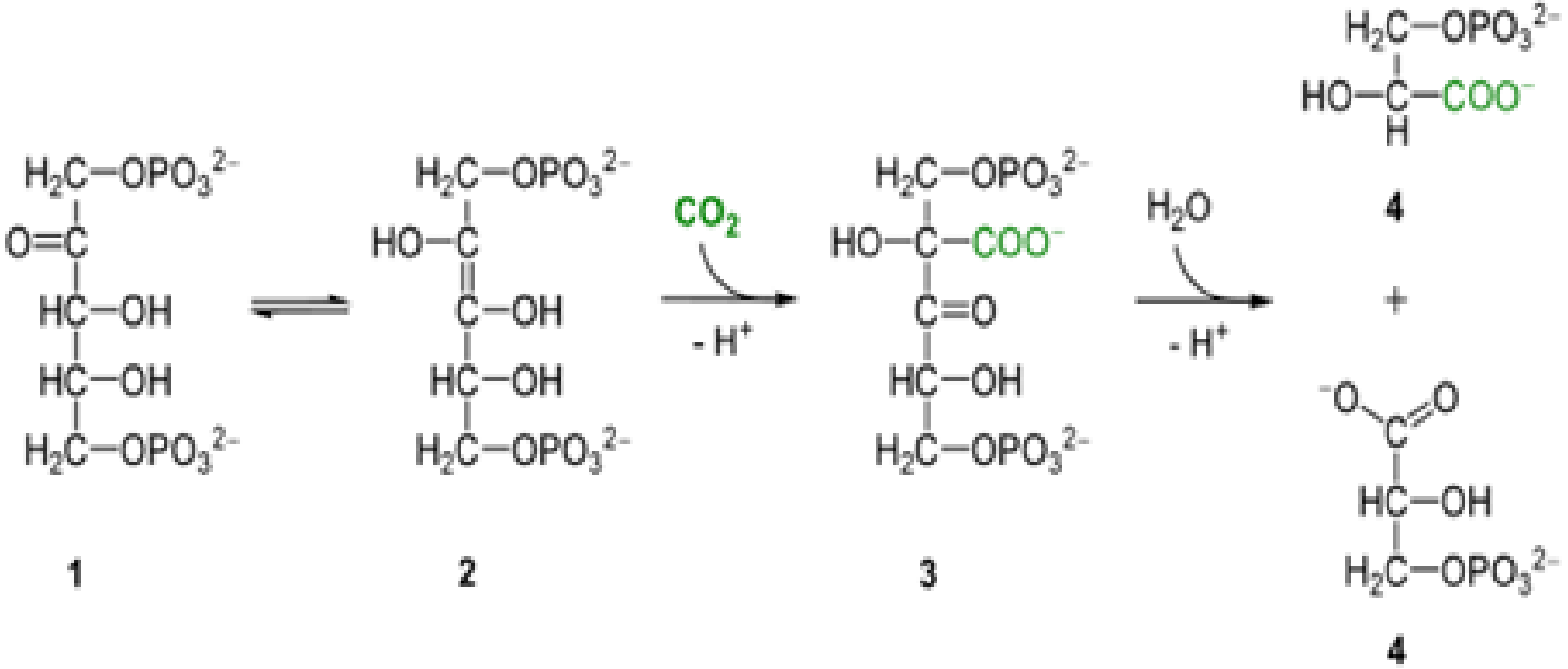
تفاعل تثبيت ثانى اكسيد الكربون (تفاعل RUBISCO)

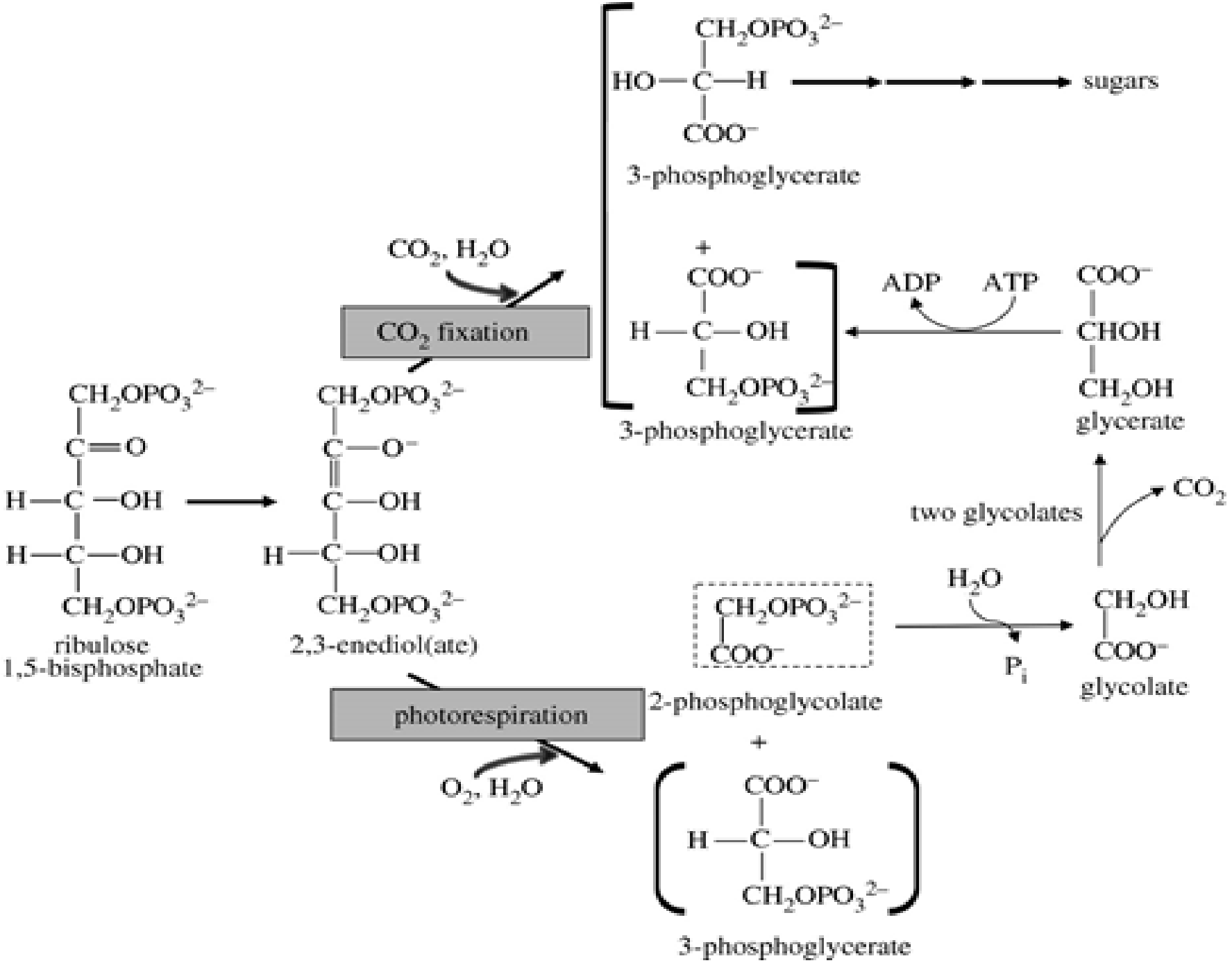
Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase,

١- التفاعل الاول: اضافة هيدروجين

٢- التفاعل الثانى: اضافة وتثبيت CO2

٣- التفاعل الثالث: نزع هيدروجين واضافة جزيئ ماء لتكوين ٢ جزيئ سكر ثلاثى 3-phosphoglycerate




CH2OPO3 2–
HO—C—H
COO–
sugars
3-phosphoglycerate
CO2, H2O
CO2 fixation
+
COO–
H—C—OH
CH2OPO3 2–
3-phosphoglycerate
ADP
ATP
COO–
CHOH
CH2OH
glycerate
two glycolates
CO2
CH2OPO3 2–
C=O
H—C—OH
H—C—OH
CH2OPO3 2–
ribulose
1,5-bisphosphate
C—O–
C—OH
H—C—OH
CH2OPO3 2–
2,3-enediol(ate)
CH2OPO3 2–
COO–
2-phosphoglycolate
H2O
Pi
CH2OH
COO–
glycolate
photorespiration
O2, H2O
+
COO–
H—C—OH
CH2OPO3 2–
3-phosphoglycerate

الخطوات الأساسية بالتقصيل في دورة كالفن

الخطوات الاساسية في حلقة كالفن :

التفاعل الاول :

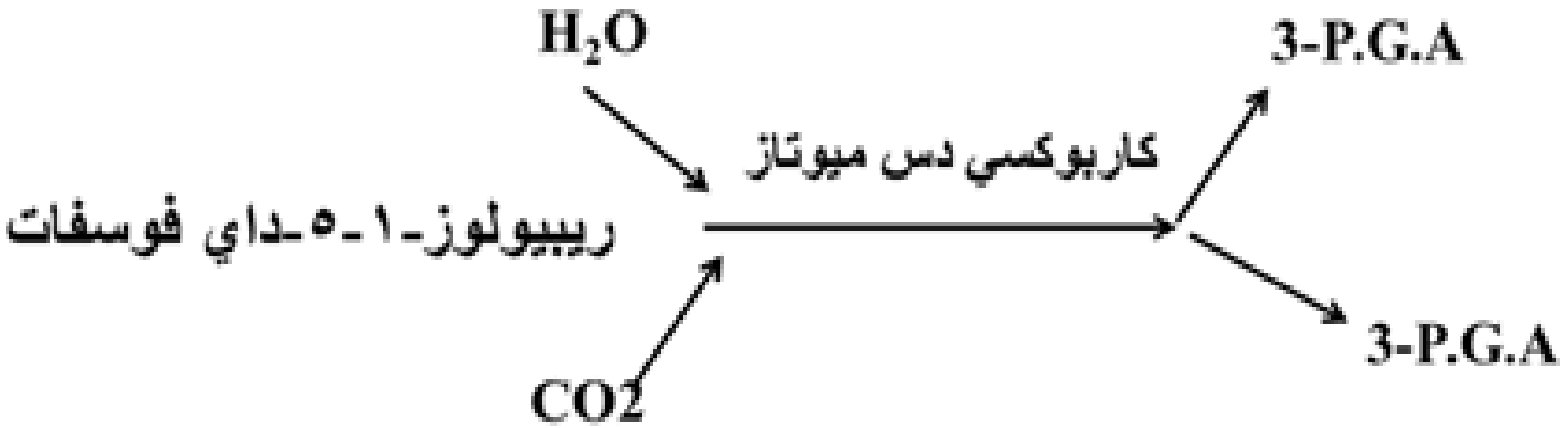
هو تفاعل فسفرة السكر الخماسي ريبيولوز-٥- فوسفات وتحويله الى

ريبيولوز-١-٥-دي فوسفات

يشرف على العملية انزيم فوسفو ريبلوز كيناز

التفاعل الثاني :

انشطار جزيئة السكر الخماسي ريبيولوز١-٥- دي فوسفات الى جزيئين في حمض الفوسفوجليسريك 3-P.G.A وبتدخل CO_2 والماء وانزيم كاربوكسي دس ميوتاز



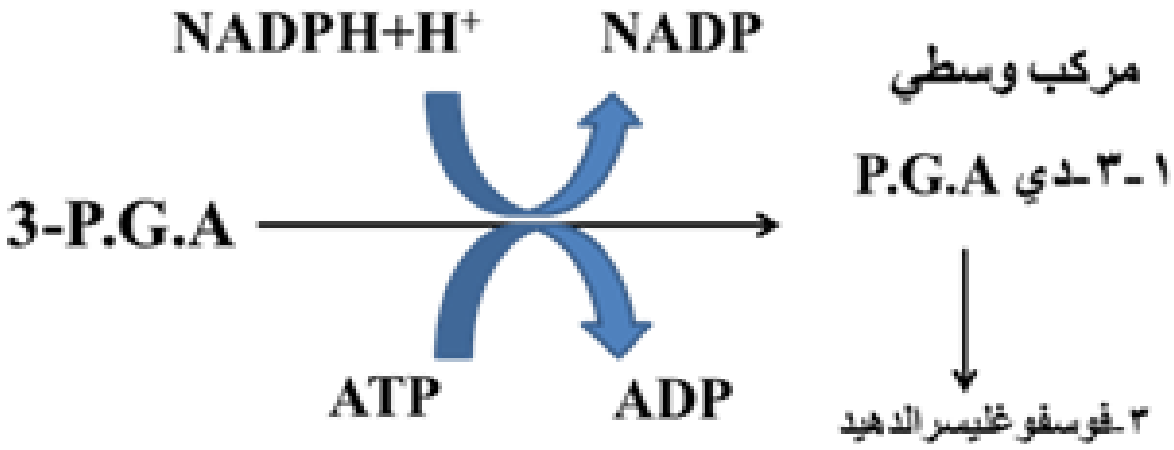
التفاعل الثالث:

يطرأ على حمض 3-P.G.A تغيرات تتم بوجود NADPH و ATP

يتحول حمض 3-P.G.A الى حمض ١-٣-دي P.G.A

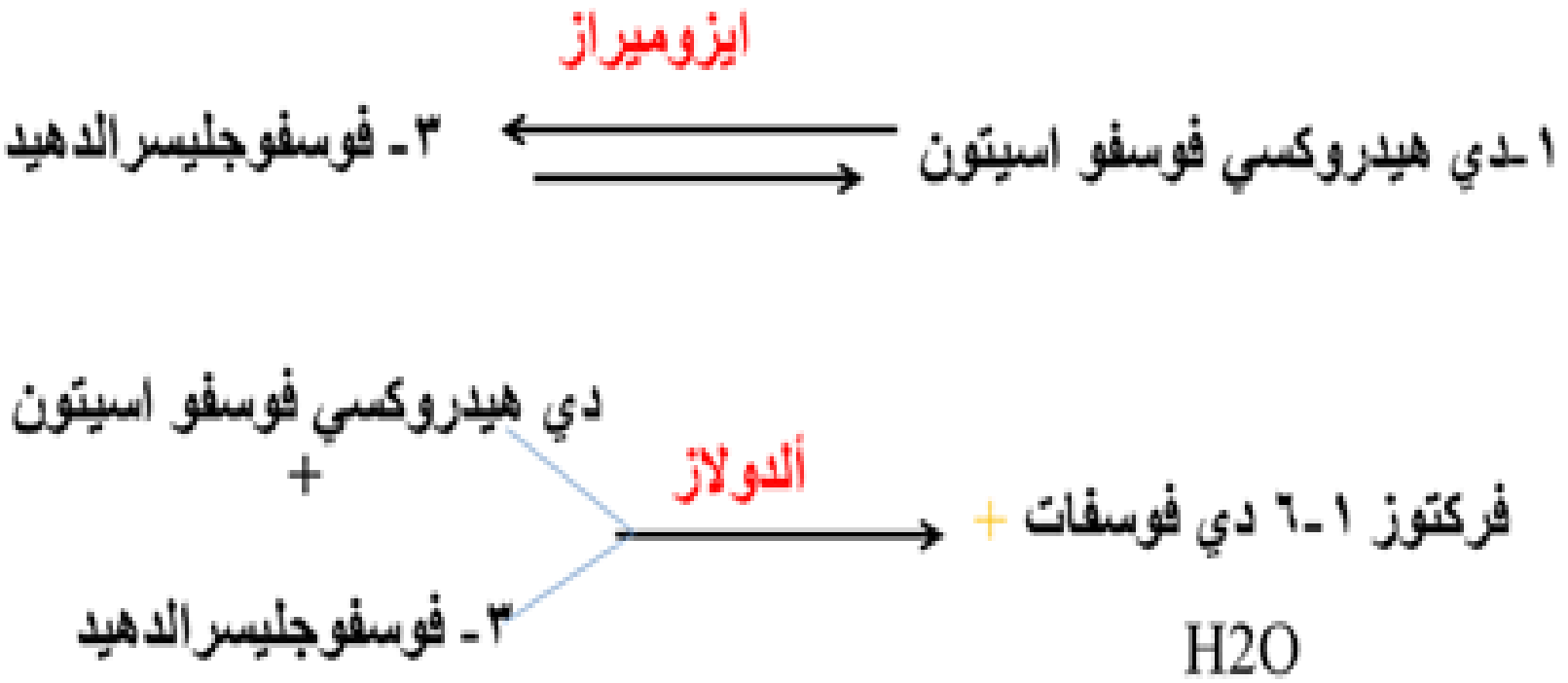
الانزيم الفعال هو تريوزفوسفات ديهيدروجيناز

ويتحول المركب الوسطي ١-٣-دي P.G.A الى ٣-فوسفوغليسرالدهيد



التفاعل الرابع:

تنشأ جزيئة واحدة من سكر فركتوز ١-٦- دي فوسفات من جزيئين من ٣-فوسفوغليسرالدهيد ويتم ذلك بواسطة التفاعلين التاليين :



التفاعل الخامس:

يتدخل أنزيم فركتوز ١-٦-داي فوسفاتاز ونحصل على

فركتوز-٦-فوسفات حسب المعادلة

فركتوز ١-٦-داي فوسفاتاز

H_3PO_4 + فركتوز -٦- فوسفات ⟶ فركتوز ١-٦-داي فوسفات

عند هذا الحد تتدخل انزيمات حلقة السكاكر الخماسية المفسفرة في

التفاعلات الثلاث التي تجري في عكس اتجاهها التنفسي

التفاعل السادس :

جزيئة من فركتوز-٦-فوسفات وجزيئة من جليسرالدهيد-٣-فوسفات

وبتأثير انزيم ترانس كيتولاز ينتج لدينا سكر خماسي واخر رباعي :

التفاعل السابع :

تفاعل جزيئة السكر الرباعي مع جزيئة ثانية من ٣-فوسفور جليسر الدهيد وبتدخل انزيم ترانس الدولاز وينتج جزيئة من سكر سباعي

سيدوهبتيلوز (سكر سباعي) ⟶ (ترانس الدولاز) سكر رباعي اريثروز + ٣-فوسفورجليسر الدهيدسكر ثلاثي

التفاعل الثامن:

تفاعل جزينة السكر الثلاثي مع جزينة السكر السباعي وبوجود انزيم الترانس كيتولاز او ترانس سيتولاز فينتج سكران خماسيان هما كزيولوز وريبيولوز-٥-فوسفات

سكران خماسيان ← (ترانس كيتولاز / او ترانس سيتولاز) سيدوهبتيلوز (سكر سباعي) + سكر ثلاثي

ثم يتحول أحد السكران الخماسيان بفضل انزيم البنتوز فوسفات ايزوميراز الى ريبيولوز-٥-فوسفات

ريبيولوز-٥-فوسفات سكر خماسي

وهكذا نكون عدنا الى نقطة البدء في تكوين المستقبل الاول لثاني اكسيد الكربون في حلقة كاملة