




# ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ ΔΚ0403

## Ενότητα 6: Φωτοφοσφορυλίωση (Φωτοσύνθεση)

- Φωσφορυλίωση μέσω αλυσίδας μεταφοράς  $e^-$  που ξεκινά από ηλιακό φως
- Η ενέργεια της οξείδωσης οδηγεί την σύνθεση του ATP και NADPH

**Φωτοφωσφορυλίωση**   $H_2O$  δίνει  $e^-$  (οξειδώνεται) σε  $NADP^+$ , παράγοντας  $O_2$ .

- Γίνεται και από πολλά βακτήρια, μονοκύτταρους ευκαρυωτικούς (άλγη) και ανώτερα φυτά

1. Αλυσίδες μεταφοράς  $e^-$  (εξεργονικές) –κυτοχρώματα, κινόνες, Fe-S πρωτεΐνες
2. Η ενέργεια των  $e^-$  χρησιμοποιείται για μεταφορά  $H^+$  μέσα από μεμβράνες
3. ATP συνθετάση φωσφορυλιώνει ADP σε ATP

- **Φωτο-εξαρτώμενες αντιδράσεις:**

Χλωροφύλλη και άλλες χρωστικές απορροφούν ηλιακό φως και το διατηρούν στην μορφή ATP και NADPH, απελευθερώνοντας  $O_2$ .

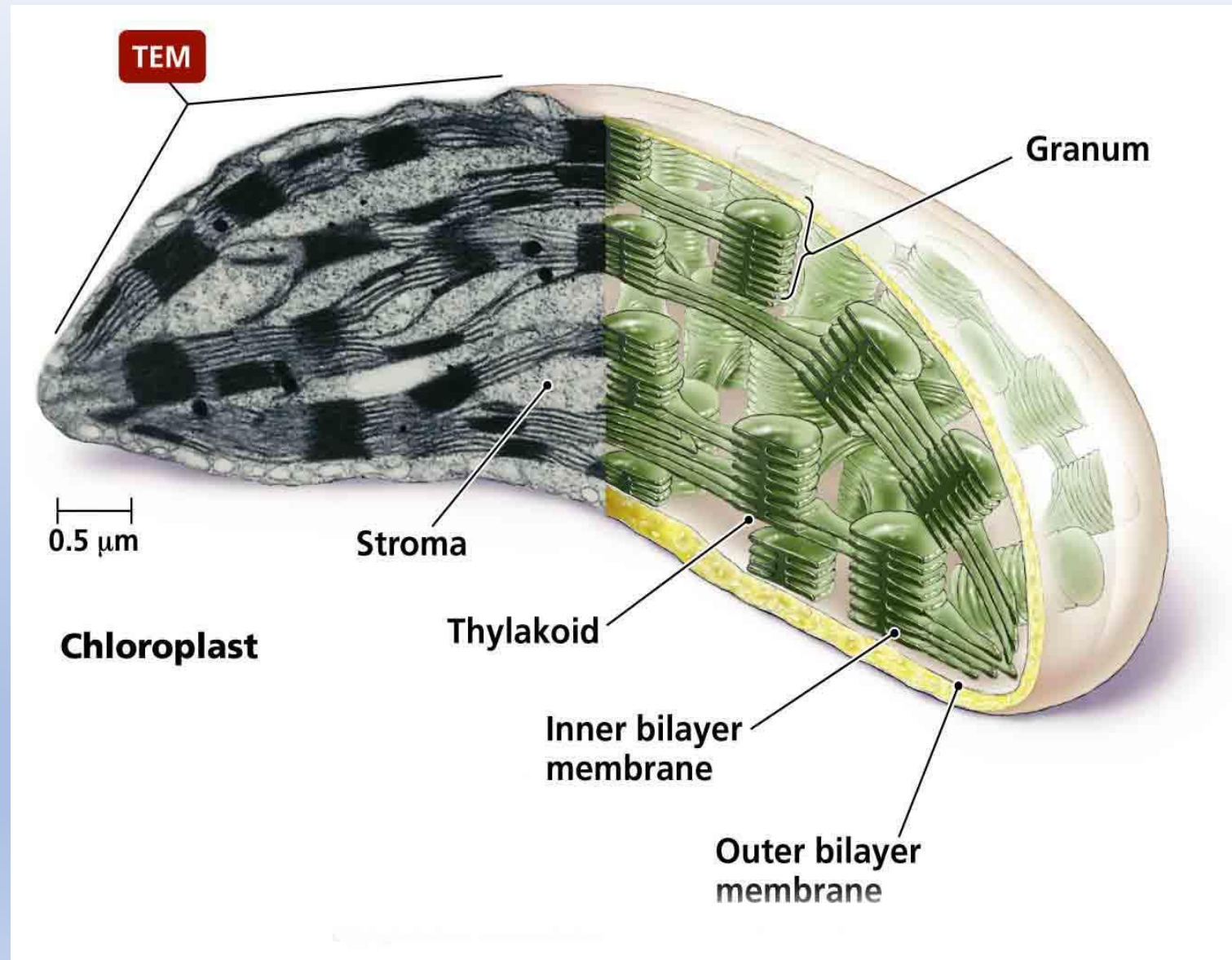
- **Αντιδράσεις αφομοίωσης άνθρακα:**

ATP και NADPH χρησιμοποιούνται για αναγωγή του  $CO_2$  σε φωσφορυλιωμένες τριόζες, άμυλο και σακχαροζη

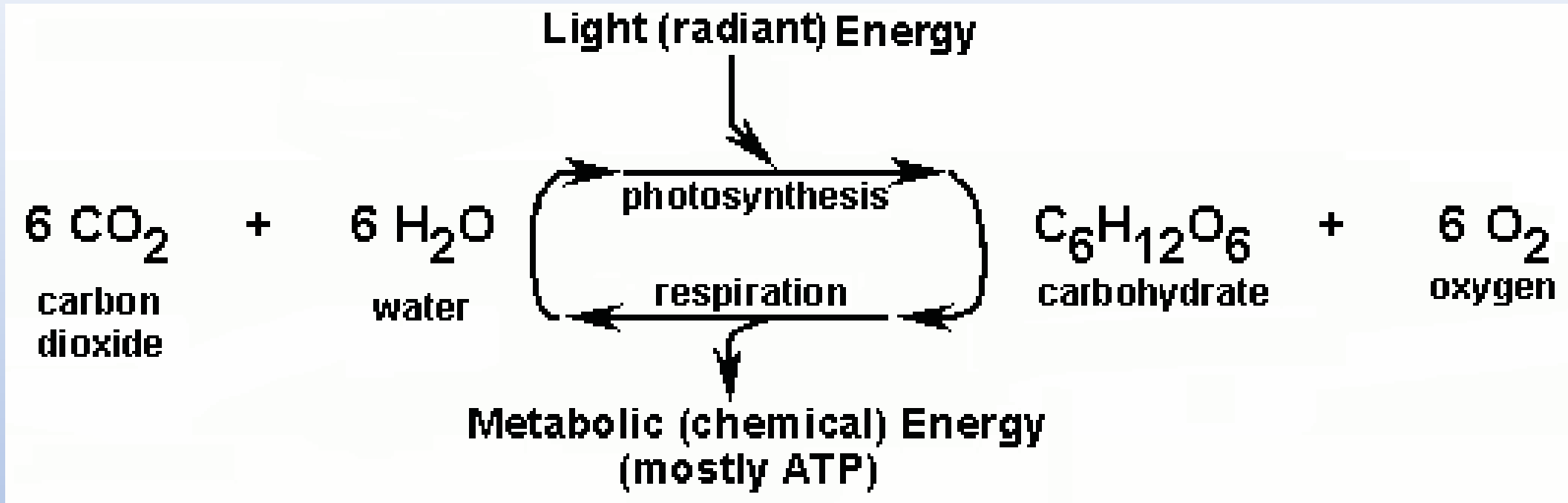
## Η φωτοφωσφορυλίωση γίνεται στους χλωροπλαστες

ΑΤΡ σύνθεση στο θυλακοειδές

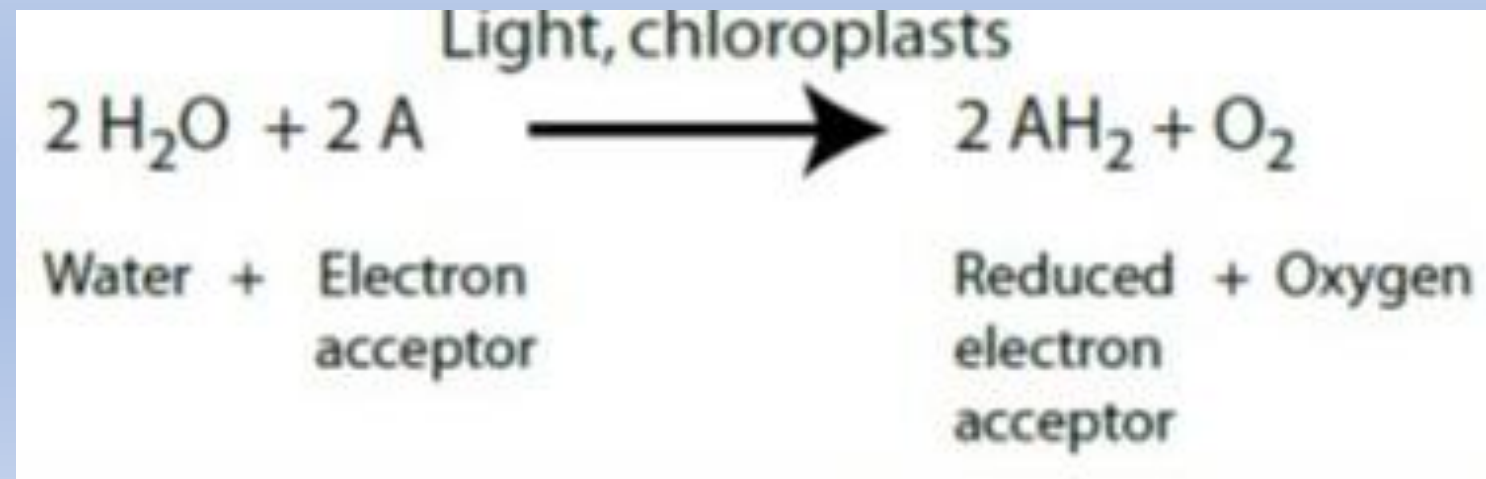
Αφομοίωση άνθρακα  
στο στρώμα



# Αντίδραση φωτοσύνθεσης



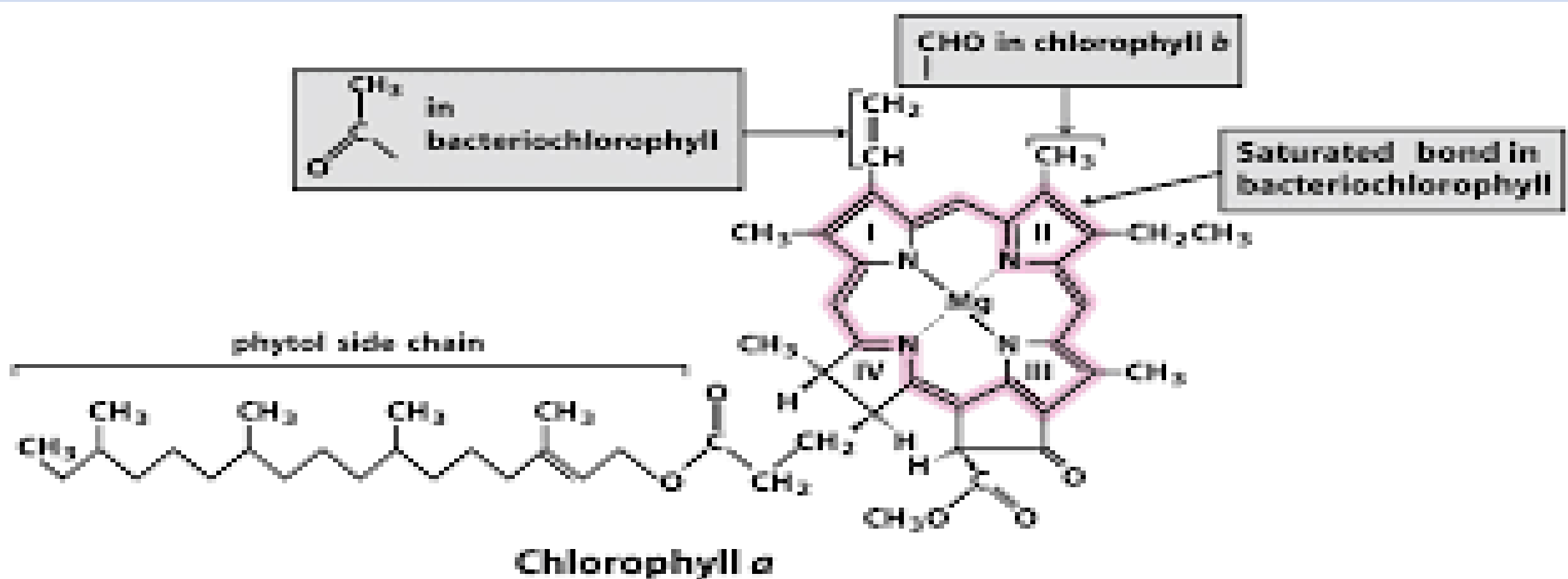
# Αντίδραση Hill



# Χρωστικές που απορροφούν το φώς για να ξεκινήσει η φωτοσύνθεση

## 1. Χλωροφύλλες

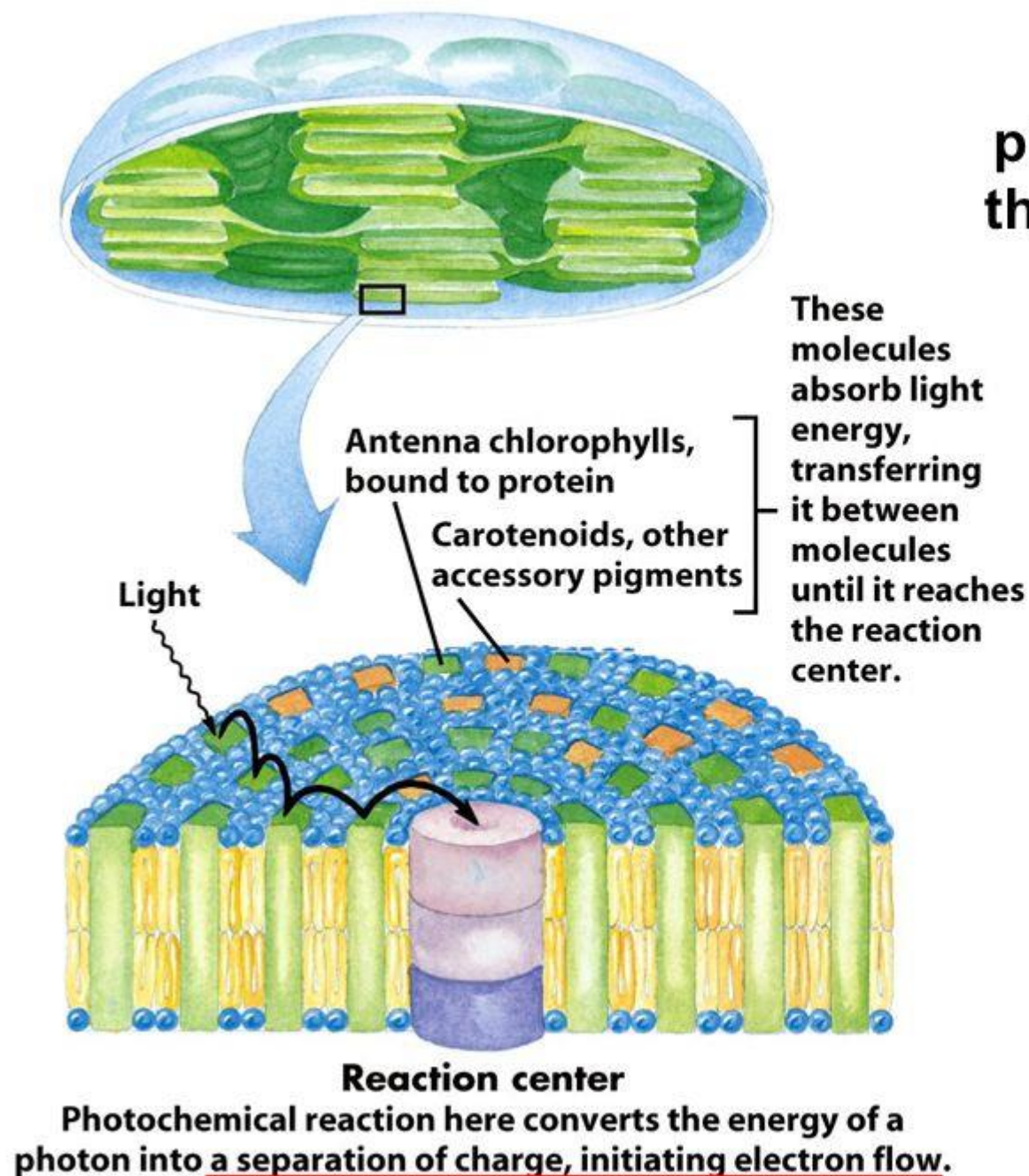
- Πράσινες πολυκυκλικές ενώσεις
- Φυτολική πλευρική αλυσίδα με  $Mg_{2+}$  να συγκρατεί τα 4 άζωτα του δακτυλίου



## 2. Καροτενοειδή

- πρόσθετες χρωστικές χλωροπλαστών
- κίτρινες, κόκκινες ή μώβ
- πχ β-καροτένιο, λουτεΐνη

Κεραίες  
χλωροφύλλης και  
κέντρα αντίδρασης  
(φωτοσυστήματα)



Organization of photosystems in the thylakoid membrane:

How the energy transfer is unidirectional ?

## Φωτοχημικά κέντρα αντίδρασης

Τύπος I (PSI)



Κέντρο Fe-S

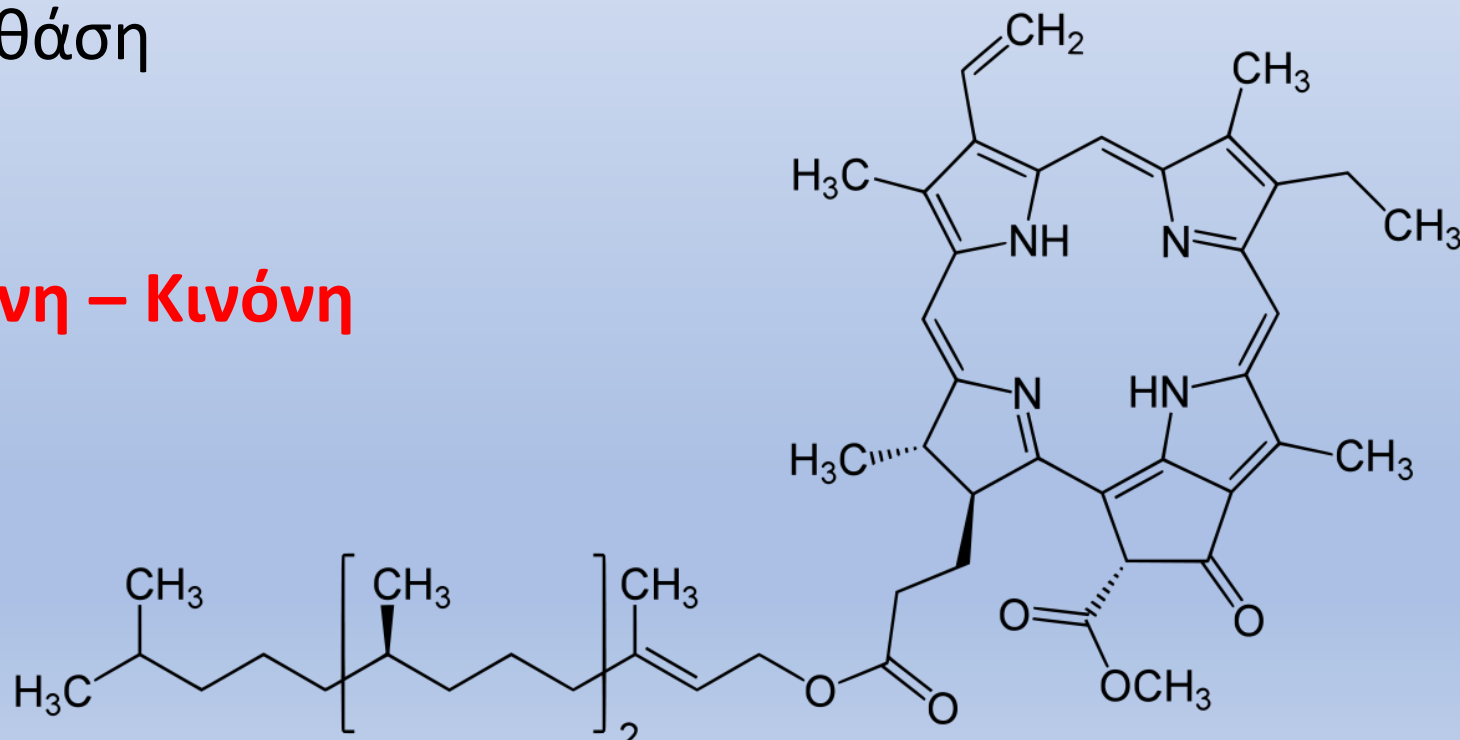
- πχ green sulfur βακτήρια
- 1 κέντρο αντίδρασης (P840) + 1 κυτόχρωμα bc1 +1 κυτόχρωμα c553 + ATP συνθάση

Τύπος II (PSII)

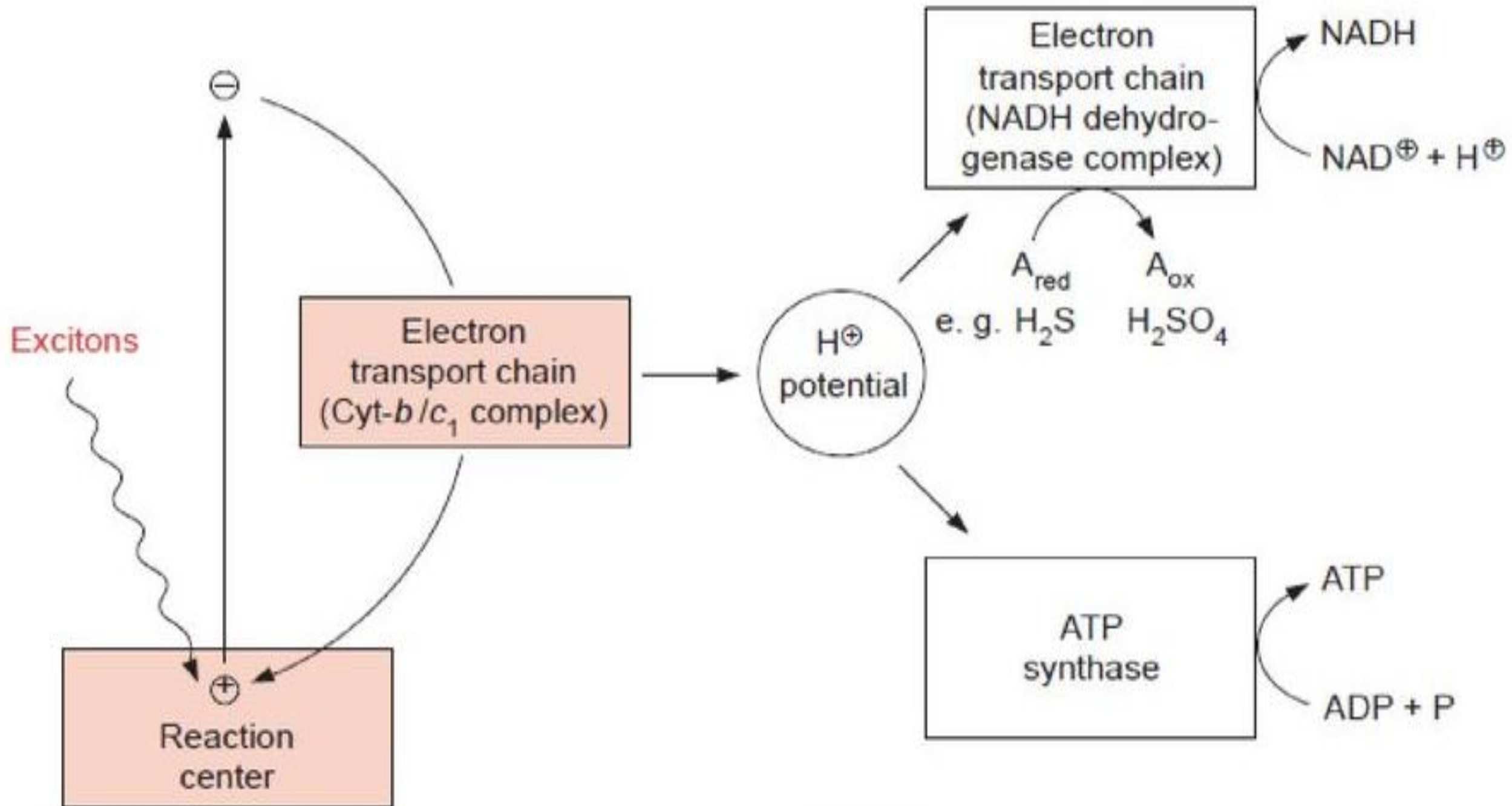


Φεοφυτίνη – Κινόνη

- πχ μώβ βακτήρια
- 1 κέντρο αντίδρασης (P870) + 1 κυτόχρωμα bc1 +1 κυτόχρωμα c2 + ATP συνθάση







## **Θερμοδυναμική και κινητική αποτρέπουν την αυτόματη αποδιέγερση του φυτοχημικού κέντρου αντίδρασης**

Η δομή του κέντρου αντίδρασης – τα μόρια δέκτες  $e^-$  είναι πολύ κοντά

Η διαφορά στη αναγωγική δυναμική είναι θετική,  $\Delta E^\circ = +$

Η διαφορά στην εντροπία είναι αρνητική,  $\Delta G^\circ = -$

**Στα ανώτερα φυτά, τα  $e^-$  μεταφέρονται από το PSII (P680) στο PSI (P700) μέσω του κυτοχρώματος b6f**

**Το πρωτεϊνικό σύμπλοκο που διασπά (οξειδώνει) το νερό σε  $O_2 + H^+$  περιέχει Mn (μαγγάνιο) και βρίσκεται στο PSII**

## ATP σύνθεση απο φωτοφωσφορυλίωση

PSII και PSI μεταφέρουν  $e^-$  απο το νερό στο **NADP<sup>+</sup>** [ενέργεια συντηρείται ως NADPH]

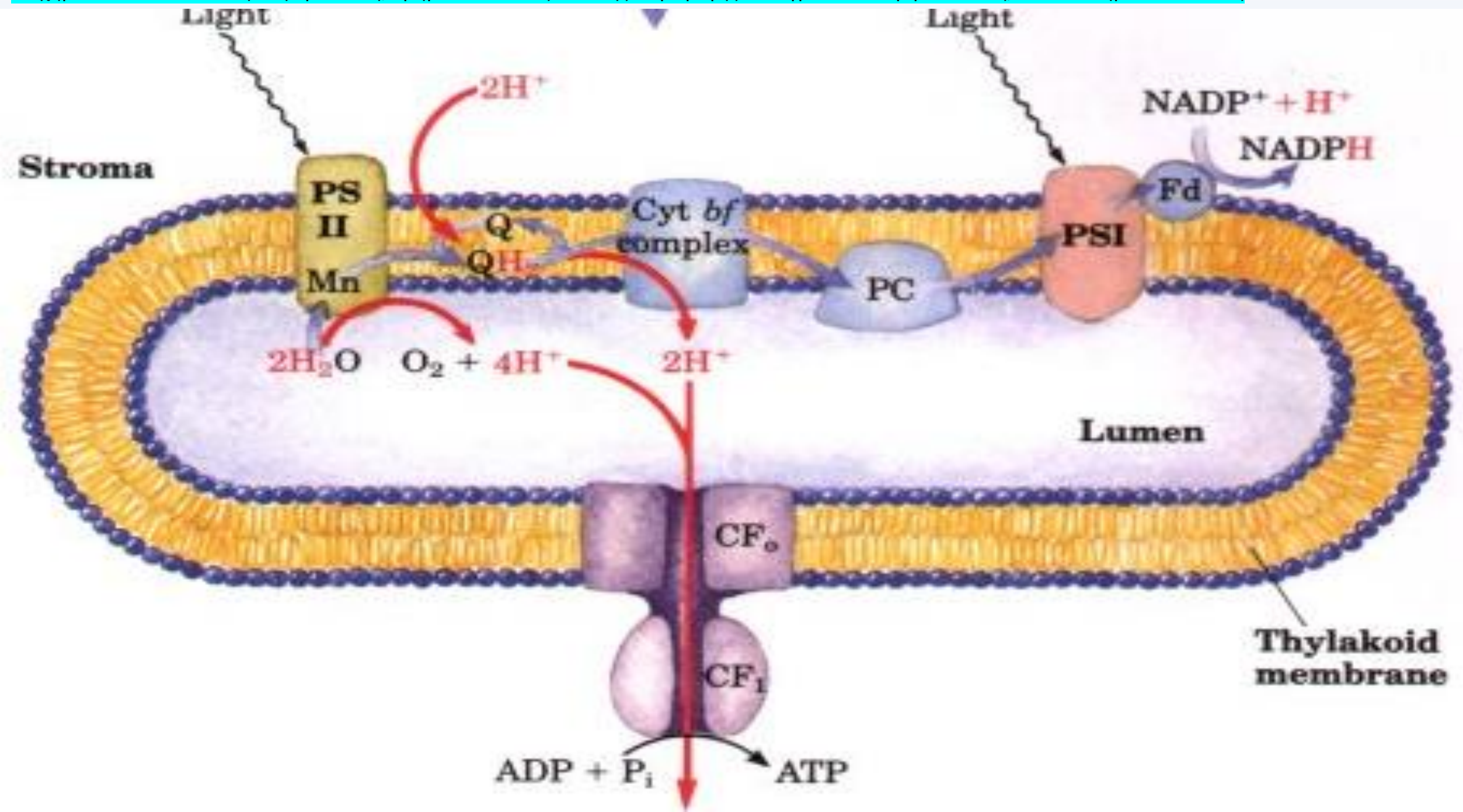
Παράλληλα, **H<sup>+</sup>** μεταφέρονται μέσω της θυλακοειδούς μεμβράνης [ενέργεια συντηρείται ως ηλεκτροχημική δυναμική]

1954, Arnon απέδειξε τη παραγωγή ATP απο τους χλωροπλάστες

$F_0F_1$  σύμπλοκα στη θυλακοειδη μεμβράνη καταλύουν τη φωτοφωσφορυλίωση

1966, Jagendorf εδειξε οτι η φωτοφωσφορυλίωση είναι pH-εξαρτώμενη [άρα H<sup>+</sup>-εξαρτώμενη]

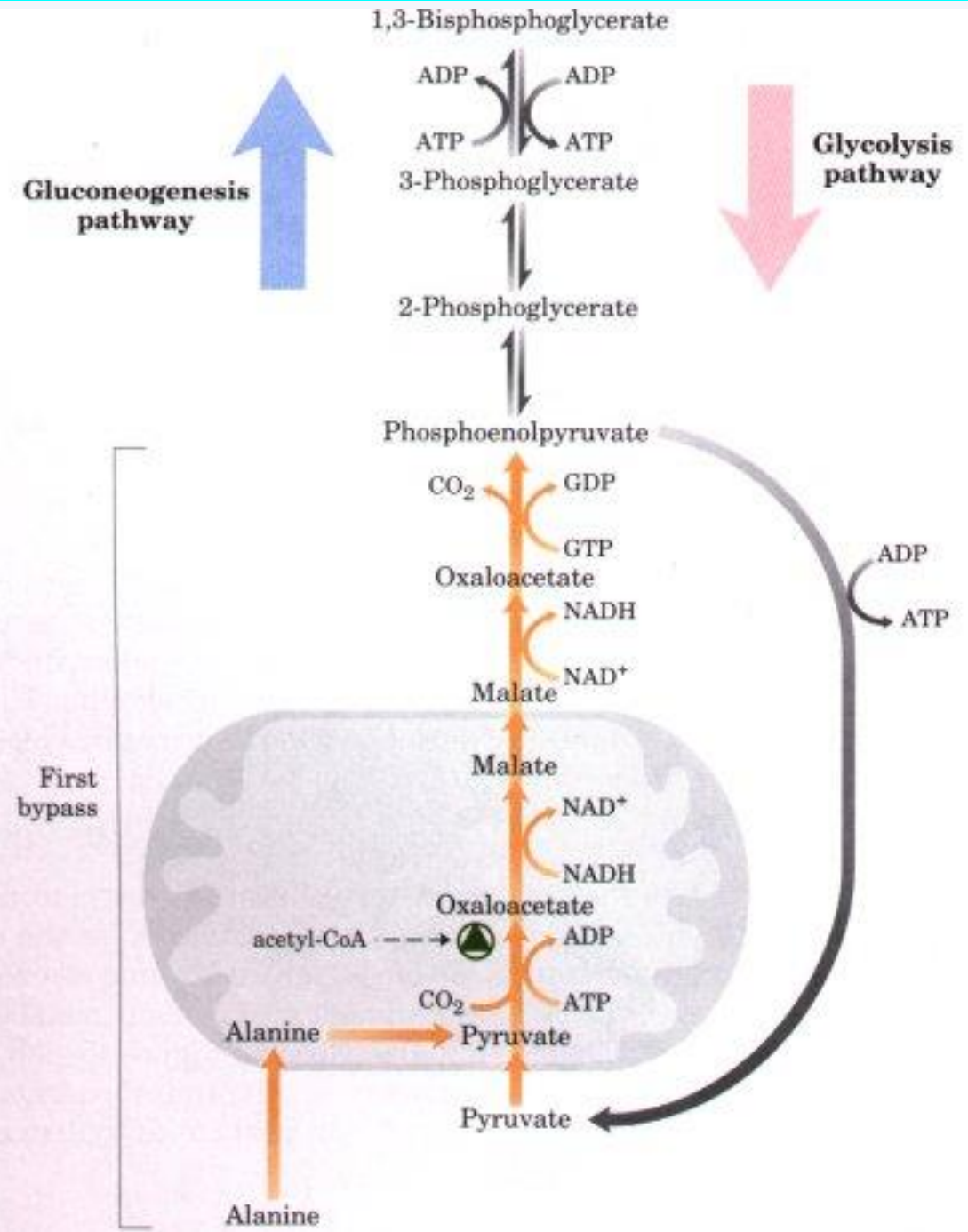
**12 H<sup>+</sup>** μεταφέρονται μέσα στο θυλακοειδές ανα **4 e<sup>-</sup>** που μεταφέρονται απο το νερο στο **NADP<sup>+</sup>** (δλδ ανα **1** παραγόμενο **O<sub>2</sub>**) – απαιτούνται **8** φωτόνια

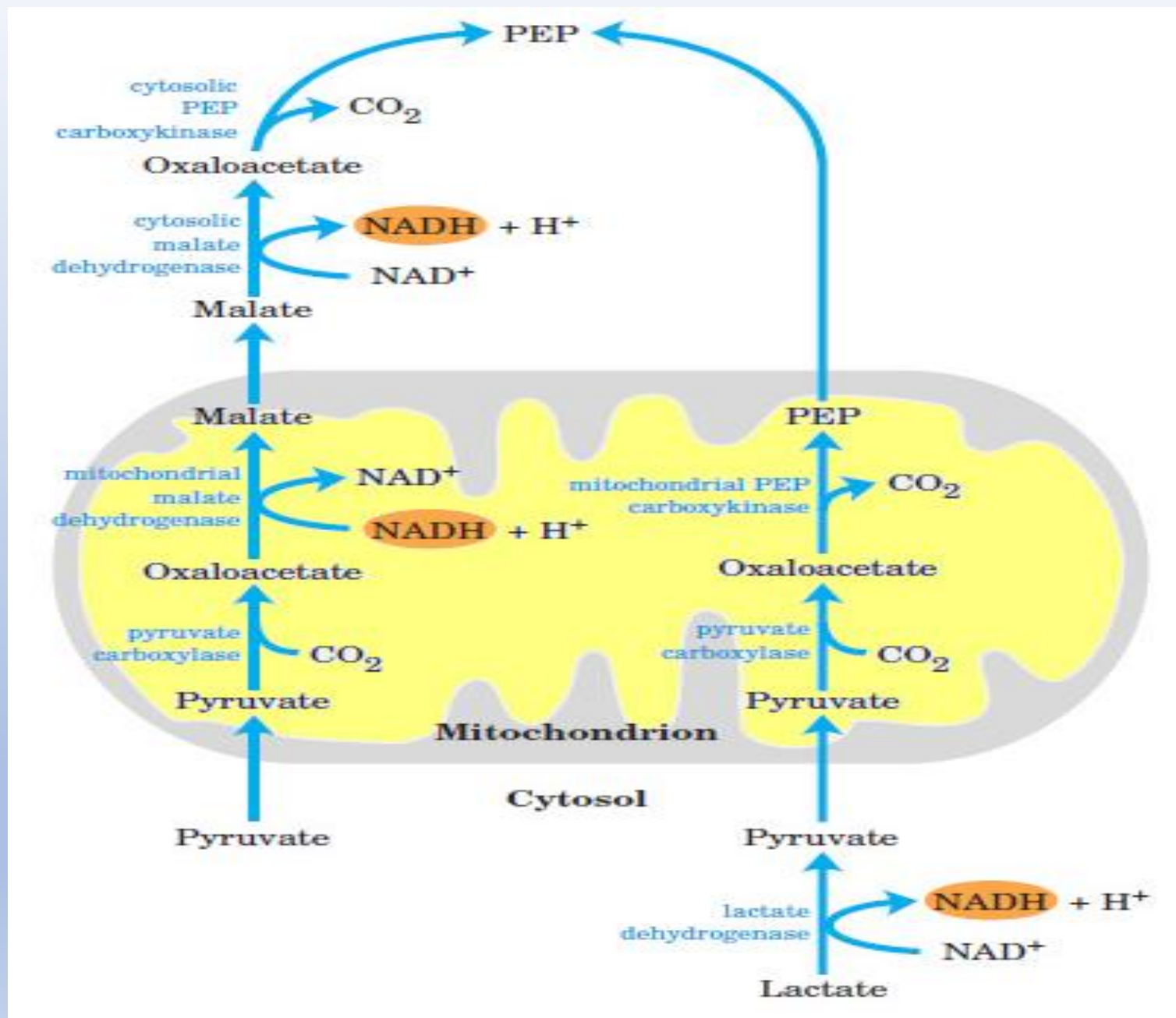


# Ενότητα 7: Βιοσύνθεση Υδατανθράκων

# 1. Γλυκονεογενεση

- Σύνθεση γλυκόζης απο πρόδρομα, πιο απλά, μόρια
- Συμβαίνει σε όλα τα ζώα, φυτά, μύκητες και μικροοργανισμούς
- Τα πρόδρομα μόρια είναι γαλακτικό οξύ, πυροσταφυλικό, γλυκερόλη και κάποια αμινοξέα
- Το κεντρικό μονοπάτι της γλυκονεογένεσης είναι η μετατροπή του πυροσταφυλικού σε γλυκόζη







- Η 2<sup>η</sup> παράκαμψη είναι στο γλυκολυτικό στάδιο όπου η F6P μετατρέπεται σε F6BP από το γλυκολυτικό ένζυμο φωσφοφρουκτοκινάση-1. Εκεί, στη γλυκονεογένεση δρα η φρουκτόζη 1,6 διφωσφατάση και επαναφέρει την F6P.
- Η 3<sup>η</sup> παράκαμψη είναι στο 1<sup>ο</sup> γλυκολυτικό στάδιο όπου η γλυκόζη μετατρέπεται σε G6P από την εξοκινάση. Εκεί, στη γλυκονεογένεση δρα η γλυκόζη-6 φωσφατάση και επαναφέρει την γλυκόζη, μεταφέροντας το P<sub>i</sub> στο ADP, παράγοντας ATP (υψηλά εξεργονική αντίδραση) .

- Όλα τα ενδιάμεσα παράγωγα του CAC, με απλή οξείδωση, μπορούν να παράξουν οξαλοξεϊκό για είσοδο στο μονοπάτι της γλυκονεογένεσης
- Επίσης συγκεκριμένα αμινοξέα, πχ γλουταμίνη και αλανίνη (με τρανσαμίνωση)