

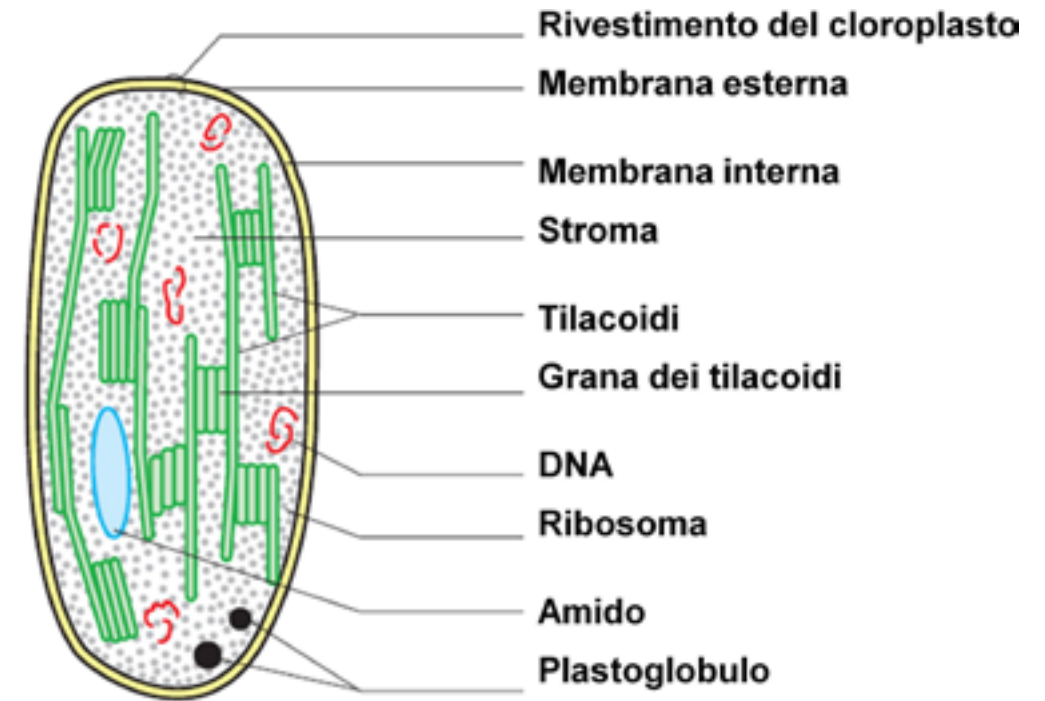
# Corso di Biologia cellulare

## Metabolismo cellulare ed energia

*< I legami chimici e i gradient ionici rappresentano  
il carburante della cellula >*

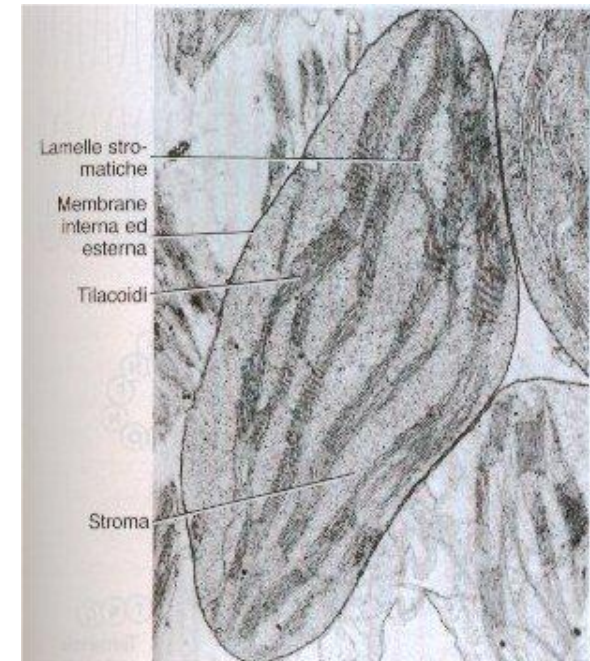
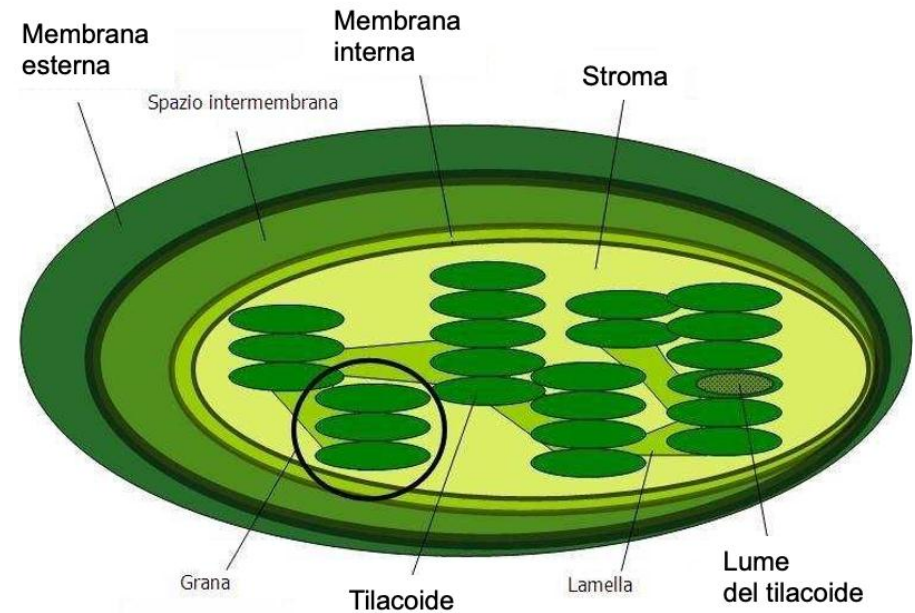
# La fotosintesi

- Si tratta dell'unico processo biologicamente importante in grado di raccogliere l'energia solare e di impiegarla per trasformare molecole inorganiche (acqua e anidride carbonica) in materia vivente.
- **Da questo processo dipende la vita sulla terra.**
- Nelle piante, il tessuto fotosintetico più attivo è rappresentato dal **TESSUTO FOGLIARE**.
- La fotosintesi ha luogo a livello delle cellule del mesofillo, in organuli specializzati, I **CLOROPLASTI**, contenenti pigmenti, LE **CLOROFILLE**, in grado di assorbire l'energia luminosa .



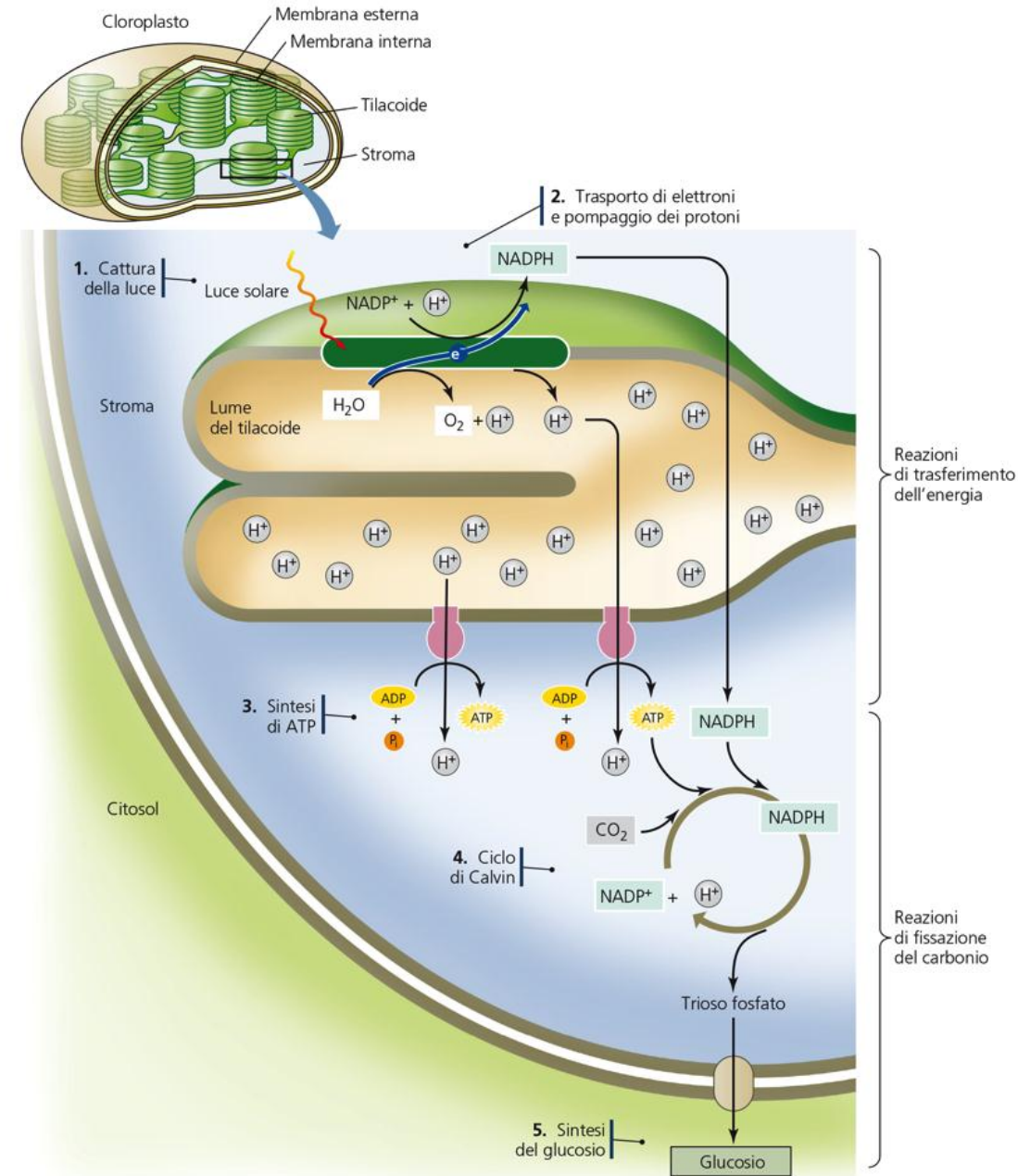
# Il cloroplasto

- Origine da un' ancestrale simbiosi tra cianobatteri ed organismi ameboidi eterotrofi (Teoria endosimbiontica). Abbandona nel corso dell'evoluzione le sue caratteristiche di autosufficienza (e dunque parte del suo DNA) per **specializzarsi nella conversione di  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  in molecole organiche.**
- Formato da 3 diverse membrane: una esterna, una interna e il **tilacoide**. Il compartimento interno del tilacoide è il **lume del tilacoide** e il tilacoide si trova in uno spazio detto **stroma** del cloroplasto.



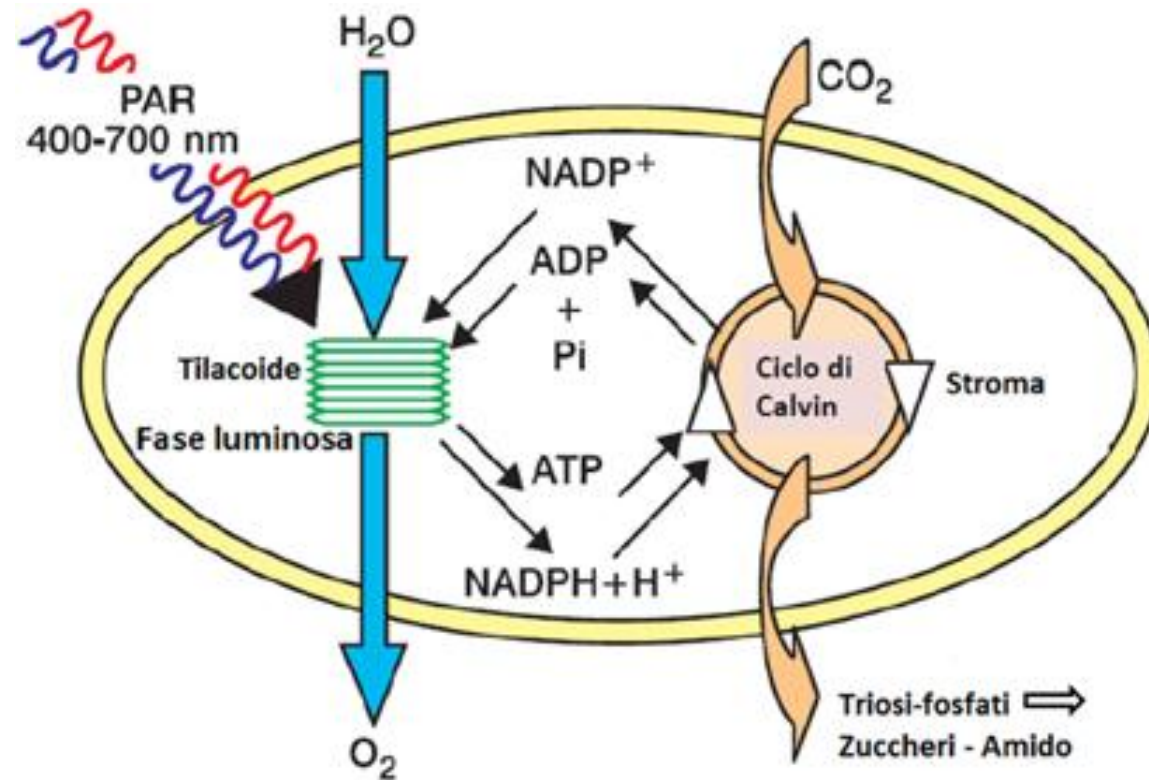
# Il cloroplasto

- **Reazioni di trasferimento dell'energia** avviene nella membrana del tilacoide (reazione alla luce).
- **Reazione di fissazione del carbonio** avviene nello stroma (reazione al buio\*).
- Non c'è associazione diretta fra le due: se una si ferma, l'altra può continuare.
- **L'energia solare è convertita in energia potenziale** attraverso la costituzione di un gradiente ionico attraverso la membrana del tilacoide (1,2) e poi trasformando l'energia di questo gradiente in elettroni ridotti sul NADPH e nel fosfato terminale dell'ATP (3,4)





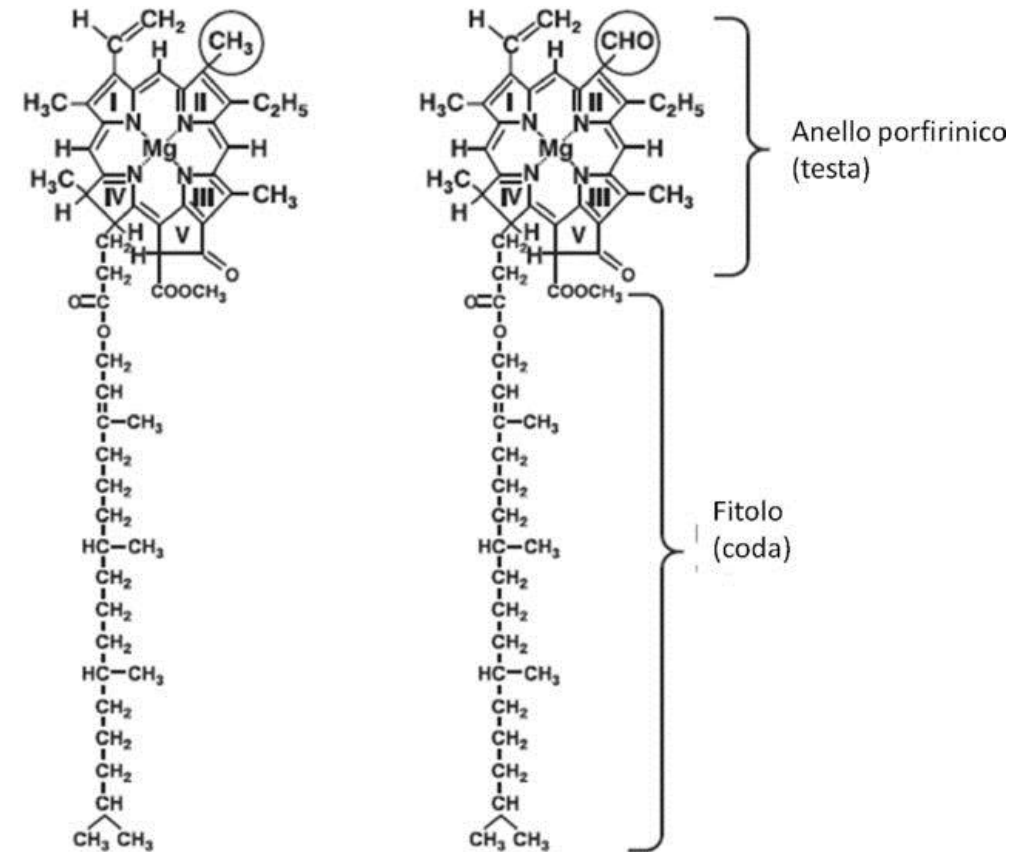
## Le due fasi della fotosintesi e la loro interazione all'interno del cloroplasto.



- Gli eventi luce-dipendenti (fase luminosa) si verificano nella membrana dei tilacoidi e portano alla produzione di NADPH e ATP, utilizzati nel ciclo di Calvin, in cui si verifica l'organizzazione della CO<sub>2</sub> con la produzione di zuccheri

# La clorofilla

- E' un **pigmento idrocarburo**, che insieme ad altri pigmenti nella membrana del tilacoide è responsabile della cattura dell'energia solare per eccitare i propri elettroni: è la molecola più nota coinvolta nella fotosintesi.
- La molecola ha una struttura ad anello, al centro del quale c'è un atomo di magnesio che ha la funzione di mantenere la struttura rigida per evitare che l'energia solare si disperda sotto forma di calore prima che possa essere utilizzata per il processo fotosintetico. Dall'anello poi parte una lunga catena idrofoba o idrorepellente che serve per ancorare la molecola di clorofilla alle membrane tilacoidi.



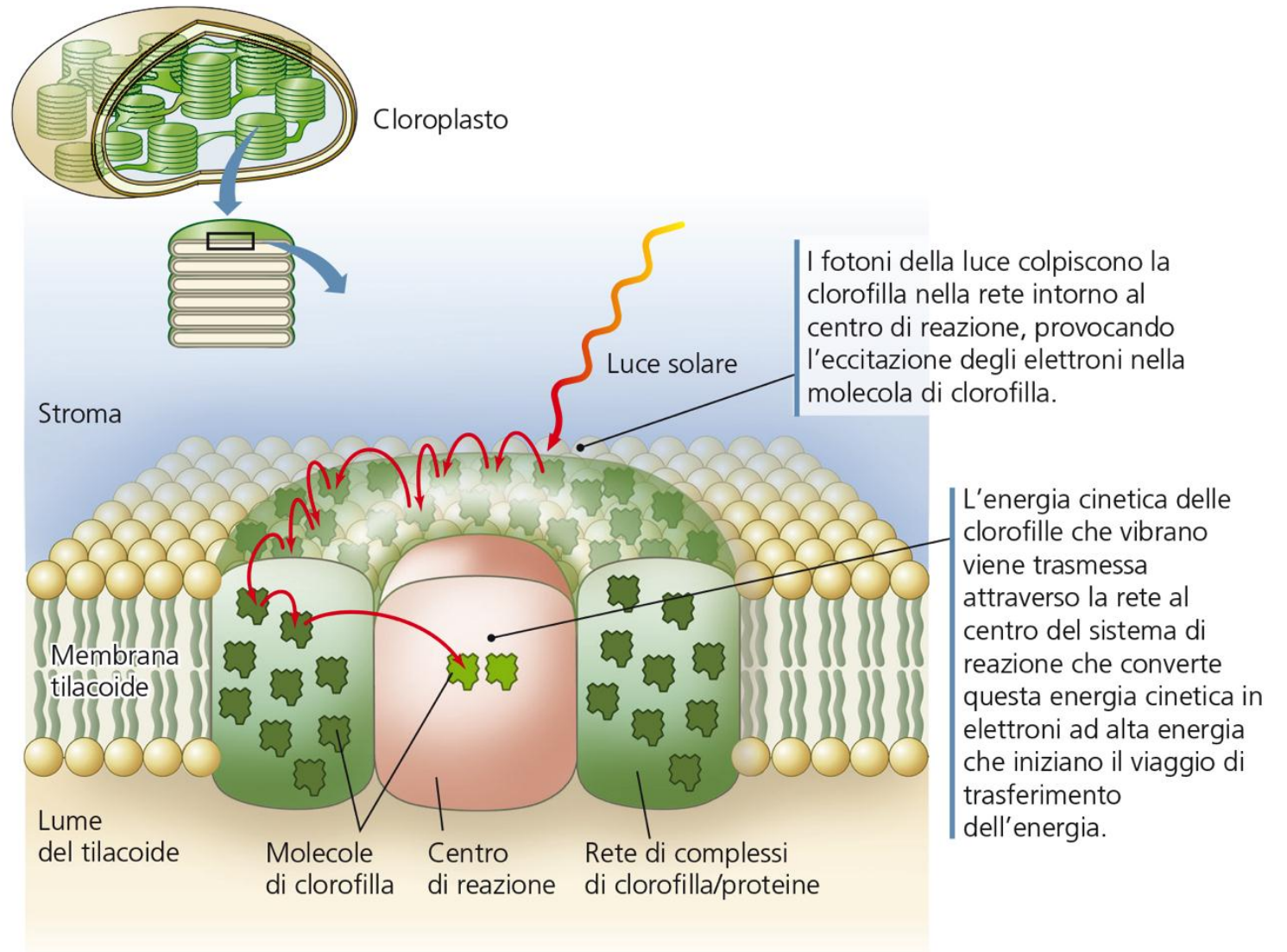
### Clorofilla a

### Clorofilla b

## Struttura della clorofilla a e clorofilla b. Differiscono per i sostituenti sul secondo dei quattro anelli pirrolici

# La clorofilla e il centro di reazione

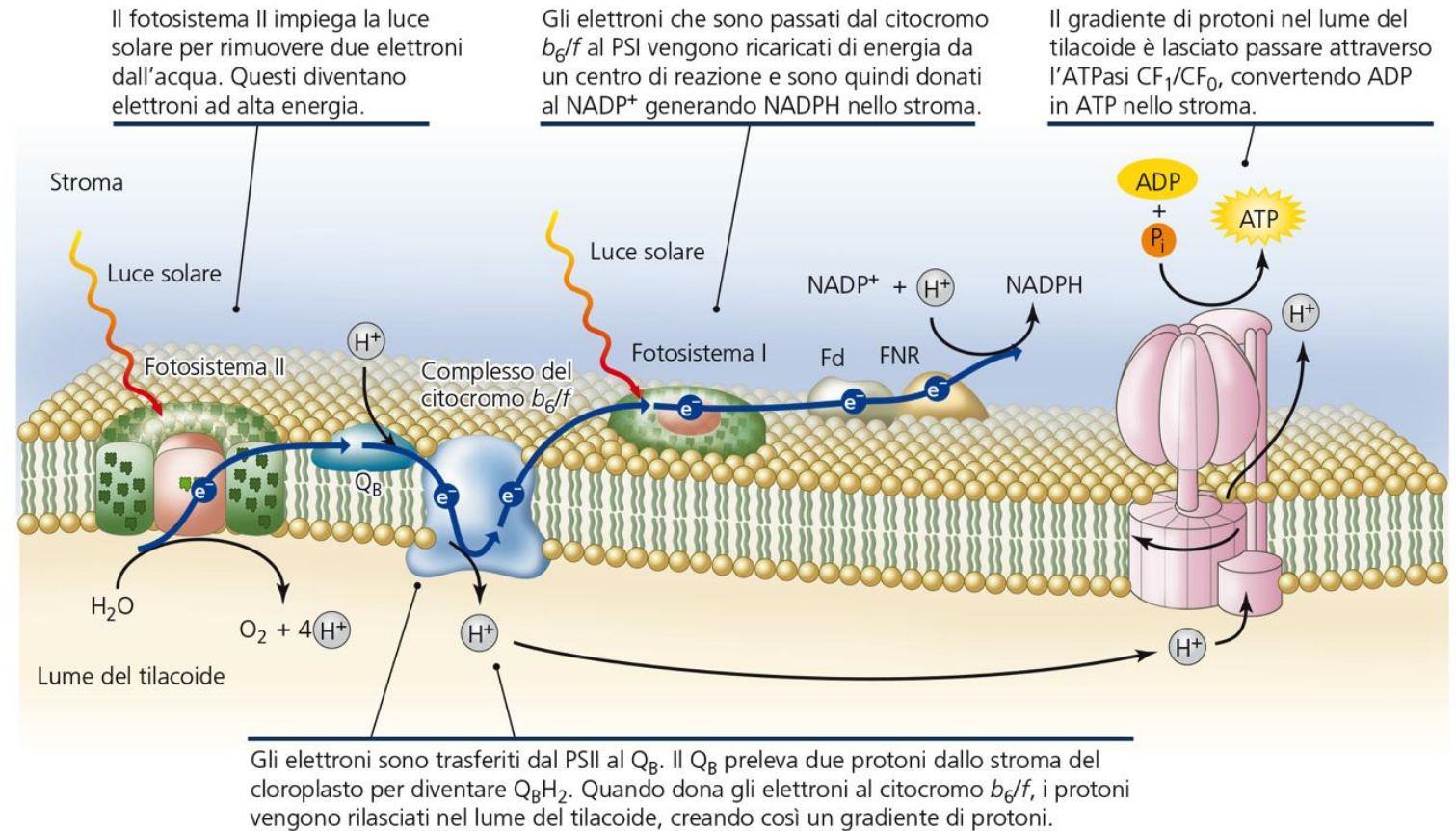
- Quando la clorofilla assorbe un fotone, passa da uno stato energetico minore (stato fondamentale) ad un livello energetico maggiore (stato eccitato) ed instabile.
- L'energia cinetica dei fotoni così catturata è trasmessa a molecole di clorofilla altamente specializzate definite **centro di reazione**.





# La clorofilla e il fotosistema II

- La clorofilla del centro di reazione è strettamente associata ad un gruppo di 25 polipeptidi nella membrana del tilacoide chiamata fotosistema II (PSII).
- Questo complesso utilizza l'energia cinetica della clorofilla del centro di reazione per estrarre elettroni dall'acqua e legarli alla prima di una lunga serie di proteine (catena di trasporto).

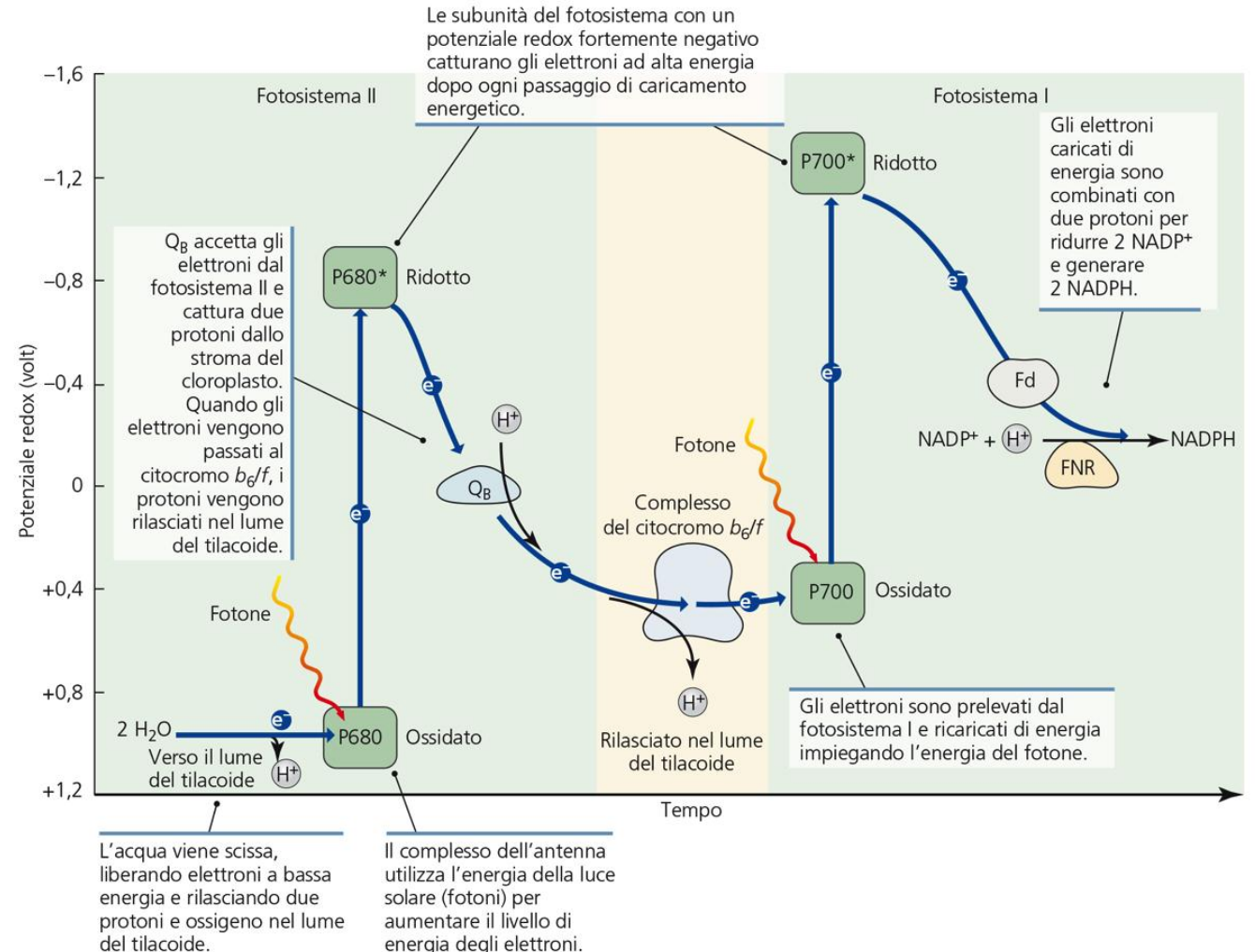




# La clorofilla e il fotosistema II



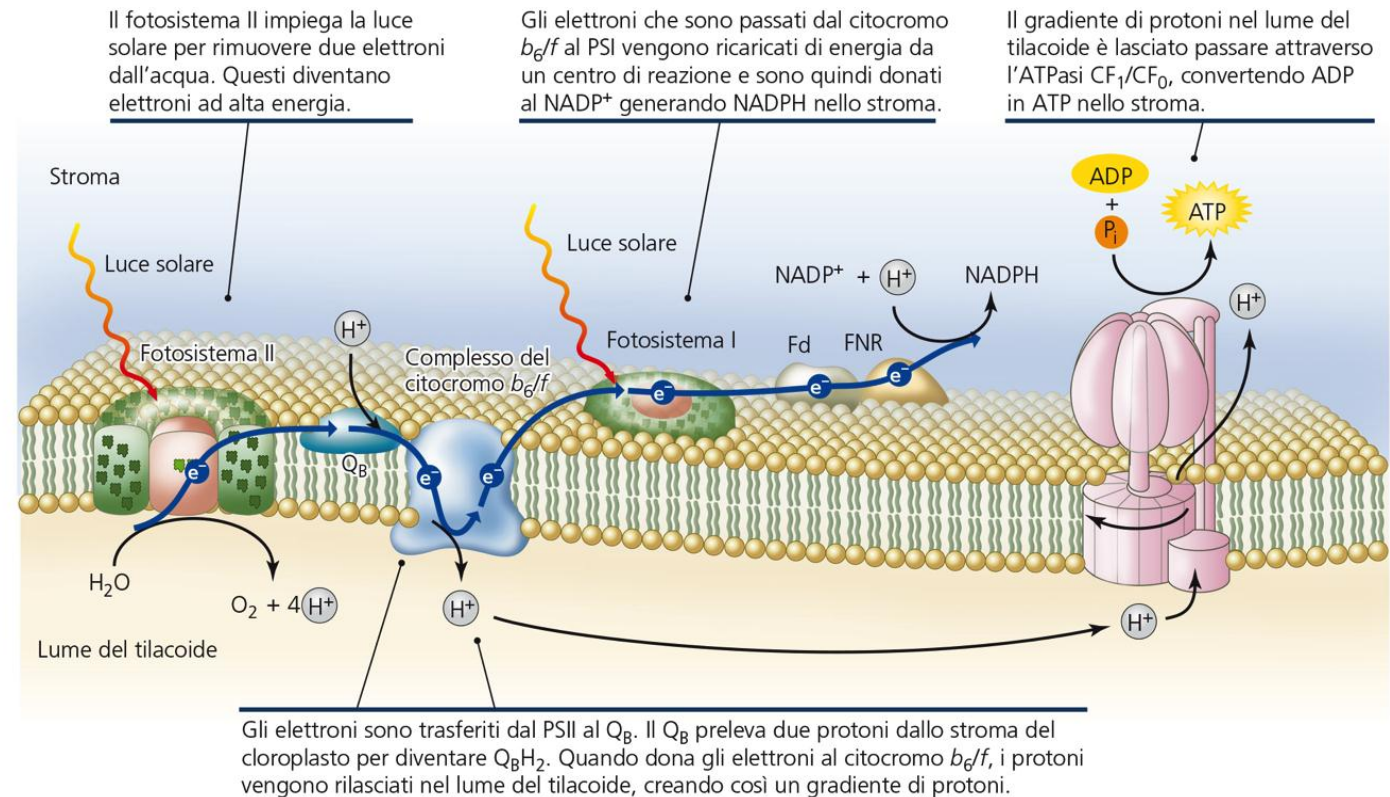
- Gli elettroni vengono trasmessi da un polipeptide all'altro nel PSII.
- Gli elettroni passano dai polipeptidi con potenziale maggiormente negativo (P680) a quelli meno negativo: **catena di trasporto degli elettroni, ETC.**
- Il **potenziale redox** dei reagenti indica il livello di energia degli elettroni che si muovono attraverso la catena di trasporto degli elettroni nella catena respiratoria.



# Il Plastochinolo

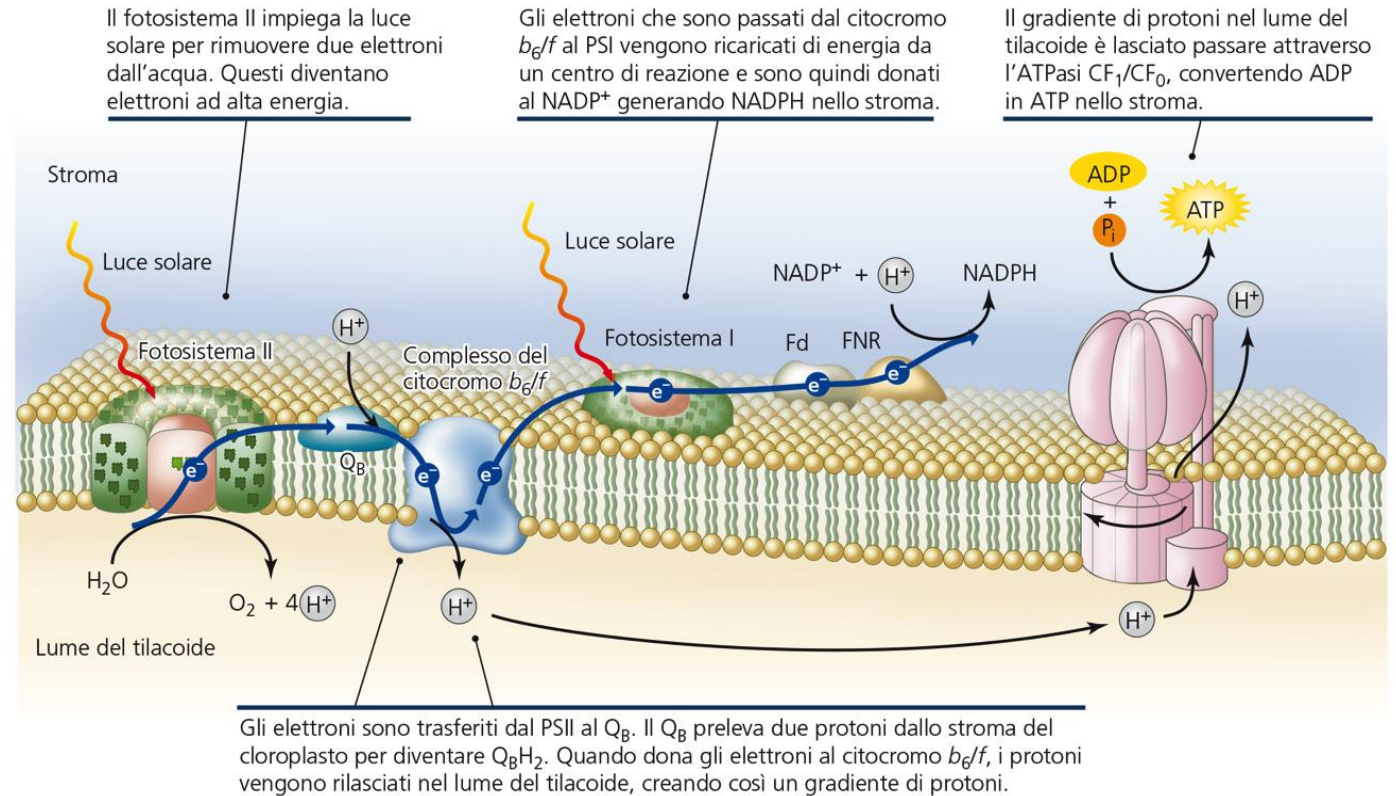
- Cambiamenti conformazionali delle proteine in ETC.
- La proteina di membrana **PLASTOCHINOLO,  $Q_B$**  riceve elettroni da PSII, si riduce, e acquista due protoni dallo stroma  $Q_B H_2 \rightarrow$  cambiamento conformazionale che gli permette di donare elettroni al complesso del citocromo  $b_6/f$ . Cedendo elettroni torna allo stato ossidato e rilascia i due protoni nel lume del tilacoide.

- **$Q_B$  funge da pompa protonica: PARTE DELL'ENERGIA é TRASFORMATA IN GRADIENTE PROTONICO.**



# ATP sintasi e fotosistema I

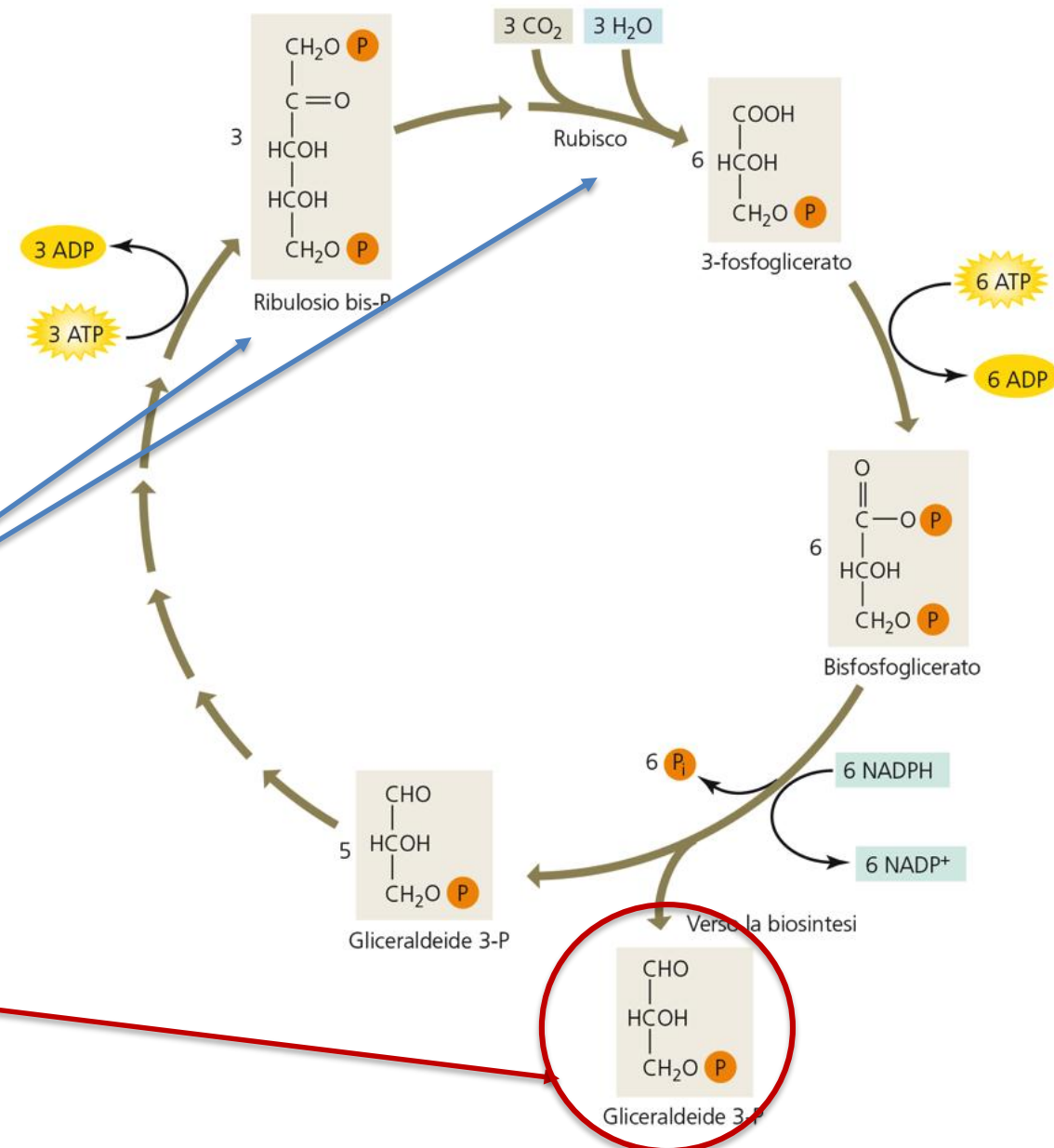
1. L'energia potenziale del gradiente protonico viene trasferita ad una molecola di ATP grazie ad un complesso proteico transmembrana chiamato ATP sintasi  $CF_1/CF_0$ .
2. Un secondo complesso di proteine clorofilla, il **fotosistema I, PSI**, riceve elettroni da **plastocianina** che li trasporta dal citocromo  $b_6/f$ . L'accettore di elettroni in PSI è il **P700** e questi elettroni non sono usati per pompare protoni, ma per ridurre il NADP ossidando la ferrodossina.





# Ciclo di Calvin

- I prodotti della reazione di trasferimento di energia sono intermedi (ATP e NADPH) che hanno vita breve: vengono ossidati e utilizzati da proteine del **Ciclo di Calvin**:
- La  $\text{CO}_2$  viene catturata dall'enzima **Rubisco** (ribulosio bisfosfato carbossilasi/ossigenasi) e aggiunta allo zucchero **Ribulosio bis-P** insieme all'acqua.
- Rubisco genera diverse copie di uno zucchero con un gruppo aldeide fosforilato a tre atomi di carbonio ( $\text{C}_3$ ) che a loro volta sono trasformati in **gliceraldeide 3 fosfato (G3P)**.





# Sintesi del glucosio da G3P

- Il G3P viene convertito in glucosio nel citoplasma.
- Una proteina antiporto detta traslocatore del fosfato trasloca la G3P in cambio di  $P_i$ : il netto di fosfato nello stroma rimane stabile.
- La G3P nel citosol si combina con la DHAP per produrre fruttosio-6-fosfato che viene poi modificato a formare glucosio-6-fosfato.
- A questo punto le piante impiegano diverse vie metaboliche per generare le 4 tipologie di unità basilari della cellula: nucleotidi, amminoacidi, acidi grassi e zuccheri.
- Il tutto utilizzando  $CO_2$ , acqua e luce del sole.

