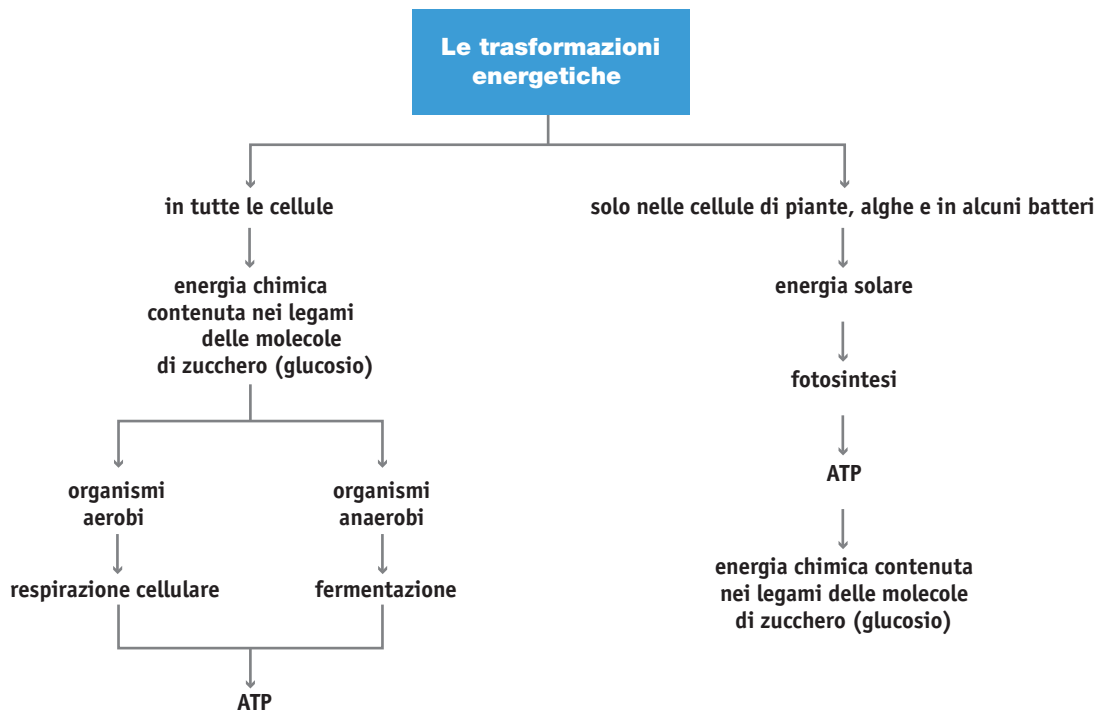
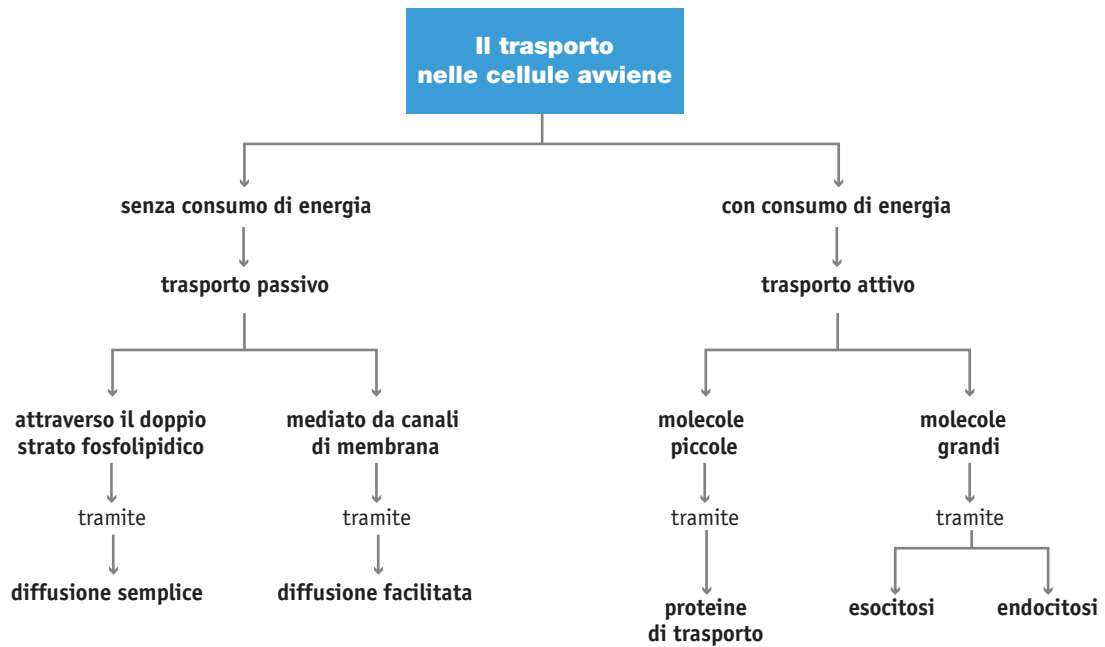


# UNITÀ 3. L'attività delle cellule



## Il metabolismo cellulare e gli enzimi

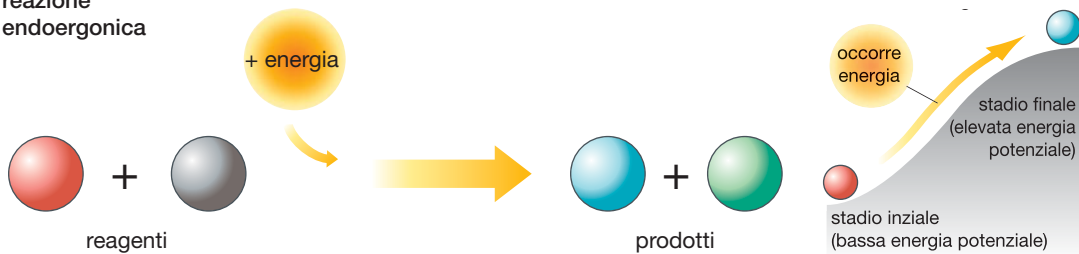
Le trasformazioni dell'energia che si verificano all'interno delle cellule sono collegate a delle **reazioni chimiche**.

In generale esistono due tipi di reazioni chimiche:

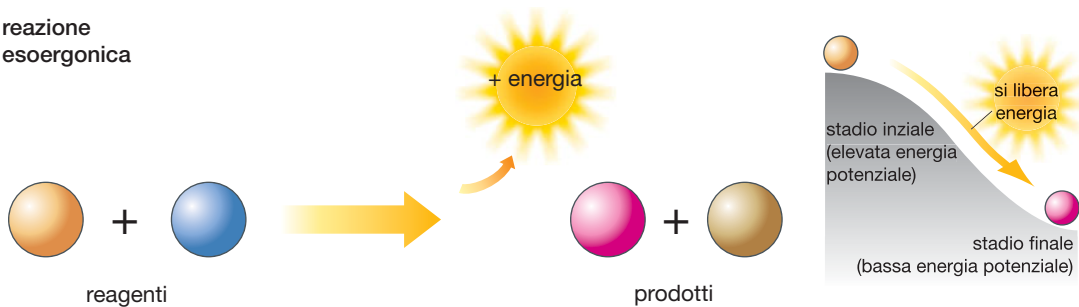
- le **reazioni endoergoniche**, che per procedere richiedono un apporto di energia;
- le **reazioni esoergoniche**, che al contrario liberano energia.

Ogni cellula compie migliaia di reazioni, esoergoniche ed endoergoniche. L'insieme di queste reazioni costituisce il **metabolismo cellulare**.

reazione  
endoergonica



reazione  
esoergonica



La «connessione» tra le reazioni esoergoniche e quelle endoergoniche del metabolismo cellulare è realizzata per mezzo delle molecole di **ATP** (adenosina trifosfato).

La molecola di ATP è formata da tre parti: una che contiene azoto (l'adenina); uno zucchero (il ribosio) e tre gruppi fosfato (gruppi di atomi che contengono fosforo). Sono proprio i gruppi fosfato a fare in modo che l'ATP possa svolgere la funzione di trasporto dell'energia chimica.

Il terzo gruppo fosfato può essere staccato facilmente dalla molecola di ATP, rompendo il legame che lo lega al secondo gruppo. La rottura di questo legame è accompagnata dalla liberazione di energia e dalla trasformazione dell'ATP in **ADP** (*adenosina difosfato*).

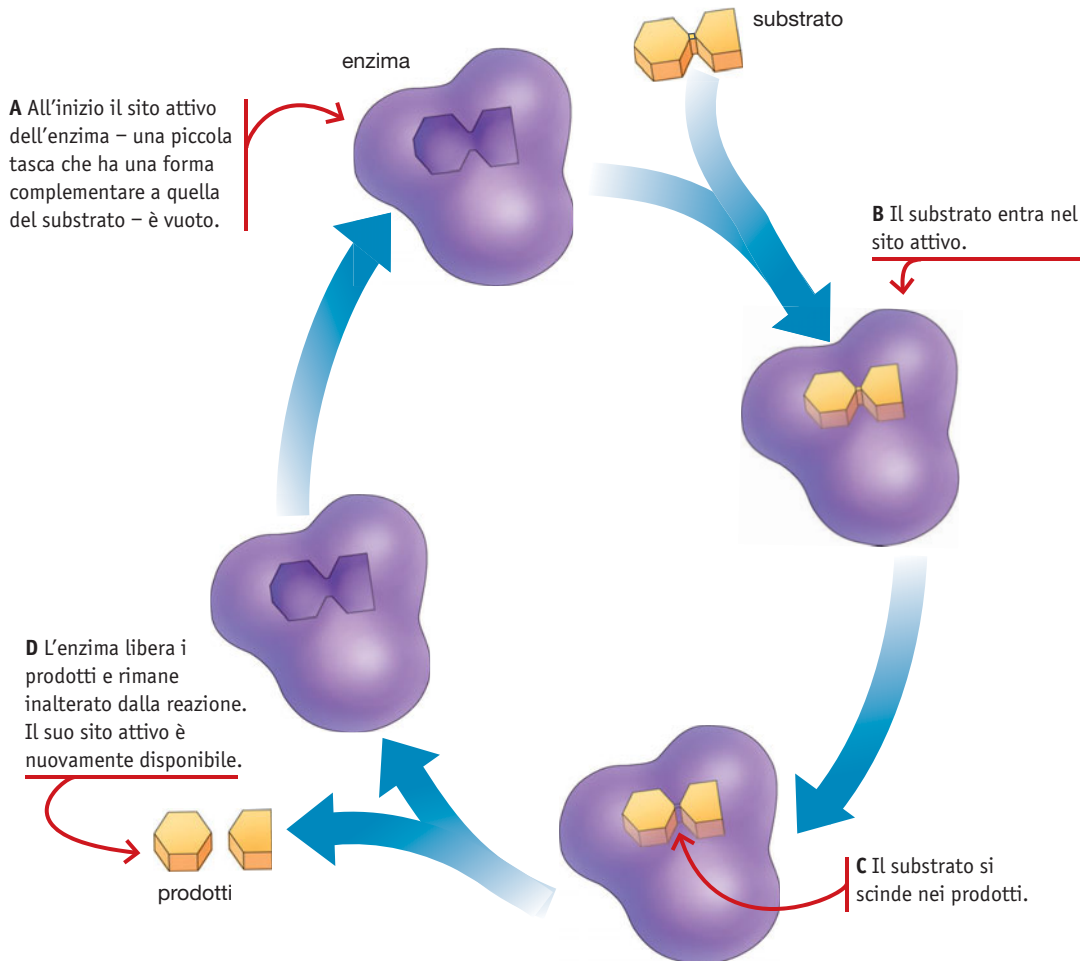
La cellula può accoppiare questa reazione esoergonica a una reazione endoergonica del proprio metabolismo.

Tutte le reazioni che si verificano nelle cellule, sia quelle endoergoniche sia quelle esoergoniche, vengono facilitate dalla presenza di particolari molecole proteiche chiamate **enzimi**. Questi svolgono la funzione di **catalizzatori**, cioè agiscono sulla velocità delle reazioni – accelerandole – senza alterare la quantità di energia contenuta nei reagenti e nei prodotti.

Se non ci fossero gli enzimi, gran parte delle reazioni metaboliche avverrebbero troppo lentamente per la vita della cellula.

## UNITÀ 3. L'attività delle cellule

Esistono molti tipi di enzimi e ciascuno di essi riconosce solo un particolare tipo di reagente (detto **substrato**). Certi enzimi sono attivi soltanto in presenza di particolari molecole organiche – le **vitamine** – e di **cofattori** come gli ioni metallici  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ .



### ■ Il trasporto passivo

Per poter svolgere le proprie attività le cellule devono compiere continuamente due azioni: rifornirsi di alcuni materiali ed eliminarne altri.

Acqua, ossigeno, anidride carbonica, zuccheri, sostanze di rifiuto ecc. entrano ed escono in ogni istante dalle cellule.

Gli scambi di materiali tra la cellula e l'ambiente esterno si verificano a livello della **membrana plasmatica**.

Alcune molecole possono attraversare la membrana plasmatica senza che le cellule compiano alcun lavoro, cioè senza utilizzare energia.

Il movimento delle sostanze che avviene senza dispendio energetico da parte della cellula si chiama **trasporto passivo**.

Nel trasporto passivo le particelle si spostano da una parte all'altra della membrana plasmatica a seconda della loro concentrazione, cioè dal lato dove sono più concentrate verso quello dove lo sono meno. L'ossigeno, l'anidride carbonica e alcune piccole molecole organiche attraversano la membrana grazie a questo meccanismo di trasporto passivo detto **diffusione semplice**.

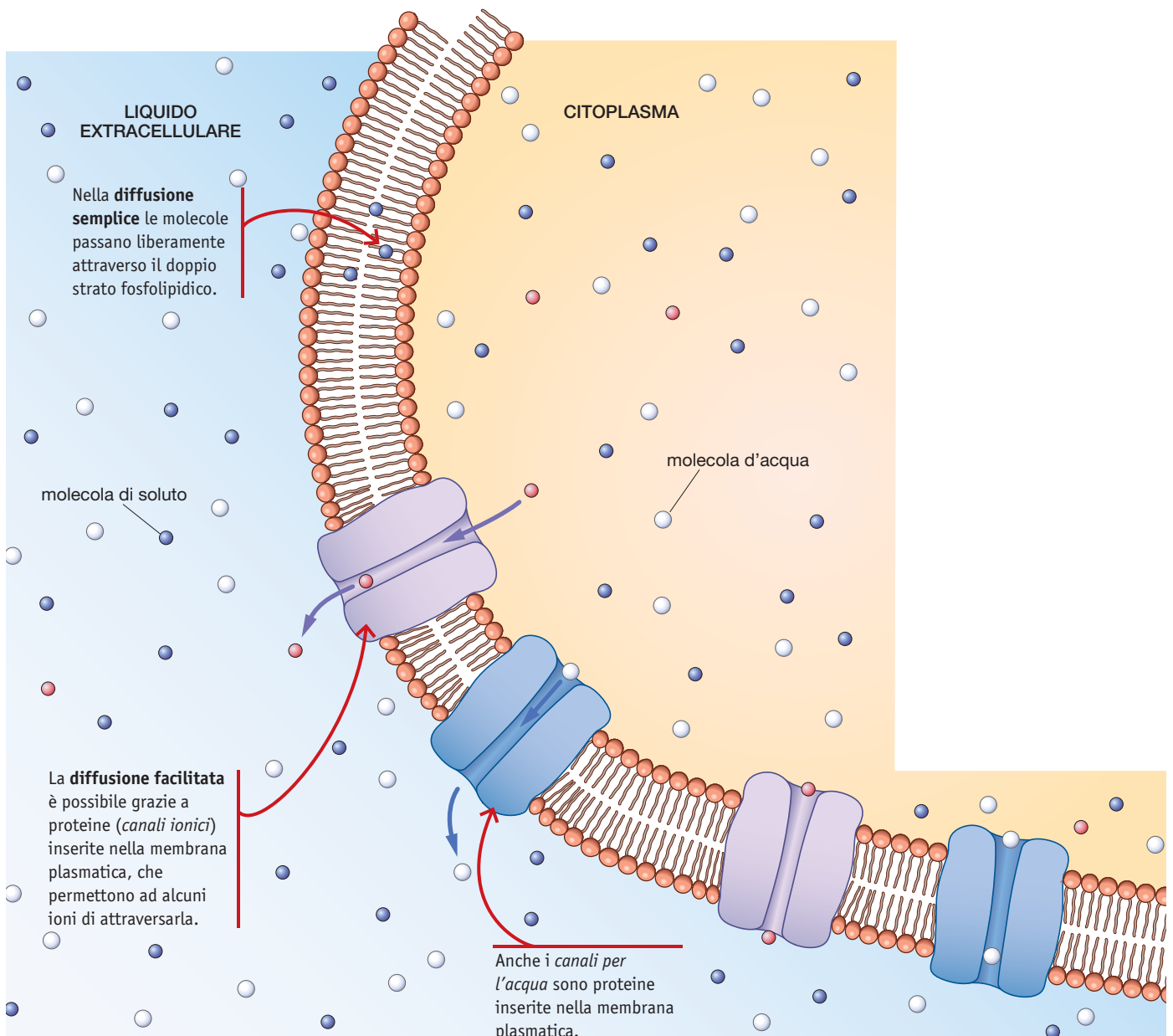
## UNITÀ 3. L'attività delle cellule

Altre molecole e alcuni ioni, pur essendo di dimensioni contenute, non riescono a passare tra i fosfolipidi della membrana plasmatica. L'ingresso e l'uscita di queste sostanze sono regolati dall'attività di particolari proteine presenti nella membrana. Tale modalità di trasporto passivo, *mediata da proteine di membrana*, è detta **diffusione facilitata**.

Le proteine che attraversano il doppio strato fosfolipidico formano dei *pori* che permettono il passaggio di specifici ioni e sono dette **canali ionici**. Essi si aprono e si chiudono in risposta a segnali ricevuti dalla membrana plasmatica e in questo modo la cellula regola il movimento delle sostanze in entrata e in uscita.

Anche l'osmosi, cioè la diffusione dell'acqua attraverso la membrana plasmatica, è facilitata dalla presenza di speciali canali (**canali per l'acqua**) formati da proteine che attraversano la membrana.

Nel processo di osmosi l'acqua diffonde dalla soluzione meno concentrata (detta **ipotonica**) verso la soluzione più concentrata (cioè **ipertonica**).

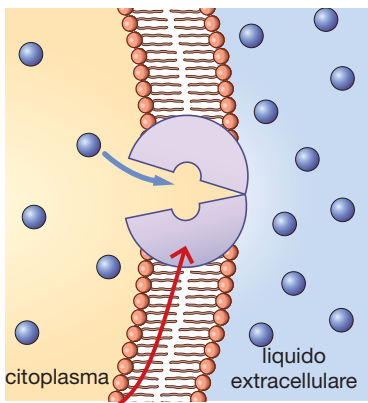


## Il trasporto attivo

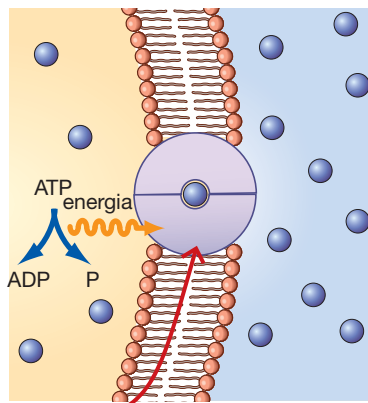
Per trasportare alcune sostanze attraverso la membrana plasmatica le cellule sono a volte costrette a consumare energia. In questo caso si parla di **trasporto attivo**.

Il trasporto attivo sposta le molecole di soluto dalla parte della membrana dove sono meno concentrate a quella dove lo sono di più.

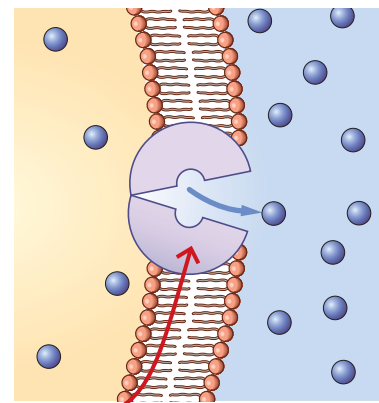
Il trasporto attivo si svolge con modalità diverse a seconda delle dimensioni delle molecole spostate. Il trasporto delle *molecole di piccole dimensioni* viene effettuato dalla cellula grazie a particolari **proteine** presenti nella membrana plasmatica. Queste proteine «pompano» attivamente il soluto da un lato all'altro della membrana e fanno sì che esso possa accumularsi all'interno o all'esterno della cellula.



Una molecola si lega alla proteina di trasporto.



L'ATP fornisce l'energia necessaria.

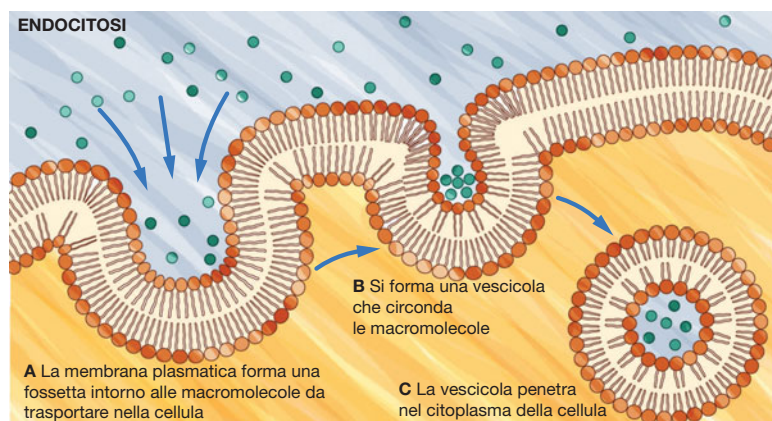
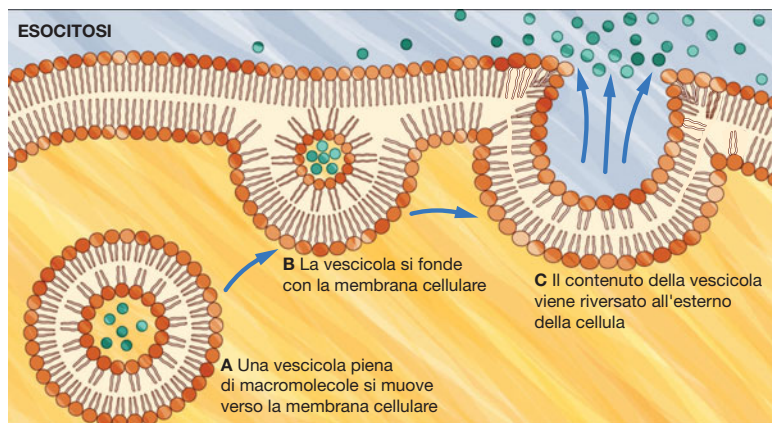


La proteina di trasporto rilascia la molecola sul lato opposto della membrana.

Il trasporto attivo delle *macromolecole* verso l'esterno e verso l'interno della cellula avviene invece secondo due meccanismi chiamati rispettivamente **esocitosi** ed **endocitosi**.

La cellula utilizza il processo di **esocitosi** per trasportare fuori dal proprio citoplasma grandi quantità di materiali e quello di **endocitosi** per trasportare all'interno macromolecole o altre particelle. I due processi sono analoghi ma avvengono in senso inverso.

Un tipo particolare di endocitosi è la **fagocitosi**, che consiste nella cattura di particelle alimentari da parte di organismi unicellulari, come le amebe.





## La respirazione cellulare e la fermentazione

Le cellule ricavano energia dagli zuccheri e dalle altre sostanze alimentari per mezzo di un processo chiamato **respirazione cellulare**.

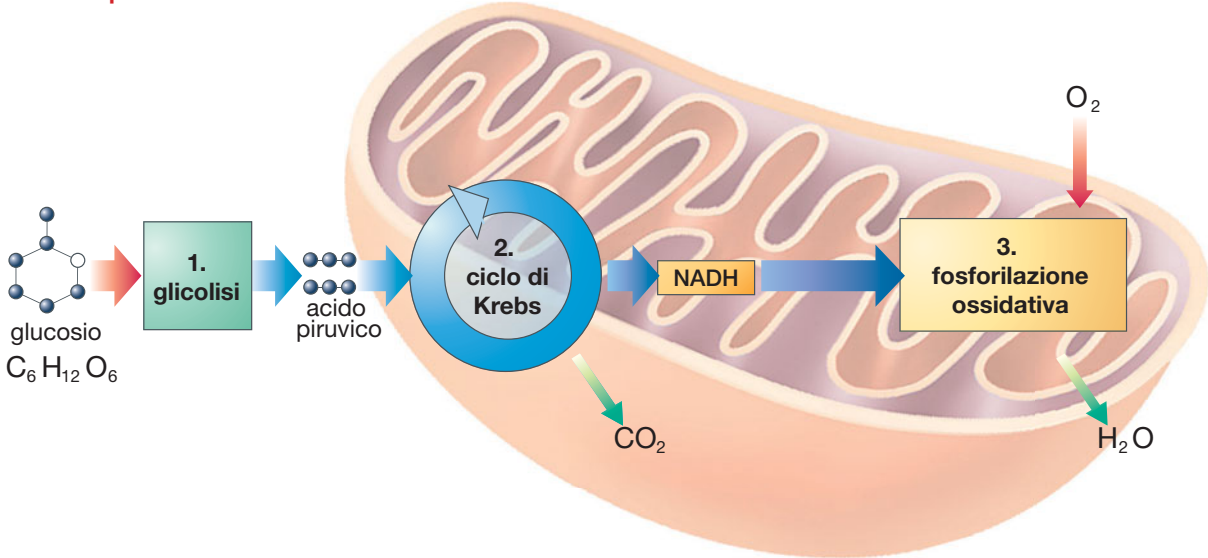
La respirazione cellulare consiste in una serie di reazioni chimiche che avvengono in successione e che riorganizzano gli atomi delle molecole alimentari, come il glucosio, convertendole in altre molecole. In questo processo, una parte dell'energia chimica immagazzinata nelle molecole alimentari diventa disponibile per l'attività cellulare.

Nella respirazione cellulare si ha consumo di **ossigeno**, mentre si ha produzione, come scarto, di **anidride carbonica** e di **acqua**.

La respirazione cellulare procede attraverso una successione di reazioni, in cui è possibile riconoscere tre stadi.

nel citoplasma

nel mitocondrio



1. La prima fase della respirazione cellulare, detta **glicolisi**, si svolge nel citoplasma delle cellule. In questa sequenza di reazioni, una molecola di glucosio si trasforma in due molecole di **acido piruvico**, liberando una certa quantità di energia chimica, che viene immagazzinata nei legami di due molecole di ATP. Si ha nel contempo la produzione di 2 molecole di NADH, un coenzima che agisce come trasportatore di elettroni.

2. Nella maggior parte degli organismi, i prodotti della glicolisi subiscono ulteriori trasformazioni in una serie di reazioni che costituiscono il **ciclo di Krebs**, una fase che si svolge nella matrice dei mitocondri.

3. L'ultima tappa – chiamata **fosforilazione ossidativa** – si compie sulle creste dei mitocondri e produce la maggior quantità di energia dell'intera respirazione cellulare.

La respirazione cellulare può avvenire quindi soltanto in presenza di ossigeno. Alcuni organismi unicellulari, però, ricavano energia anche in assenza di ossigeno, attraverso il processo di glicolisi seguito dalla **fermentazione**.

I prodotti della reazione di fermentazione dipendono dalla cellula in cui essa avviene:

- certi tipi di lieviti (funghi unicellulari) producono alcol etilico e anidride carbonica;
- alcuni batteri e le cellule dei muscoli sotto sforzo producono acido lattico.

Il processo di fermentazione ha un'efficienza inferiore, cioè produce meno energia, rispetto alla respirazione cellulare.

## Il ciclo di Krebs e la fosforilazione ossidativa

La glicolisi fornisce alla cellula una quantità di energia piuttosto limitata. Le poche molecole di ATP prodotte non sono generalmente sufficienti per il fabbisogno delle cellule eucariotiche, che necessitano di una quantità maggiore di energia. Tale energia è loro fornita dal completamento della demolizione dei legami delle molecole di glucosio, che si realizza nelle due successive fasi della respirazione.

Il collegamento tra la glicolisi e il **ciclo di Krebs** avviene attraverso una reazione in cui l'acido piruvico, prodotto dalla glicolisi, perde un atomo di carbonio e si lega a un particolare coenzima (il *coenzima A*); si viene in tal modo a formare l'**acetilcoenzima A**, la molecola che entra nella matrice dei mitocondri e dà inizio al ciclo di Krebs. In questa reazione si libera una molecola di anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ) e si forma una molecola di NADH.

Nel corso del ciclo di Krebs, l'ossidazione dello zucchero si completa portando alla liberazione di 2 molecole di anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ).

Inoltre durante il ciclo si formano 3 molecole di NADH e una molecola di  $\text{FADH}_2$ , due coenzimi trasportatori di elettroni.

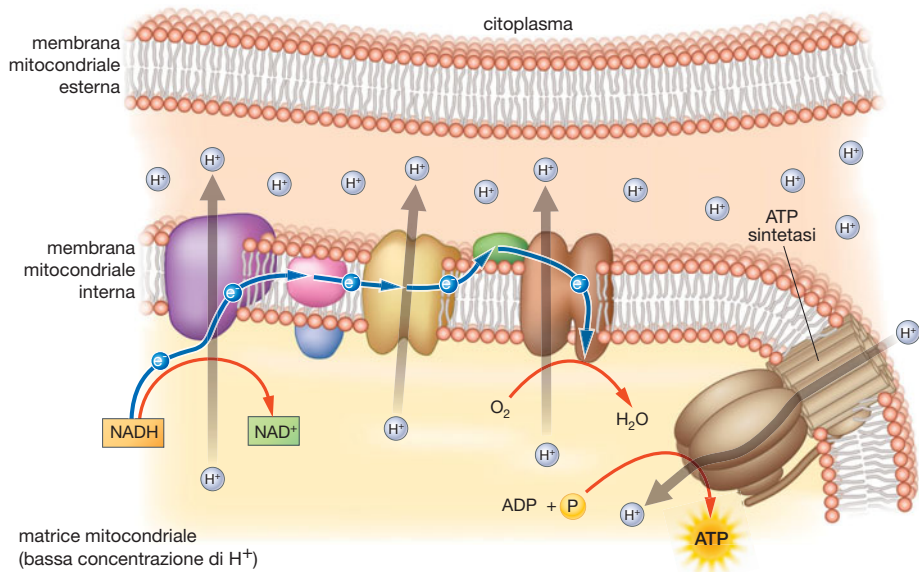
Al termine del ciclo di Krebs, gran parte dell'energia della molecola di glucosio di partenza (ora completamente demolita) è rimasta negli elettroni rimossi dagli atomi di carbonio e trasferiti ai trasportatori di elettroni (come l'**NADH**). Nella membrana interna dei mitocondri vi sono dei complessi proteici che fungono da **catena di trasporto degli elettroni**. L'energia prodotta dal trasporto degli elettroni è sfruttata per produrre una concentrazione di protoni nello spazio tra le due membrane molto più elevata rispetto a quella che c'è nella matrice del mitocondrio.

I protoni non possono diffondere attraverso la membrana interna spontaneamente ma devono attraversare una proteina trasportatrice: l'**ATP-sintetasi** che è in grado di sfruttare la corrente di protoni per sintetizzare ATP a partire da ADP.

Gli elettroni una volta percorsa la catena di trasporto si combinano con gli ioni  $\text{H}^+$  e con le molecole di  $\text{O}_2$  per formare una molecola d'acqua. Nella **fosforilazione ossidativa** l'ossigeno è l'*accettore finale degli elettroni*.

La resa energetica della fosforilazione ossidativa è molto superiore a quella degli altri passaggi della respirazione cellulare: produce infatti 28 molecole di ATP per ogni molecola di glucosio.

Oltre che dal glucosio e dagli zuccheri semplici, le cellule sono in grado di ricavare energia anche a partire da acidi grassi, glicerolo e amminoacidi. Le reazioni che portano alla demolizione (**catabolismo**) di queste molecole convergono infatti nella respirazione cellulare.



## La fotosintesi

L'energia che permette la vita sulla Terra proviene quasi interamente dal Sole. La maggior parte degli organismi dipende infatti dai prodotti di un processo detto **fotosintesi**. Ciò può avvenire direttamente, come per le piante, o indirettamente, come per gli organismi che si cibano di esse.

Mediante la fotosintesi, le piante (ma anche le alghe e alcuni batteri) utilizzano l'energia luminosa proveniente dal Sole per produrre molecole organiche.

Le cellule vegetali contengono infatti al loro interno molecole, chiamate **pigmenti**, in grado di assorbire l'energia luminosa. La **clorofilla** – la sostanza responsabile della colorazione verde delle foglie e di altre parti delle piante – è il principale pigmento coinvolto.

La fotosintesi avviene in organuli chiamati cloroplasti e comprende numerose reazioni chimiche.

Una prima serie di reazioni avviene solo in presenza della luce solare e per questo motivo viene detta **fase luminosa**. Le reazioni luminose convertono l'energia solare in energia chimica, immagazzinata in molecole di ATP e di un coenzima chiamato NADPH, producendo ossigeno come «rifiuto».

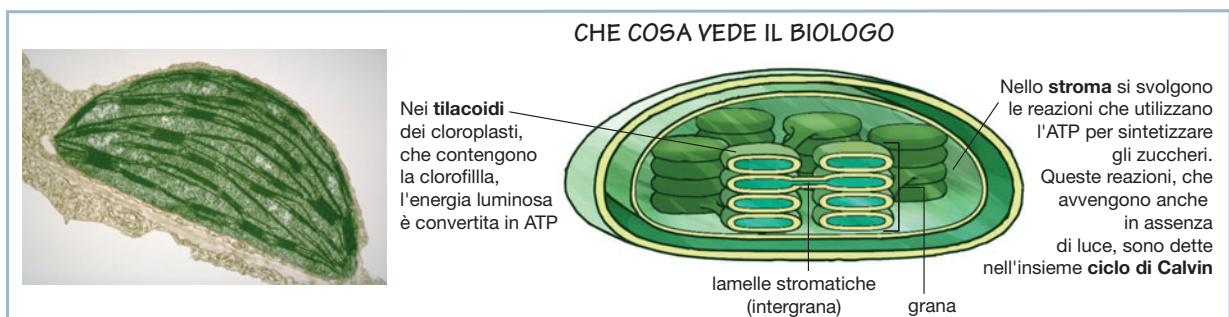
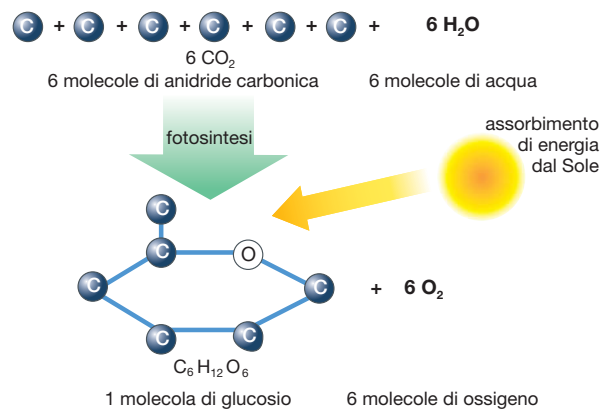
ATP e NADPH alimentano la fase successiva della fotosintesi, che avviene anche se l'organismo vegetale non è illuminato.

La **fase oscura** consiste in una serie di reazioni in cui gli atomi di carbonio (che provengono dall'anidride carbonica) sono incorporati in nuove molecole organiche, soprattutto zuccheri semplici, come il glucosio.

Questa seconda fase, detta **ciclo di Calvin**, può avvenire anche al buio in quanto le reazioni che avvengono sono indipendenti dalla luce solare.

Questo processo richiede il consumo di una notevole quantità di energia e di alcune molecole di NADPH che si trasformano in NADP+. In tal modo, le molecole del trasportatore di elettroni NADP+ sono nuovamente disponibili per tornare nei tilacoidi e accettare gli elettroni provenienti dalla catena di trasporto della fase luminosa.

Il glucosio prodotto attraverso la fotosintesi è utilizzato dalle piante in vari modi. Da esso le cellule vegetali possono ricavare energia attraverso il processo di respirazione cellulare. Altrimenti, questo zucchero può essere convertito in amido (un polimero che ha la funzione di riserva di energia) o, ancora, può essere utilizzato per produrre sostanze con funzioni strutturali, ad esempio la cellulosa, o proteine e altre sostanze costituenti la pianta.



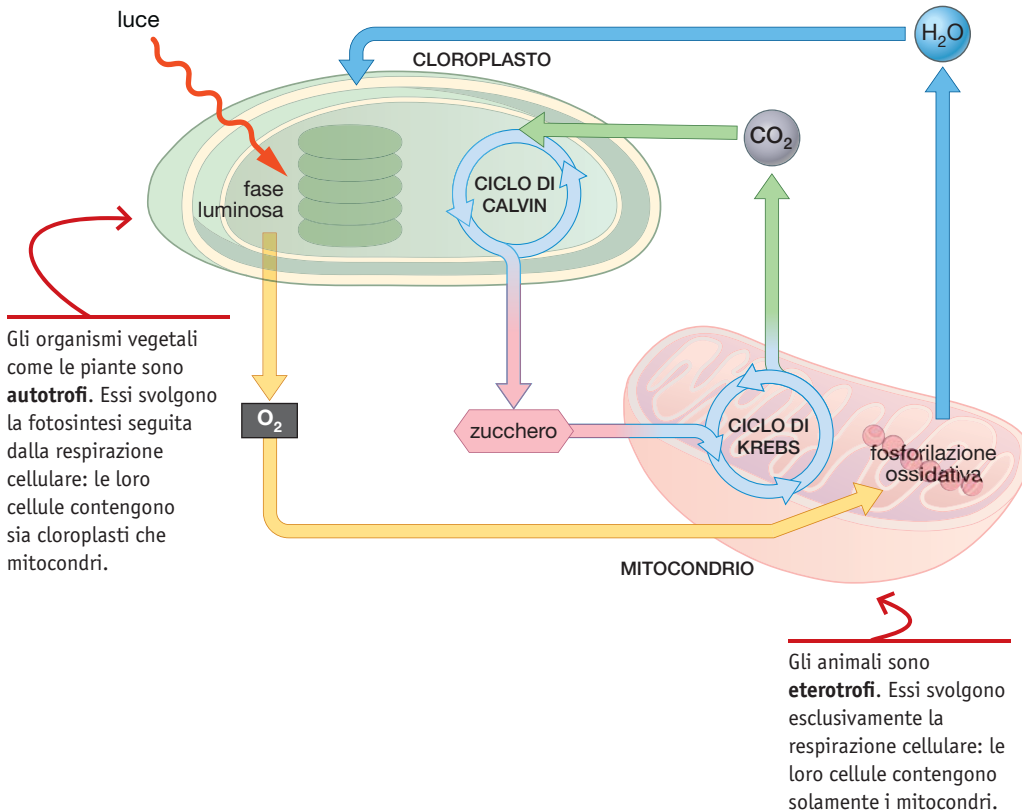


# UNITÀ 3. L'attività delle cellule

Gli organismi che – come le piante – producono autonomamente le sostanze organiche di cui necessitano, e che quindi non hanno bisogno di assumere altre molecole organiche, vengono chiamati **autotrofi**.

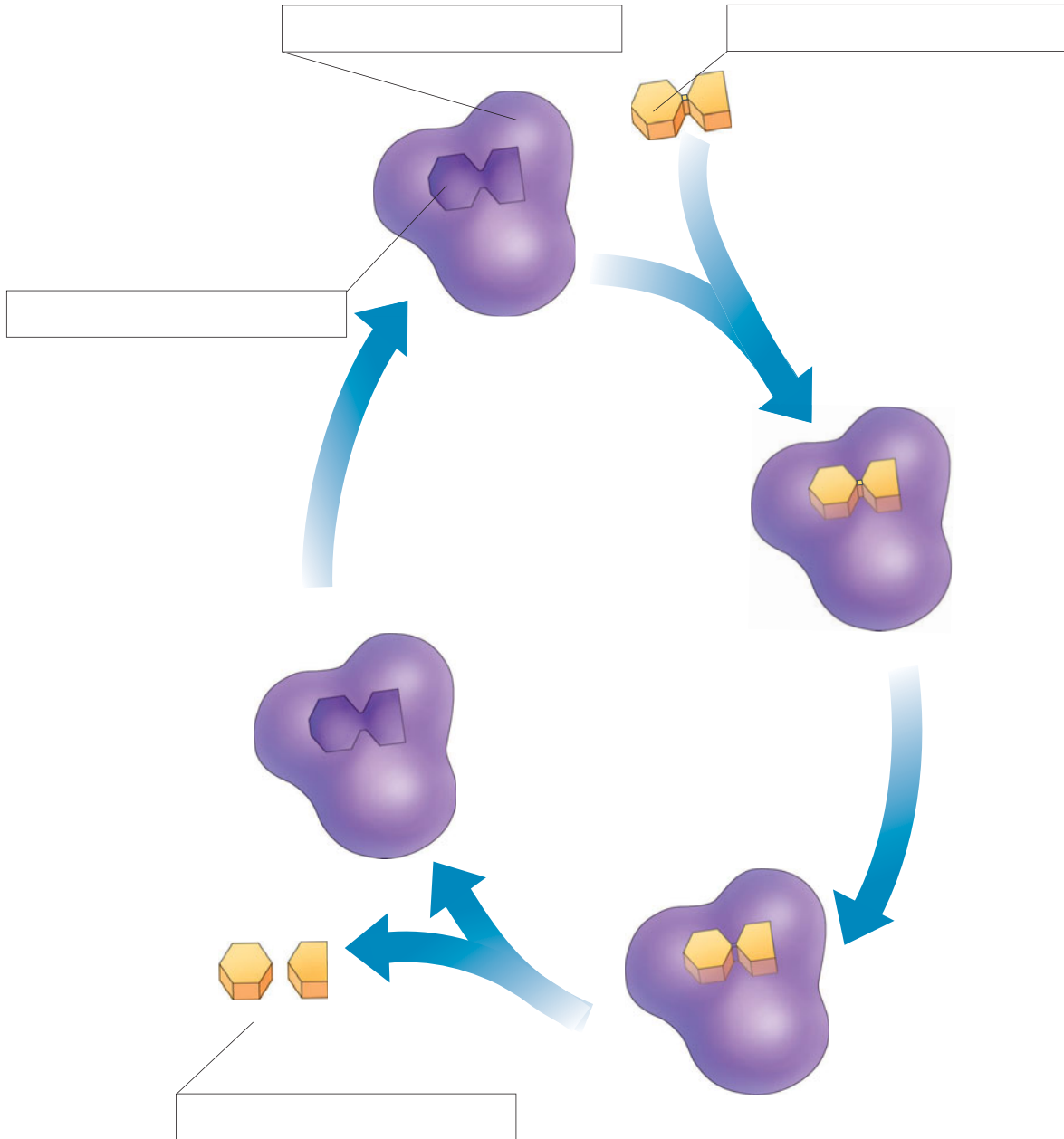
Al contrario, gli organismi che – come gli animali – non sono in grado di produrre le molecole organiche da cui ricavare energia vengono chiamati **eterotrofi**.

Le piante sono anche indicate come **produttori**, perché «fabbricano» le molecole organiche di cui sono costituite, mentre gli organismi eterotrofi sono detti **consumatori**.



# UNITÀ 3. L'attività delle cellule

1 Completa la figura relativa all'azione di un enzima.



2 Completa con il nome di reagenti e prodotti della reazione chimica che riassume il processo di fotosintesi.

..... + acqua = ..... + ossigeno

**3** Completa le seguenti frasi scegliendo i termini corretti tra quelli indicati nei corrispondenti riquadri.

A. Le reazioni ..... sono reazioni chimiche che per procedere richiedono un apporto di energia mentre le reazioni ..... al contrario ne liberano.

Esoergoniche, endoergoniche, chimiche

B. Nel trasporto per diffusione attraverso una membrana, le molecole disciolte tendono a spostarsi dal lato della membrana dove sono ..... concentrate al lato dove lo sono di .....

Più, uguale, meno

C. Per trasportare al di fuori della membrana molecole di ..... dimensioni, la cellula ricorre al trasporto per .....

Grandi, piccole, medie, esocitosi, endocitosi, fagocitosi

D. La respirazione cellulare consiste in una serie di reazioni chimiche che combinano le molecole di ..... e di ossigeno convertendole in anidride carbonica e .....

Acqua, glucosio, grassi, sali minerali

E. La ..... avviene nei cloroplasti delle cellule vegetali grazie alla presenza della ..... , un ..... in grado di catturare la luce del Sole.

Respirazione cellulare, fotosintesi, clorofilla, enzima, zucchero, grasso, pigmento

F. La prima parte della respirazione cellulare è composta da una serie di reazioni che avvengono nel ..... e che vengono dette .....

Nucleo, citoplasma, mitocondrio, glicolisi, ciclo di Krebs, fase oscura