

Cristina Cavazzuti  
Daniela Damiano

# Biologia

## Terza edizione

# Capitolo 2

## Il mondo della cellula

1. Le caratteristiche generali delle cellule
2. La membrana plasmatica
3. Gli organuli cellulari
4. La cellula al lavoro
5. Citoscheletro, ciglia e flagelli

# Lezione 1

## Le caratteristiche generali delle cellule

# 1. L'organizzazione delle cellule

Tutti gli organismi viventi sono formati da una o più **cellule**.

Tutte le cellule presentano tre strutture fondamentali comuni:

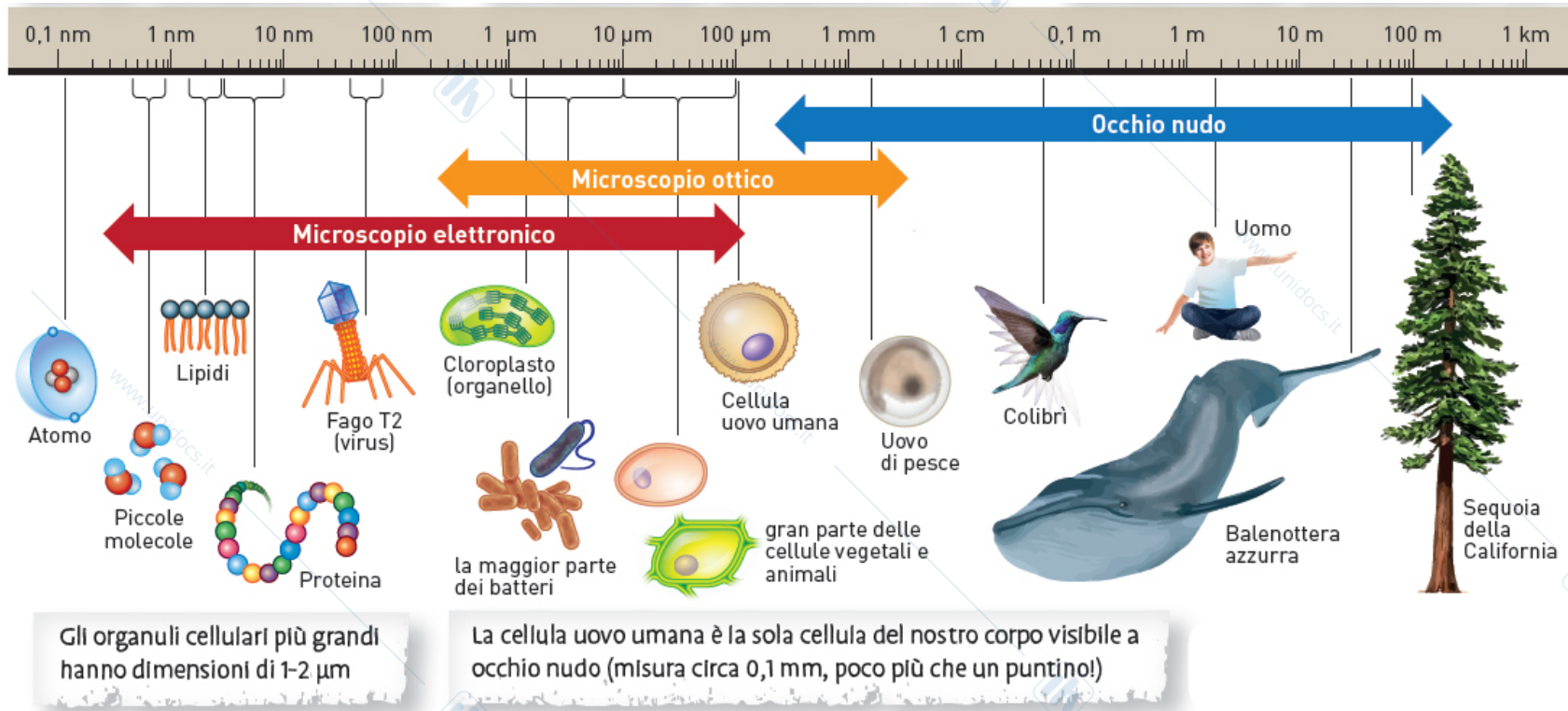
- la **membrana plasmatica**, delimita la cellula separandola dalle altre e dall'ambiente circostante;
- il **citoplasma**, è una soluzione gelatinosa nella quale si compiono gran parte delle funzioni cellulari;
- il **materiale genetico**, è la sostanza in cui sono immagazzinate tutte le informazioni per la regolazione delle attività cellulari.

In base all'organizzazione del materiale genetico e alla presenza di comparti cellulari chiamati *organuli* si distinguono:

- le cellule **procariotiche**, tipiche di microrganismi come batteri e archei;
- le cellule **eucariotiche**, costituiscono tutti gli esseri viventi.

## 2. La dimensione delle cellule

Le cellule hanno dimensioni molto varie, sebbene siano sempre **minuscole** e, a parte poche eccezioni, osservabili solo al microscopio. Per svolgere in modo ottimale le proprie funzioni, la cellula deve mantenere un buon **rappporto superficie-volume**; ciò spiega il motivo per cui le cellule mantengono sempre dimensioni ridotte.



### 3. I microscopi

Per osservare le cellule si utilizza il **microscopio**, che può essere **ottico** (A), **elettronico a scansione** (B) o **elettronico a trasmissione** (C).

Le caratteristiche principali di questo strumento sono l'**ingrandimento**, cioè la capacità di aumentare le dimensioni dell'immagine, e la **risoluzione**, cioè la capacità di distinguere due punti molto vicini tra loro.



# 4. La cellula procariotica

Le cellule procariotiche sono le più antiche e semplici.

Il **plasmide** è un piccolo segmento circolare di DNA che può conferire al batterio resistenza a tossine e antibiotici; si duplica in modo indipendente e può passare da una cellula all'altra.

Il **nucleoide** è la zona del citoplasma in cui si concentra il DNA, presente come un'unica molecola circolare, il cromosoma batterico.

La **capsula** è un rivestimento appiccicoso esterno alla parete formato da polisaccaridi presente solo in alcuni procarioti: fornisce protezione, preserva dall'essiccamento e aiuta l'organismo ad aderire alle superfici.

Il **citoplasma** è l'ambiente interno della cellula, in cui avvengono tutte le reazioni cellulari.

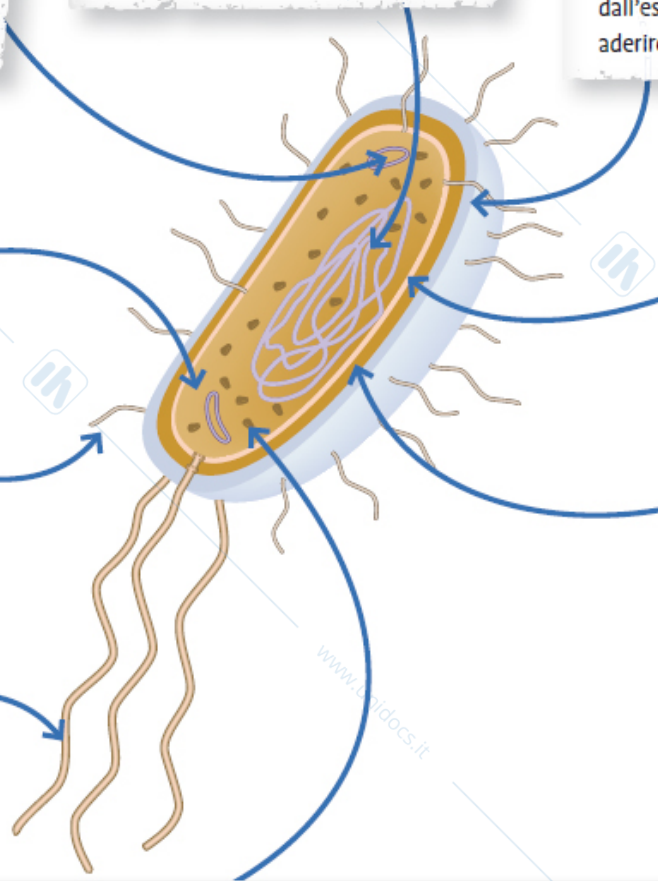
La **membrana plasmatica** è una sottile pellicola che regola il passaggio di sostanze in ingresso e in uscita.

I **pili** sono appendici più corte e più numerose dei flagelli, utili per aderire alle superfici o ad altre cellule.

La **parete cellulare** è un rivestimento rigido esterno alla membrana, con funzione di sostegno e di protezione, costituito da vari componenti, tra cui il peptidoglicano. Questa molecola è un ammino-zucchero presente solo negli organismi procarioti.

I **flagelli** sono lunghe appendici filamentose che consentono alla cellula di muoversi.

I **ribosomi** sono piccole strutture tondeggianti presenti nel citoplasma, formate soprattutto da RNA, che hanno il compito di costruire le proteine sotto il diretto controllo del DNA. I ribosomi dei procarioti presentano alcune differenze nella struttura e nella composizione rispetto a quelli delle cellule eucariotiche; questo fatto rende possibili trattamenti con farmaci che aggrediscano solo i ribosomi batterici senza danneggiare quelli del paziente.



## 5. La cellula eucariotica

Le cellule **eucariotiche** sono più grandi e complesse di quelle procariotiche.

Esse sono dotate di un **nucleo** delimitato da una membrana nucleare e contenente il materiale genetico (DNA).

Il **citoplasma** è suddiviso in compartimenti chiamati **organuli**, ciascuno dotato di membrana che lo separa dall'ambiente circostante. Ogni funzione viene svolta in uno specifico organulo.

Tutte le cellule eucariotiche hanno la stessa struttura di base, ma alcuni organuli si trovano solo nelle **cellule animali**, altri solo nelle **cellule vegetali**.

Il **flagello** è una struttura proteica filamentosa utile per il movimento della cellula, presente solo nella cellula animale.

Il **nucleo** contiene il DNA e dirige le funzioni della cellula, è delimitato da una doppia membrana nucleare che regola il passaggio di sostanze tra nucleo e citoplasma attraverso i pori nucleari.

Il **nucleolo** è una regione del nucleo in cui è prodotto l'RNA ribosomiale per la sintesi delle proteine.

I **ribosomi** sono i siti di produzione delle proteine; possono trovarsi liberi nel citoplasma o legati al reticolo endoplasmatico ruvido.

Il **mitocondrio** è l'organulo in cui avviene la respirazione cellulare, che fornisce energia alla cellula.

Il **lisosoma** è una sacca che contiene enzimi digestivi in grado di demolire e riciclare sostanze estranee o non più utilizzabili. Presente solo nella cellula animale.

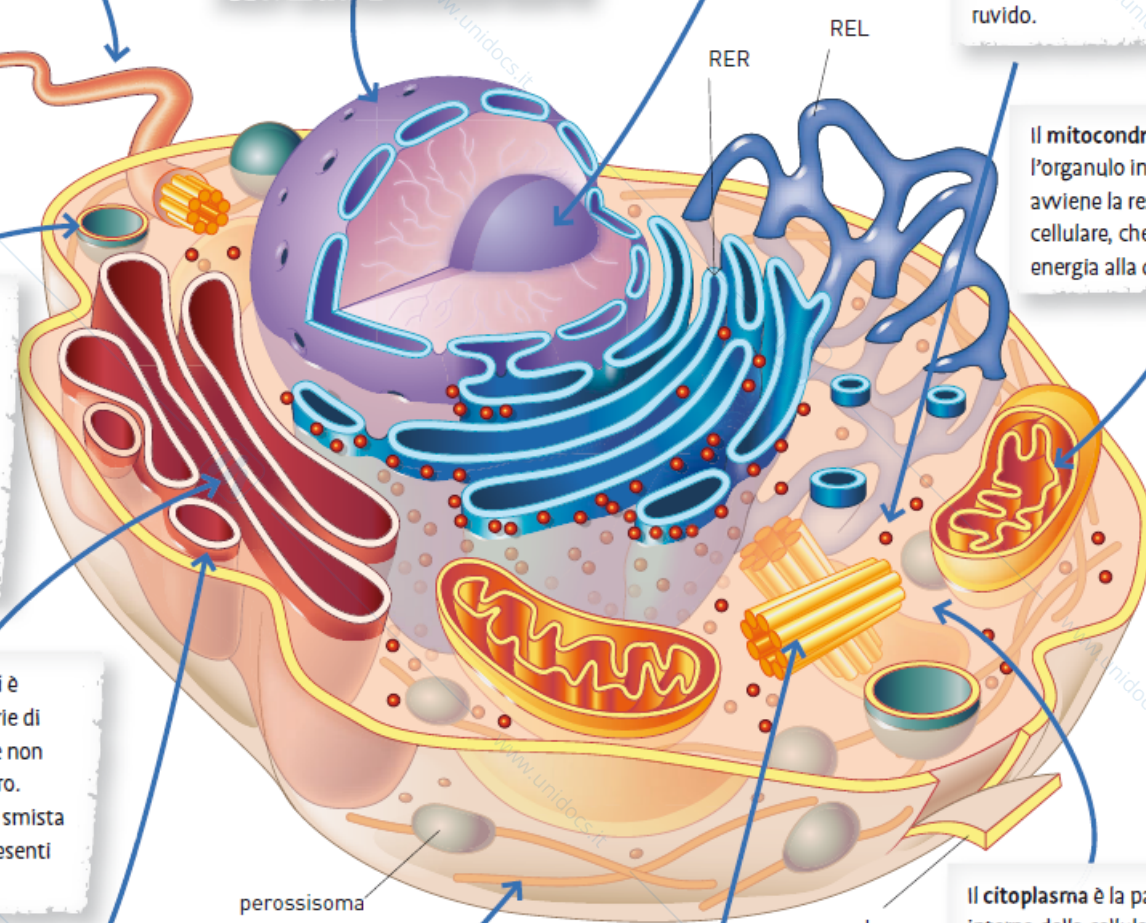
L'**apparato di Golgi** è formato da una serie di sacchetti impilati e non comunicanti tra loro. Riceve, assembla e smista molte molecole presenti nella cellula.

La **vescicola** è una sorta di sacchetto che immagazzina varie sostanze nel citoplasma.

Il **citroscheletro** consiste in un sistema di filamenti proteici che sostengono la cellula.

I **centrioli** sono organuli importanti durante la divisione cellulare. Presenti solo nella cellula animale.

Il **citoplasma** è la parte interna della cellula, costituito da una parte gelatinosa e ricca d'acqua, il **citosol**, avvolta dalla membrana plasmatica e nella quale sono immersi tutti gli organuli.

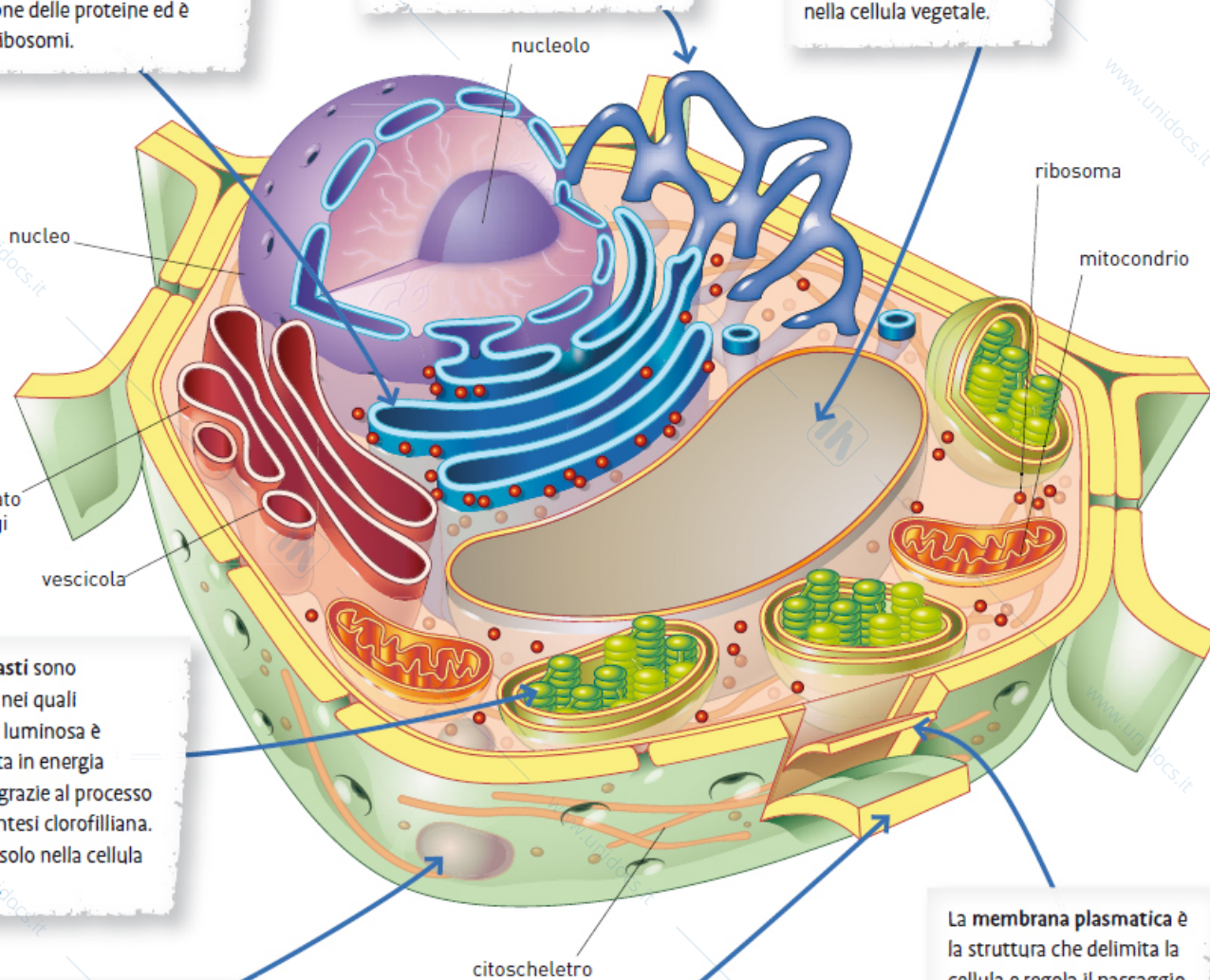


**A cellula animale**

Il reticolo endoplasmatico ruvido o RER è l'organulo deputato alla produzione delle proteine ed è ricco di ribosomi.

Il reticolo endoplasmatico liscio o REL è l'organulo deputato alla produzione dei lipidi.

Il vacuolo centrale è un organulo con funzione di serbatoio presente solo nella cellula vegetale.



I cloroplasti sono organuli nei quali l'energia luminosa è convertita in energia chimica grazie al processo di fotosintesi clorofilliana. Presenti solo nella cellula vegetale.

Il perossisoma è l'organulo contenente enzimi che demoliscono le sostanze nocive per la cellula.

La parete cellulare è una struttura rigida costituita prevalentemente da cellulosa e posta all'esterno della membrana plasmatica; sostiene e dà forma alla cellula. Presente solo nella cellula vegetale.

La membrana plasmatica è la struttura che delimita la cellula e regola il passaggio di sostanze in entrata e in uscita.

### B cellula vegetale

## 6. Origine della cellula eucariotica

I fossili più antichi di **cellule procariotiche** risalgono a 3,5 miliardi di anni fa. Le **cellule eucariotiche** sarebbero comparse circa 1,8 miliardi di anni fa.

Una delle caratteristiche distintive delle cellule eucariotiche è la presenza di **organuli**, la cui origine è spiegata da due teorie.

La **teoria dell'endosimbiosi** prevede che i *mitocondri* e i *cloroplasti* si siano formati in seguito all'ingestione di una cellula procariotica più piccola da parte di una cellula procariotica più grande.

La cellula ingerita sarebbe sopravvissuta e tra le due cellule si sarebbe instaurata una simbiosi.

La **teoria inside-out** prevede che una cellula procariotica ancestrale abbia annesso nel tempo strutture aggiuntive, poi divenute i diversi organuli.

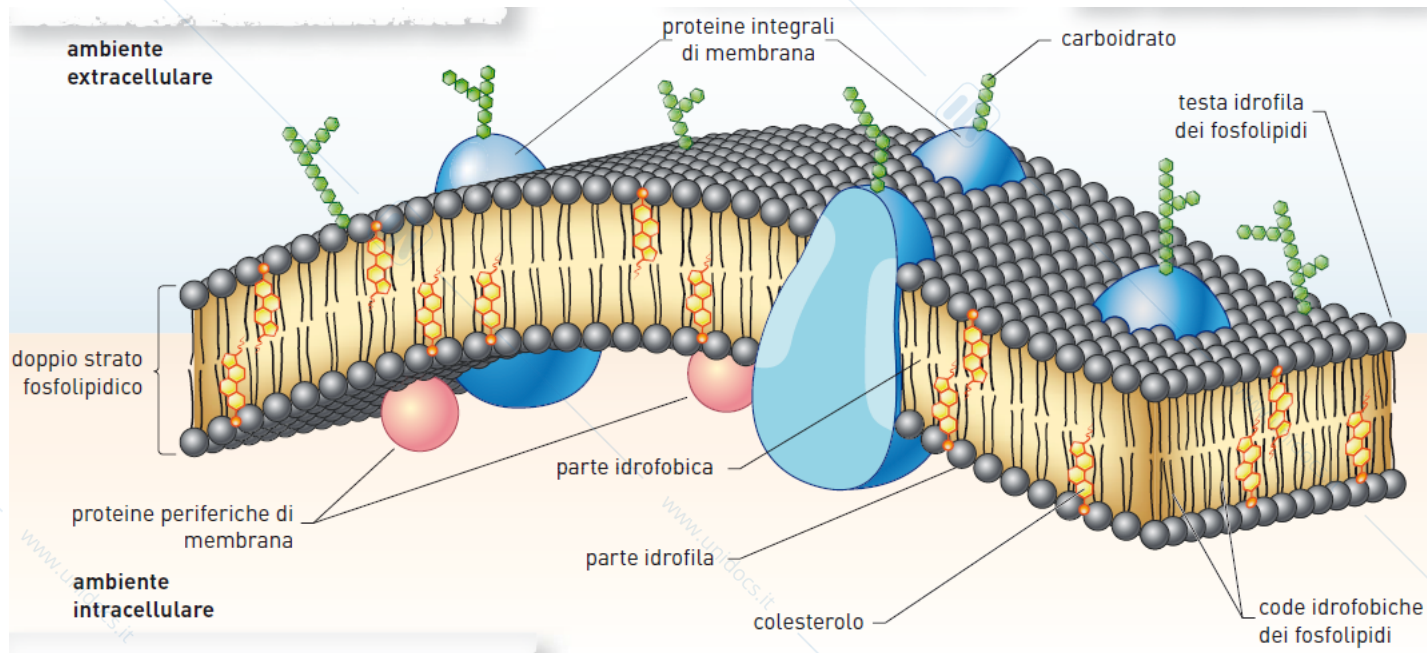
# Lezione 2

## La membrana plasmatica

# 7. La struttura della membrana plasmatica

La **membrana plasmatica** è costituita da un doppio strato di **fosfolipidi**, in cui sono immerse molecole proteiche.

La sua struttura è descritta come un **mosaico fluido**.



## 8. Le membrane selettivamente permeabili

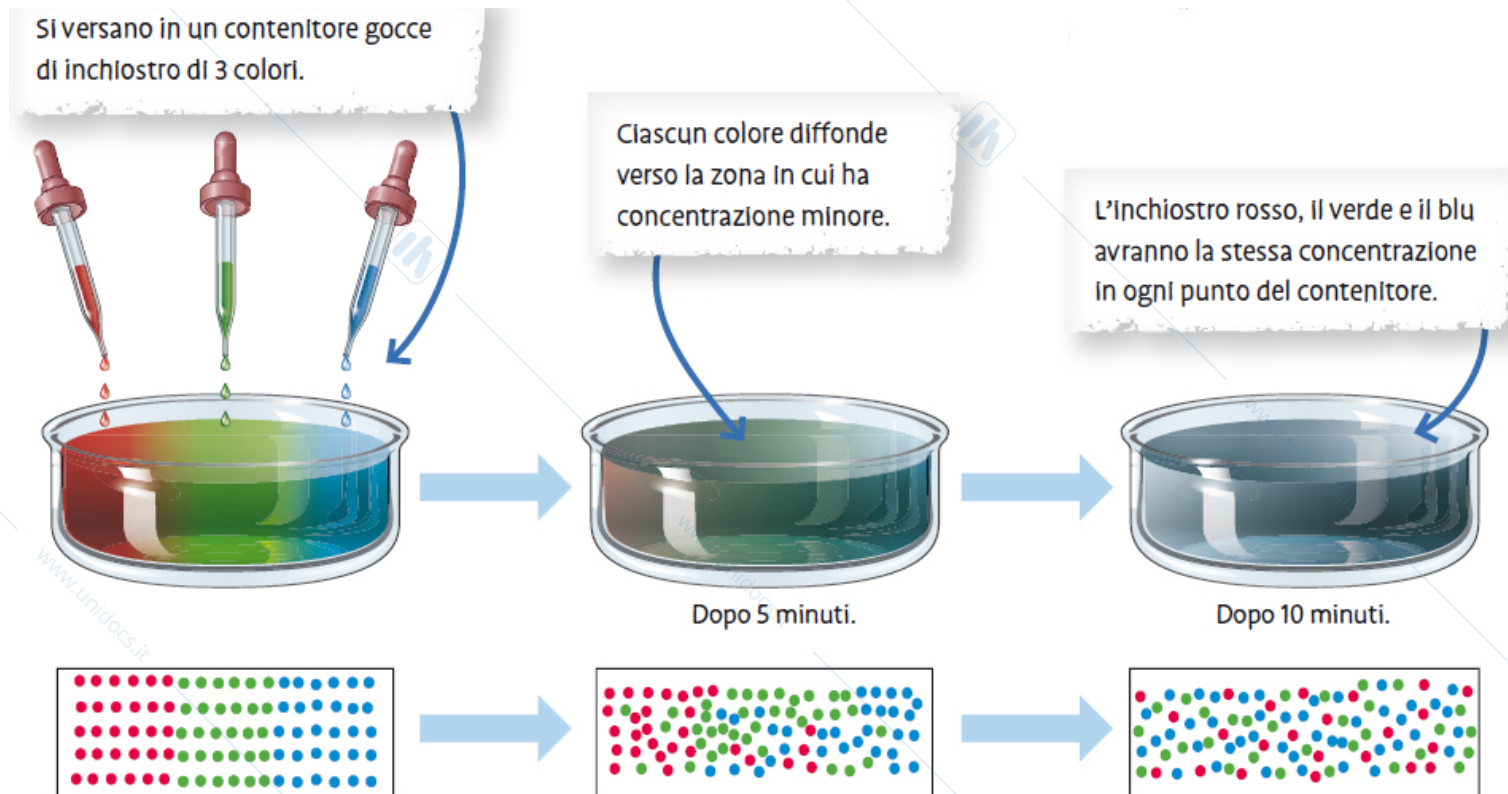
Le membrane biologiche sono **selettivamente permeabili**, cioè si lasciano attraversare da alcune molecole ma sono impermeabili ad altre.

Esistono due tipologie di meccanismi che permettono il passaggio di sostanze dall'interno all'esterno della membrana e viceversa:

- il *trasporto attivo*, con dispendio di energia;
- il *trasporto passivo*, che non comporta consumo energetico ed è associato al processo di diffusione.

## 8. Le membrane selettivamente permeabili

Il meccanismo della **diffusione** porta le particelle che si muovono in un ambiente liquido o gassoso a distribuirsi uniformemente, secondo il *gradiente di concentrazione*, nello spazio a disposizione.



## 9. Il trasporto passivo

Il **trasporto passivo** può avvenire per *diffusione semplice*, per *diffusione facilitata* o per *osmosi*.

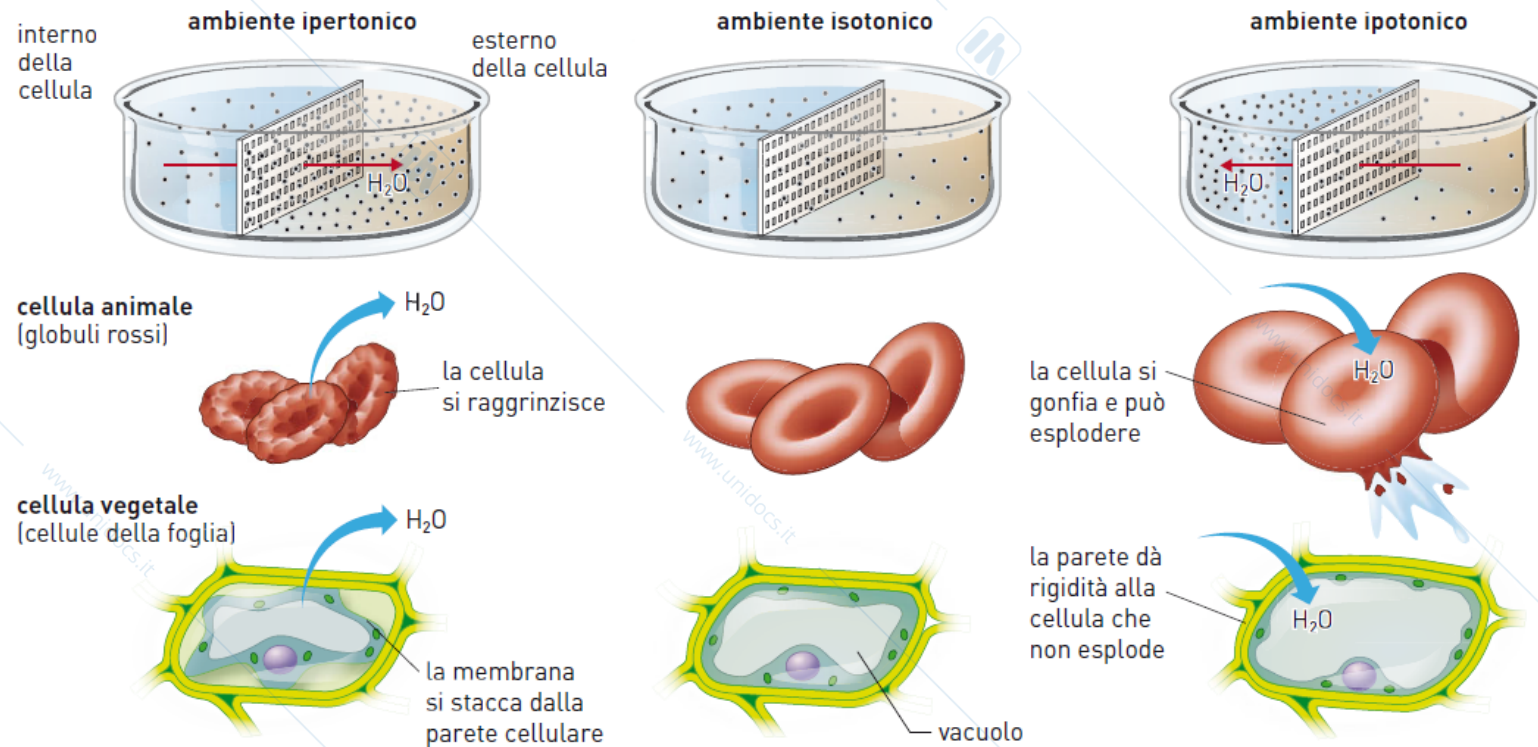
Nella **diffusione semplice** le particelle tendono a transitare dalla zona dove sono più concentrate a quella in cui sono meno concentrate. Dunque la diffusione semplice è regolata dal gradiente di concentrazione che permette di raggiungere l'equilibrio.

L'ossigeno e il diossido di carbonio, molecole piccole e prive di carica, attraversano le membrane per diffusione semplice. Non tutte le molecole riescono ad attraversare la membrana plasmatica per diffusione semplice.

Nella **diffusione facilitata** si ha l'intervento di *proteine di membrana* che formano dei canali attraverso i quali passano molecole più grandi, come zuccheri, amminoacidi e sali minerali.

# 9. Il trasporto passivo

Il processo di diffusione dell'acqua attraverso una membrana semipermeabile è detto **osmosi**. L'acqua tende a diffondere dalla soluzione *ipotonica* (con minor concentrazione di soluti) a quella *ipertonica* (con maggior concentrazione di soluti).



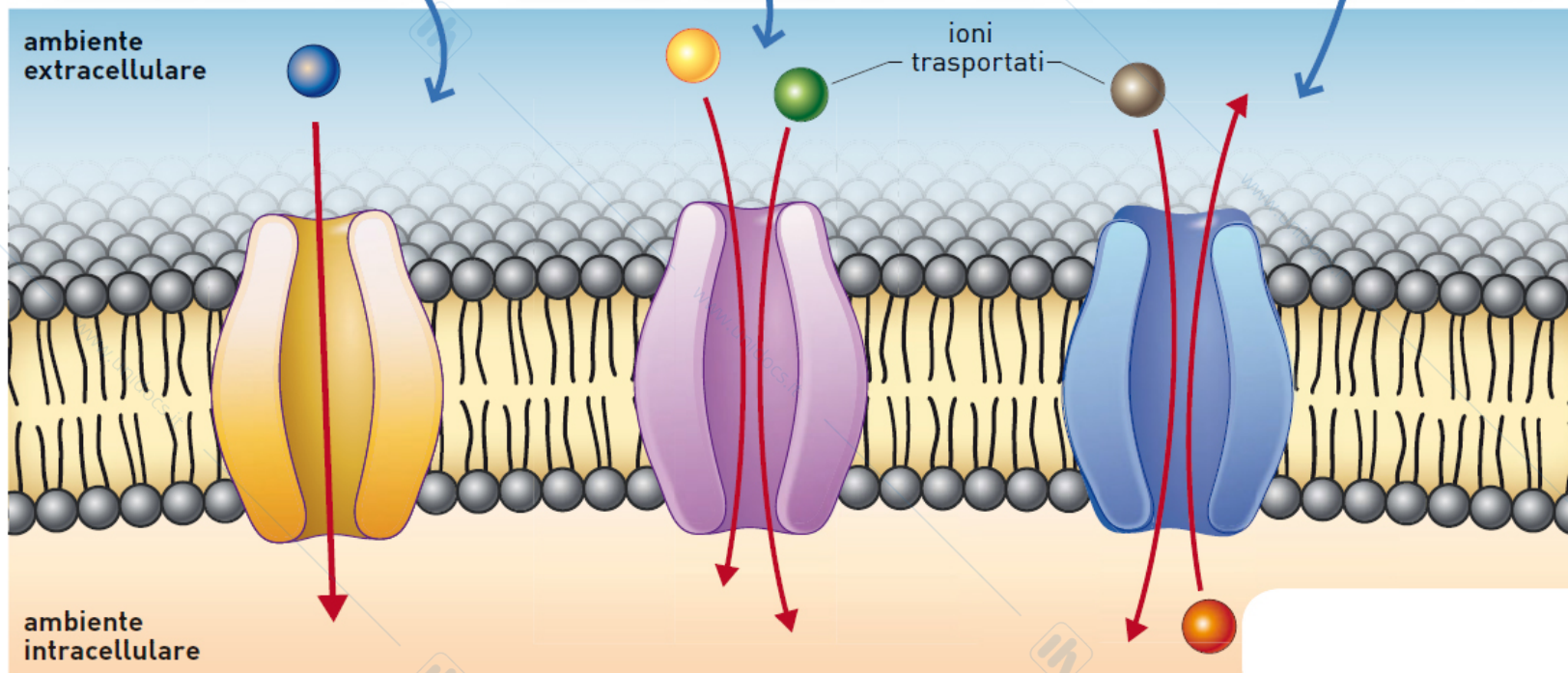
# 10. Il trasporto attivo

Il **trasporto attivo** comporta dispendio di energia da parte della cellula e avviene contro il gradiente di concentrazione, per mezzo di speciali proteine di trasporto chiamate *pompe*.

Tramite l'**uniporto** è trasportata una singola sostanza, per esempio lo ione calcio, in una sola direzione.

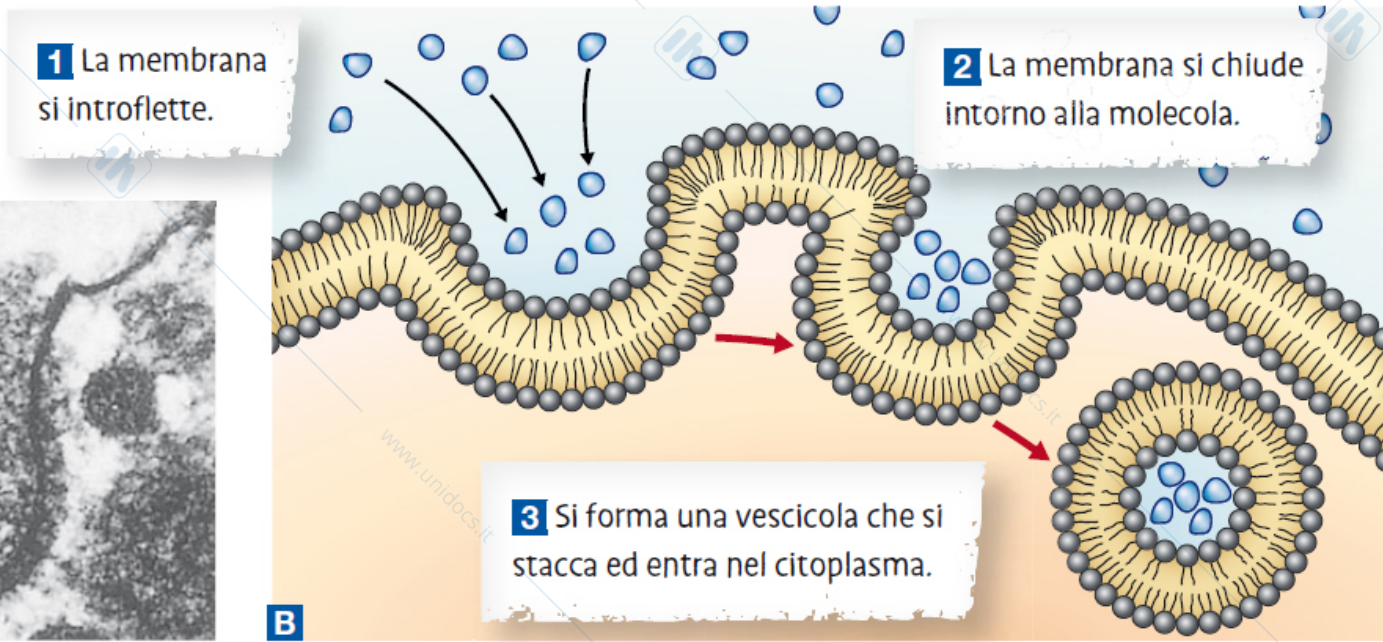
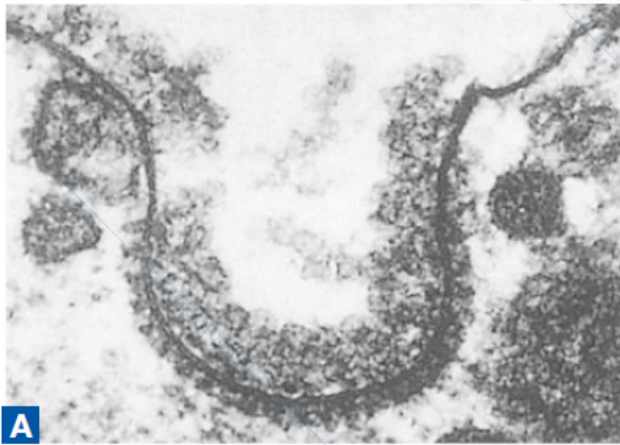
Tramite il **simporto** sono trasportate due sostanze diverse nella stessa direzione, per esempio nel canale alimentare la stessa proteina trasporta amminoacidi e ioni sodio.

Tramite l'**antiporto** sono trasportate due sostanze diverse, per esempio sodio e potassio, in due direzioni opposte.



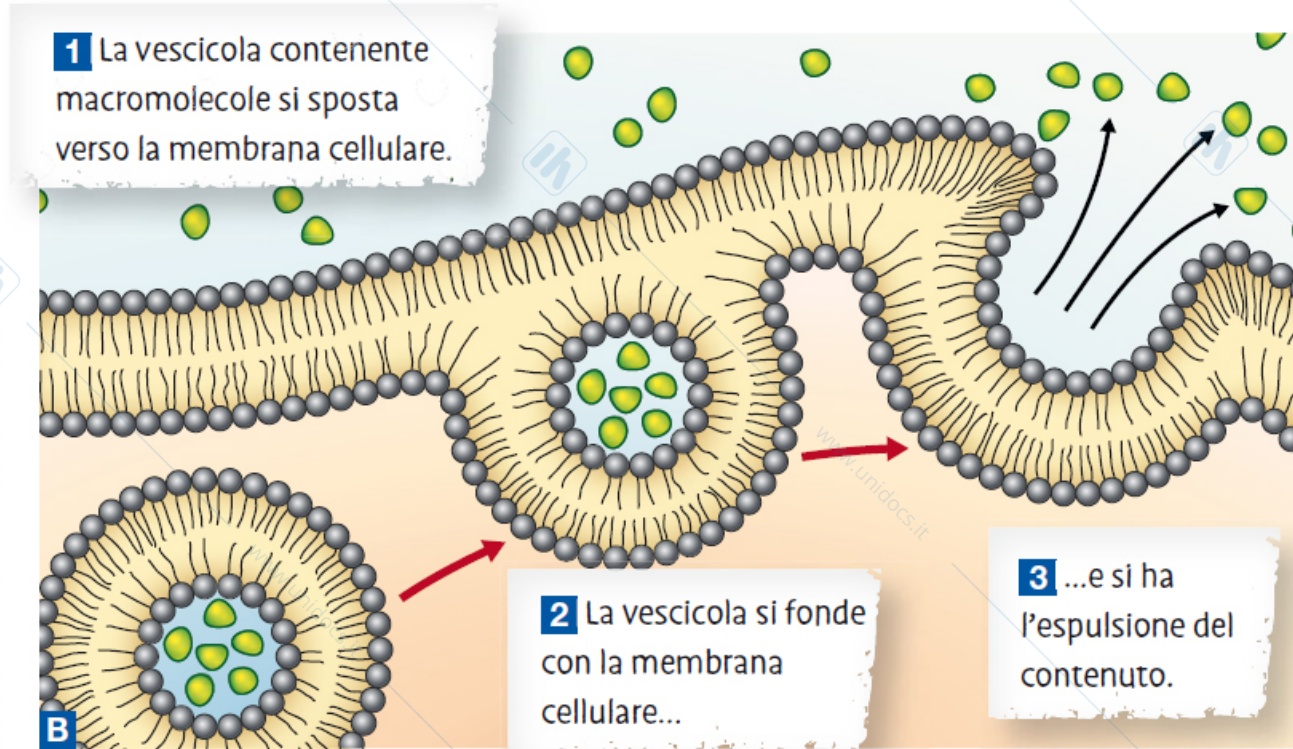
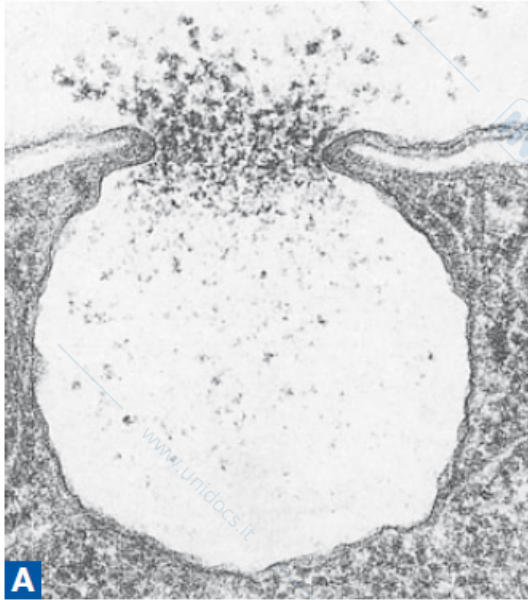
# 11. Esocitosi ed endocitosi

Per entrare nella cellula, le particelle di grandi dimensioni sono inglobate in una vescicola che si forma per introflessione della membrana (**endocitosi**).



# 11. Esocitosi ed endocitosi

Le vescicole con i materiali da portare all' esterno della cellula si fondono con la membrana plasmatica (**esocitosi**).



## 12. Altre funzioni delle proteine di membrana

Le proteine di membrana svolgono anche funzione di enzimi e di recettori di segnali.

Le **impronte molecolari** conferiscono alla cellula una speciale identità e sono caratteristiche di ogni individuo.

Gli **enzimi di membrana** velocizzano le reazioni.

I **recettori** sono piccole antenne molecolari che riconoscono i segnali provenienti dall'esterno.

# Lezione 3

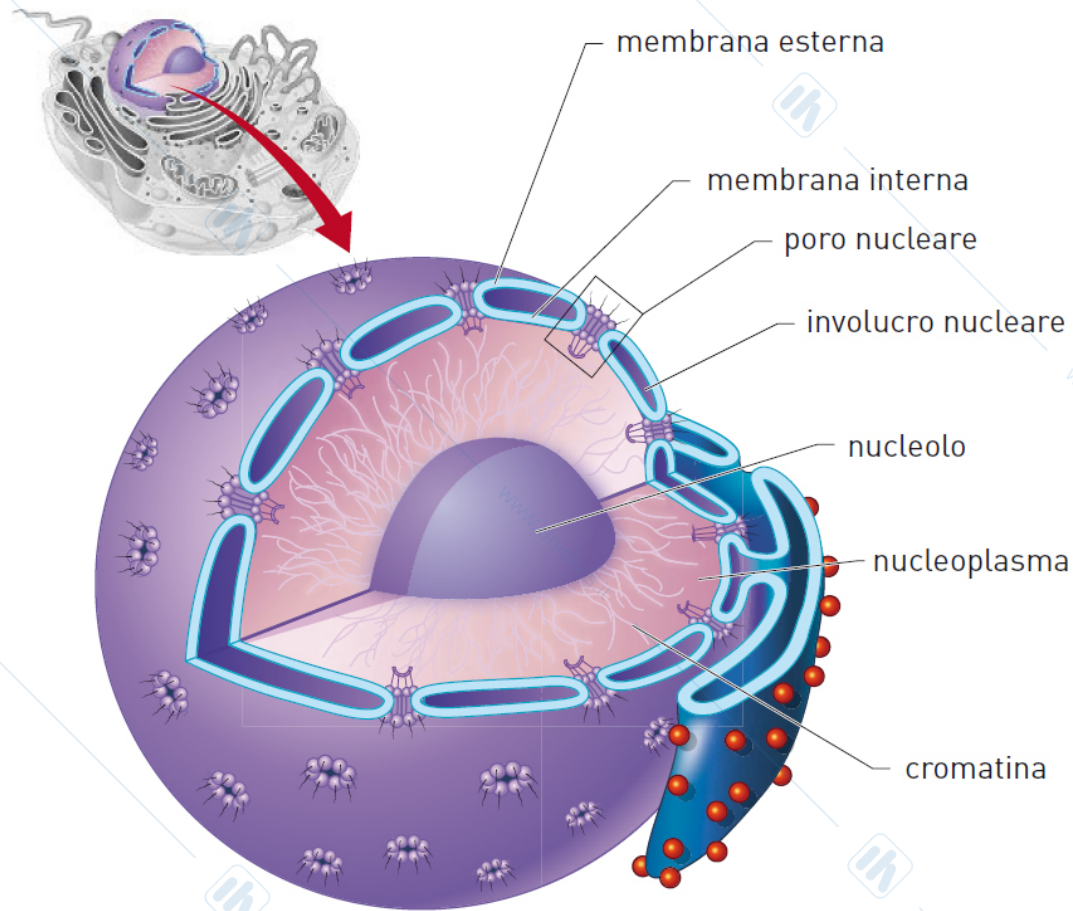
## Gli organuli cellulari

# 13. Il nucleo e i ribosomi

Il **nucleo** è circondato da una doppia membrana attraversata da **pori** che permettono l'ingresso e l'uscita del materiale.

Il nucleo contiene il materiale genetico della cellula, il **DNA**.

Nel nucleo è presente anche il **nucleolo**, dove sono prodotti i *ribosomi*.



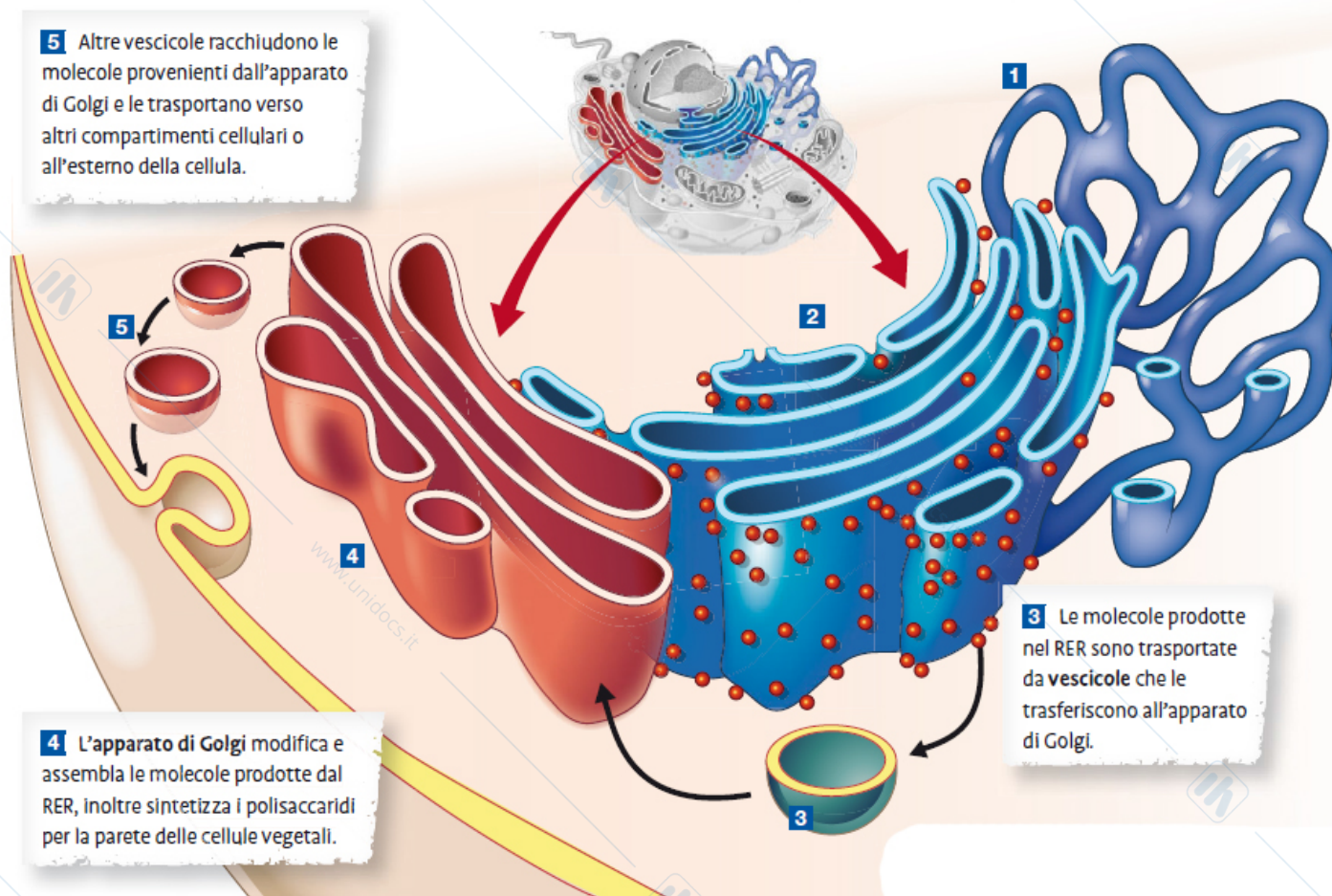
# 14. Il reticolo endoplasmatico e l'apparato di Golgi

**Il reticolo endoplasmatico (RE)** è costituito da una serie di sacchetti membranosi collegati tra loro; consente il trasferimento delle sostanze. **L'apparato di Golgi** modifica le molecole prodotte dal RE e le smista nella cellula.

**1** Nel REL sono sintetizzati acidi grassi, fosfolipidi e steroidi, sono accumulati ioni calcio usati per la contrazione muscolare e avviene la trasformazione chimica di sostanze tossiche e farmaci. Nelle cellule animali si svolge l'idrolisi del glicogeno in glucosio.

**2** Nel RER vengono sintetizzate le proteine. Sono visibili i ribosomi che gli conferiscono il tipico aspetto «ruvido».

**5** Altre vescicole racchiudono le molecole provenienti dall'apparato di Golgi e le trasportano verso altri compartimenti cellulari o all'esterno della cellula.



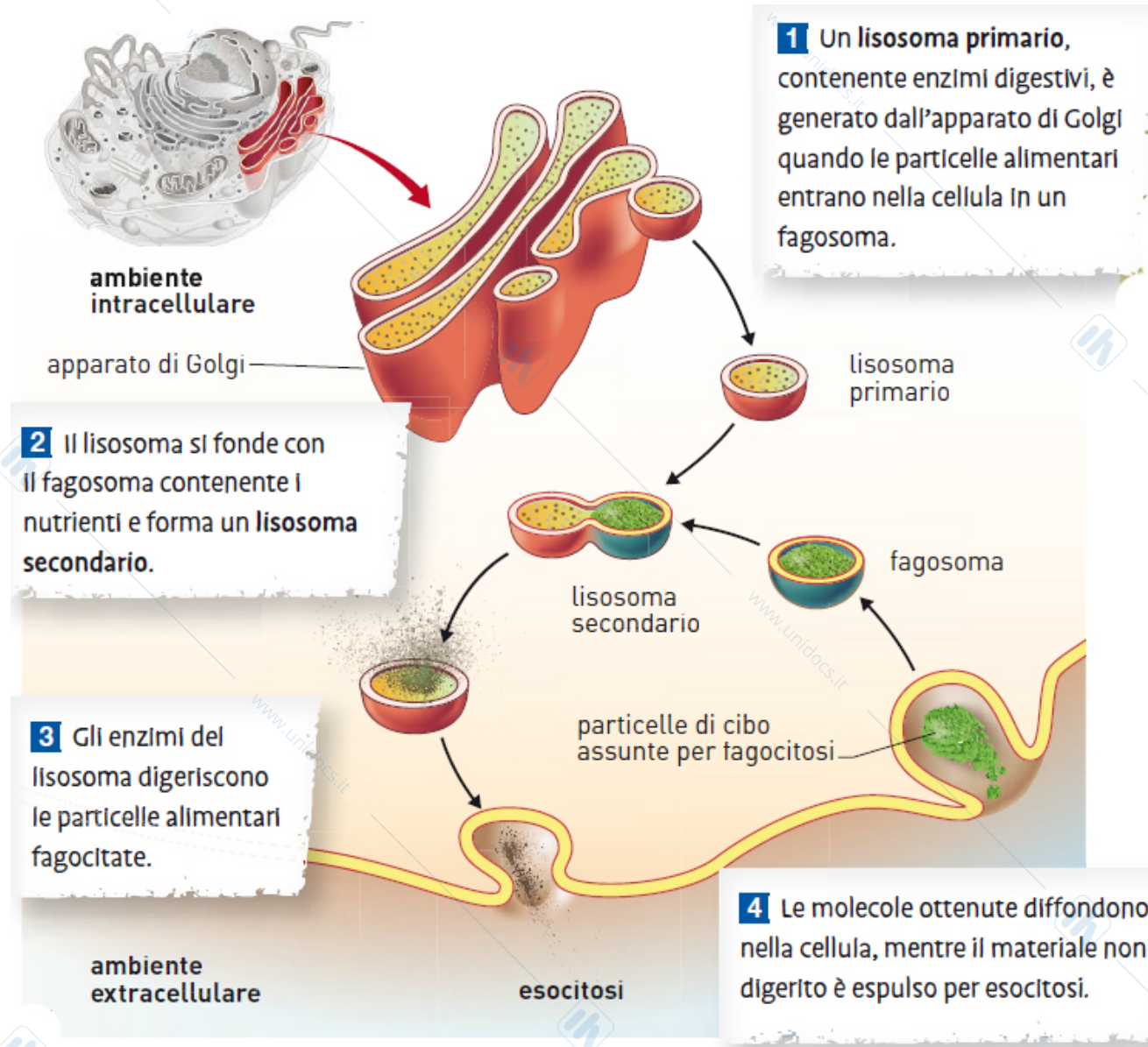
**4** L'apparato di Golgi modifica e assembla le molecole prodotte dal RER, inoltre sintetizza i polisaccaridi per la parete delle cellule vegetali.

**3** Le molecole prodotte nel RER sono trasportate da vescicole che le trasferiscono all'apparato di Golgi.

# 15. I lisosomi e i perossisomi

I **lisosomi** sono organuli ricchi di enzimi digestivi in grado di scomporre le macromolecole in molecole semplici.

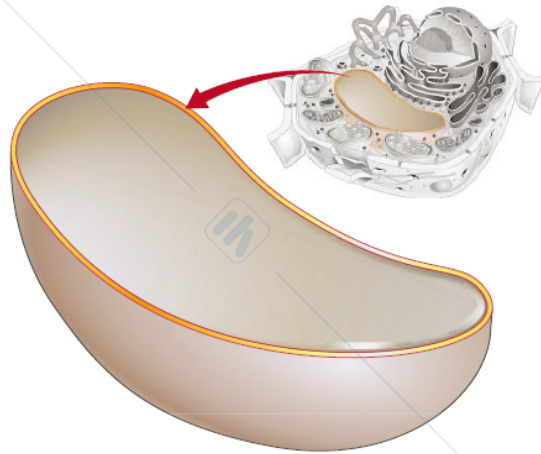
I **perossisomi** demoliscono le sostanze nocive per la cellula.



# 16. I vacuoli

I **vacuoli** sono delle cavità circondate da membrane e ripiene di liquido. Sono particolarmente evidenti nelle cellule vegetali.

Nelle **cellule vegetali** hanno funzione strutturale e di deposito, nei **protisti** hanno funzione digestiva e osmotica.



A



B

Il vacuolo centrale può occupare la maggior parte del volume della cellula.



C

I petali dei fiori sono colorati grazie alla presenza di pigmenti nei vacuoli.

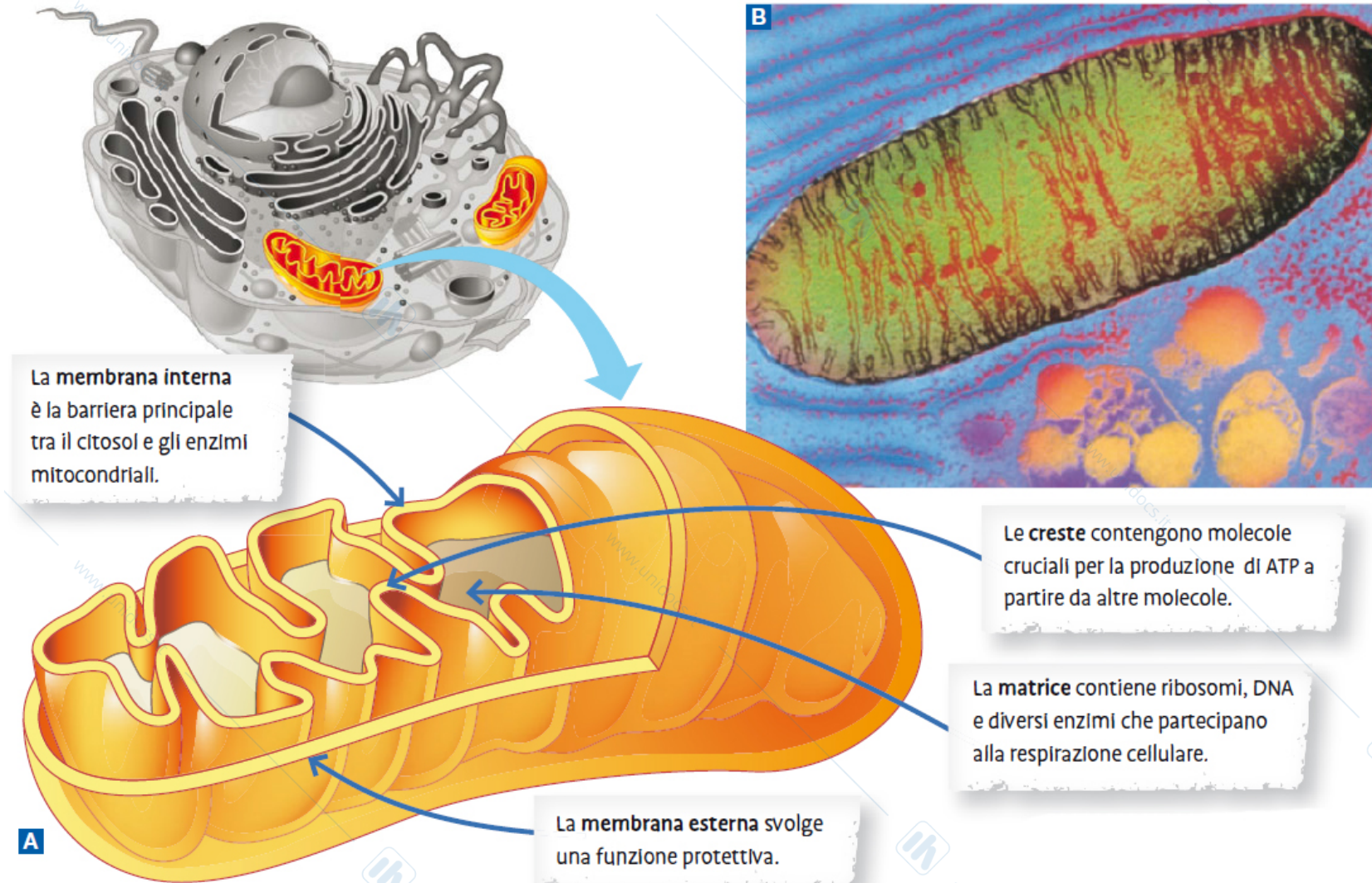


D

Il vacuolo contrattile serve agli organismi unicellulari per regolare l'equilibrio idrico della cellula.

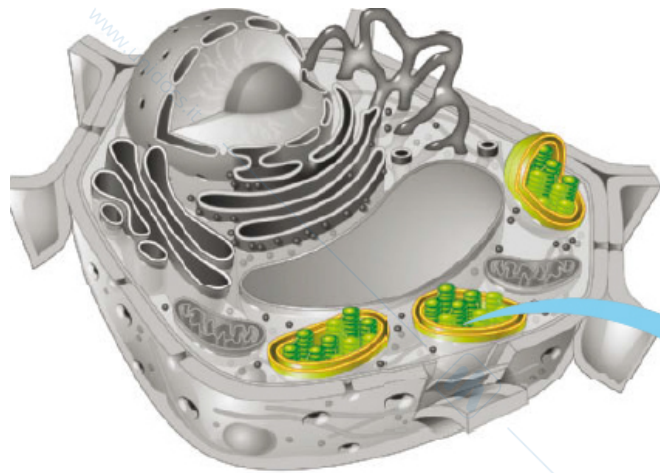
# 17. I mitocondri

Nei **mitocondri** si svolge la *respirazione cellulare*, che libera l'energia contenuta negli alimenti e la immagazzina sotto forma di ATP.



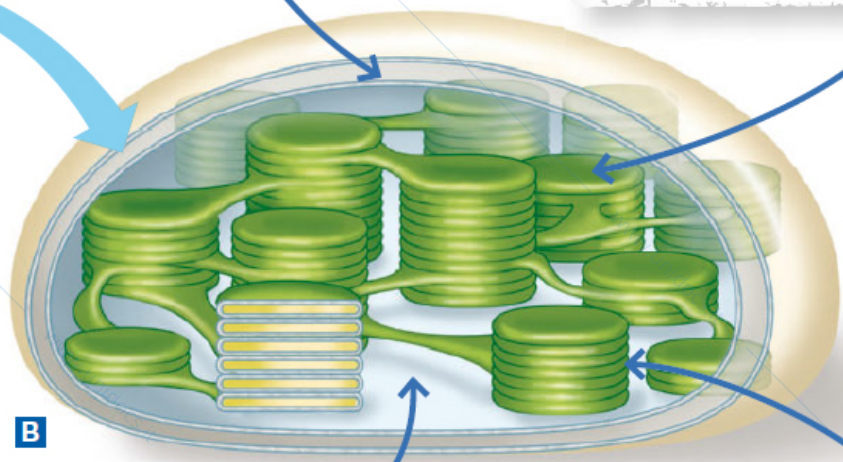
# 18. I cloroplasti

I **cloroplasti**, tipici delle cellule di piante e alghe, usano l'energia solare per trasformare acqua e diossido di carbonio in alimenti mediante la



I cloroplasti sono circondati da una **membrana esterna** e da una **membrana interna**.

Da ripiegamenti della membrana interna dei cloroplasti si originano i **tilacoidi**, dischi appiattiti che contengono **clorofilla**.



I tilacoidi si impilano uno sull'altro a formare delle strutture chiamate **grani**.

L'interno del cloroplasto contiene una sostanza gelatinosa, lo **stroma**, in cui sono immersi i grani.



# Lezione 4

## La cellula al lavoro

# 19. La demolizione del glucosio

Le cellule ottengono energia dalla degradazione del **glucosio**, una molecola con un elevato contenuto energetico.

Il metabolismo del glucosio comprende tre processi:

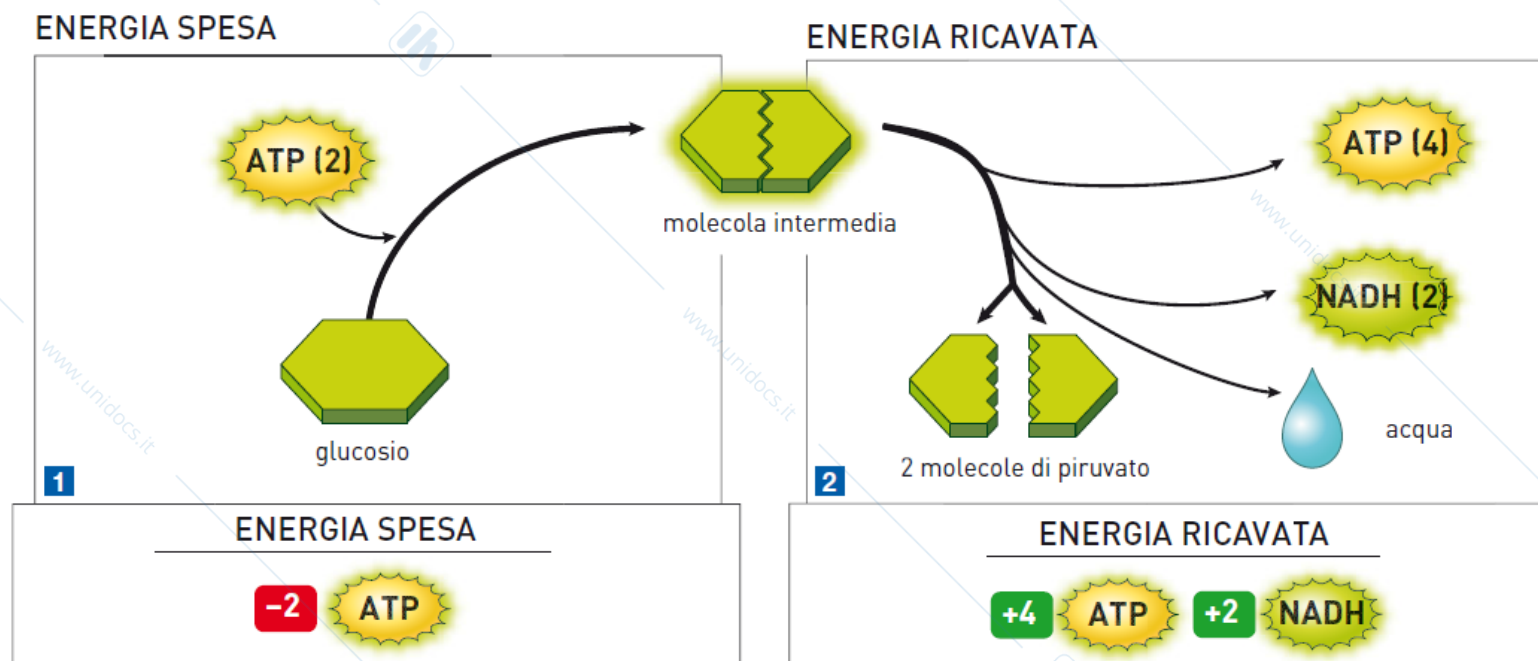
- la **glicolisi**, processo anaerobico che permette di ricavare acido piruvico e due molecole di ATP;
- la **respirazione cellulare**, che avviene in presenza di ossigeno e trasforma tutte le molecole di acido piruvico in  $\text{CO}_2$  ricavando 32 molecole di ATP;
- la **fermentazione**, che in assenza di ossigeno trasforma l'acido piruvico in acido lattico o alcol etilico, senza produzione di ATP.

# 20. La glicolisi

La **glicolisi** ha luogo nel citoplasma della cellula.

Produce *acido piruvico* ed energia sotto forma di *ATP*, attraverso una serie di reazioni in cui sono coinvolti specifici **coenzimi** (NAD e FAD) che favoriscono le reazioni enzimatiche e agiscono in particolare da trasportatori di elettroni durante le reazioni redox.

La glicolisi avviene in due fasi distinte.



# 21. La respirazione cellulare

La **respirazione cellulare** ha sede nei mitocondri in presenza di ossigeno.

Questo processo produce circa il 90% dell' ATP necessario alla cellula e comprende tre fasi principali:

- **demolizione dell' acido piruvico**: trasforma l' acido piruvico in acetil-CoA;
- **ciclo di Krebs**: demolisce l' acetil-CoA in  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  e immagazzina l' energia liberata in NADH e  $\text{FADH}_2$ ;
- **fosforilazione ossidativa**: NADH e  $\text{FADH}_2$  vengono ossidati e i loro elettroni sono trasportati fino all' ossigeno mediante la *catena di trasporto degli elettroni*; questo processo rilascia gradualmente energia che viene utilizzata per produrre ATP.

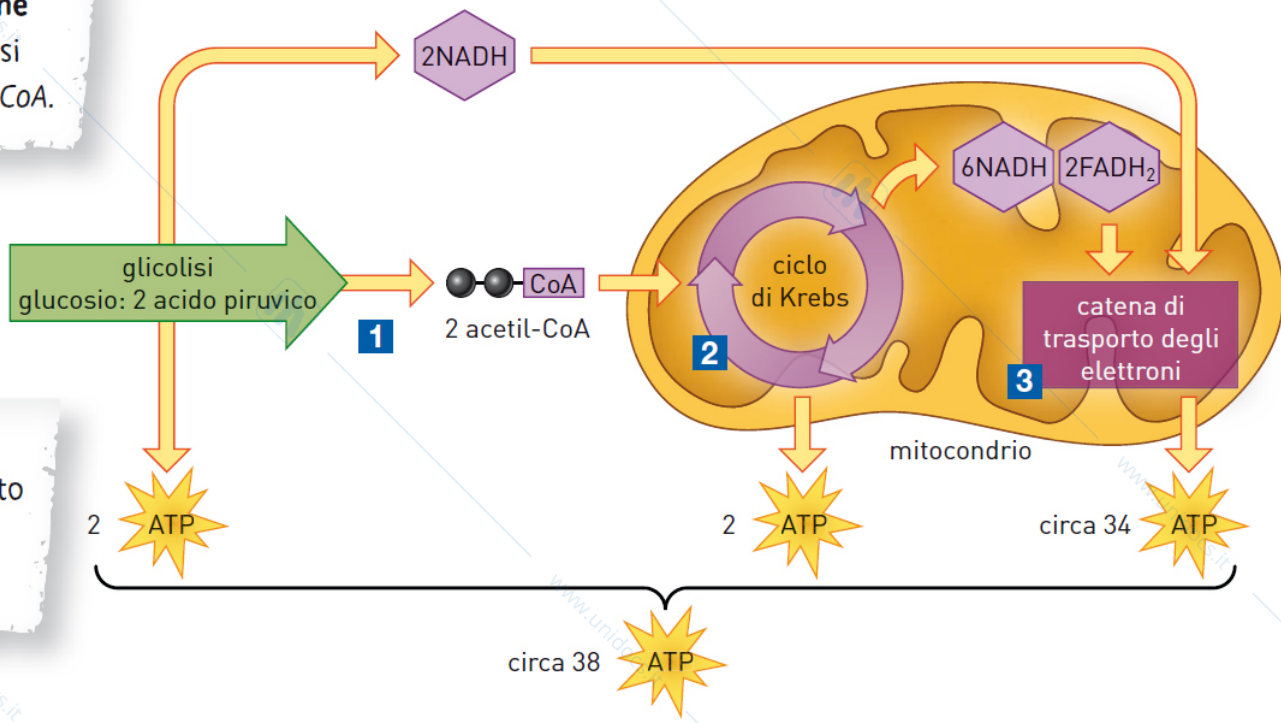
Le reazioni del ciclo di Krebs hanno luogo nella matrice dei mitocondri, il trasporto di elettroni e la fosforilazione nella membrana interna.

# 21. La respirazione cellulare

**1** Nella **demolizione dell'acido piruvico** si producono 2 **acetil-CoA**.

**2** Nel **ciclo di Krebs** l'**acetil-CoA** è demolito in  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  e si producono 2 **ATP**.

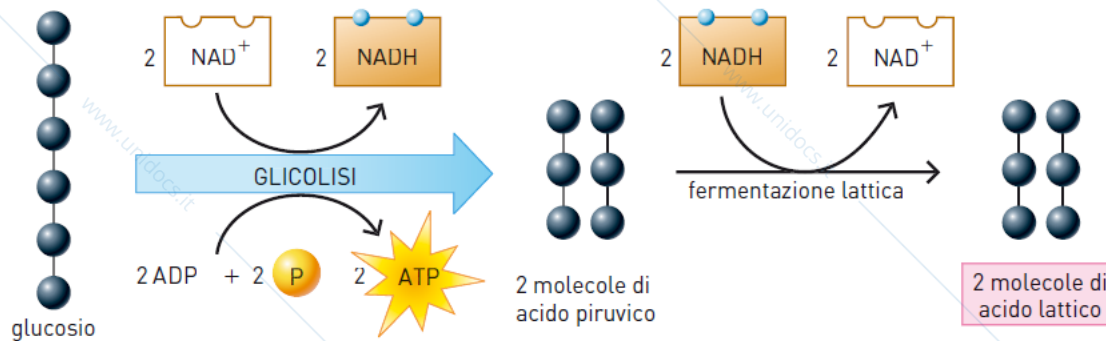
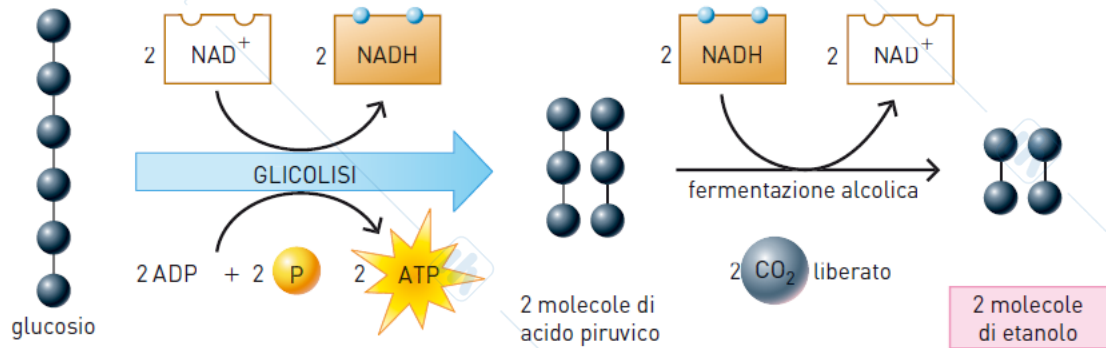
**3** La **fosforilazione ossidativa** richiede l'intervento della **catena di trasporto degli elettroni** che rende di nuovo disponibili  $\text{NAD}^+$  e  $\text{FAD}$  e produce circa 34 **ATP**.



# 22. La fermentazione

La **fermentazione** avviene nel citoplasma e non richiede ossigeno.

La **fermentazione alcolica (A)** è svolta dai lieviti, mentre la **fermentazione lattica (B)** è svolta da alcuni batteri e dalle cellule muscolari.



La molecola di acido piruvico ( $C_3H_4O_3$ ) e quella di acido lattico ( $C_3H_6O_3$ ) hanno entrambe tre atomi di carbonio.

## 23. La fotosintesi

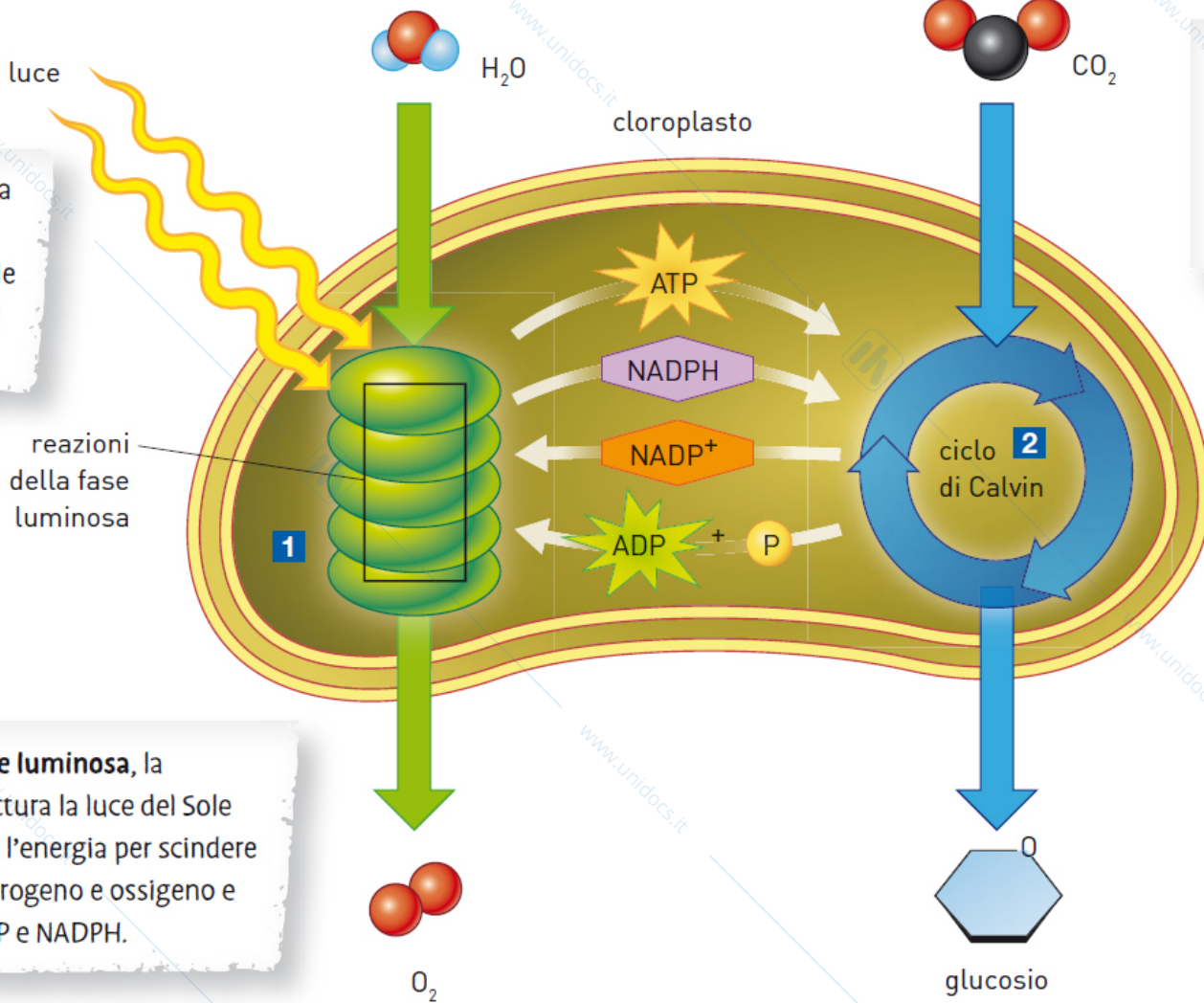
Il processo attraverso il quale gli organismi autotrofi producono biomolecole a partire da sostanze inorganiche è detto **fotosintesi**.

La luce solare viene catturata da speciali molecole chiamate pigmenti, sensibili alle radiazioni luminose. Il pigmento più diffuso è la **clorofilla**.

L'equazione generale della fotosintesi è:  $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$

Il processo è suddiviso in due fasi. La prima, detta **fase luminosa**, avviene in presenza della luce. La seconda fase, chiamata **ciclo di Calvin**, avviene nello stroma ed è *indipendente dalla luce*, ovvero non la utilizza direttamente.

# 23. La fotosintesi



Le reazioni della fase luminosa avvengono sulle membrane dei tilacoidi.

**2** Nel ciclo di Calvin si utilizzano ATP e NADPH per produrre glucosio a partire dal diossido di carbonio.

**1** Nella fase luminosa, la clorofilla cattura la luce del Sole che fornisce l'energia per scindere l'acqua in idrogeno e ossigeno e produrre ATP e NADPH.

Le reazioni del ciclo di Calvin avvengono nello stroma del cloroplasto.

# Lezione 5

## Citoscheletro, ciglia e flagelli

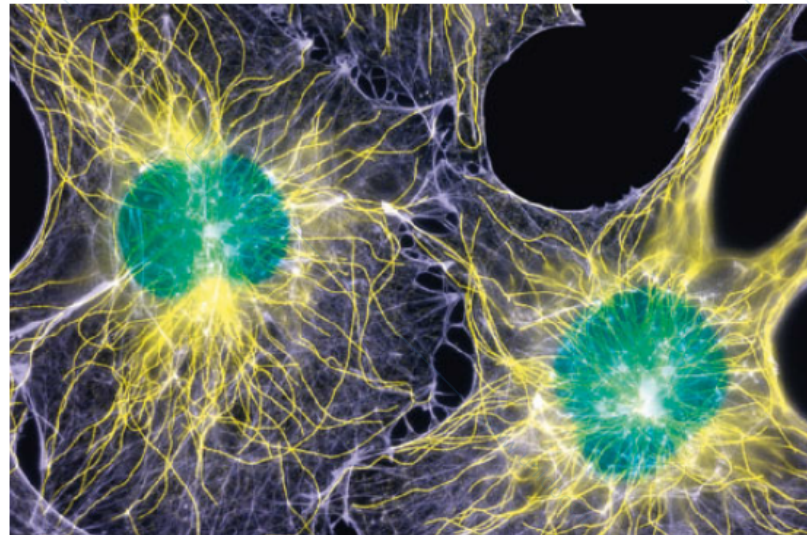
# 24. Il citoscheletro

Il **citoscheletro** è un sistema di filamenti che costituiscono lo «scheletro» e la «muscolatura» della cellula eucariotica.

I **microtubuli** sono formati da proteine cave e diritte che conferiscono rigidità alla cellula.

I **microfilamenti** sono costituiti da una proteina (*actina*) capace di contrarsi e consentono alla cellula di muoversi.

In molte cellule animali sono inoltre presenti i **filamenti intermedi**.



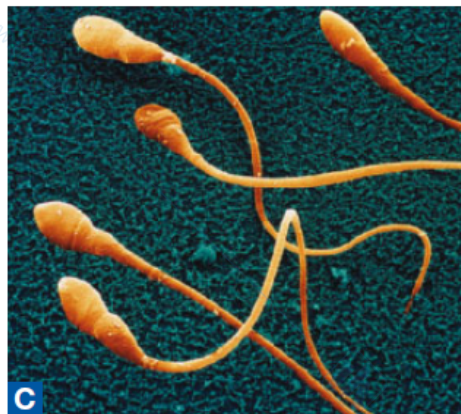
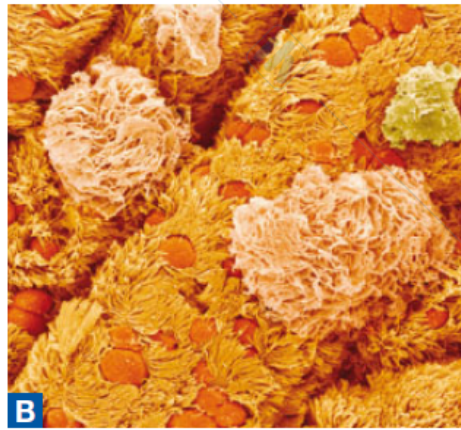
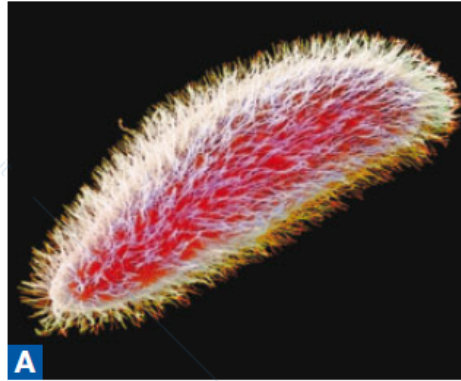
Cellule in cui sono evidenti i microtubuli (in giallo) che formano il citoscheletro, visibili grazie alla tecnica della microscopia a fluorescenza.

## 25. Ciglia e flagelli

Molte cellule hanno strutture filiformi mobili più o meno lunghe e numerose.

Le appendici più corte e numerose sono le **ciglia**, mentre quelle più lunghe sono i **flagelli**.

Ciglia e flagelli sono costituiti da *microtubuli* disposti in modo caratteristico.



Il paramecio, un protista che vive nelle acque stagnanti, si muove grazie al battito delle ciglia che lo rivestono.

Le ciglia sono presenti anche negli organi respiratori di molti organismi pluricellulari dove consentono di espellere le particelle estranee.

Gli spermatozoi hanno un flagello che si muove con moto ondulatorio grazie allo scorrimento coordinato di microtubuli.