

Le basi dell'organizzazione biologica e molecolare della vita

Le caratteristiche universali delle cellule sulla Terra

BIOLOGIA



βίος, bîos = "vita" e **λόγος**, lògos = "studio"

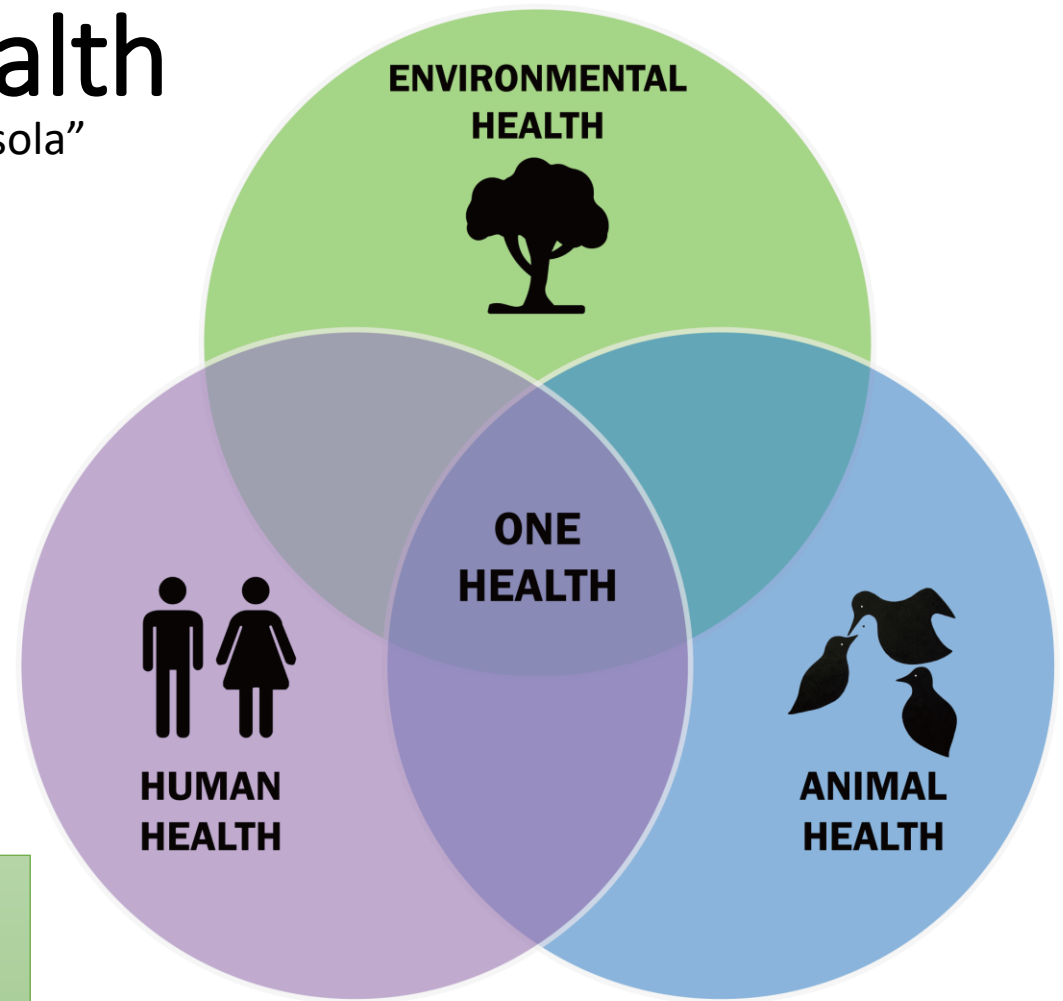
One Health

“una salute sola”

La visione One Health riconosce gli **stretti legami tra persone, animali e ambiente** e propone di affrontare i problemi che riguardano queste tre sfere con un approccio integrato, chiedendo ad esperti di diversi settori (per esempio etologi, veterinari, medici, epidemiologi, climatologi, esperti di salute pubblica) di coordinare competenze, comunicazione e strategie per occuparsi della salute di tutte le diverse componenti del Pianeta, anziché agire a compartimenti stagni.

la collaborazione tra settori e discipline contribuisce a proteggere la salute, ad affrontare le sfide sanitarie quali l'insorgenza di malattie infettive, la resistenza antimicrobica e la sicurezza alimentare e a promuovere la salute e l'integrità dei nostri ecosistemi.

Obiettivi: Prevenire e controllare



- ❖ Negli anni 80, si parlava di “**medicina unica**” (one medicine), un concetto introdotto dall’epidemiologo e parassitologo veterinario statunitense *Calvin Schwabe*, che suggerì che, per contrastare le zoonosi, si dovessero utilizzare sia le conoscenze di medicina veterinaria, sia quelle della medicina umana.
- “**zoonosi**” : questo termine, introdotto dal patologo tedesco Rudolf Virchow, indica le malattie trasmissibili dall’animale all’uomo
= esistenza di un collegamento tra la salute animale e quella umana, tra la medicina veterinaria e quella umana.



necessità di considerare in modo più integrato le connessioni
tra uomo e animali

Es. anni 2000: epidemia di SARS o sindrome respiratoria acuta grave, una forma di polmonite causata dal virus SARS-CoV-1, un coronavirus rintracciato nei pipistrelli a ferro di cavallo e veicolato dallo zibetto (Carlo Urbani)

I 12 principi di Manhattan

The Manhattan Principles on One World, One Health

Invito a tutto il mondo scientifico affinché il ricorso ad un approccio interdisciplinare e trasversale alla prevenzione, la sorveglianza ed il controllo delle malattie sia in grado di garantire l'integrità biologica e la conservazione dell'ambiente del nostro pianeta per le generazioni future.

Riconoscere il **legame essenziale** tra la salute di esseri umani, animali domestici e specie selvagge e la minaccia che le malattie pongono alle persone, la sicurezza alimentare ed economica, ed alla biodiversità necessaria al mantenimento di un ambiente sano ed un ecosistema ben funzionante di cui noi tutti abbiamo bisogno.

Promuovere approcci innovativi, olistici e proiettati nel futuro della prevenzione, sorveglianza, il monitoraggio ed il controllo delle malattie emergenti e riemergenti, che prendano in considerazione la complessa **interconnessione tra le specie**

Investire in educazione e sensibilizzazione della popolazione mondiale per influenzare il processo politico atto a migliorare la consapevolezza che dobbiamo capire meglio la relazione tra salute e integrità dell'ecosistema per migliorare con successo le prospettive sanitarie del un pianeta

sottoscritto da OMS, FAO, CDC

Antibiotico resistenza

Sostenibilità alimentare (uso della terra e dell'acqua)

Conservazione
delle specie

Istruzione

monitoraggio
degli agenti
patogeni
zoonotici

Cambiamento
climatico

Sicurezza
alimentare

Energia pulita

Qual è il percorso della vita sulla
terra?

Evoluzione

- cambiamento di una linea di discendenti che, nel tempo, porta alla formazione di nuove specie.

Fino alla metà del XVIII secolo l'opinione prevalente era che le specie fossero state create da Dio e fossero pertanto immutabili nel tempo >

CREAZIONISMO: la comparsa delle specie è opera di un Creatore e perciò che esse sono perfette e immutabili.

Il pensiero creazionista dominò la cultura occidentale per molti secoli.

Più tardi gli studi compiuti in campo biologico e geologico (studio dei fossili e anatomia comparata) portarono gradualmente all'affermazione dell'idea che le specie si evolvono, cioè cambiano nel tempo.

- **FILOGENESI:** studia le *connessioni, i rapporti evolutivi tra le diverse forme viventi*. Attualmente si parla di “studi di evoluzione molecolare”, poiché l'avvento della microbiologia molecolare ha consentito di fare filogenesi e tassonomia attraverso la comparazione delle sequenze di macromolecole fondamentali.

Anche la moderna biologia molecolare, supportata dai dati paleontologici, ha fornito una conferma della teoria evolutiva.

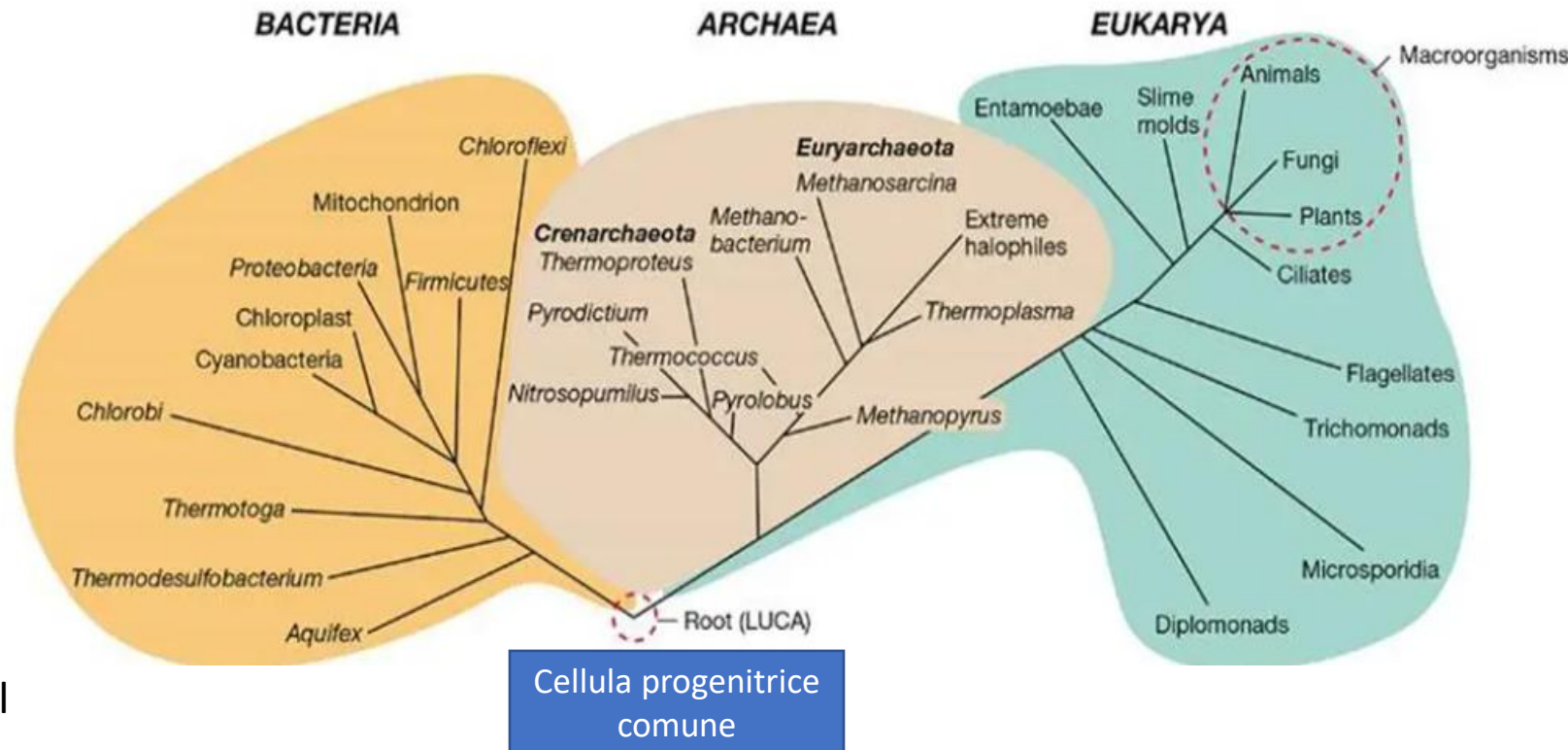
- I biologi molecolari hanno visto che in due specie strettamente imparentate, le sequenze di basi nel DNA e le sequenze di amminoacidi nelle proteine presentano una somiglianza maggiore rispetto a quelle di specie più lontane dal punto di vista filogenetico
- **ALBERI FILOGENETICI:** mostrano le distanze evolutive tra gli individui che si stanno confrontando

Le divisioni principali del mondo vivente

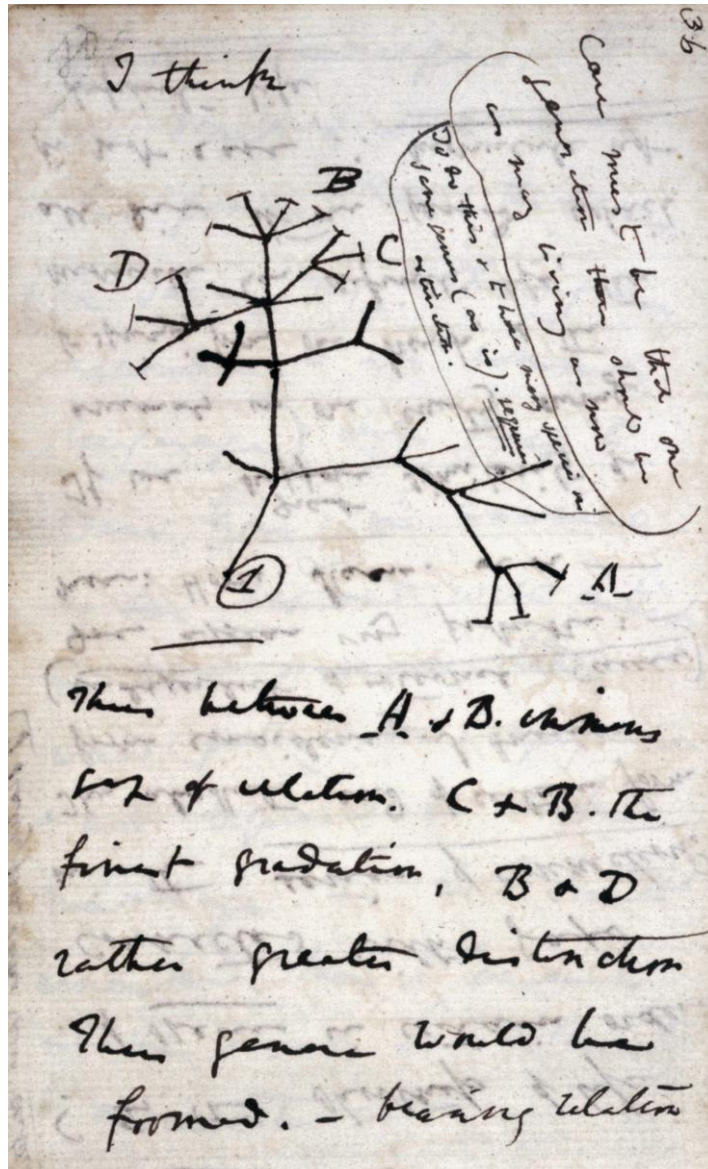
- Oggi si ritiene che il mondo vivente consista di 3 divisioni principali (o *domini*)

1. Batteri (eubatteri)
2. Archei (archebatteri)
3. Eucarioti

Per costruire il nuovo albero della vita i ricercatori **hanno confrontato le sequenze** di 16 proteine ribosomiali appartenenti a 3.083 organismi, che rappresentano tutti i generi per cui è disponibile un genoma completo e di alta qualità. I domini in cui oggi vengono suddivisi i viventi sono introdotti nel 1990 dal microbiologo Carl Woese.



L'albero della vita o albero filogenetico è un diagramma che rappresenta la varietà e l'evoluzione della vita sulla Terra a partire da un antenato comune



Schizzo tratto dai quaderni sulla *Trasmutazione delle Specie* di Charles Darwin (1837), probabilmente il primo esempio di albero filogenetico.

(1) rappresenta un antenato comune

- i rami barrati rappresentano i discendenti ancora esistenti
- i rami non marcati rappresentano i discendenti estinti.

Le note recitano:

Penso che...

...Deve essere che una generazione allora avrebbe avuto tante specie viventi quante ne ha oggi. Per fare questo e avere molte specie nello stesso genere (così come è) è necessaria l'estinzione.

Quindi tra A e B c'è un immenso divario di parentela, C e B la gradazione più fine, B e D una distinzione piuttosto maggiore. Così si formerebbero generi – in relazione [interruzione di pagina] con tipi antichi – con diverse forme estinte[.]

Da allora è stato ripetutamente modificato, acquisendo nuove branche principali e ramificazioni secondarie, man mano che le nuove scoperte ne complicavano o stravolgevano la struttura.

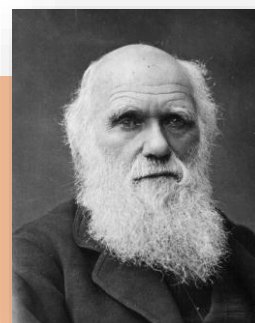


Lamarckismo

LEGGE DELL'USO E DEL DISUSO

EREDITARIETÀ DEI CARATTERI
ACQUISITI

- Un organo si sviluppa quanto più viene sfruttato e si atrofizza quanto meno è utilizzato;
- Un carattere acquisito nel corso della vita dell'organismo viene trasmesso alla sua discendenza.



Darwinismo

Nella lotta per la sopravvivenza non vincono gli individui più forti ma quelli più idonei a un particolare luogo e periodo

ADATTAMENTO

SELEZIONE NATURALE

I punti principali su cui è basata la teoria evoluzionistica di Darwin sono:

- variabilità dei caratteri,
- eredità dei caratteri innati,
- adattamento all'ambiente,
- lotta per la sopravvivenza,
- selezione naturale ed isolamento geografico.

(a) Lamarck's view

Original, short-necked ancestor



Keeps stretching neck to reach leaves higher up on tree



And continues stretching until neck becomes progressively longer

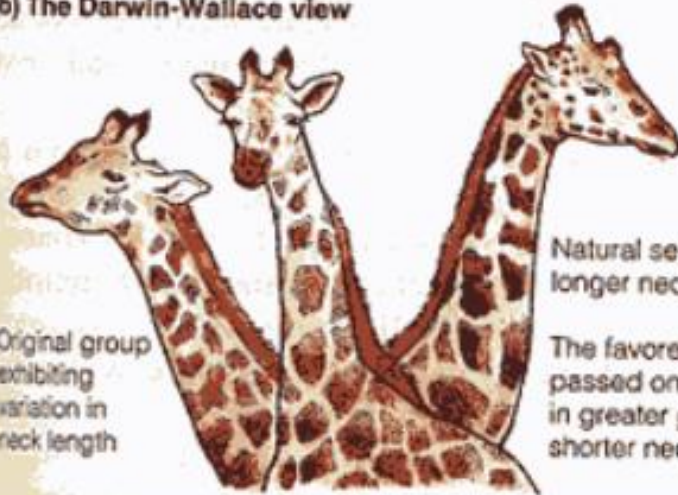


Long-necked descendant after many generations



(b) The Darwin-Wallace view

Original group exhibiting variation in neck length



Natural selection favors longer necks

The favored characteristic is passed on to next generation in greater proportion than the shorter neck



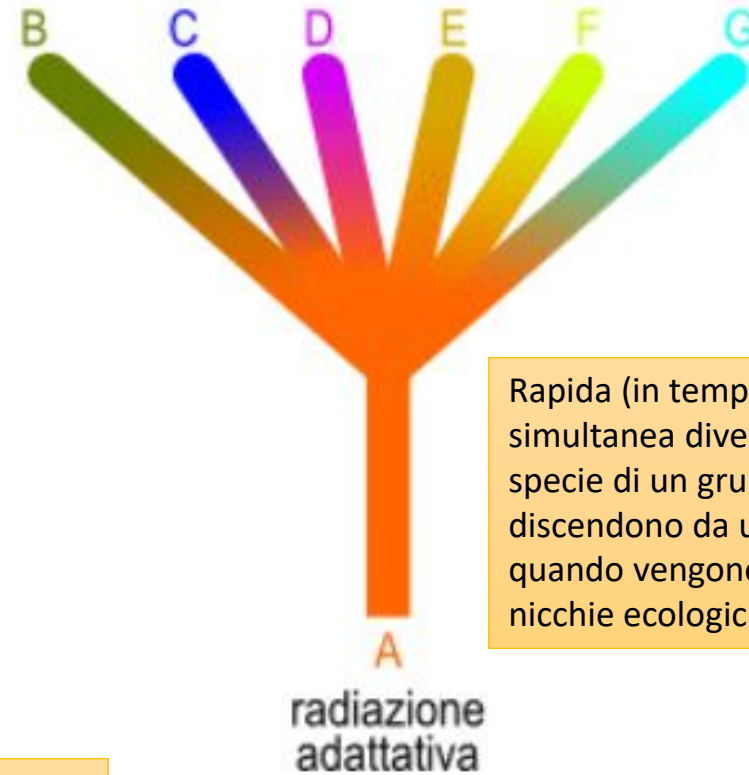
After many, many generations, group is still variable, but showing a general increase in neck length

Tendenze evolutive

Una specie accumula gradualmente una serie di cambiamenti continui e uniformi

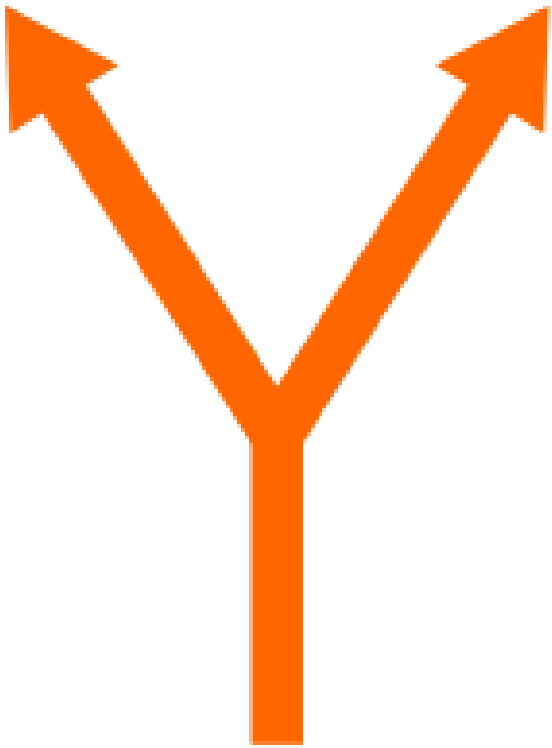


Una specie progenitrice si suddivide in due o più rami (cladi) distinti. Il processo richiede che il flusso genico venga interrotto tra le due popolazioni

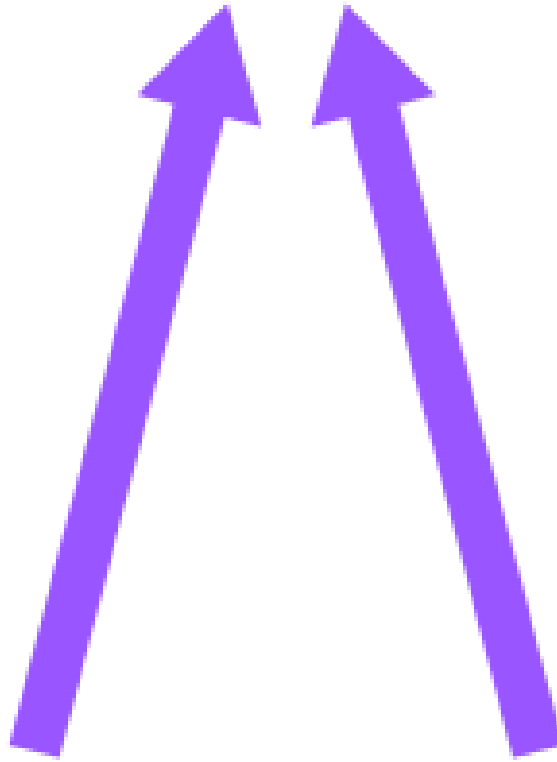


Rapida (in tempi geologici) e simultanea diversificazione in nuove specie di un gruppo di organismi che discendono da un antenato comune quando vengono ad aprirsi nuove nicchie ecologiche

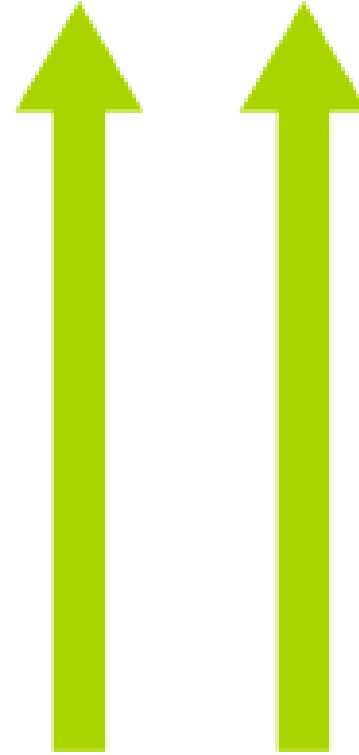
Un esempio di questo modello evolutivo è la comparsa e rapida diversificazione dei mammiferi dopo l'estinzione dei dinosauri.



evoluzione
divergente



evoluzione
convergente

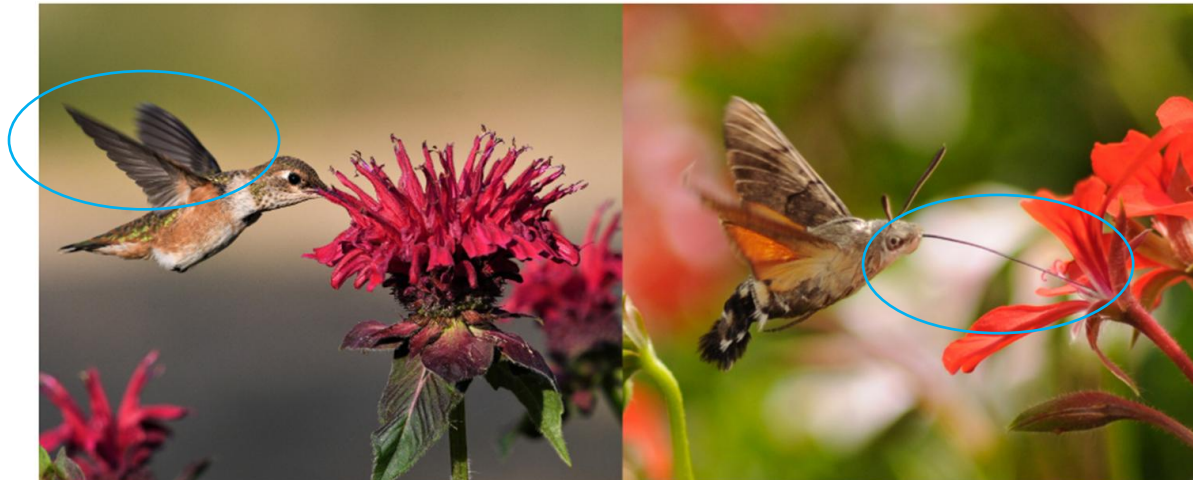
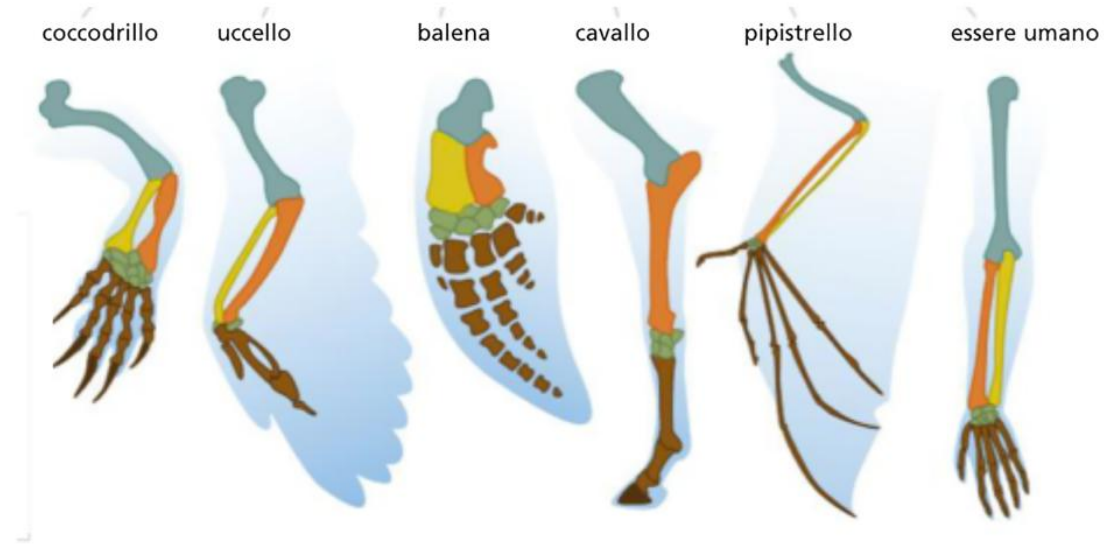


evoluzione
parallela

I diversi modelli di evoluzione

- Quando la selezione naturale porta alla formazione di specie che si assomigliano pur non essendo imparentate, si parla di evoluzione convergente. Organismi di specie diverse che vivono in ambienti simili o occupano nicchie ecologiche analoghe, sviluppano per selezione naturale caratteristiche anatomiche e funzionali simili, pur non avendo antenati comuni
- Quando una popolazione intraprende un percorso evolutivo separato dalla popolazione d'origine, si parla di evoluzione divergente. Due o più specie si differenziano da un antenato comune, sviluppando tratti distintivi a causa di adattamenti a diversi ambienti o stili di vita (strutture omologhe).

Divergente o convergente? Omologia o analogia?



- **OMOLOGIA:** strutture o caratteri ereditati da un antenato comune, che potrebbero avere funzioni diverse (es. braccio umano e ala di pipistrello)
- **ANALOGIA:** strutture con funzioni simili, ma con un'origine evolutiva indipendente e diversa (es. ala di uccello e di insetto).

Questi concetti aiutano a spiegare come l'evoluzione possa creare sia somiglianze basate sulla discendenza comune (omologia) sia somiglianze funzionali dovute all'adattamento a contesti simili (analogia) tramite evoluzione convergente.

La **tassonomia** è la disciplina che raggruppa gli organismi secondo la loro storia evolutiva e le correlazioni con altri organismi:

- è una scienza in continuo cambiamento, dato che le conoscenze sulle specie diventano sempre più ampie e gli strumenti di indagine sempre più sofisticati
- le *categorie tassonomiche* tradizionali, dette *taxa* (taxon al singolare), dalla più piccola alla maggiore, sono: la specie, il genere, la famiglia, l'ordine, la classe, il phylum, il regno e il dominio



le specie sono gruppi di popolazioni naturali che, concretamente o potenzialmente, sono in grado di incrociarsi tra loro e di produrre una prole a sua volta **fertile**.

Ciascun livello può includere più gruppi situati ad un livello inferiore. Ogni gruppo viene chiamato unità tassonomica e i livelli sono chiamati categorie. La specie è la categoria posta alla base della classificazione gerarchica; il genere è la categoria situata immediatamente al di sopra e può pertanto includere più specie; la famiglia è la categoria immediatamente superiore al genere e così via.

- In biologia, per assegnare il nome scientifico a ciascuna specie si adotta la *nomenclatura binomiale*, cioè un sistema a due nomi riconosciuto in tutto il mondo.
- Il primo è il nome del genere, mentre il secondo è il nome specifico, cioè che indica esattamente una delle specie appartenenti a quel genere.



Gatto selvatico: *Felis silvestris*

Dominio	Eukaryota
Regno	Animalia
Phylum	Chordata
Classe	Mammalia
Ordine	Carnivora
Famiglia	Felidae
Genere	Felis
Specie	F. silvestris

AMBIENTE con
determinate
caratteristiche (fattori
abiotici)



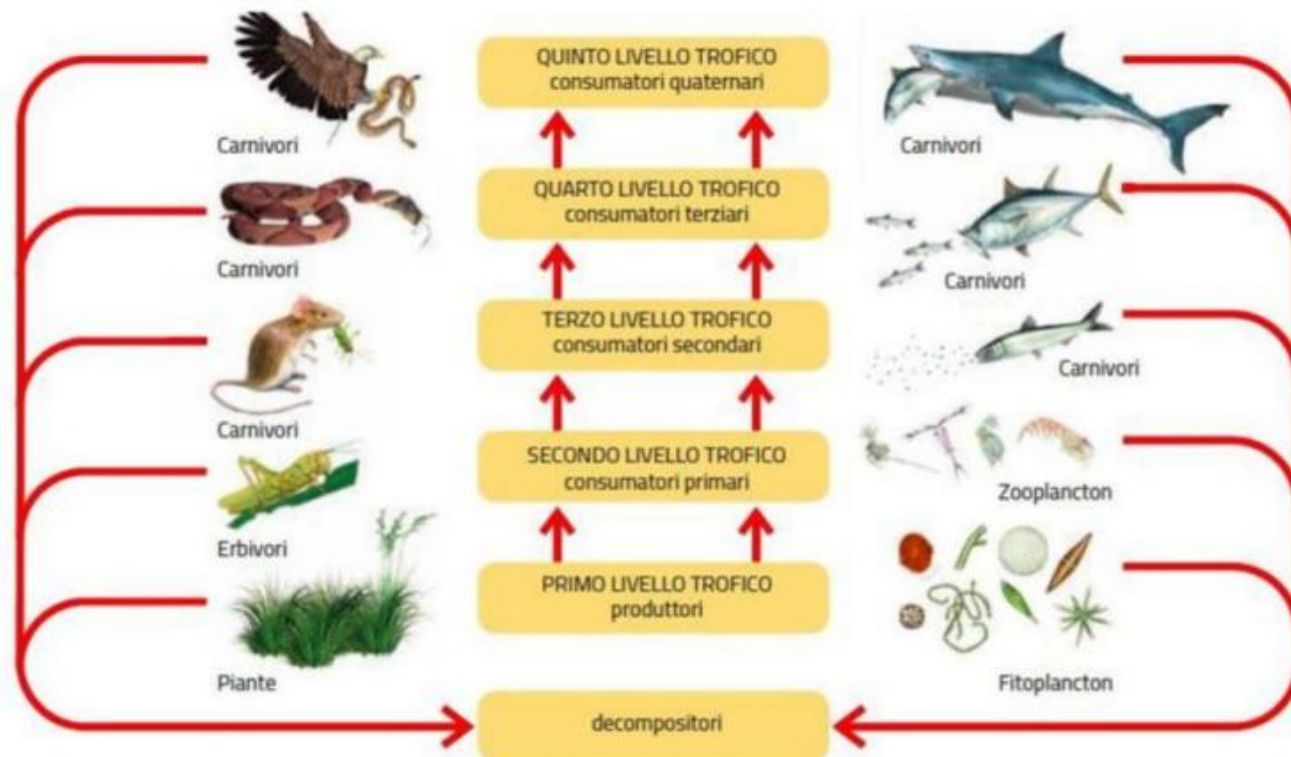
ORGANISMI viventi
(componente biotica)



ECOSISTEMA

In un ecosistema, gli esseri viventi sono collegati tra loro per molti aspetti. Le relazioni reciproche che intercorrono sia tra di essi che tra essi e l'ambiente circostante mantengono un equilibrio e una omeostasi nel tempo attraverso il continuo scambio di materia e di energia.

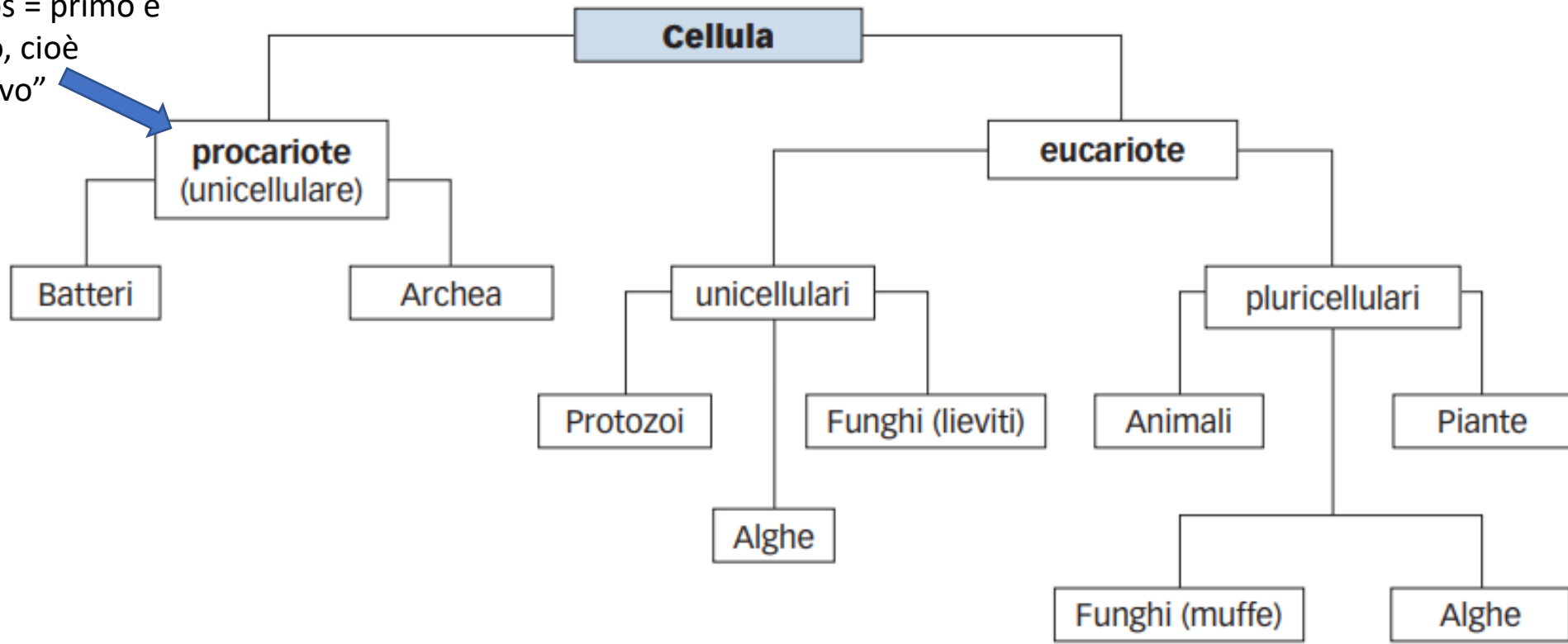
Dal punto di vista della **nutrizione**:

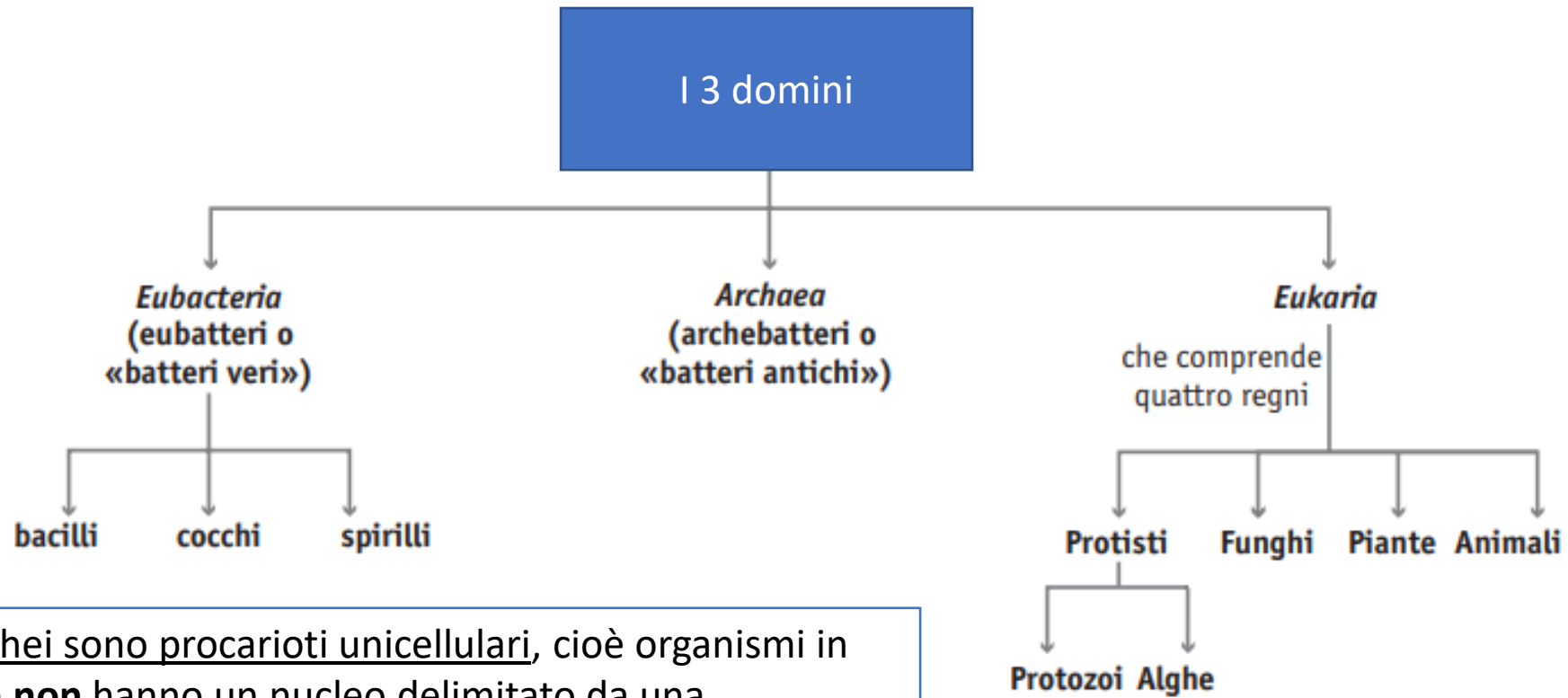


La cellula: unità fondamentale

La cellula (dal latino “piccola cella”, “piccola camera”) è l’unità fondamentale di tutti gli organismi viventi (con l’eccezione dei virus), la più piccola struttura a essere classificabile come vivente.

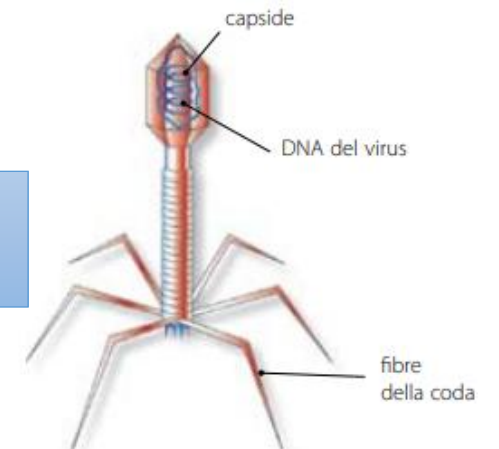
dal greco pròtos = primo e
kàrion = nucleo, cioè
“nucleo primitivo”





Batteri e archei sono procarioti unicellulari, cioè organismi in cui le cellule **non** hanno un nucleo delimitato da una membrana, mentre le cellule degli eucarioti (sia unicellulari sia pluricellulari) hanno un nucleo delimitato da una membrana.

In questa classificazione, i virus non trovano posto perché non sono formati da cellule, pur essendo in grado di riprodursi



Tutte le cellule presentano tre strutture fondamentali comuni:

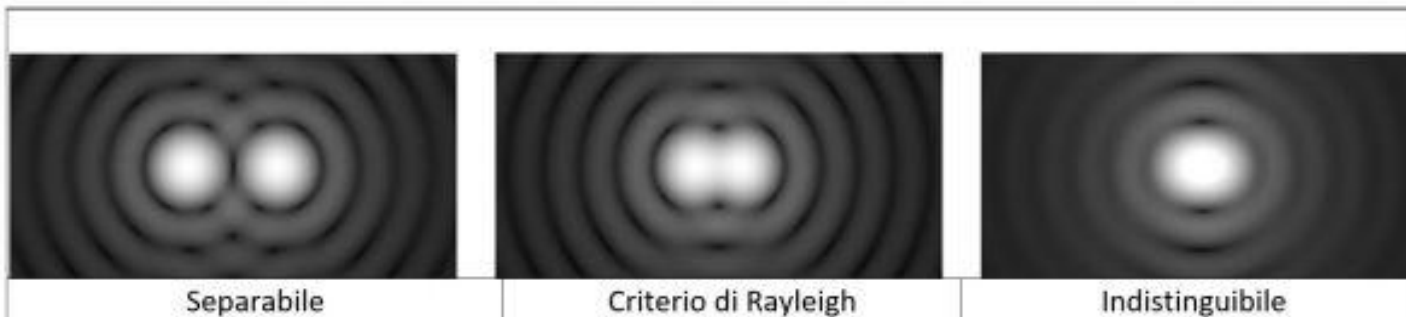
- la **membrana plasmatica**, delimita la cellula separandola dalle altre e
- dall'ambiente circostante;
- il **citoplasma**, è una soluzione gelatinosa nella quale si compiono gran parte delle funzioni cellulari;
- il **materiale genetico**, è la sostanza in cui sono immagazzinate tutte le informazioni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

Confronto tra cellule procariote ed eucariote		
	Cellule procariote	Cellule eucariote
Dimensioni	< 5 μm	>10 μm
Nucleo	Assente	Presente
Organelli con membrana	Assenti	Presenti (mitocondri, cloroplasti, lisosomi)
Citoscheletro	Assente	Presente
DNA	Singolo e circolare	Lineare e organizzato in cromosomi
Divisione cellulare	Fissione binaria o frammentazione	Mitosi
Parete cellulare	Presente (peptidoglicano)	Presente nelle piante (cellulosa)
Ribosomi	Liberi nel citoplasma	Liberi nel citoplasma e legati al reticolo endoplasmatico rugoso
Riproduzione	Asessuata	Asessuata e sessuata

- Per osservare le cellule si utilizza il microscopio, che può essere ottico elettronico a scansione o elettronico a trasmissione.
- 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.



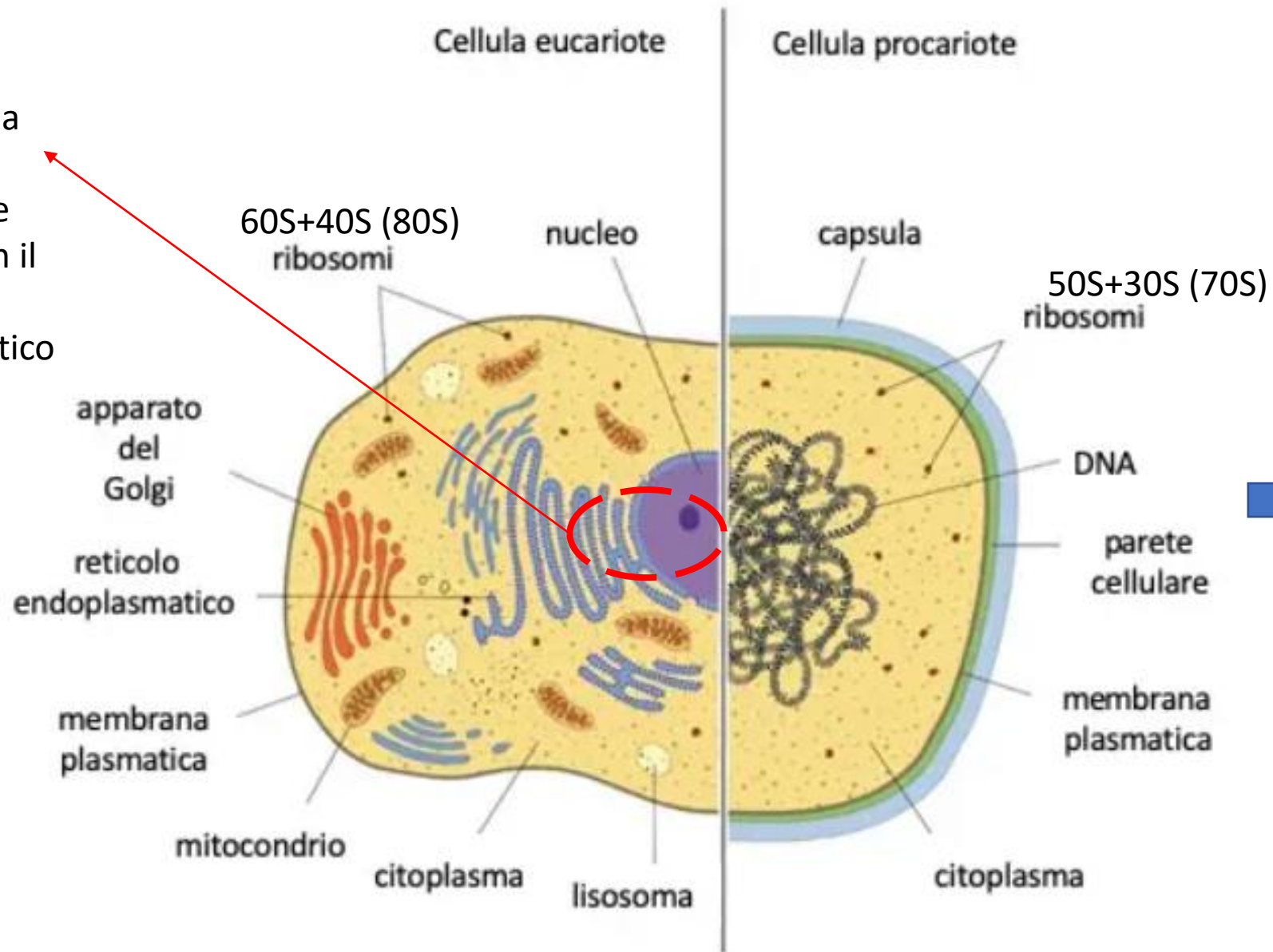
Potere di risoluzione: è definito come la distanza minima alla quale due punti risultano distinti.

Occhio umano: 0,2 mm (200 μm)

Microscopio ottico: 0,0002 mm (0,2 μm)

Microscopio elettronico: 0,0002 μm (0,2 nm)

La membrana nucleare è strettamente collegata con il reticolo endoplasmatico



nel citoplasma in una struttura chiamata nucleoide

Il citoplasma è lo spazio tra la membrana nucleare e plasmatica, riempito da citosol ed organuli membranosi

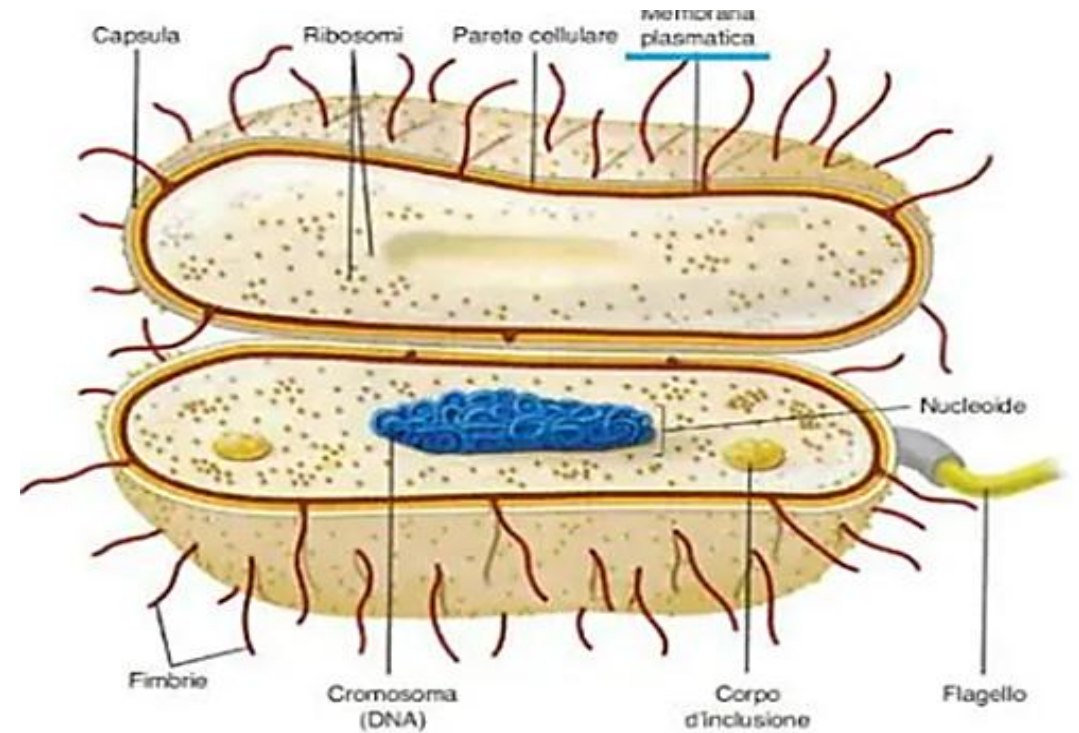
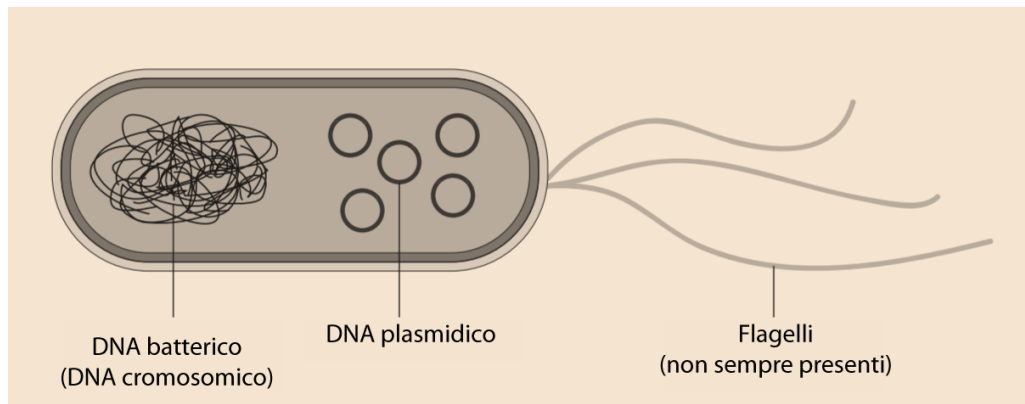
Gli Eucarioti presentano diversi organelli, ciascuno con la loro funzione e le proprie caratteristiche

ORGANELLO	FUNZIONE
Nucleo	Espressione genica per le proteine da esportare e importare; esportazione di RNA
Reticolo endoplasmatico	Modificazione delle proteine; proteine importate per traslocazione cotraduzionale
Apparato di Golgi	Modificazione delle proteine; le proteine vi accedono dall'RE
Endosoma Endosoma primario Endosoma tardivo	Smistamento delle proteine internalizzate per il trasporto ad altri compartimenti; le proteine negli endosomi sono indirizzate dalla via secretoria
Lisosoma	Degradazione di proteine internalizzate; degradazione di proteine del citosol in cellule danneggiate; le proteine che agiscono nei lisosomi sono marcate dalla rete <i>trans</i> -Golgi
Mitocondrio	Gestione dell'energia; proteine importate dal citosol; alcune proteine sintetizzate negli organelli
Perossisoma	Processi ossidativi; proteine importate dal citosol

I batteri

- Sono microrganismi unicellulari
- Hanno dimensioni nell'ordine dei micrometri
- Il loro DNA occupa una regione del citoplasma detta *nucleoide*
- Possono essere visibili al microscopio ottico

Possiamo trovare anche molecole circolari di **DNA extracromosomico** contenenti geni che sono spesso in grado di conferire caratteristiche utili alla sopravvivenza, che prendono il nome di **PLASMIDI**.



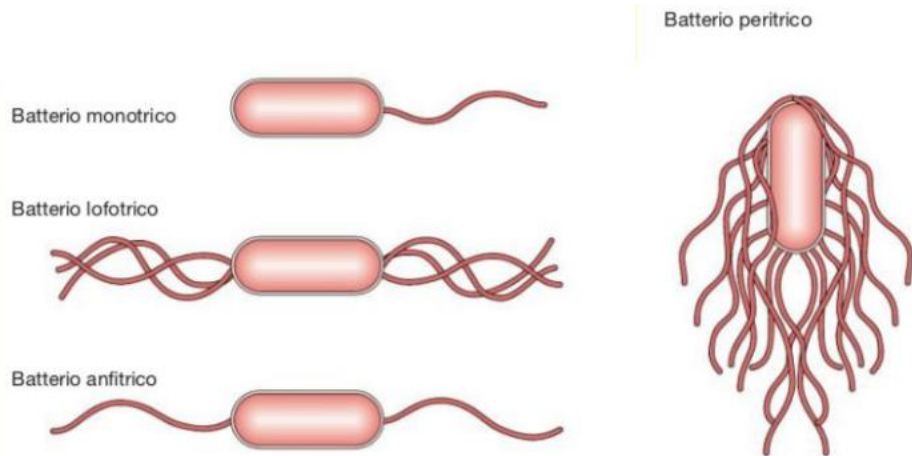
Strutture accessorie	Funzioni
Capsula	Fattore di virulenza, difesa, resistenza
Glicocalice	Fattore di virulenza, difesa, resistenza
Flagelli	Motilità
Pili	Adesività, contatto, trasferimento DNA, proteine
Fimbrie	Adesività, invasione

FLAGELLI

Appendici motorie filamentose, lunghe 3-12 μm e con diametro di 12-30 nm.

- Movimenti da e verso stimoli luminosi (fototassi) o chimici (chemiotassi)

Il filamento è costituito dalla proteina **flagellina** avvolta a spirale intorno ad un nucleo centrale cavo.

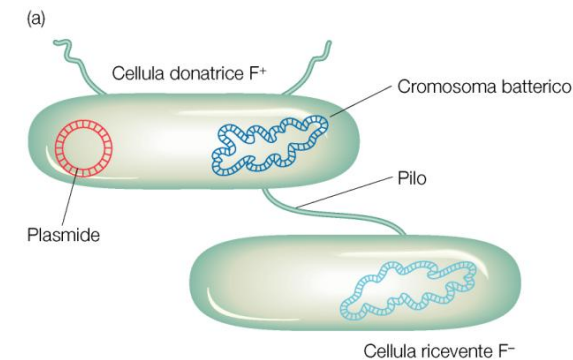


PILI o fimbrie

- Appendici filiformi di superficie, originano dalla membrana citoplasmatica
- Più esili dei flagelli, di lunghezza variabile (0,5-6 micron fino a 20 micron del pilo F)
- Sono strutture rigide di forma cilindrica composte dalla ripetizione di una proteina denominata *pilina*
- **Non** conferiscono motilità al batterio

Pilo sessuale (pilo F- fertilità), cavo, coinvolto nel passaggio di materiale genetico (DNA cromosomico, plasmidi e batteriofagi) e coniugazione sessuale (trasferimento genico da una cellula ad un'altra)

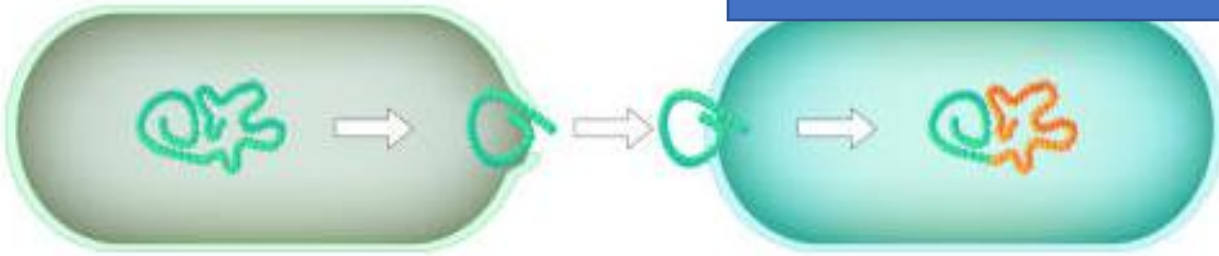
Le fimbrie sono gli organi di ancoraggio dei batteri, responsabili cioè della loro adesione a residui proteici o polisaccaridici



TRASFERIMENTO GENICO ORIZZONTALE (TGO)

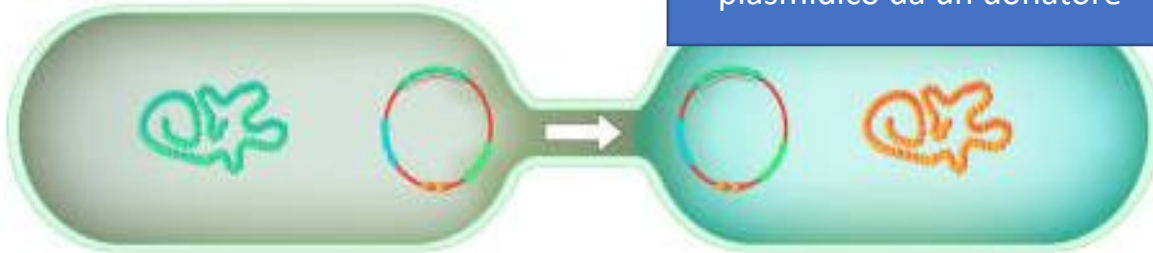
Trasformazione

Uptake ed espressione del materiale dall'ambiente



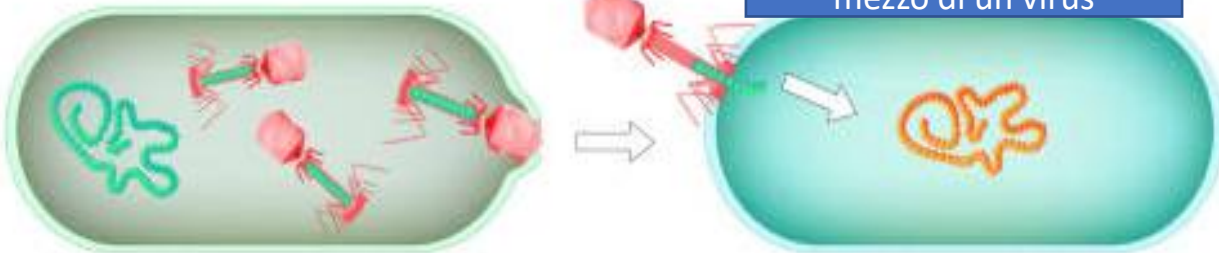
Coniugazione

Trasferimento di DNA plasmidico da un donatore



Trasduzione

Il DNA batterico va da un batterio all'altro per mezzo di un virus



Il **trasferimento genico orizzontale (TGO)** è il movimento di elementi genetici tra cellule che non sono progenie dirette. A differenza del trasferimento genico verticale, il TGO consente il **trasferimento genico tra diverse specie di batteri**.

Il trasferimento genico orizzontale può avvenire nei seguenti modi:

Coniugazione (ponte citoplasmatico chiamato pilo)

Trasformazione (il batterio assorbe frammenti di DNA libero dall'ambiente)

Trasduzione (mediata da virus batteriofagi che trasportano DNA batterico, anche specializzata se riguarda un particolare frammento)

È RESPONSABILE DI:

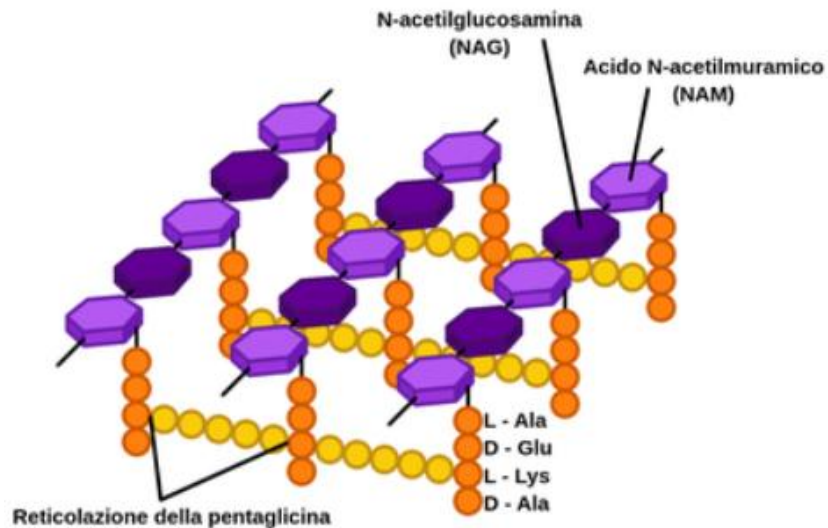
Resistenza agli antibiotici

Diversità genetica

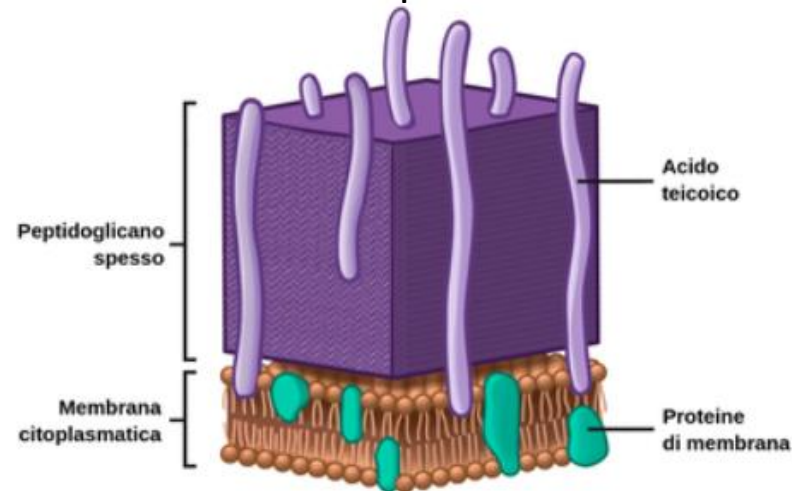
solo nei Procarioti: PARETE BATTERICA

- racchiude e circonda come un involucro la cellula batterica e conferisce la forma al batterio e ne garantisce la protezione dall'ambiente esterno.
- La diversa struttura differenzia i batteri Gram positivi dai batteri Gram negativi.
- La parete dei Gram positivi e' costituita principalmente da uno spesso e stratificato strato rigido di peptidoglicano, molto piu' sottile nei batteri Gram negativi nei quali e' presente una membrana esterna costituita da fosfolipidi con acidi grassi saturi, lipopolisaccaride.

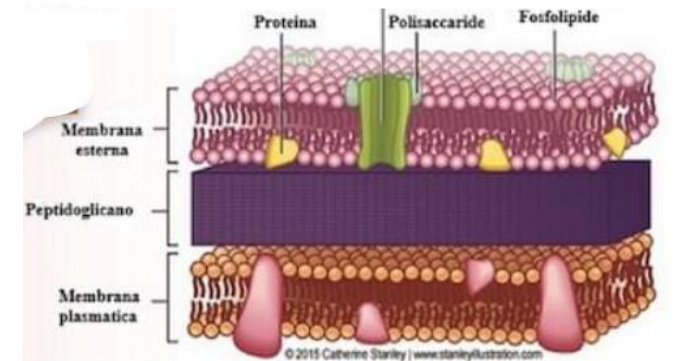
Peptidoglicano



Gram positivi



Gram negativi



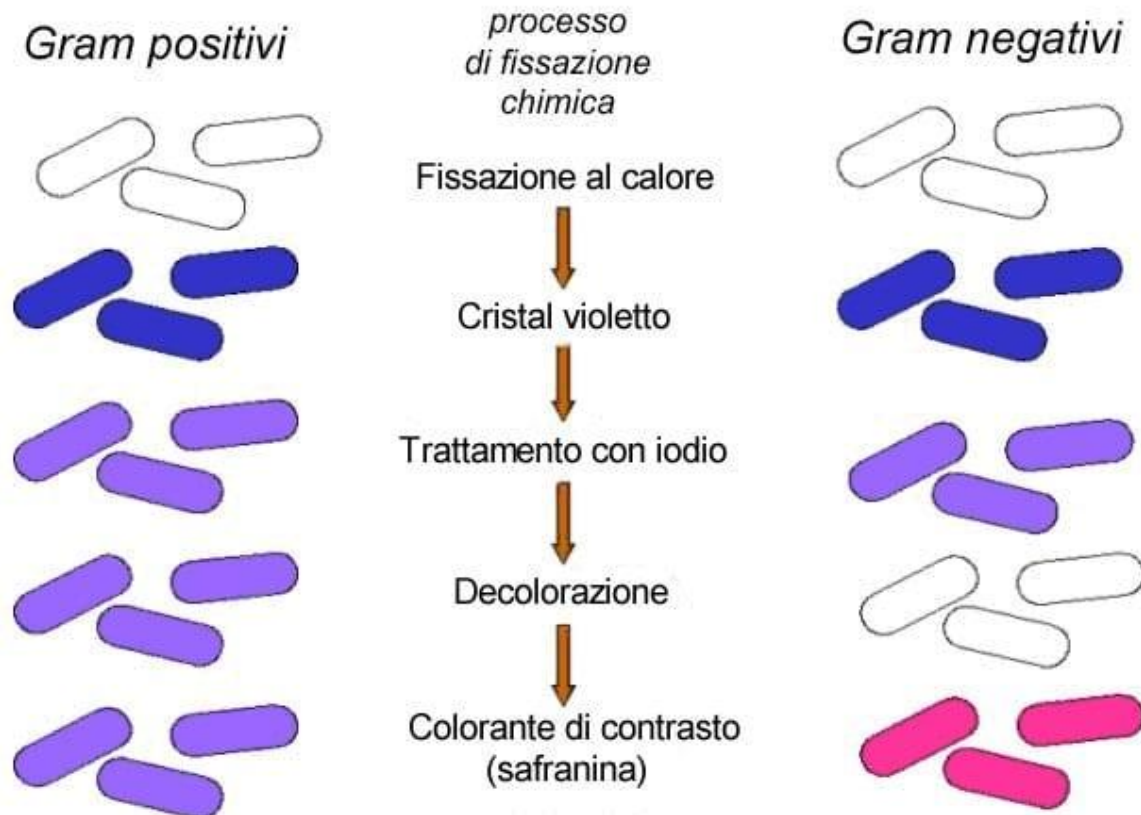
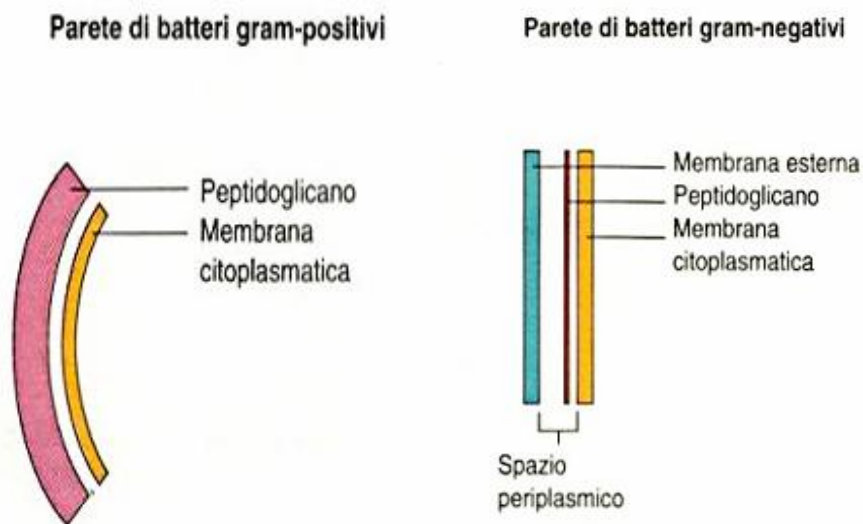
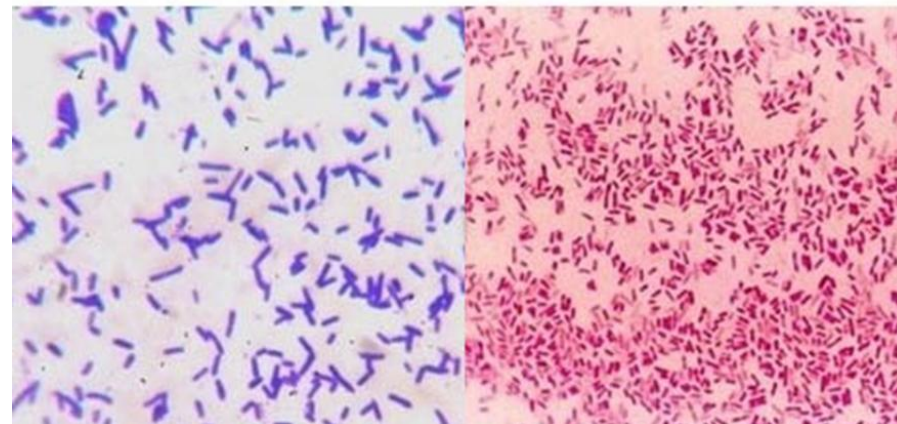
La colorazione di Gram permette di identificare e classificare i batteri in base alla struttura della loro parete cellulare, distinguendo i batteri Gram-positivi (che appaiono viola) dai batteri Gram-negativi (che appaiono rosa)

* Nei gram-positivi, il cristal violetto e lo iodio rimangono intrappolati nella spessa struttura della parete.

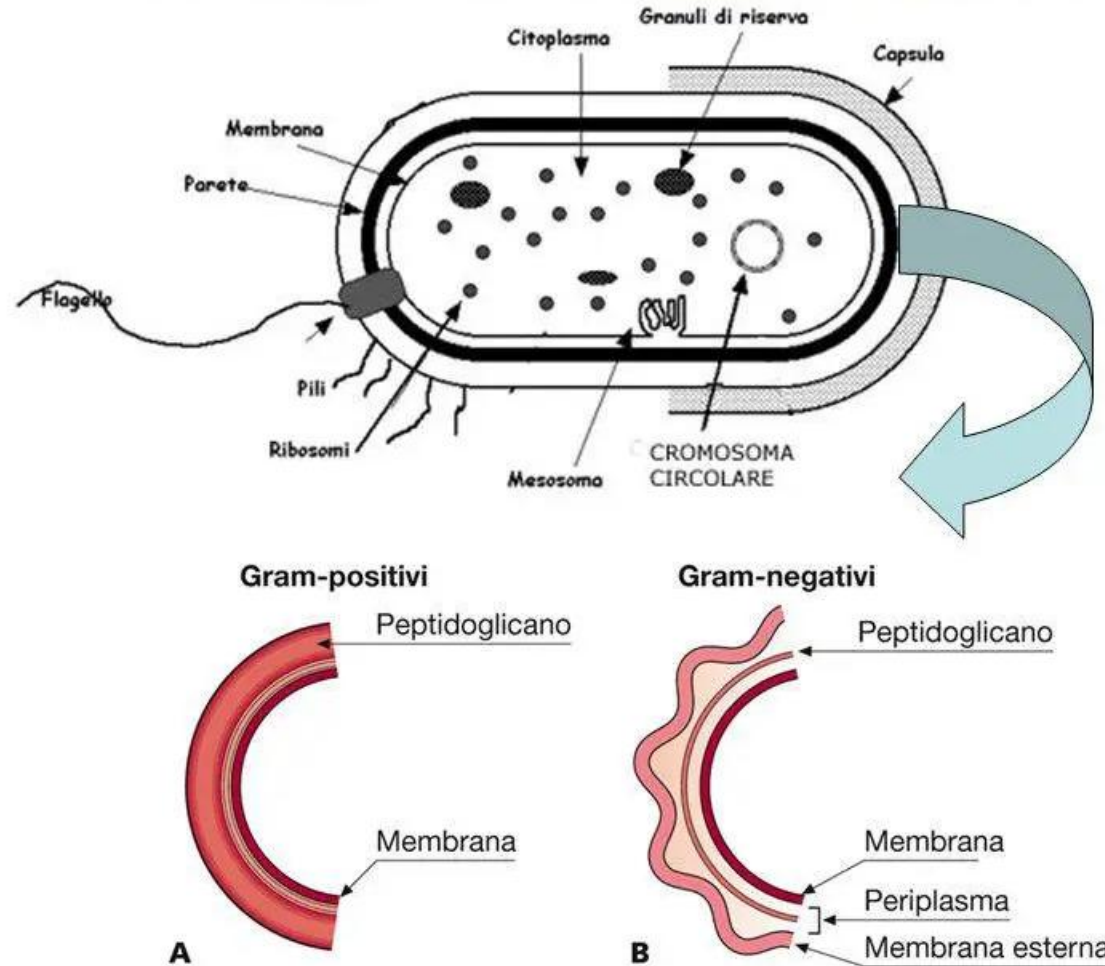
* La presenza della membrana esterna non consente il passaggio di molecole idrofiliche

Gram positivi

Gram negativi



Numerosi batteri sia Gram+ che Gram- presentano un ulteriore involucro mucoso amorfo noto come CAPSULA. La capsula è il risultato della secrezione di materiali ad alta viscosità (polisaccaridi). La capsula consente l'adesione al tessuto e impedisce la fagocitosi

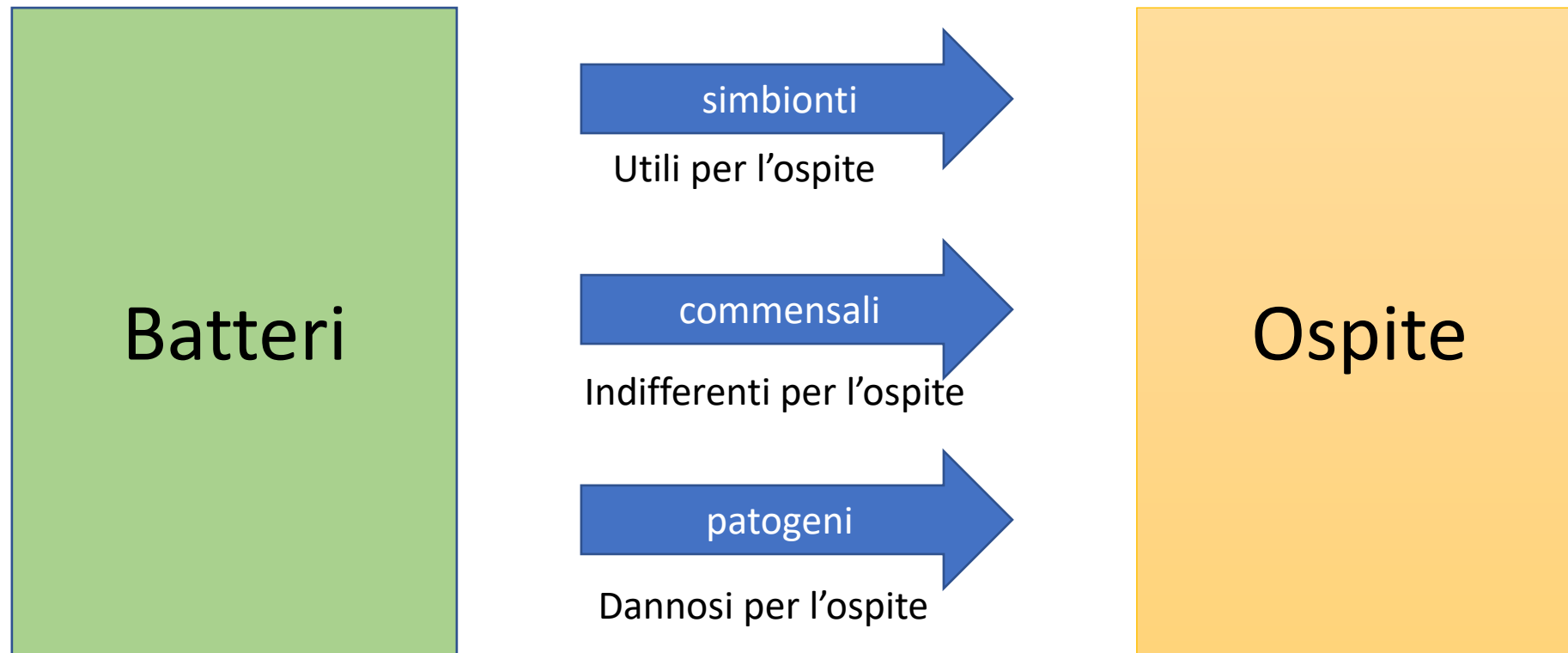


La capsula è un importante fattore di virulenza batterica

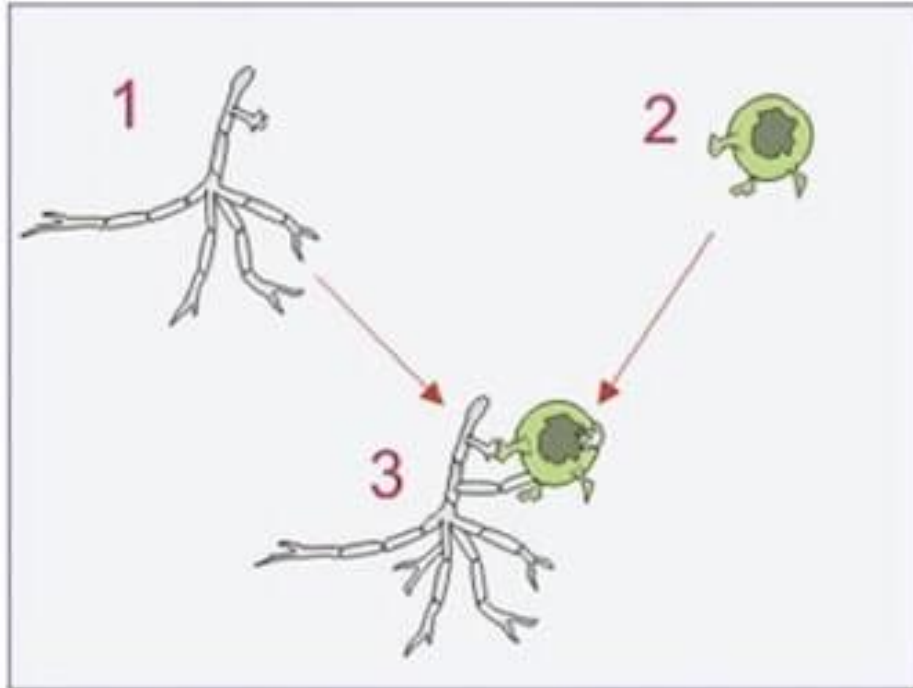
La virulenza è la capacità di un agente patogeno (virus, batterio, ecc.) di attraversare i sistemi di difesa di un organismo ospite, per poi moltiplicarsi in esso provocando al contempo danni più o meno gravi.

cfr. patogenicità: capacità intrinseca di un microrganismo (come un batterio o un virus) di causare una malattia in un organismo ospite

Rapporto tra ospite e batterio



Es. simbiosi mutualistica: i LICHENI



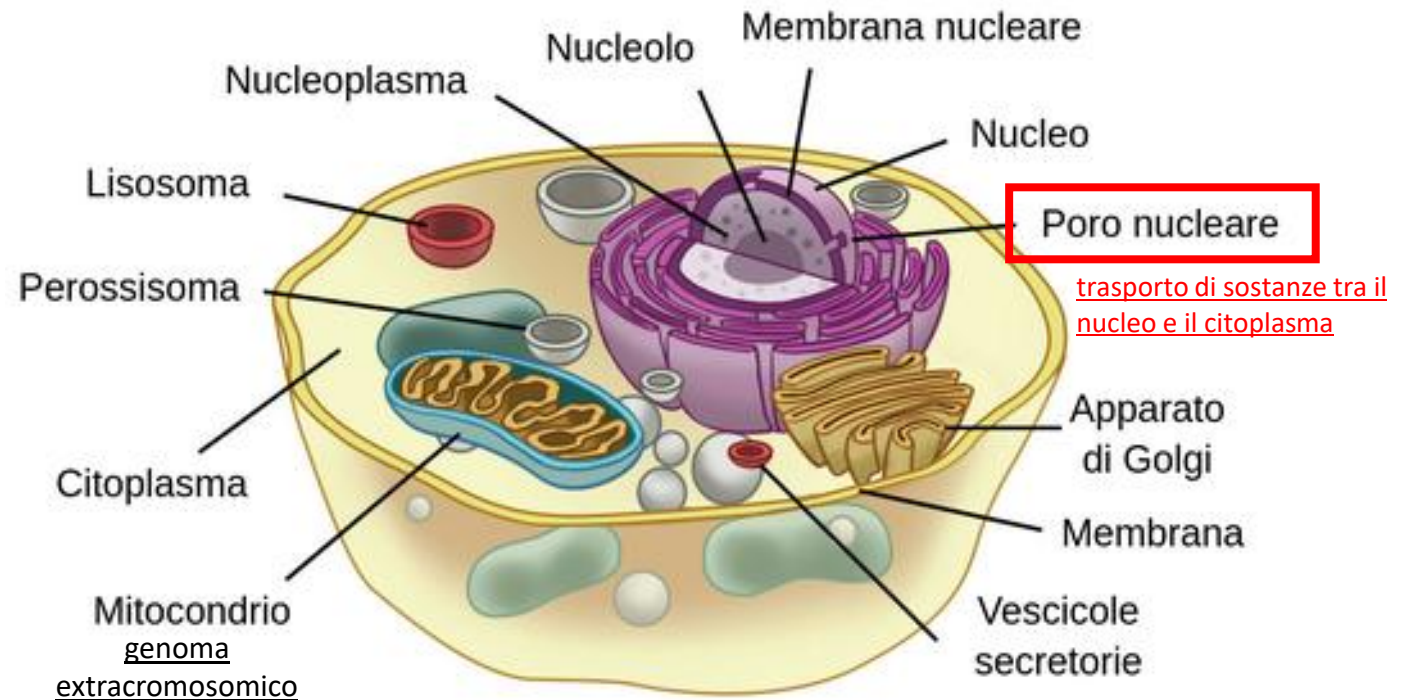
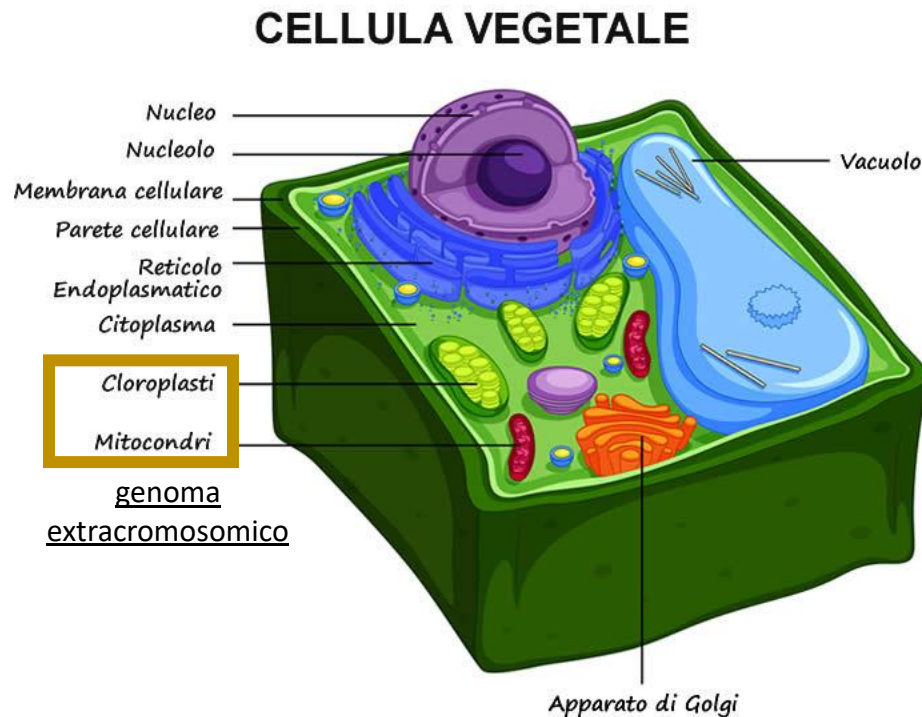
Fungo e un'alga/cianobatterio

Complessità della cellula eucariotica

Le cellule eucariote sono più grandi ed hanno una struttura complessa;

Sono costituite da due principali compartimenti:

- il citoplasma contenente organelli con specifiche funzioni
- un nucleo ben definito contenente materiale genetico

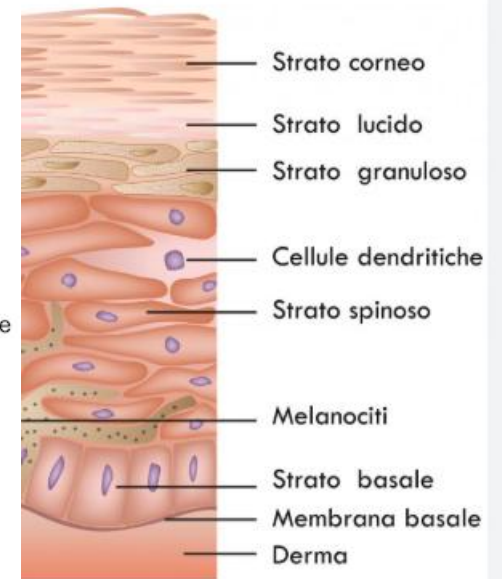
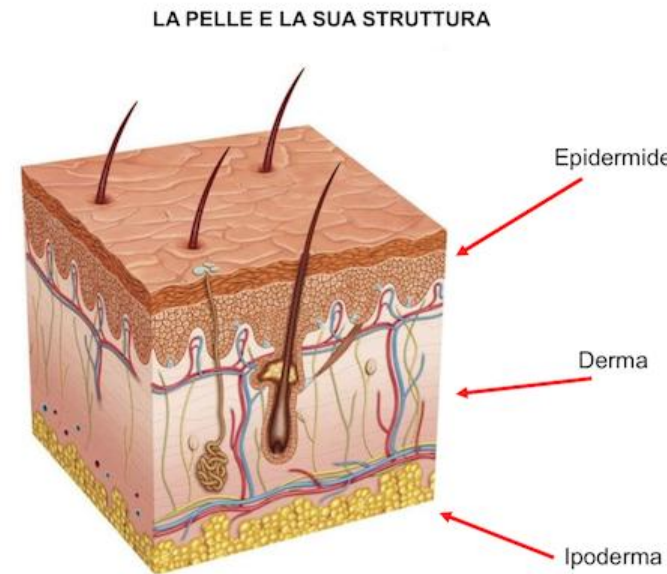
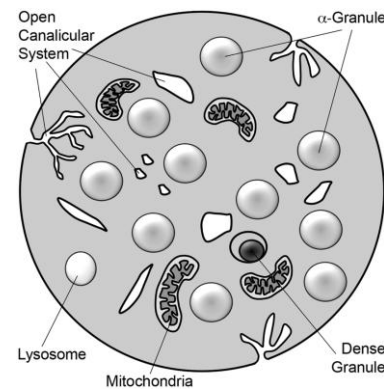
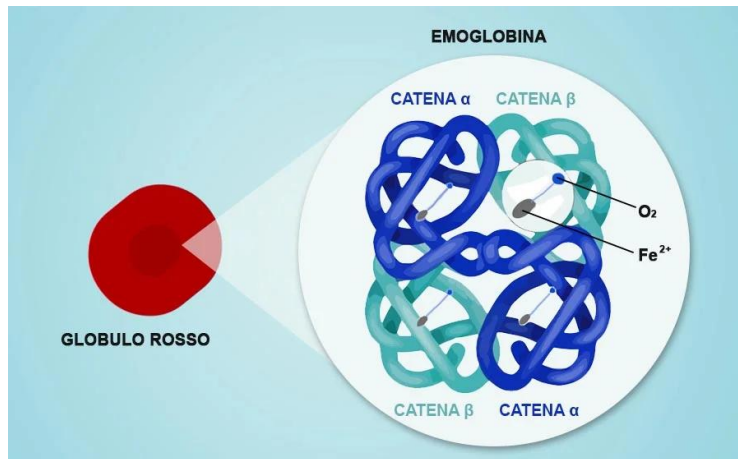


Riflettiamo:

- Negli esseri umani, esistono cellule prive di nucleo?

CELLULE PRIVE DI NUCLEO:

- Globuli rossi dei mammiferi (perdono il nucleo in seguito al loro differenziamento, infatti il loro unico scopo è quello di trasportare i gas coinvolti nella respirazione)
- Piastrine
- Squame cornee della pelle



Parete cellulare

Batteri

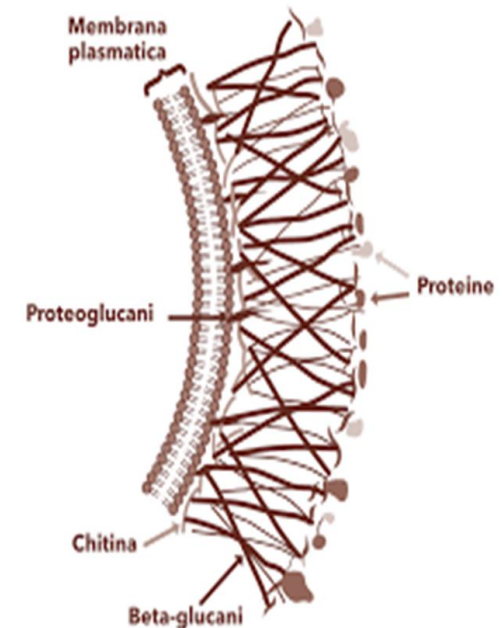
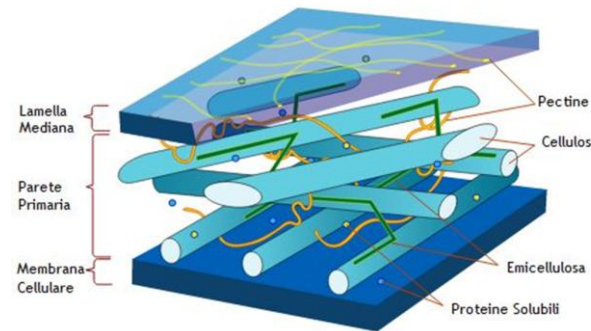
peptidoglicani

Cellula vegetale

cellulosa

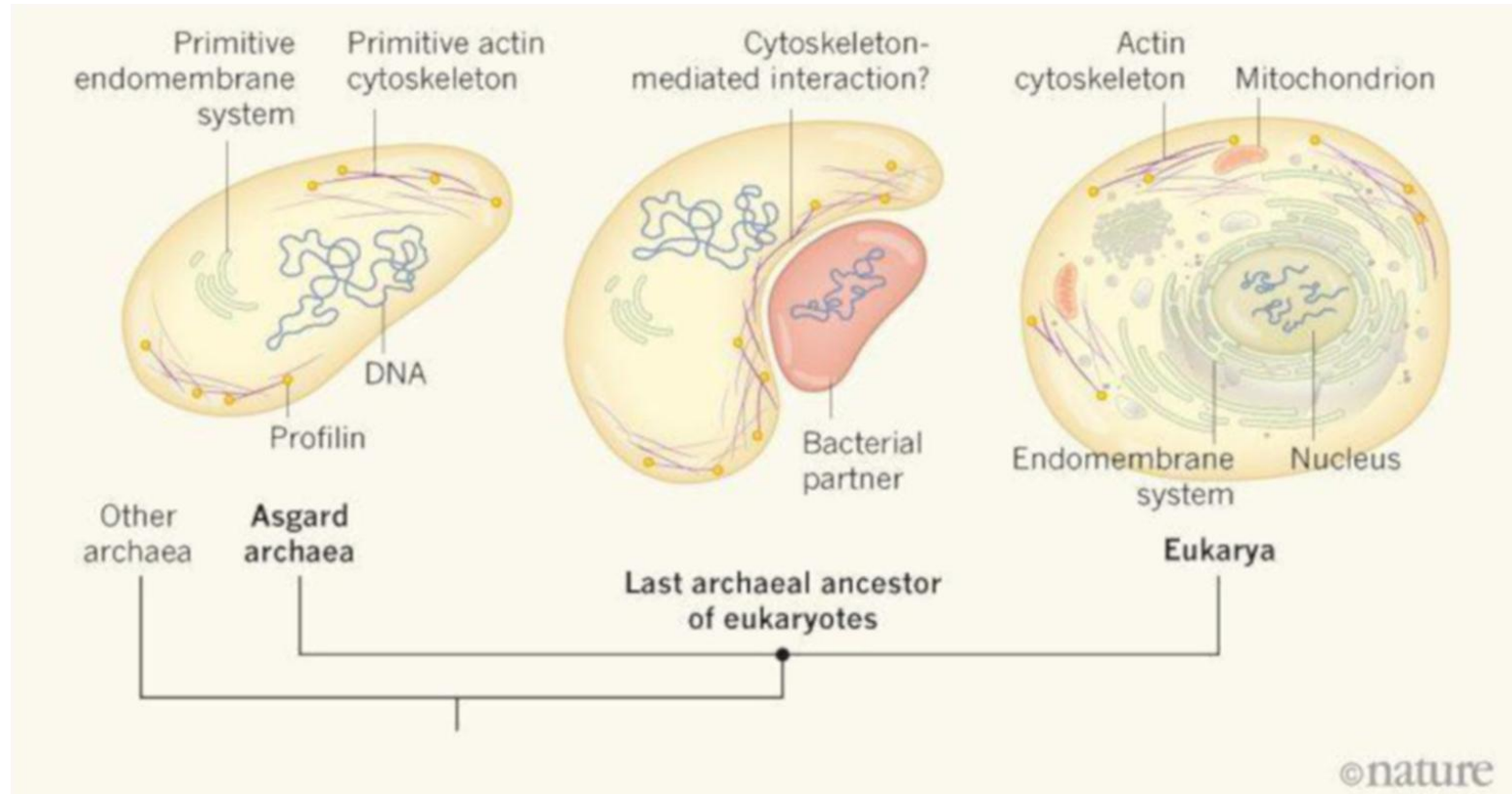
Funghi

Chitina e glucani

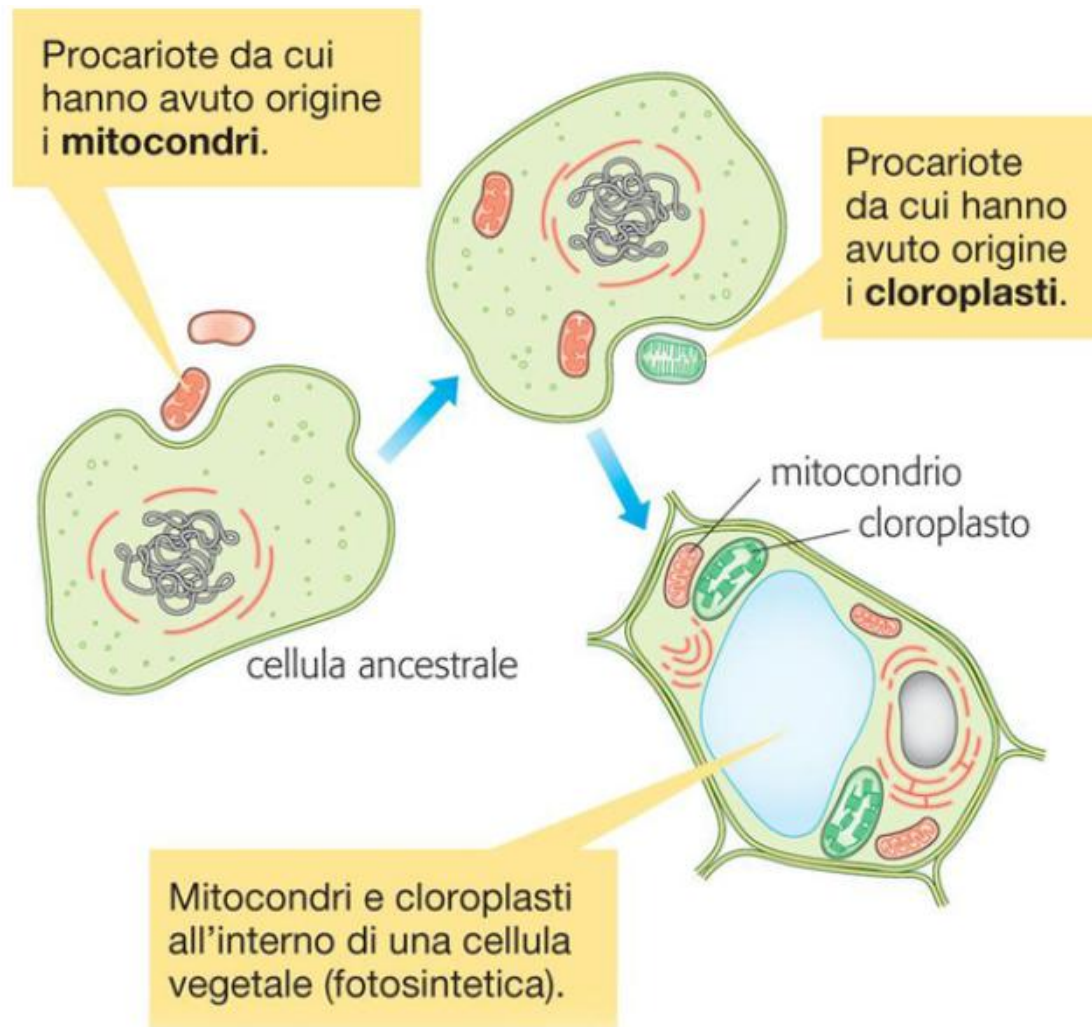


Serve a proteggere la cellula da agenti esterni
Mantiene la forma e il turgore cellulare
Circonda la membrana cellulare
È presente nella maggior parte dei procarioti

Le cellule eucariotiche si sono evolute da una simbiosi



È oggi generalmente accettato che i *mitocondri* siano originati da batteri liberi che metabolizzavano ossigeno (aerobici) inglobati da una **cellula eucariotica ancestrale** che non poteva fare uso dell'ossigeno (anaerobica). Si pensa che ciò sia avvenuto circa 1.5 miliardi di anni fa, quando l'atmosfera della Terra inizia a diventare ricca di ossigeno.



Le cellule eucariotiche vegetali e delle alghe contengono i *cloroplasti* dove avviene la fotosintesi, utilizzando la luce solare per sintetizzare carboidrati da anidride carbonica atmosferica ed acqua. Come i mitocondri, i cloroplasti hanno un loro genoma e quasi sicuramente si sono originati come batteri fotosintetici simbiotici, acquisiti da cellule che possedevano già mitocondri.

(Immagine: Invito alla biologia blu, Curtis et al, © Zanichelli editore)

Virus

- parassiti endocellulari obbligati (possono replicarsi soltanto all'interno di cellule viventi)



Spettro d'ospite

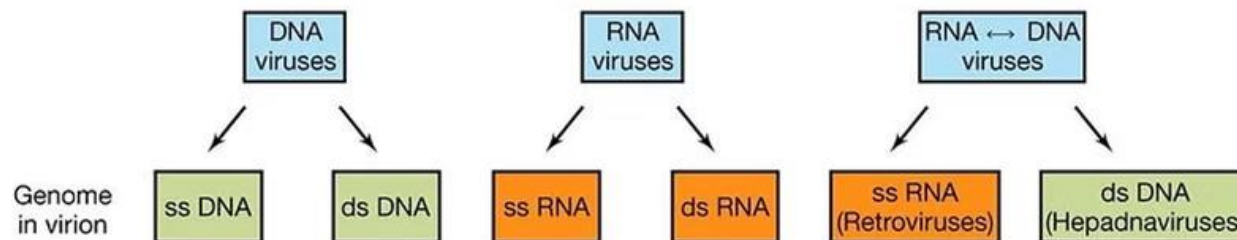
possono infettare:

cellule vegetali (virus del tabacco, della patata, ecc),
batteri (batteriofagi, ognuno specifico per una determinata specie batterica), e cellule animali (virus di insetti, pesci, uccelli, mammiferi)

Possono contenere enzimi propri indispensabili per il ciclo replicativo (polimerasi, proteasi, ecc). Tutti gli altri enzimi sono provvisti dalla cellula ospite (in particolar modo l'apparato di traduzione)



- Mancanza del sistema generatore di ATP
- Mancanza di attività metabolica
- Mancanza di membrane interne e ribosomi
- Un solo tipo di acido nucleico nel virione



I virus sono insensibili agli antibiotici

La **classificazione di Baltimore** è una classificazione dei virus, proposta dal biologo David Baltimore, premio Nobel per la medicina nel 1975, basata sulla natura e sulla polarità dei genomi virali (7 classi)

- Classe I: Virus a DNA a doppio filamento.
- Classe II: Virus a DNA a singolo filamento.
- Classe III: Virus a RNA a doppio filamento
- Classe IV: Virus a RNA a singolo filamento a senso positivo
- Classe V: Virus a RNA a singolo filamento a senso negativo
- Classe VI: Virus a RNA a singolo filamento a senso positivo con intermedio DNA
- Classe VII: Virus a DNA a doppio filamento con intermedio RNA

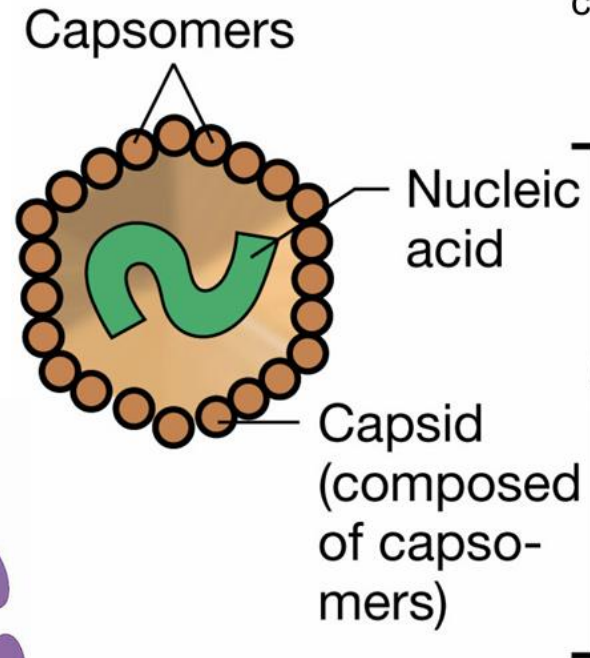
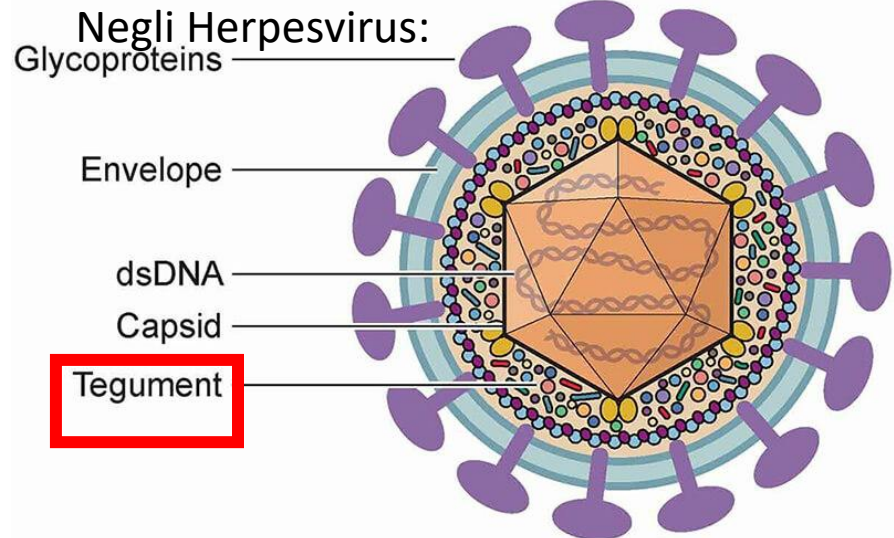
VIRIONE: Particella virale completa come si può osservare al di fuori della cellula

CORE: acido nucleico più ogni molecola che ne determina la stabilità

CAPSIDE: struttura proteica che racchiude l'acido nucleico o il core

CAPSOMERO: unità proteica che, ripetuta, forma il capsid

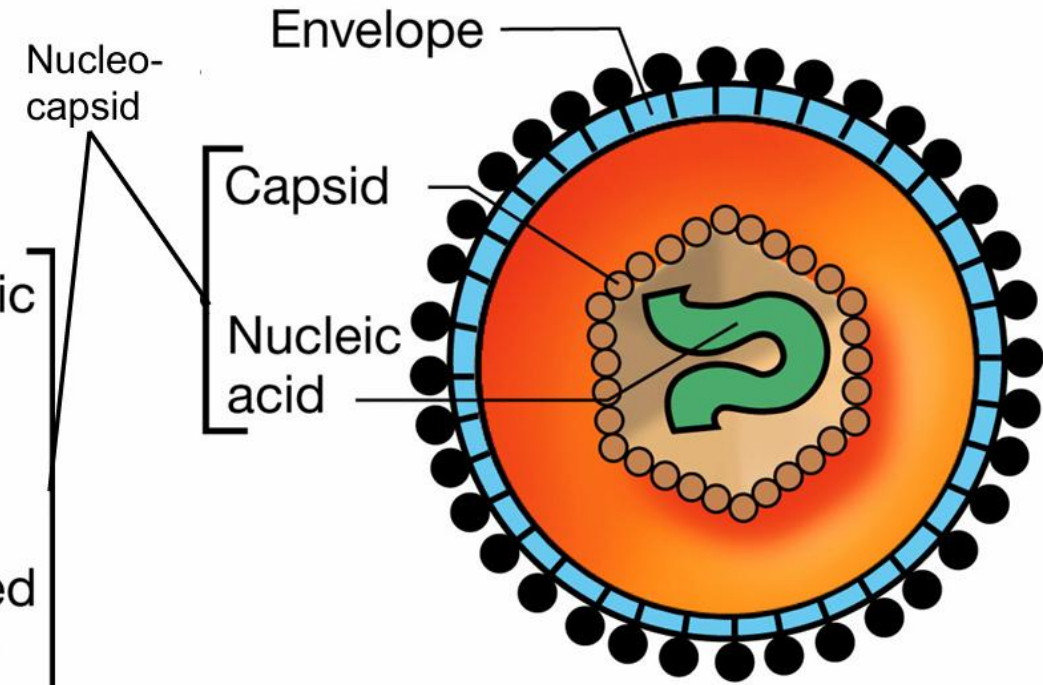
I virus con il solo capsid vengono definiti “nudi”, quelli con envelope vengono definiti “rivestiti”



Virus Nudi

acido nucleico
proteine

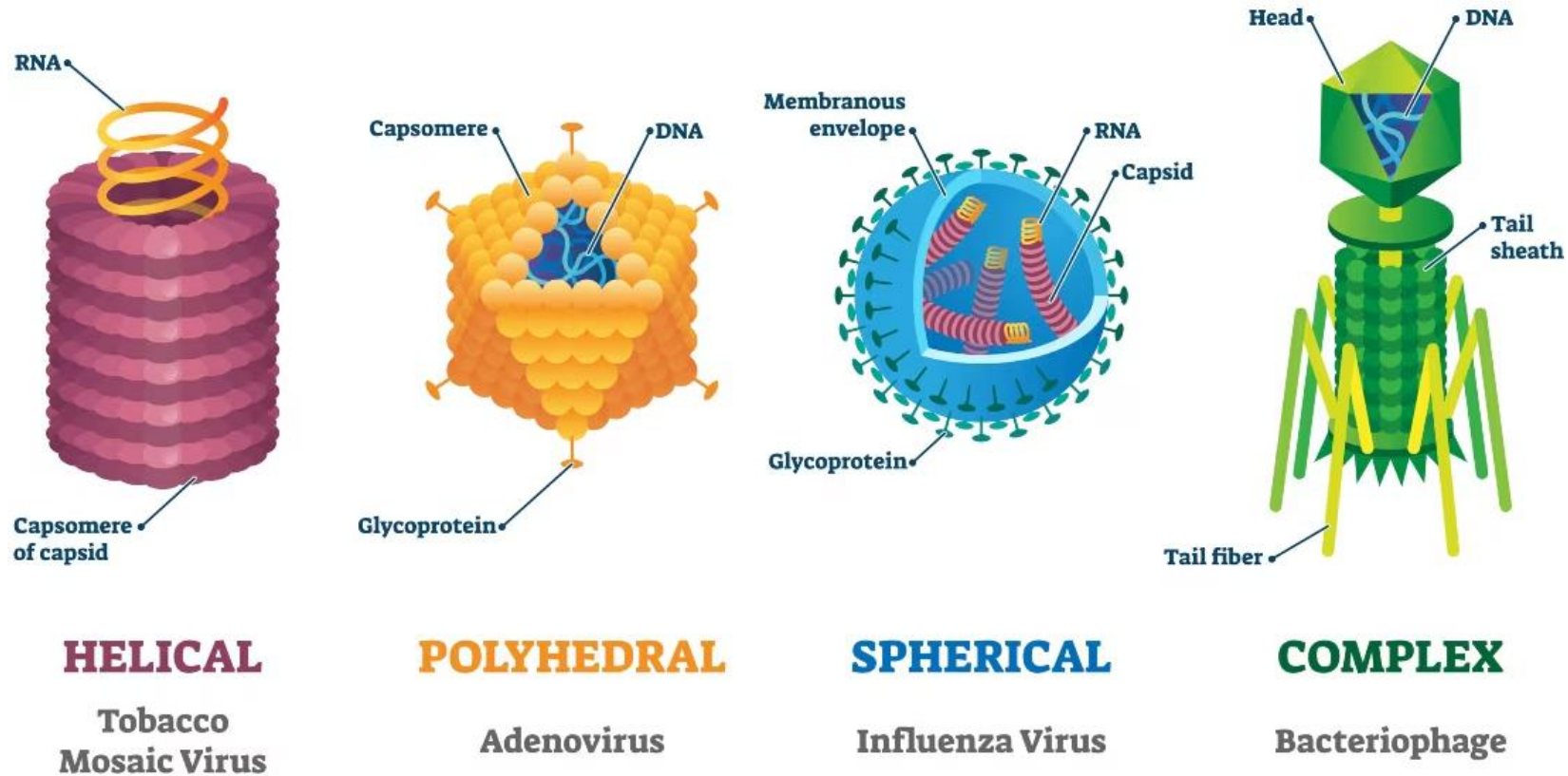
Involucro lipoglicoproteico esterno



Virus rivestiti

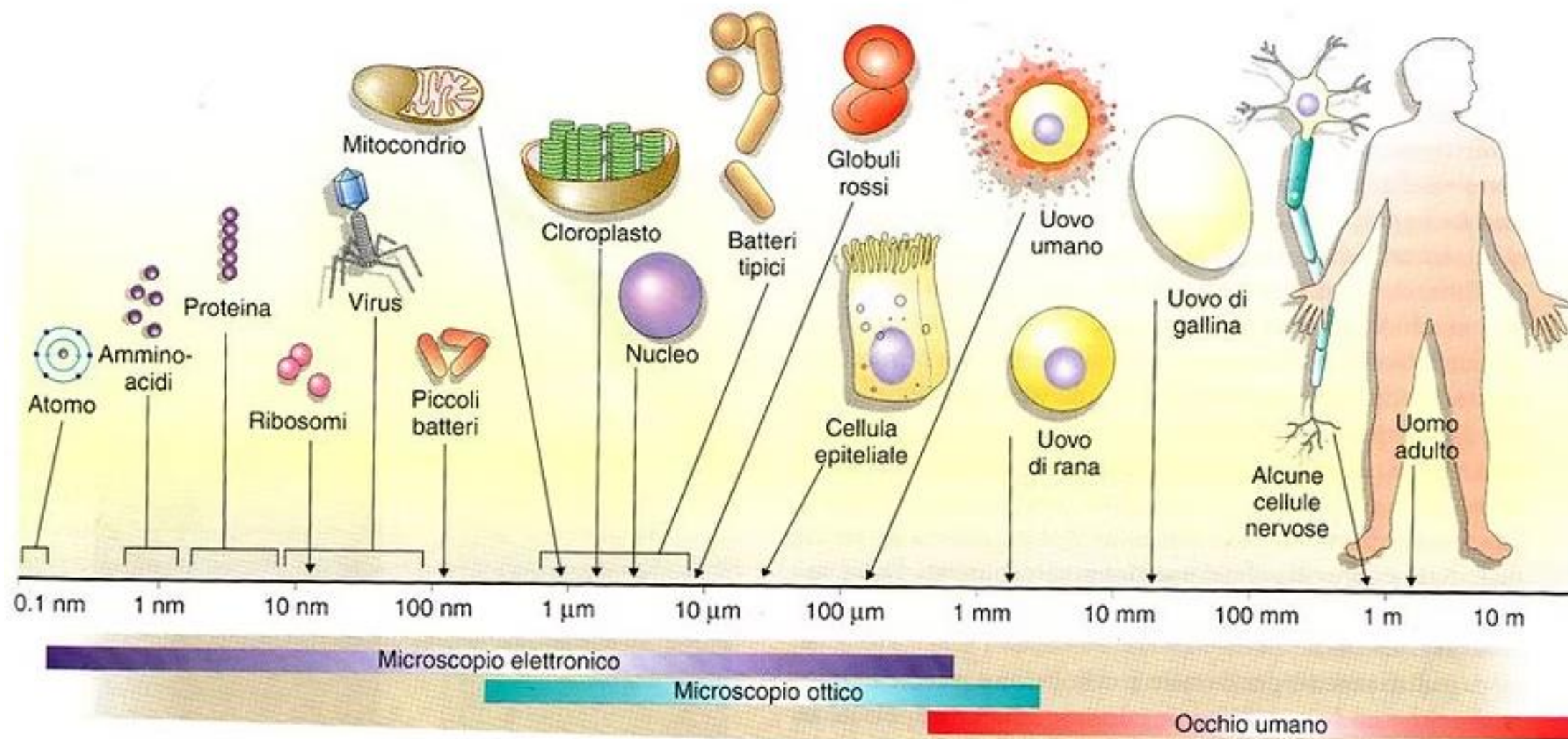
(con envelope)
acido nucleico
proteine e glicoproteine
fosfolipidi

La geometria dei virus



Il virus del mosaico del tabacco ha una simmetria definita: **elicoidale**

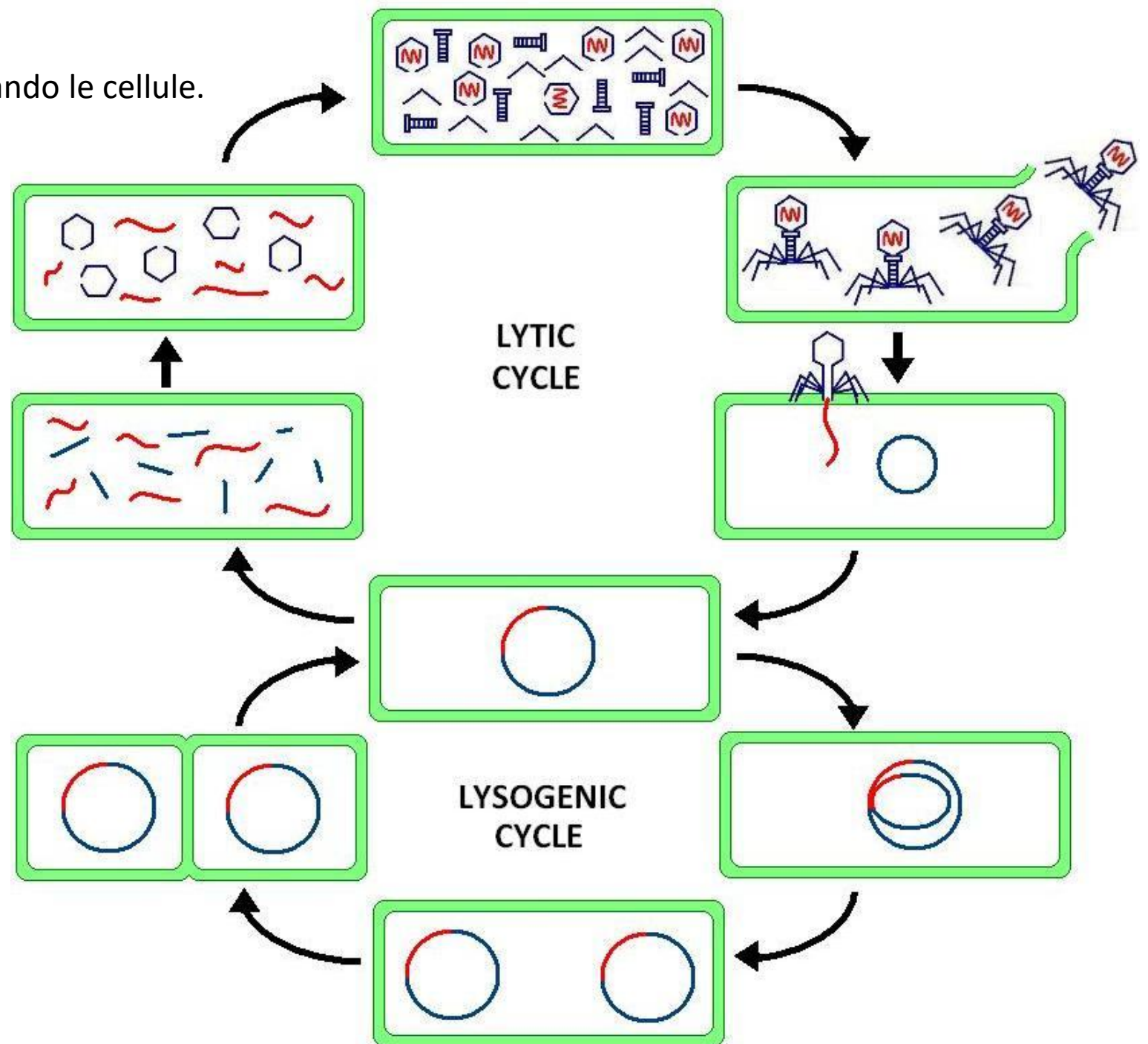
È possibile osservare i virus attraverso un microscopio elettronico



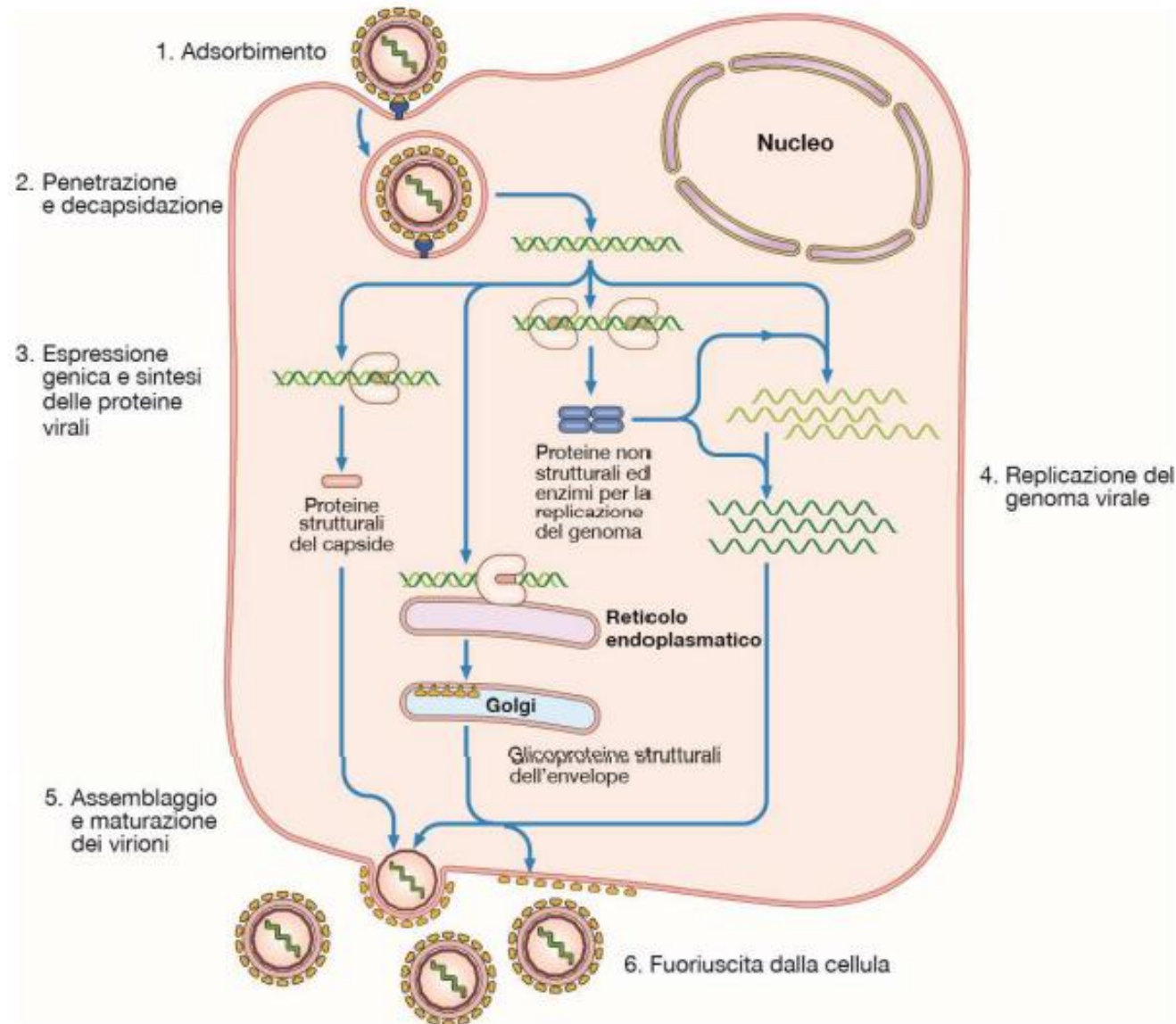
I virus sopravvivono e si riproducono utilizzando le cellule.

Ciclo litico: il genoma virale prende il controllo della cellula ospite inducendola a sintetizzare nuovi acidi nucleici e proteine virali che, una volta assemblate con il genoma, andranno a costituire i nuovi virioni, i quali fuoriusciranno dalla cellula uccidendola mediante lisi o verranno da essa rilasciati all'esterno per gemmazione.

Ciclo lisogeno: il genoma virale si integra nel DNA della cellula ospite e dando così origine a un provirus (a un profago nei batteriofagi) e mantenendo i suoi geni inattivati. Con la divisione cellulare viene trasmessa alle cellule figlie anche il DNA virale formando così copie di genomi virali senza che avvenga la lisi. Il genoma del provirus reprime la maggior parte dei geni, che vengono riattivati in caso di condizioni avverse alla cellula ospite, dando inizio ad un ciclo litico.

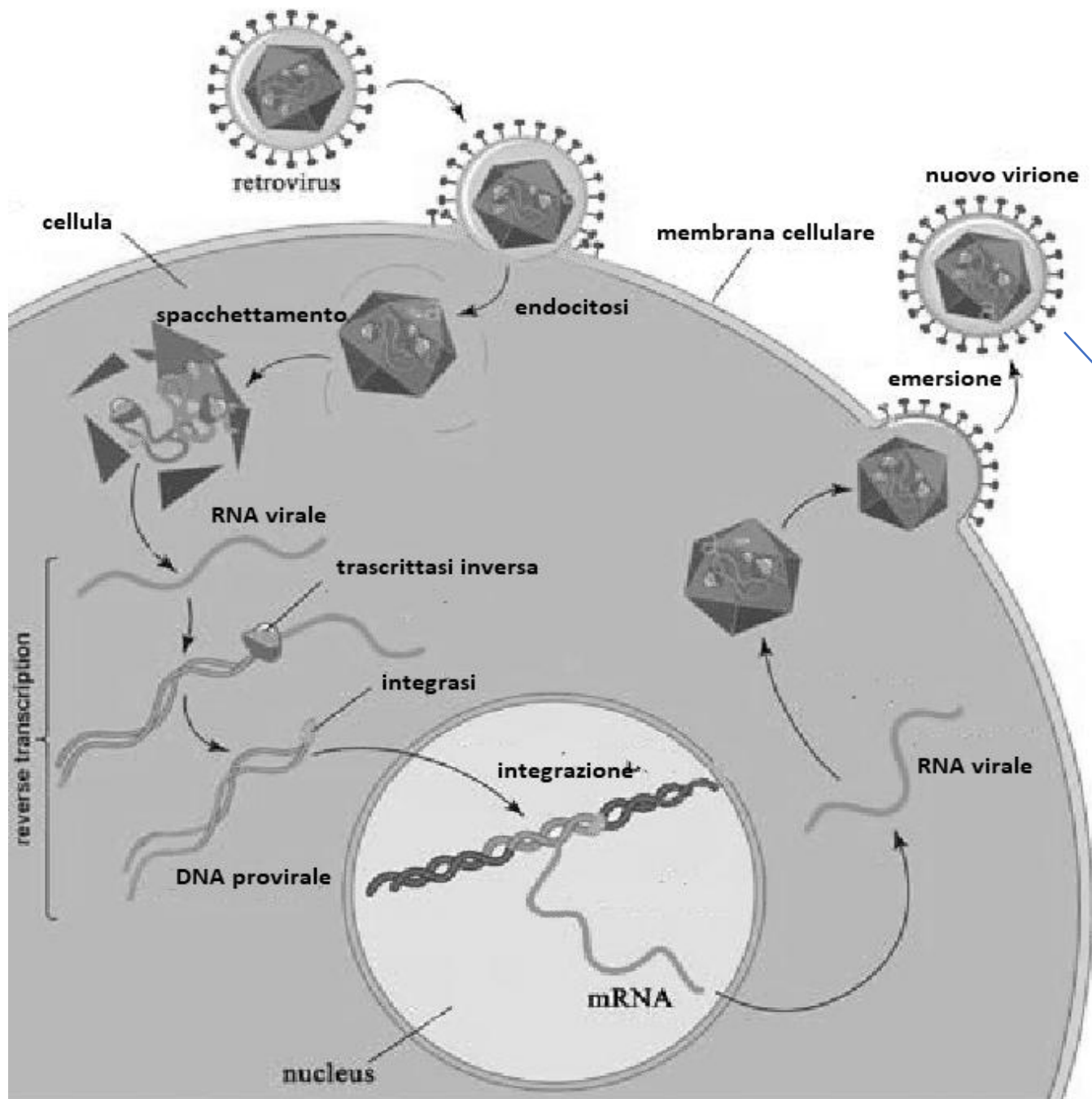


CICLO DI REPLICAZIONE DI UN VIRUS ANIMALE



Il ciclo di replicazione di un virus animale è un processo **in sei fasi**: attacco (aderenza alla cellula ospite), penetrazione (l'ingresso del virus o del suo materiale genetico nella cellula), decapsidazione/svestimento (liberazione del genoma virale), replicazione e sintesi (moltiplicazione del genoma e produzione delle proteine virali usando i componenti della cellula ospite), assemblaggio (formazione di nuove particelle virali) e rilascio (uscita dei nuovi virus dalla cellula, spesso causandone la morte per lisi o mediante gemmazione).

Figura 16.7 CICLO DI REPLICAZIONE DI UN VIRUS ANIMALE. da Deho, Galli «Biologia dei microrganismi II edizione» CEA



- Il DNA virale integrato in un cromosoma eucariotico è detto *PROVIRUS*
- L'enzima che catalizza il processo che produce un provirus a DNA è una trascrittasi inversa

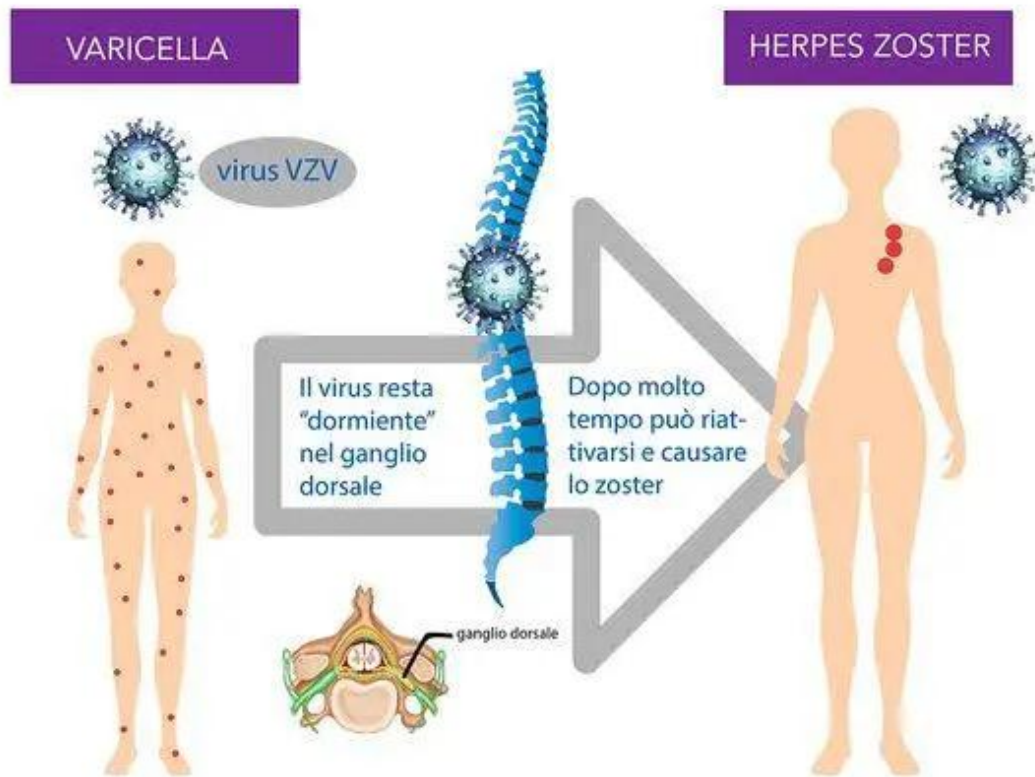
VIRIONE: particella completa

Un virus patogeno può **rimanere dormiente (latente)** all'interno di una cellula (parte lisogenica del ciclo di vita virale).

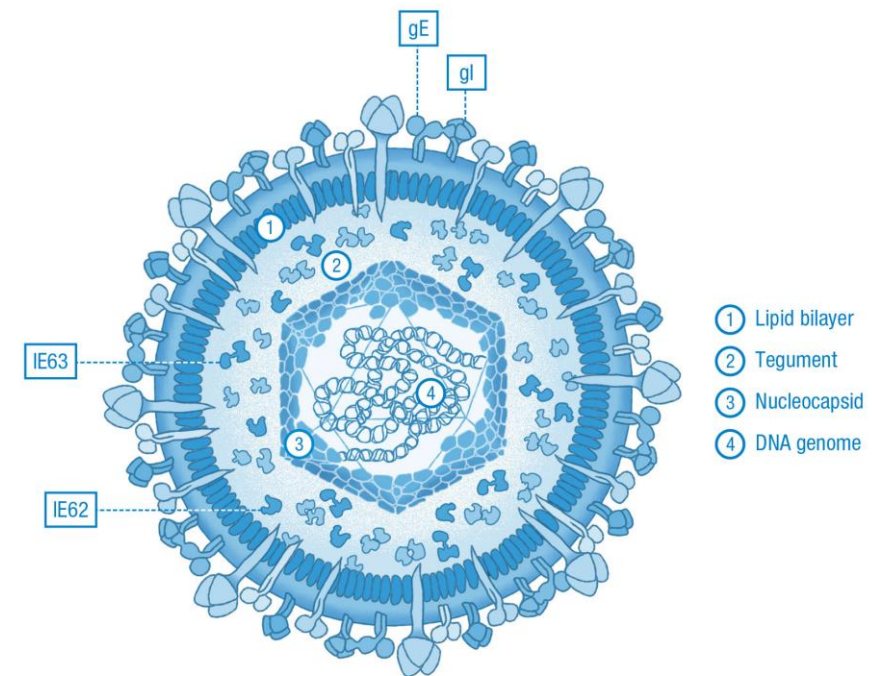
Un'infezione virale latente è un tipo di infezione virale persistente che si distingue da un'infezione virale cronica.

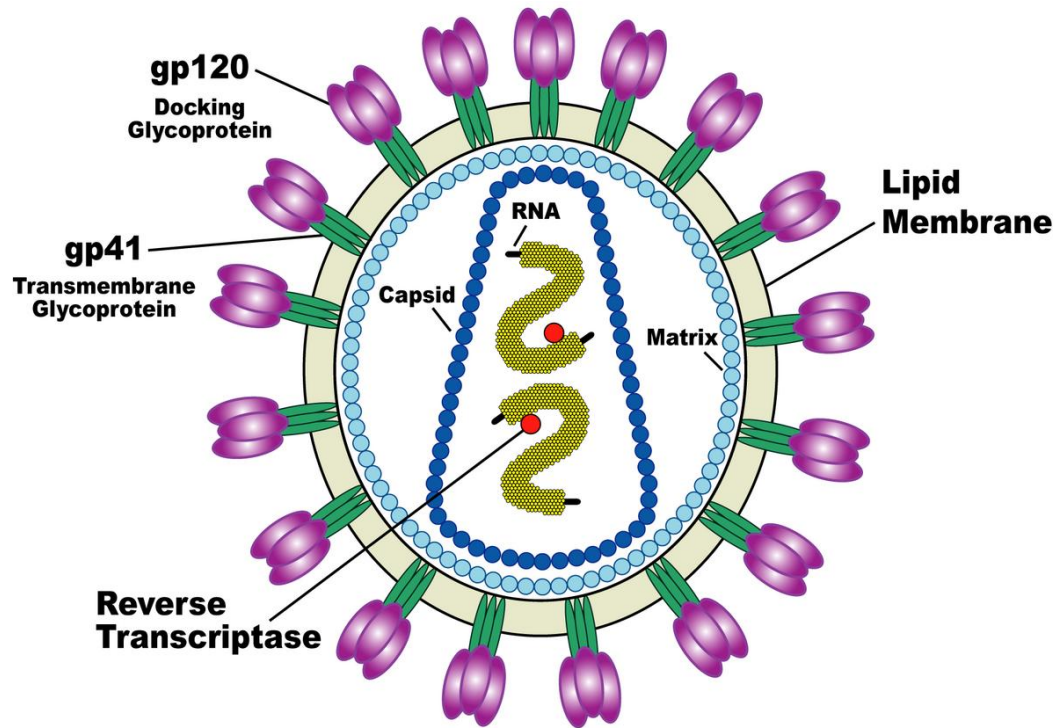
Dopo l'infezione iniziale, cessa la proliferazione delle particelle virali (LATENZA). Tuttavia, il genoma virale non è completamente sradicato.

Il risultato è che il virus può riattivarsi e iniziare a produrre grandi quantità di progenie virale (parte litica del ciclo di vita virale) senza che l'ospite venga nuovamente infettato da un nuovo virus esterno e rimanga all'interno dell'ospite a tempo indeterminato.



Il virus varicella-zoster rimane inattivo e nascosto all'interno del corpo, solitamente nei gangli nervosi, senza causare sintomi. Questa latenza può durare anni e termina quando, a causa di un calo delle difese immunitarie, il virus si riattiva e viaggia lungo il nervo fino alla pelle, provocando il classico dolore e le vescicole (fuoco di sant'antonio)





Un esempio di retrovirus: VIRUS dell'HIV

HIV è il virus che causa l'AIDS, una malattia che intacca il sistema immunitario perché distrugge i linfociti

- **Possiede la trascrittasi inversa**
- È in grado di inserirsi come *provirus* nel genoma della cellula ospite
- Colpisce i linfociti
- Si lega a specifici recettori sulla membrana della cellula ospite attraverso le glicoproteine del pericapside

Le principali componenti della
cellula

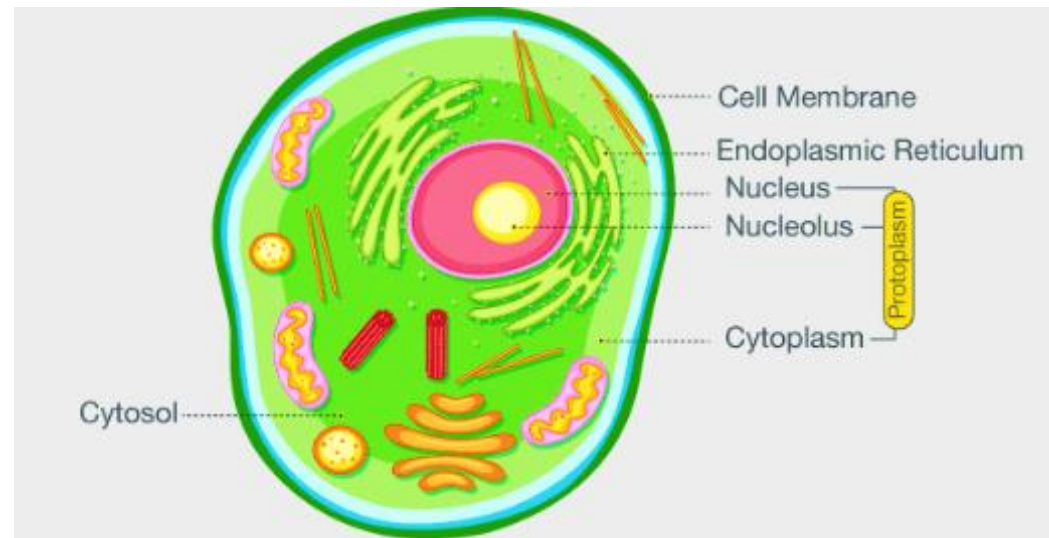
La percentuale di acqua nelle cellule varia a seconda del tipo di cellula, ma in generale è molto alta, oscillando tra il 50% e il 98%. Le cellule hanno bisogno di acqua per svolgere le loro funzioni metaboliche e, in condizioni normali, mantengono un volume costante; un'eccessiva quantità o perdita di acqua può danneggiarle.

CITOSOL

E' un componente liquido non strutturato simile ad un gel.

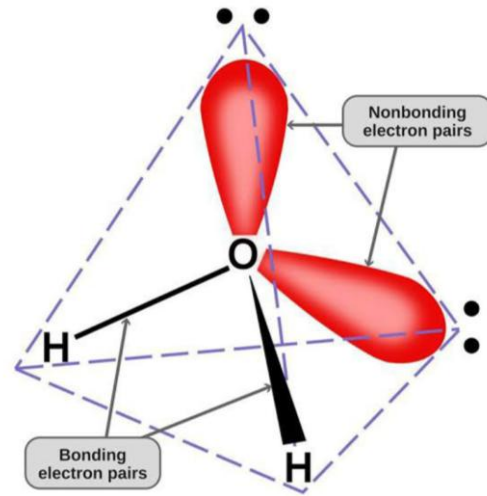
- Contiene tutte le sostanze necessarie al metabolismo cellulare
- Il citosol è **composto di acqua (70%)** e contiene disciolti proteine solubili (20-30%), nutrienti , ioni, prodotti di rifiuto
- Contiene numerosi enzimi
- Diversamente dal liquido extracellulare, il citosol contiene una maggiore concentrazione di ioni potassio ed una elevata concentrazione di proteine, di aminoacidi, lipidi e carboidrati.

Il citosol è circa il 50% del volume cellulare • Ha un pH di 7.0 – 7.4.

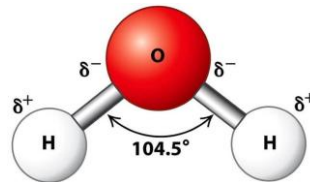


L'acqua

L'acqua è il **composto più abbondante** negli organismi viventi ed infatti rappresenta circa il 70% del peso della maggior parte degli organismi. Le prime forme di vita si sono formate nell'acqua e il corso dell'evoluzione ha preso forma proprio dalle proprietà del mezzo acquoso ove la vita ha avuto inizio



La sua struttura non è lineare ma assume la forma di un **tetraedro** non regolare, al centro del quale si trova l'ossigeno con ibridazione sp^3



Le proprietà dell'acqua dipendono dalla polarità della sua molecola e dai legami a idrogeno che si formano tra una molecola e l'altra

Per la loro diversa elettronegatività, ossigeno e idrogeni formano due legami covalenti polari con una carica parziale negativa sull'ossigeno e una positiva sugli idrogeni. Gli elettroni che partecipano al legame idrogeno-ossigeno non sono equamente condivisi, ma tendono a passare più tempo sull'ossigeno che li attira con più forza. A causa di questa divisione impari degli elettroni, l'estremità del legame idrogeno-ossigeno rivolta verso l'ossigeno possiede una parziale carica negativa (δ^-) mentre l'estremità rivolta verso l'idrogeno presenta una parziale carica positiva (δ^+). La polarità delle molecole di acqua le rende capaci di attrarsi reciprocamente, formando particolari legami dipolo-dipolo, chiamati legami a idrogeno, in cui H svolge la funzione di ponte tra due ossigeni.

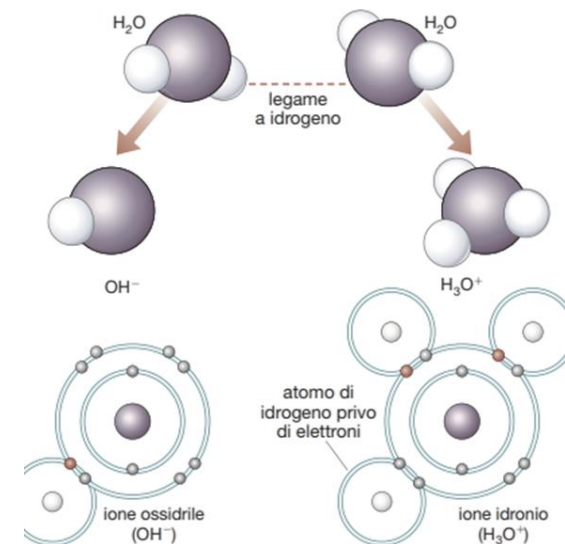
- Per essere solubile in acqua una sostanza deve essere ionica o polare. **Le sostanze apolari (cioè non polari) si sciolgono soltanto in altre sostanze apolari** (per esempio alcuni grassi si sciolgono nell'acetone, che è un solvente apolare).
- Sono dette idrofile le molecole che si sciolgono nell'acqua e idrofobe quelle che, al contrario sono insolubili in acqua.

L'acqua pura allo stato liquido ha una debolissima tendenza a ionizzarsi: al suo interno, infatti, solo un piccolo numero di molecole si scinde in ioni H^+ e ioni OH^- .

Lo ione H^+ è estremamente reattivo e tende a legarsi subito con un'altra molecola d'acqua. Si forma in questo modo lo ione H_3O^+ (idronio).

La tendenza a ionizzarsi delle molecole d'acqua è bilanciata dalla tendenza degli ioni idronio e degli ossidrili a riassociarsi tra loro.

Alcune sostanze, sciogliendosi nell'acqua, liberano ioni H^+ (H_3O^+). A seconda della concentrazione di tali ioni, le soluzioni si dividono in **acide, basiche o neutre**.



$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

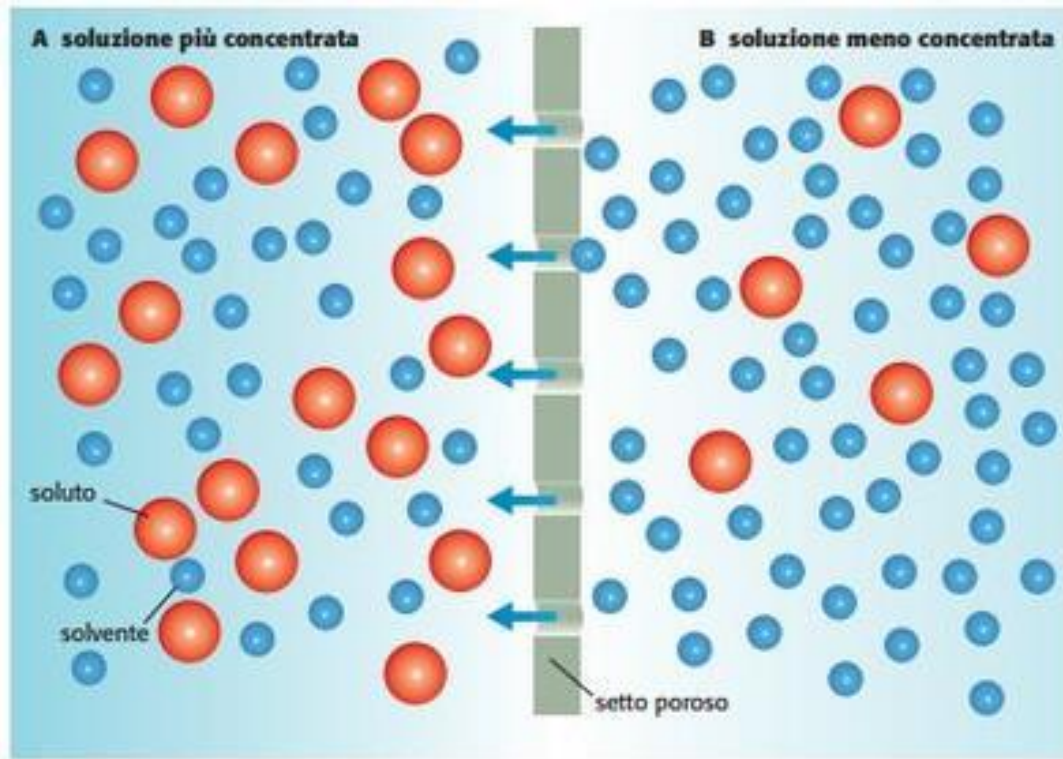
$[\text{H}^+]$	pH	$[\text{OH}^-]$	pOH	Tipo di soluzione
10^{-14}	14	$10^0 = 1$	0	Basica
10^{-13}	13	10^{-1}	1	Basica
10^{-12}	12	10^{-2}	2	Basica
10^{-11}	11	10^{-3}	3	Basica
10^{-10}	10	10^{-4}	4	Basica
10^{-9}	9	10^{-5}	5	Basica
10^{-8}	8	10^{-6}	6	Basica
10^{-7}	7	10^{-7}	7	Neutra
10^{-6}	6	10^{-8}	8	Acida
10^{-5}	5	10^{-9}	9	Acida
10^{-4}	4	10^{-10}	10	Acida
10^{-3}	3	10^{-11}	11	Acida
10^{-2}	2	10^{-12}	12	Acida
10^{-1}	1	10^{-13}	13	Acida
$10^0 = 1$	0	10^{-14}	14	Acida

Il grado di acidità si misura tramite il pH, un parametro legato alla concentrazione in soluzione di ioni H_3O^+ : le sostanze acide hanno pH compreso tra 0 e 7; quelle basiche pH tra 7 e 14; quelle con pH 7 sono dette neutre.

La maggior parte delle reazioni chimiche che avviene negli organismi si verifica all'interno di un ristretto intervallo di pH, in genere vicino alla neutralità.

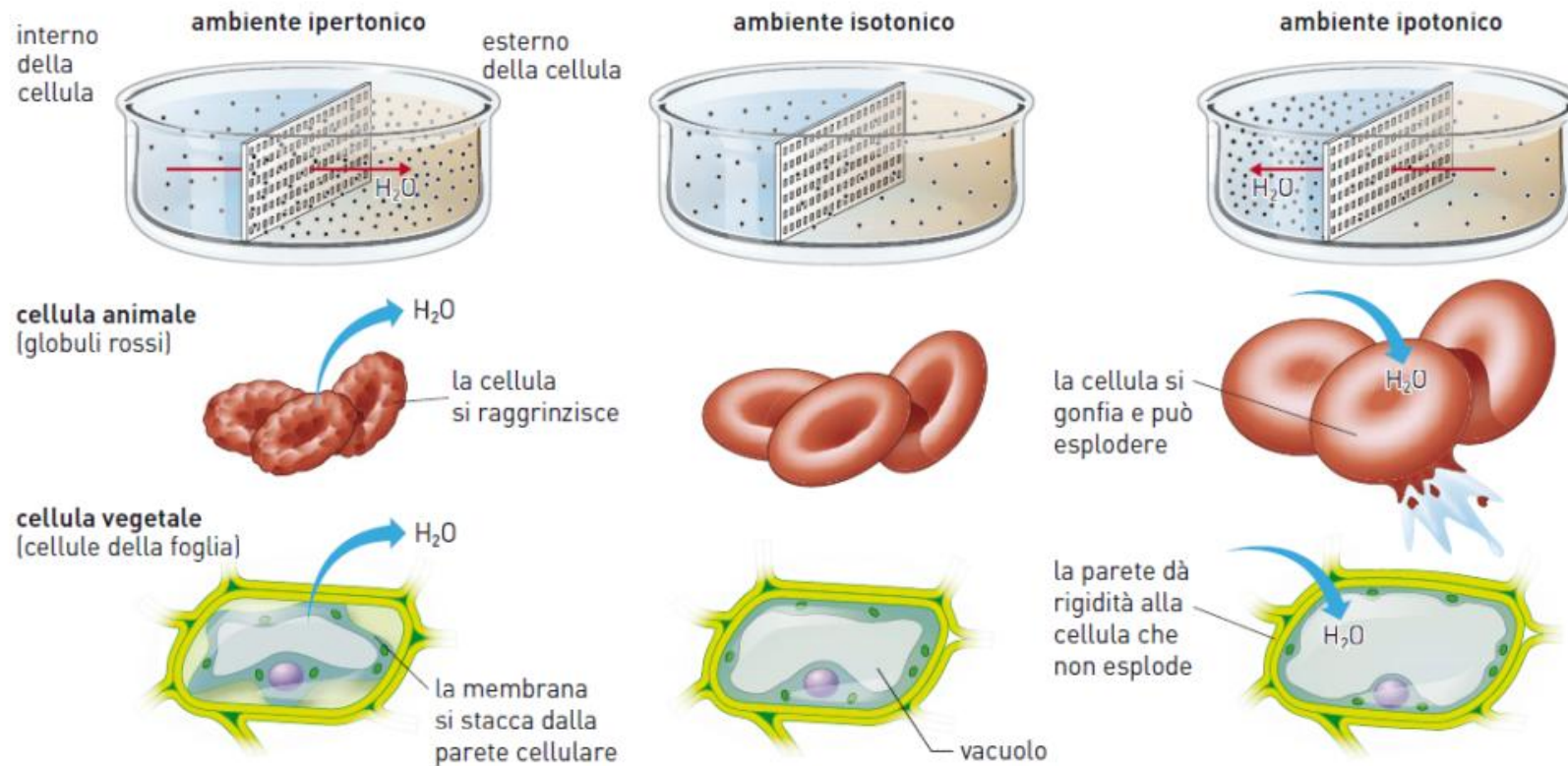
Il pH influenza l'attività enzimatica.

Osmosi



- *L'osmosi è la diffusione di acqua attraverso una membrana selettivamente permeabile che permette il passaggio dell'acqua, ma impedisce il passaggio di molte altre molecole più grandi.*
- Nell'osmosi le molecole d'acqua passano da un punto in cui hanno una maggiore concentrazione (le molecole d'acqua) verso un punto dove hanno concentrazione minore. La pressione esercitata sulla membrana cellulare è detta pressione osmotica.
- Quando la concentrazione di molecole d'acqua relativamente al soluto è uguale da entrambi i lati della membrana l'ambiente è detto isototonico rispetto alla cellula.
- Quando la concentrazione delle particelle disciolte all'esterno della cellula è maggiore che all'interno, il liquido esterno è detto **ipertonico**; in questo caso, il movimento netto d'acqua è verso l'esterno.
- Mentre, quando la concentrazione delle particelle disciolte fuori dalla cellula è inferiore rispetto all'interno, il liquido è detto **ipotonico**; il movimento netto d'acqua è verso l'interno della cellula.

Effetti sulle cellule animali e vegetali della concentrazione delle soluzioni

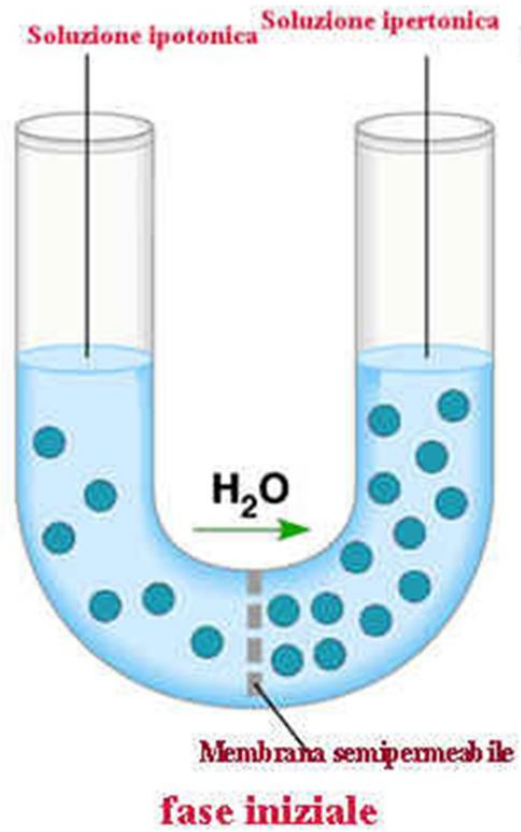
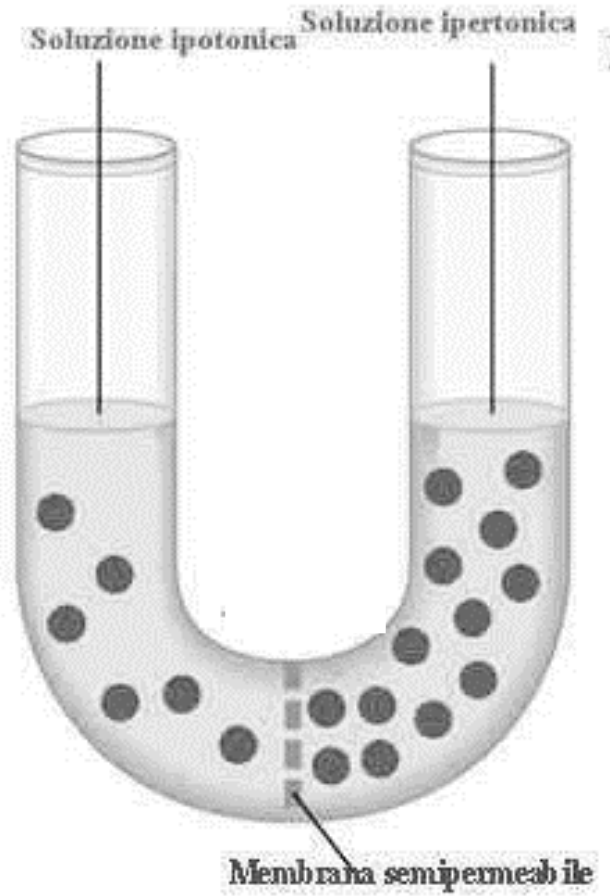


Quindi:

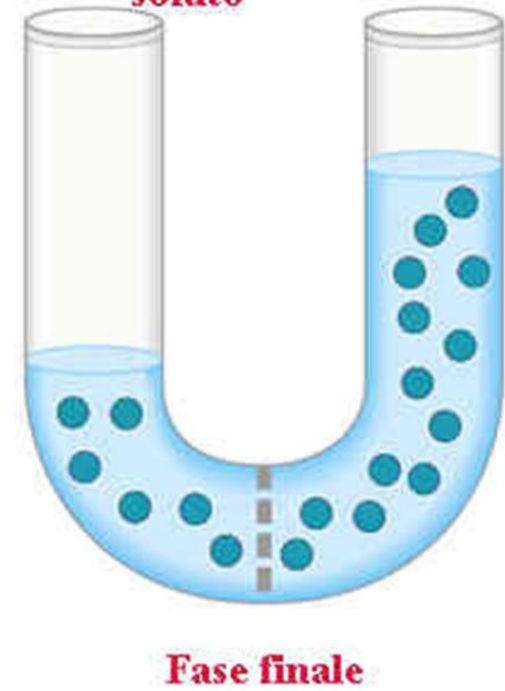
Osmosi: un flusso di solvente tra due soluzioni separate da una membrana semipermeabile

- Un globulo rosso, posto in una soluzione ipertonica, è ipotonico e quindi perde acqua.
 - Una cellula vegetale va incontro alla *plasmolisi* quando viene immersa in una soluzione fortemente ipertonica
- *Contrazione del citoplasma e suo conseguente distacco dalla parete cellulare nelle cellule vegetali vive, in seguito a sottrazione di acqua provocata da una soluzione ipertonica.

L'acqua fluisce seguendo quale direzione?



**L'acqua fluisce verso
la zona a maggior concentrazione di
soluto**



I componenti chimici della cellula

- Gli organismi viventi sono costituiti soltanto da una piccola frazione di elementi presenti in natura.

1. Carbonio (C)
2. Idrogeno (H)
3. Azoto (N)
4. Ossigeno (O)

Gli atomi di questi elementi sono legati fra loro mediante legami covalenti a formare le molecole.

Due molecole diverse possono essere legate insieme da legami non covalenti, che sono più deboli.

I legami non covalenti comprendono: attrazioni elettrostatiche, legami idrogeno e attrazioni di van der Waals, interazioni idrofobiche.

Una forza idrofobica non è in senso stretto un legame.

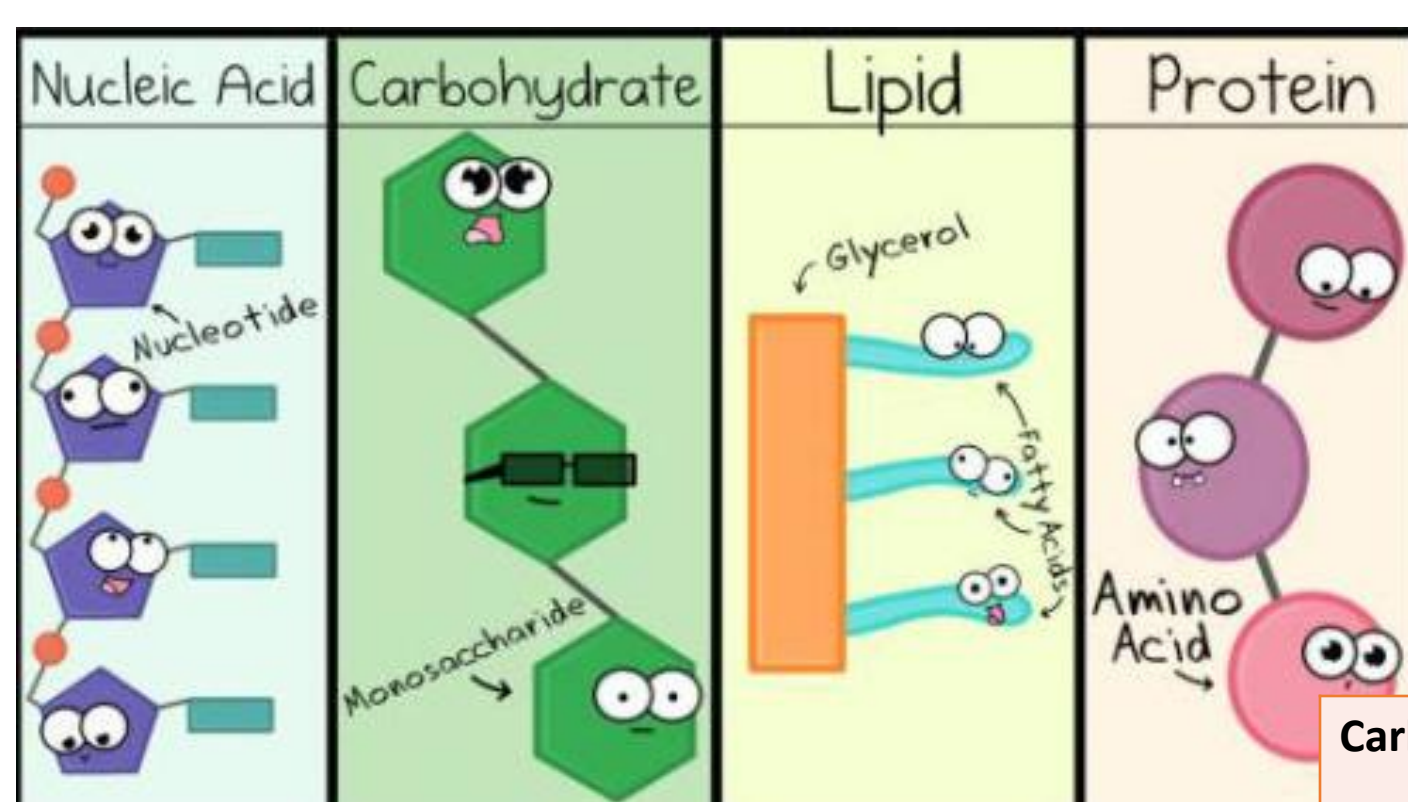
Gruppi funzionali

- Specifiche proprietà chimico-fisiche possono essere conferite alla molecola grazie ai gruppi funzionali.

Gruppo funzionale	Formula generale	Classe
$-\text{OH}$	$\text{R}-\text{OH}$ e $\text{Ar}-\text{OH}$	alcoli e fenoli
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \diagdown \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\ \diagdown \\ \text{H} \end{array}$	aldeidi
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}- \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{R} \end{array}$	chetoni
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \diagdown \\ \text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\ \diagdown \\ \text{OH} \end{array}$	acidi
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \diagdown \\ \text{W} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\ \diagdown \\ \text{W} \end{array}$	derivati degli acidi
$-\text{O}-$	$\text{R}-\text{O}-\text{R}$	eteri
$-\text{NH}_2$	$\text{R}-\text{NH}_2$	ammine primarie

Le macromolecole di interesse biologico

-molecole organiche: composti che contengono atomi di carbonio.

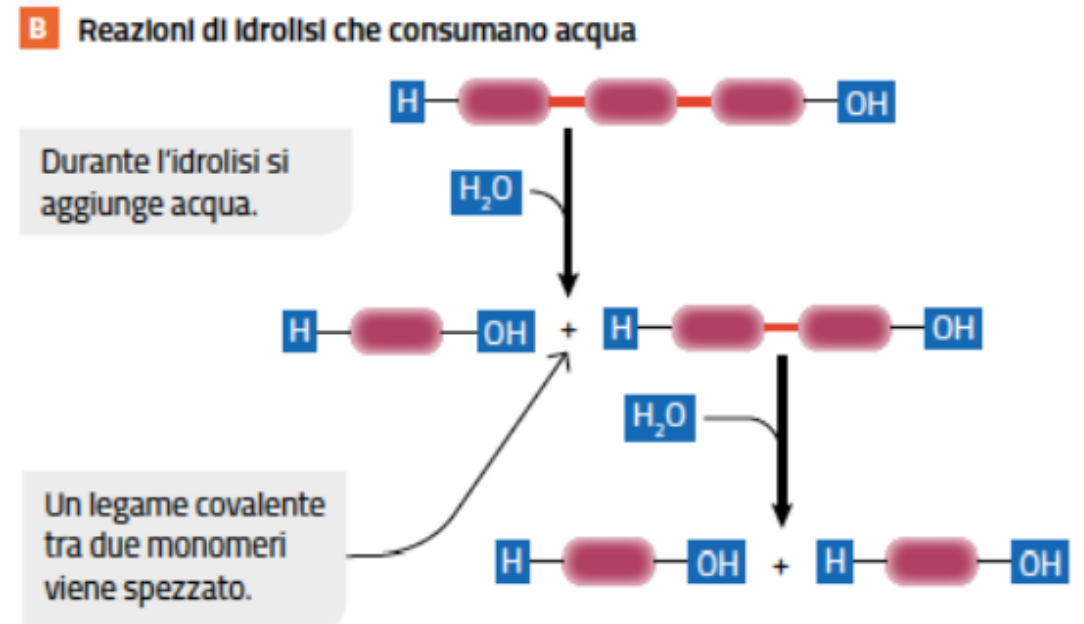
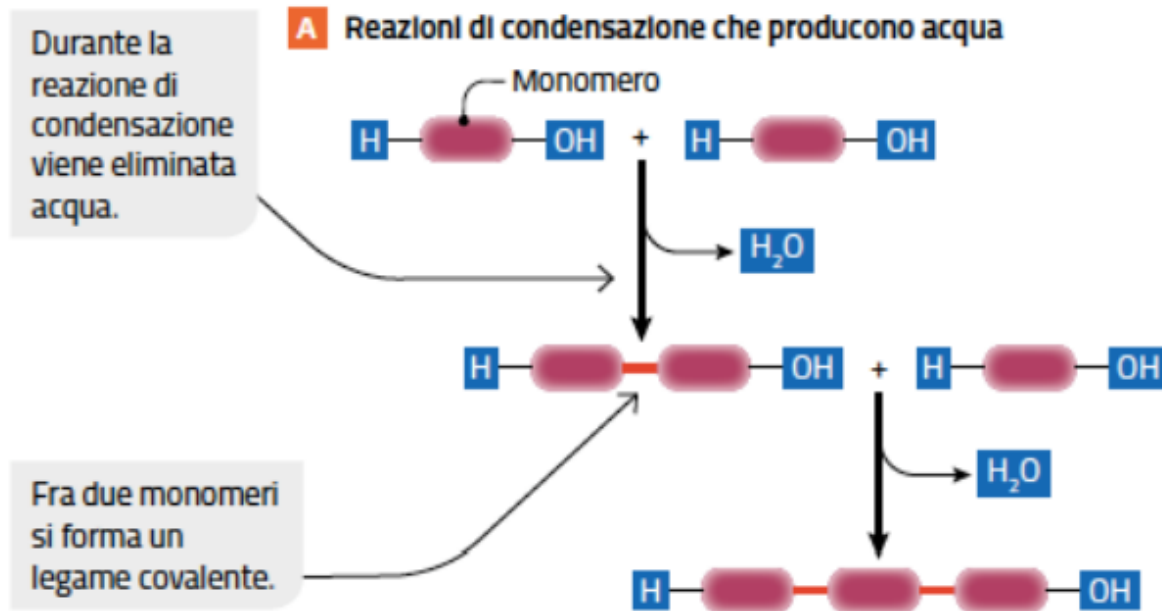


L'atomo di carbonio può formare quattro legami di tipo covalente e combinarsi formando lunghe catene di atomi. Le proprietà di un composto organico dipendono anche dai gruppi funzionali, gruppi di atomi che vengono coinvolti nelle reazioni chimiche.

Molte molecole organiche derivano dall'unione di molecole più piccole (monomeri) che si legano tra loro per dare molecole più grandi (polimeri). I polimeri molto grandi (su scala molecolare, cioè paragonati ad altre molecole) sono comuni negli esseri viventi e sono chiamati macromolecole. Le macromolecole sono distinte in quattro classi principali: i carboidrati, i lipidi, le proteine e gli acidi nucleici

Carboidrati	Monosaccaride
Proteine	Aminoacidi
Lipidi	Glicerolo e acidi grassi
Acidi nucleici	Nucleotidi

- Le macromolecole biologiche sono grandi polimeri costituiti da unità più piccole, i monomeri
- I polimeri si formano attraverso reazioni di condensazione
- La reazione di idrolisi scinde i polimeri e produce monomeri



I carboidrati (o glucidi)

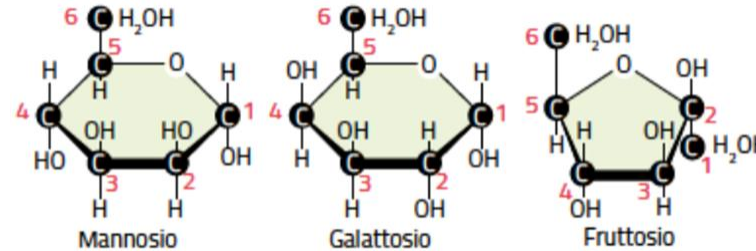
Sono formati da carbonio, idrogeno, ossigeno e si classificano in:

- monosaccaridi (glucosio, fruttosio, galattosio);
 - disaccaridi (lattosio e saccarosio);
 - oligosaccaridi;
 - polisaccaridi (di riserva –amido, glicogeno-, sostegno -cellulosa, chitina- o complessi)
- Hanno funzione energetica e strutturale.

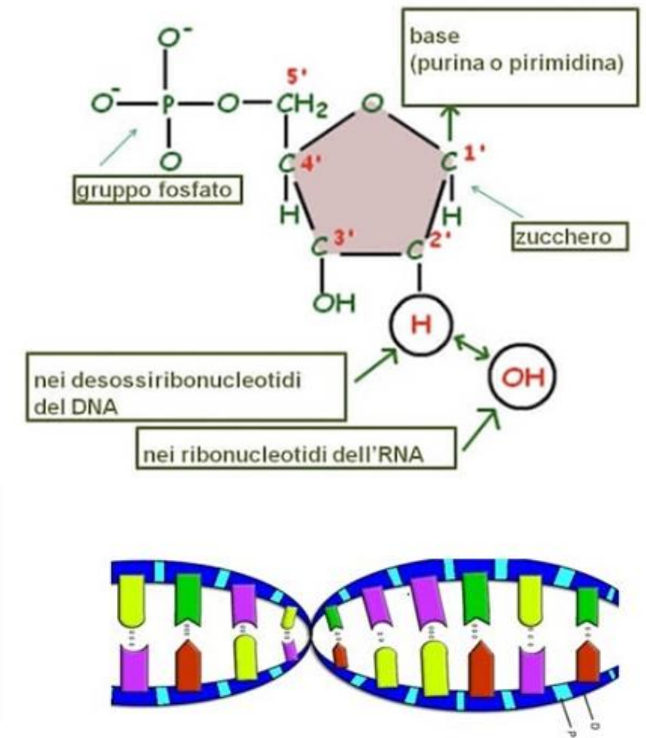
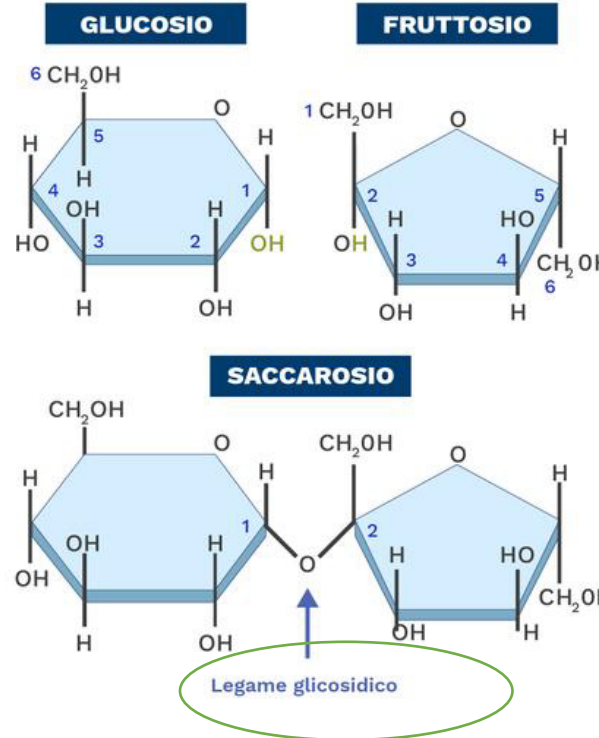
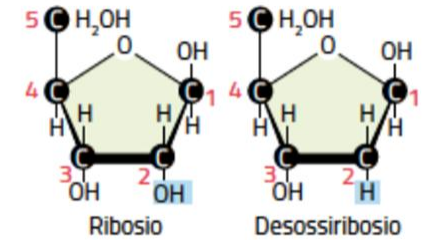
Il glucosio come fonte di energia

Per la conservazione a breve termine gli zuccheri sono immagazzinati sottoforma di **glicogeno**, che è presente in forma di piccoli granuli nel citoplasma di molte cellule fra cui fegato e muscoli.

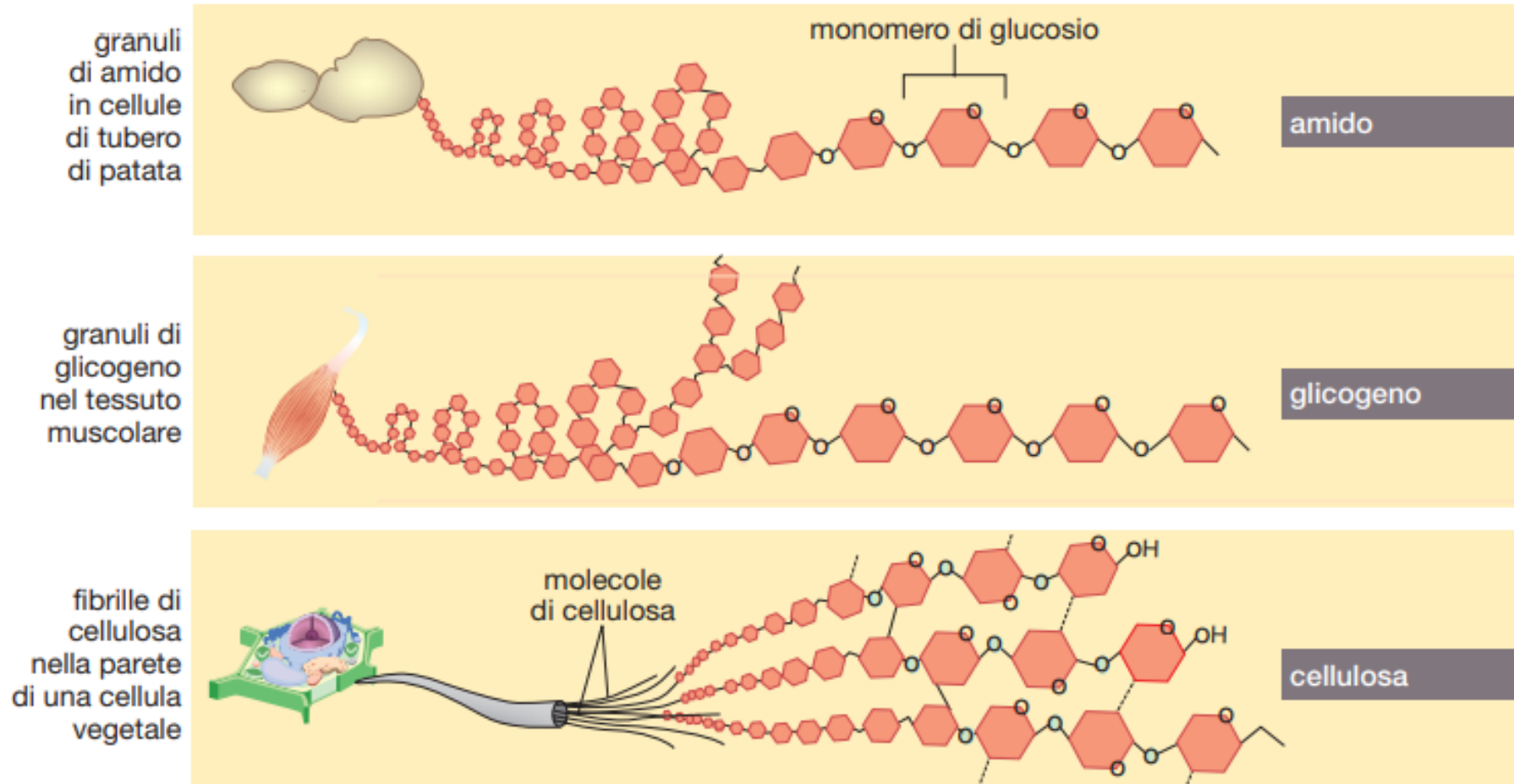
ESOSI



PENTOSI



I carboidrati formati da centinaia o migliaia di unità si chiamano polisaccaridi.
Alcuni polisaccaridi funzionano come riserve di zuccheri semplici per gli organismi.
Per esempio, le piante immagazzinano lo zucchero in eccesso sotto forma di amido.
Gli animali, invece, fanno scorta di zucchero sotto forma di glicogeno nel fegato e nei muscoli.



I lipidi

- I lipidi sono molecole **idrofobiche (insolubili in acqua)** composte da carbonio e idrogeno. Sono i costituenti delle membrane e hanno funzioni isolanti, di regolazione o di riserva.
- Per gli animali il grasso è la forma di deposito più importante perché è più efficiente: 1 gr di grasso rilascia più energia di un 1 gr di glicogeno

immagazzinare energia (come avviene con i carboidrati)

Nonostante siano formati dagli stessi elementi, i lipidi e i carboidrati hanno caratteristiche del tutto differenti, che dipendono dalla diversa disposizione degli atomi, cioè dal modo in cui essi sono legati tra loro a formare queste macromolecole

Steroidi ed acidi grassi

Ruolo di regolazione come nel caso di ormoni e vitamine

trigliceridi

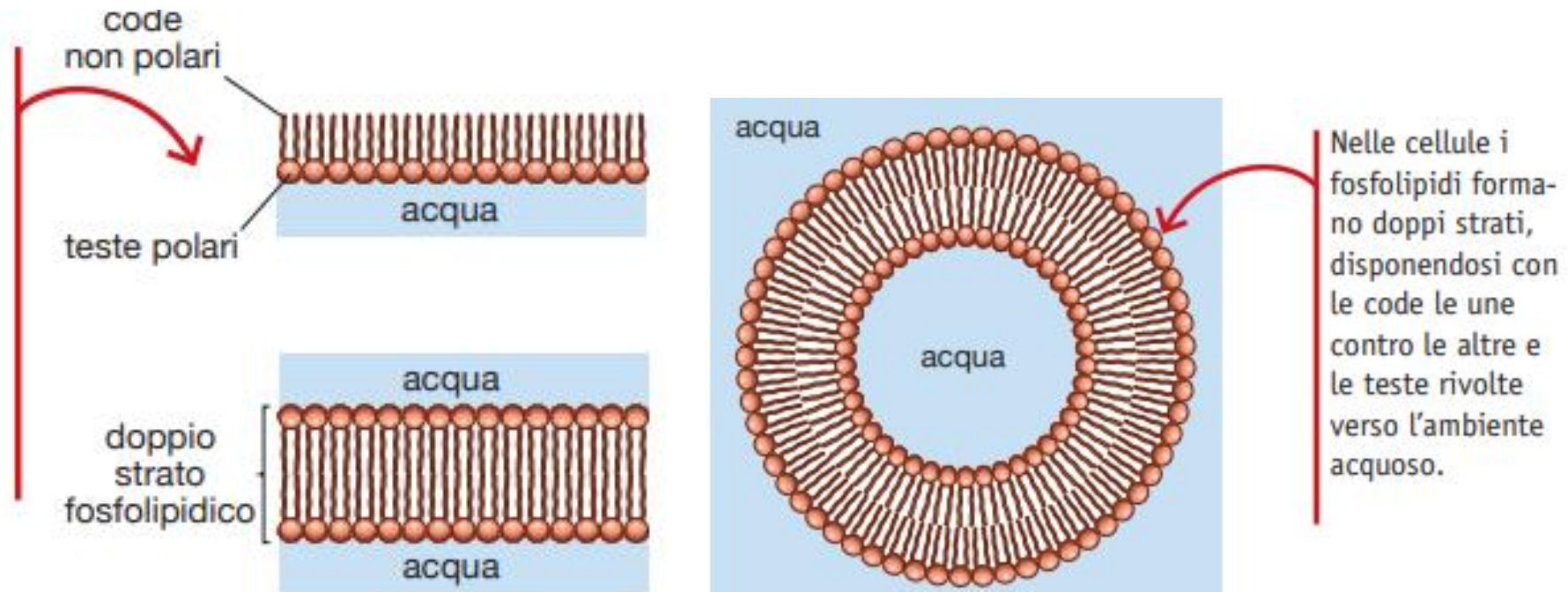
Gli acidi grassi sono conservati come riserva di energia tramite un legame estere al glicerolo

fosfolipidi

Costituenti delle membrane cellulari

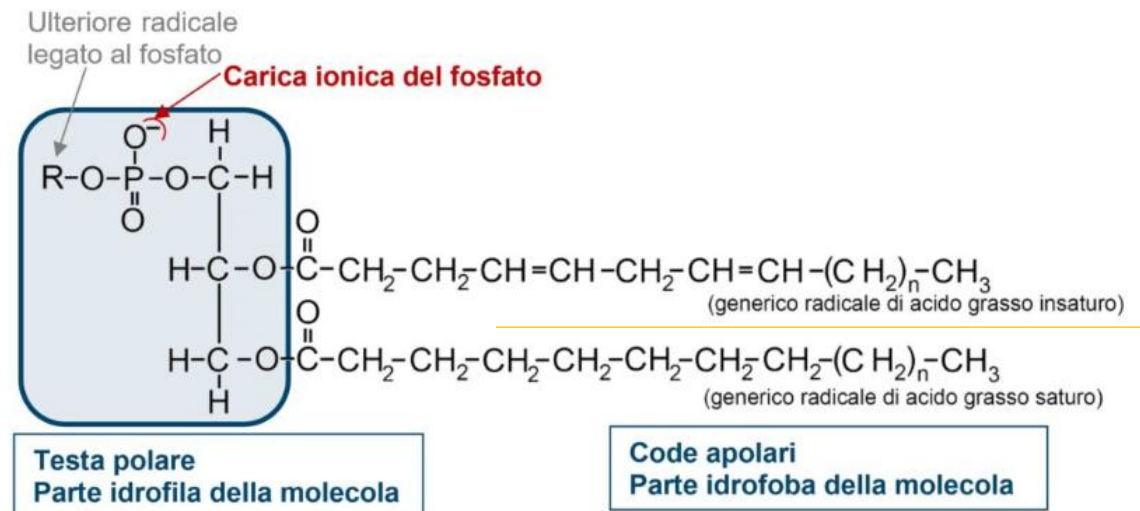
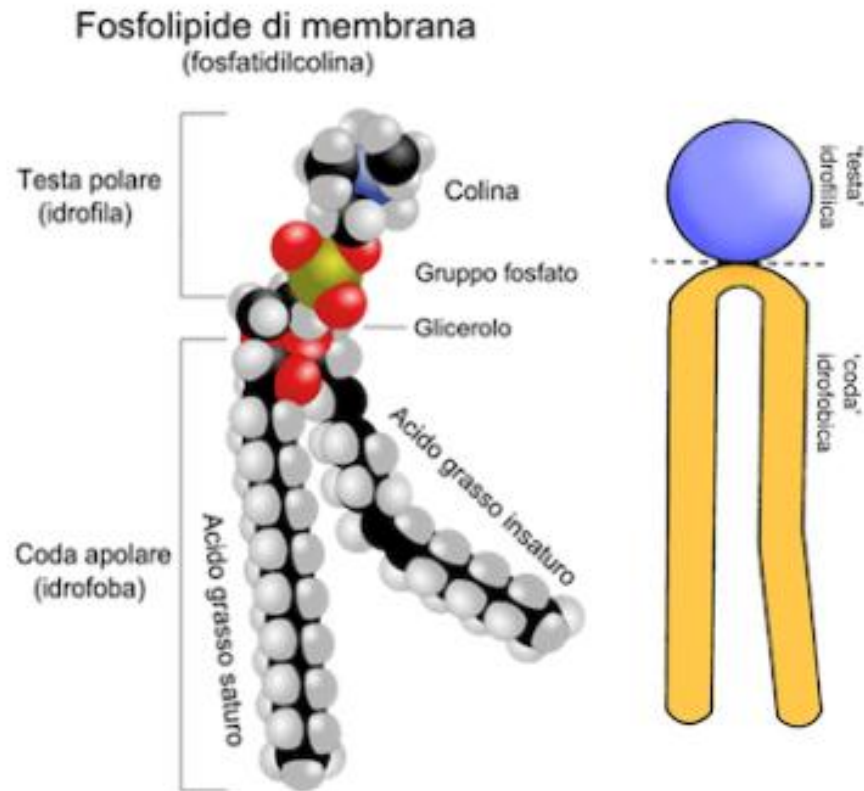
I fosfolipidi sono un gruppo di lipidi particolarmente importanti perché formano le membrane che delimitano tutte le cellule.

Ogni molecola di fosfolipide ha una duplice natura: è idrofila (cioè ha affinità per l'acqua) in corrispondenza della «testa», formata da un gruppo di atomi che contiene fosforo, ed è idrofoba (cioè non ha affinità per l'acqua e tende ad allontanarsi da essa) in corrispondenza delle due «code» formate da acidi grassi.



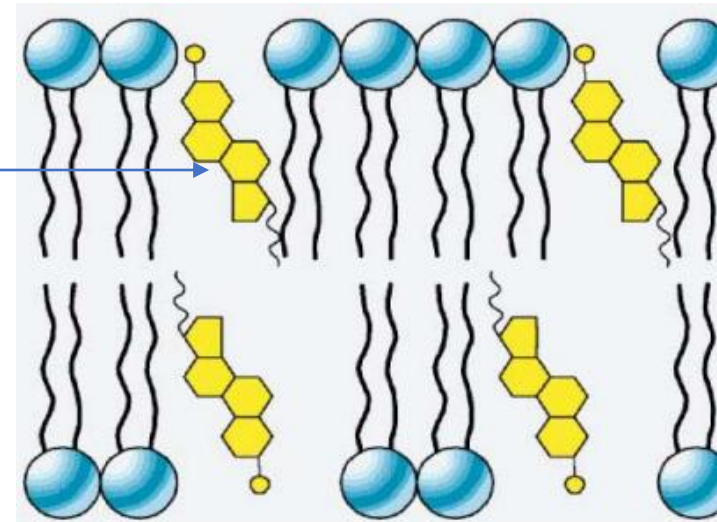
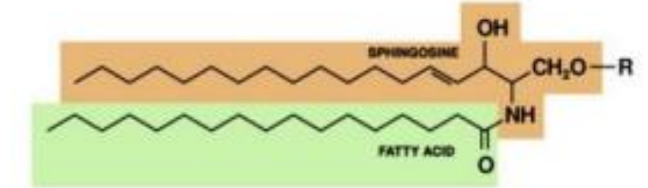
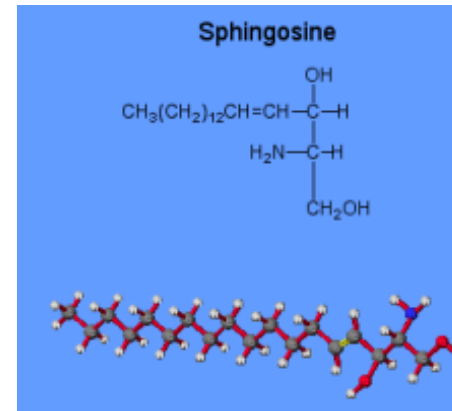
- I lipidi di membrana più abbondanti sono i fosfolipidi

Hanno un gruppo di testa polare e due code idrocarburiche idrofobiche. Una coda ha in genere uno o più doppi legami cis (cioè insatura), mentre l'altra non ne contiene (cioè è satura).



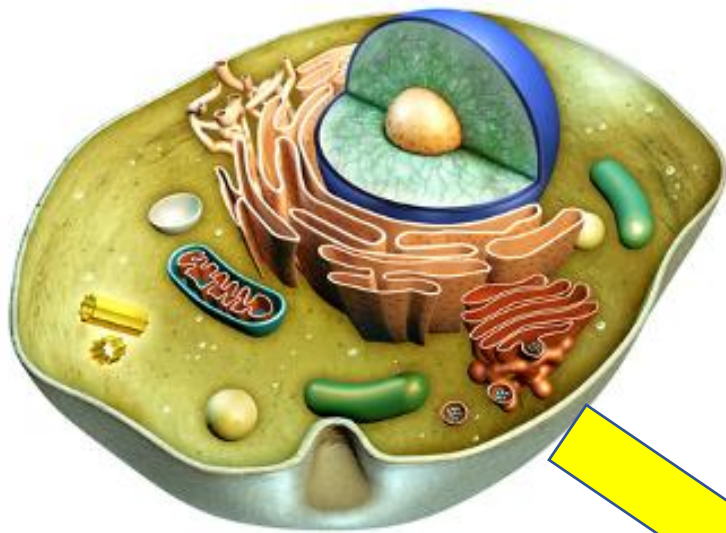
I fosfolipidi principali nella maggior parte delle cellule animali sono i fosfogliceridi. Combinando gli acidi grassi e gruppi di testa diversi, si ottengono altri fosfogliceridi come fosfatidiletanolamina, fosfatidilserina, fosfatidilcolina.

- Un'altra classe importante di fosfolipidi sono gli sfingolipidi, costituiti da sfingosina invece che da glicerolo. Il più comune sfingolipide è la sfingomielina.
- Oltre ai fosfolipidi, il doppio strato contiene anche glicolipidi e **colesterolo**. Le membrane plasmatiche degli eucarioti contengono grandi quantità di colesterolo.
- La fluidità del doppio strato lipidico dipende dalla sua composizione

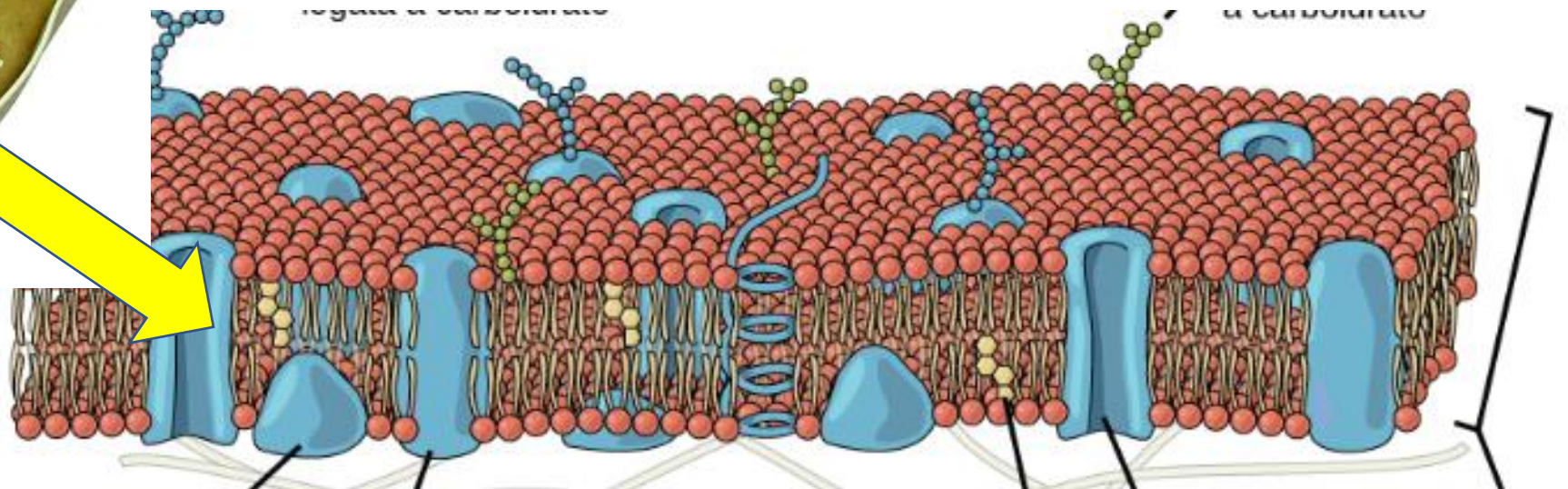


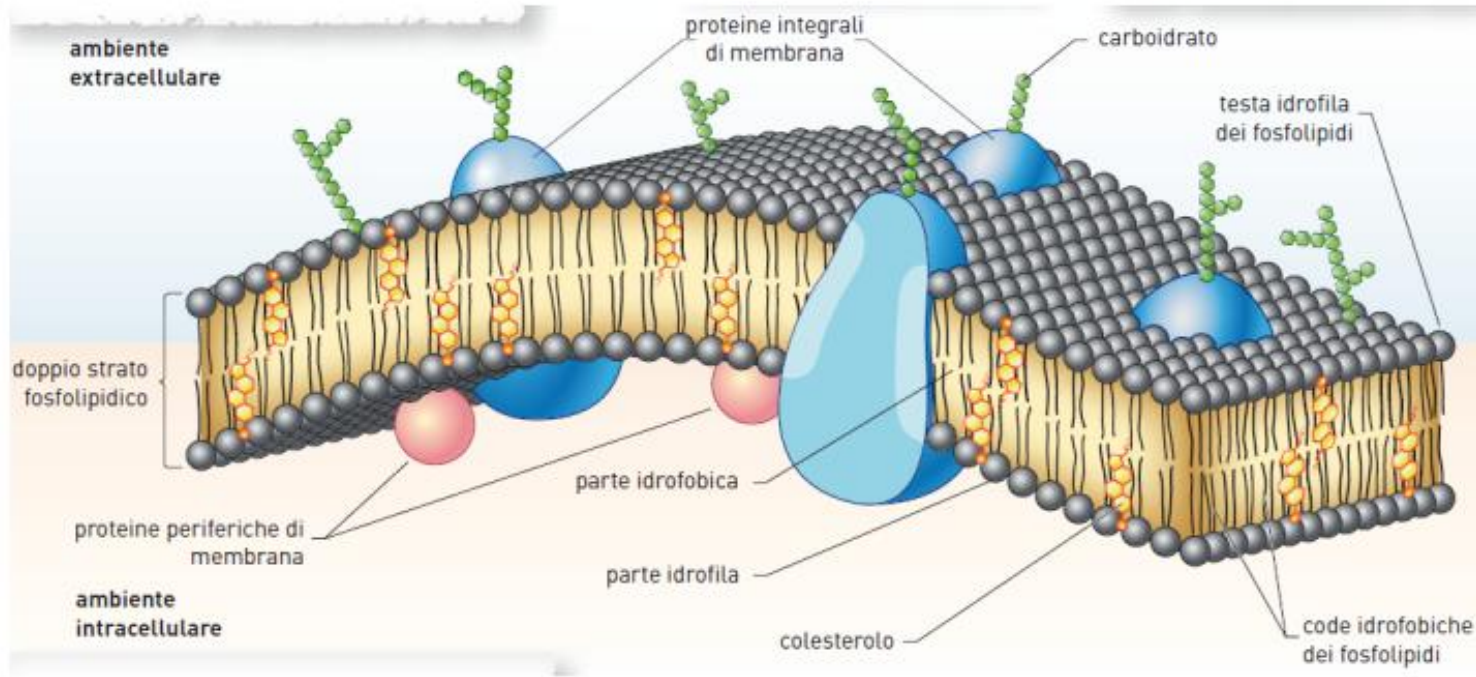
Membrane cellulari

- La membrana plasmatica racchiude la cellula, mantenendo le differenze tra citosol e ambiente extracellulare.



STRUTTURA DI BASE: Doppio strato fosfolipidico





TRASPORTO PASSIVO:
diffusione semplice,
diffusione
facilitata, osmosi

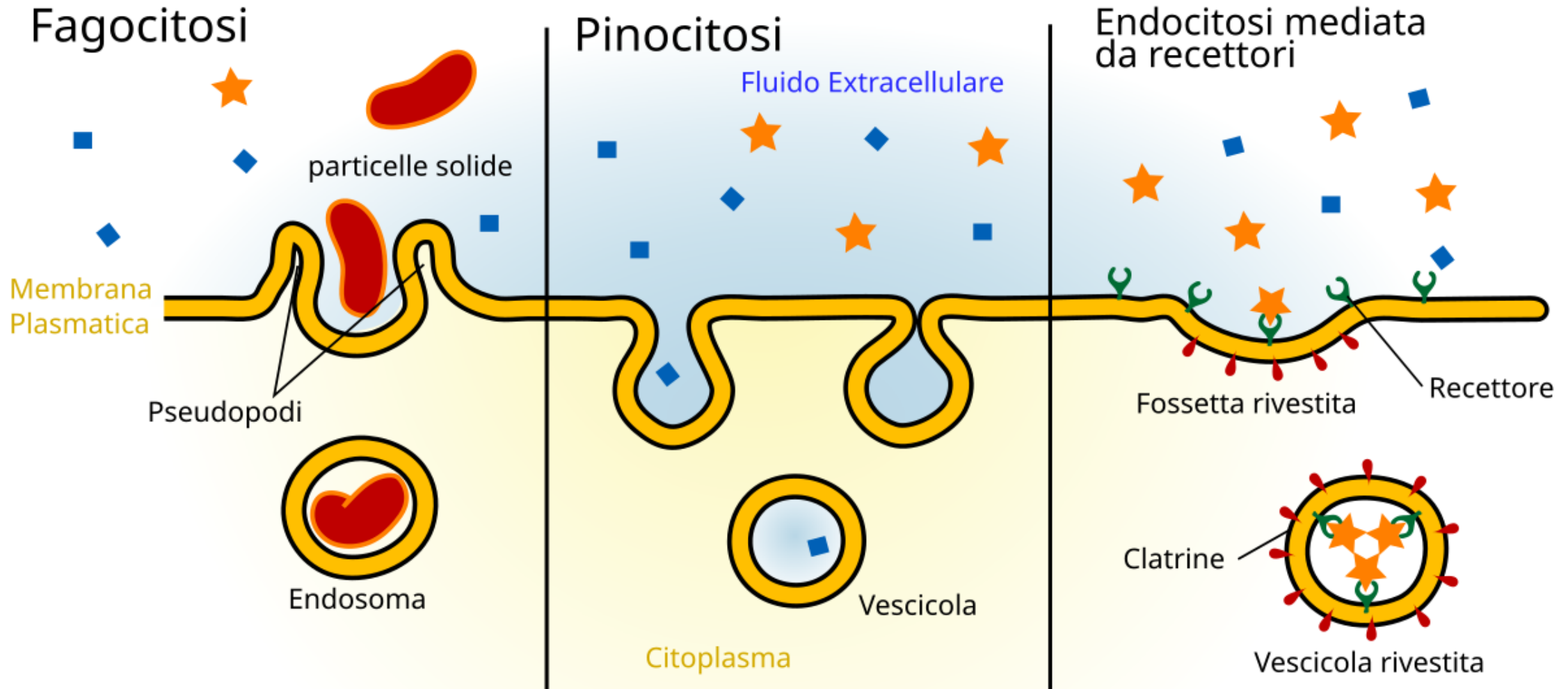
TRASPORTO ATTIVO:
contro il gradiente di
concentrazione, per
mezzo di speciali
proteine di trasporto
chiamate pompe

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.

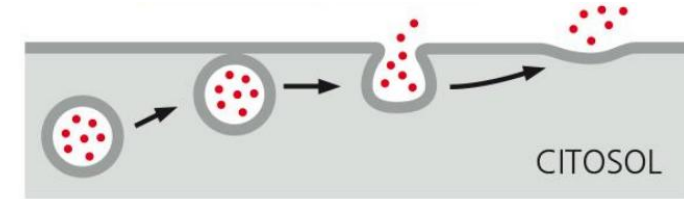
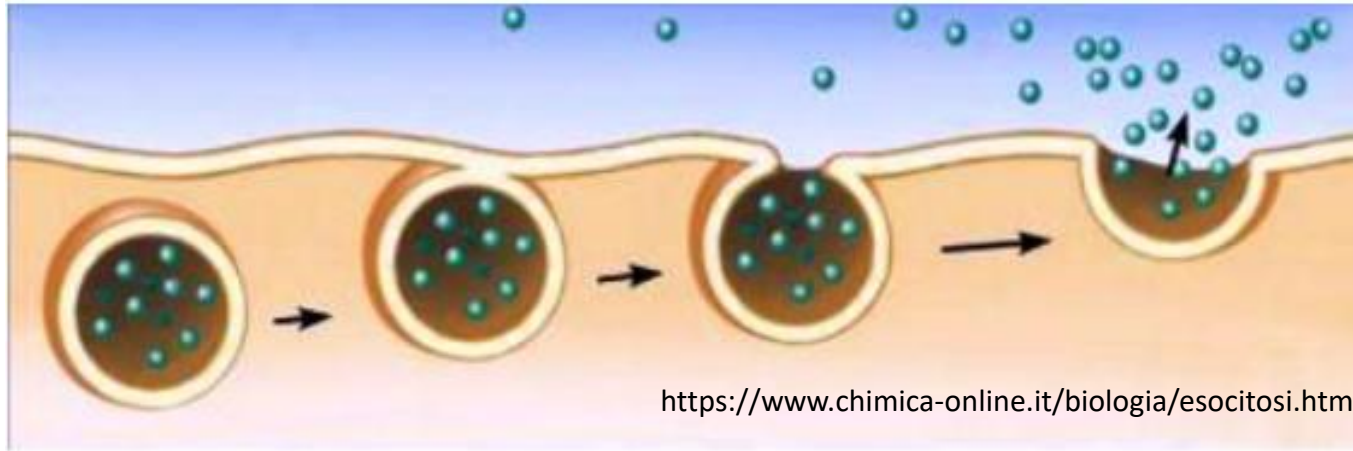
le cellule assorbono sostanze dall'ambiente esterno,
coinvolgendo il ripiegamento della membrana cellulare per
formare vescicole intracellulari.

Endocitosi



Esocitosi

Le vescicole con i materiali da portare all'esterno della cellula si fondono con la membrana plasmatica



Può avvenire in maniera
costitutiva o regolata

La via costitutiva è quella
caratterizzata da un trasporto
vescicolare continuo dal
transgolgi alla membrana
plasmatica



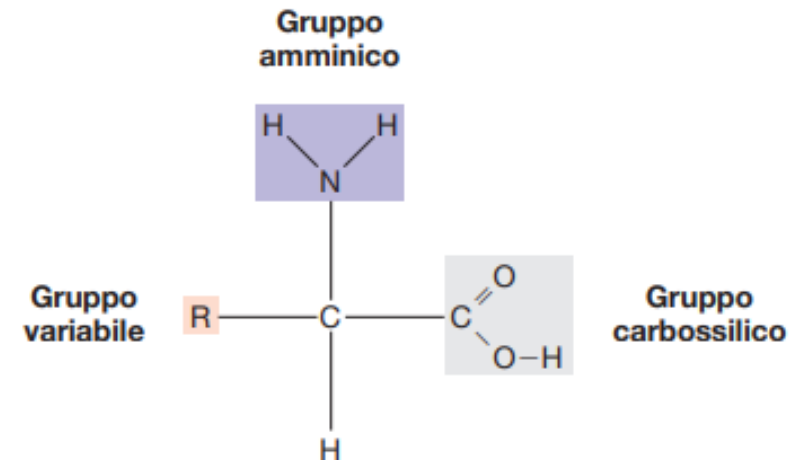
Proteine

Nell'organismo umano si trovano più di 10000 tipi di proteine diverse. Grazie alla loro varietà, le proteine svolgono molte funzioni

- Le proteine sono polimeri lineari composti da amminoacidi.

Svolgono numerose funzioni:

- Proteine enzimatiche (enzimi)
- Proteine di difesa (anticorpi)
- Proteine contrattili (actina-miosina)
- Proteine di trasporto (emoglobina)
- Proteine di deposito (albumina)
- Proteine messaggeri (insulina)
- Proteine strutturali (cheratina)



Ogni molecola di amminoacido presenta due gruppi funzionali legati a un atomo di carbonio (C) centrale: il gruppo carbossilico (—COOH) e il gruppo amminico (—NH₂).

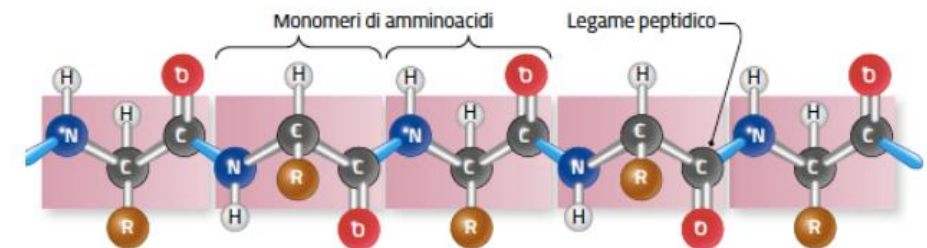
- Ogni amminoacido ha un gruppo carbossilico, un gruppo amminico e un gruppo radicale (R).

Negli organismi viventi sono presenti 20 amminoacidi, che differiscono in base alle proprietà chimiche dei loro gruppi R



Aminoacidi essenziali	Aminoacidi non essenziali
Istidina	Alanina
Isoleucina	Arginina
Leucina	Acido aspartico
Lisina	Asparagina
Metionina	Cisteina
Fenilalanina	Acido glutammico
Treonina	Glutamina
Triptofano	Glicina
Valina	Prolina
	Serina
	Tirosina

Vengono definiti essenziali tutti quegli amminoacidi che un organismo non è in grado di sintetizzare in quantità sufficiente per supportare la propria sintesi proteica, e che quindi devono necessariamente essere assunti con l'alimentazione.



In natura esistono centinaia di aminoacidi ma solo venti di questi sono utilizzati per la sintesi di proteine durante il processo di traduzione dell'mRNA. Le venti catene laterali sono caratterizzate da una grande variabilità in termini di:

- 1) Dimensioni e forma
- 3) Carica
- 5) Capacità di formare legami idrogeno
- 7) Carattere idrofobico
- 9) Reattività chimica

La natura chimica della catena laterale determina la natura dell'amminoacido

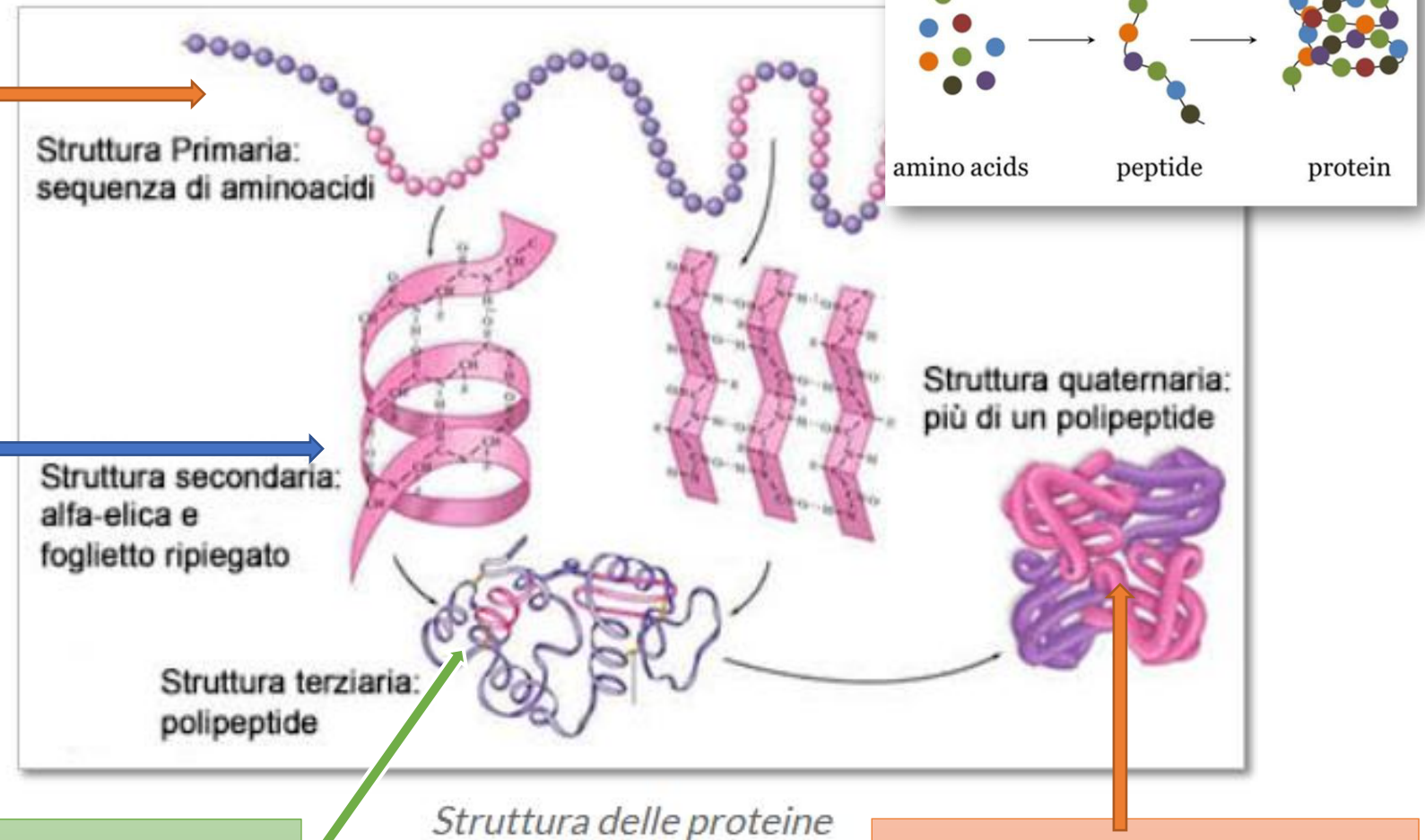
Amminoacido			
Non polari, Gruppi R alifatici			
	Glicina	Alanina	Valina
	Leucina	Metionina	Isoleucina
	Prolina		
Polari, Gruppi R non caricati			
	Cisteina	Serina	Treonina
	Asparagina	Glutammina	
Amminoacido			
Gruppi R a carico positivo			
	Lisina	Arginina	Istidina
Gruppi R a carico negativo			
	Aspartato	Glutammato	
Non polari, Gruppi aromatici			
	Fenilalanina	Tirosina	Triptofano

La struttura primaria corrisponde alla sequenza degli amminoacidi lungo la catena polipeptidica.

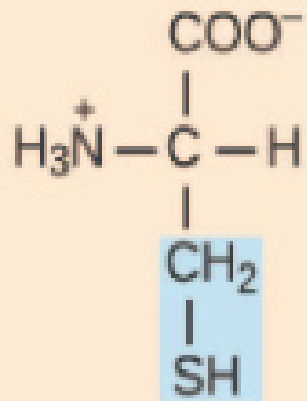
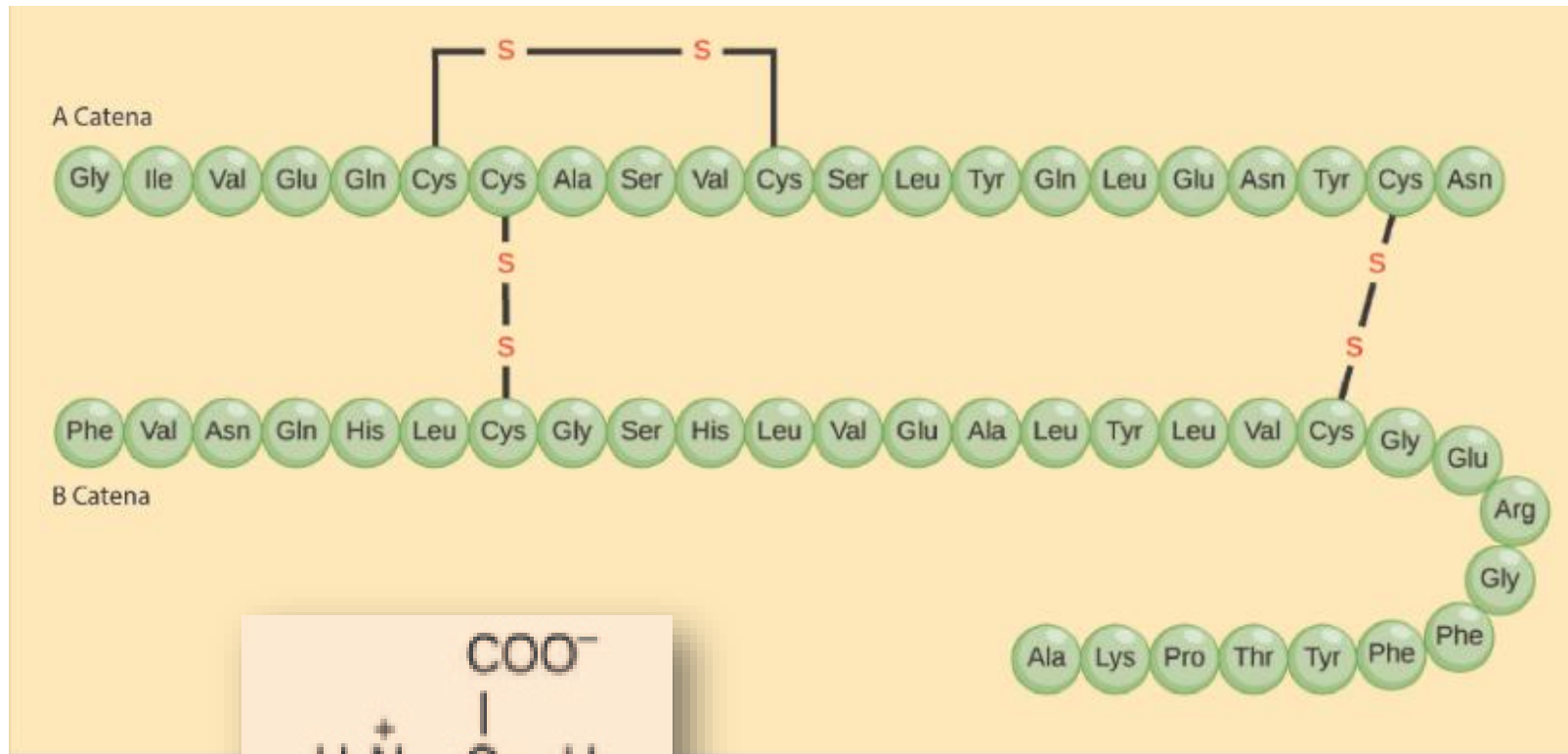
La struttura secondaria può presentarsi ad α elica o a foglietto β . È dovuta a ripiegamenti regolari della catena polipeptidica, tenuti in sede da legami a idrogeno.

La struttura terziaria rappresenta il modo in cui i segmenti della proteina con diverse strutture secondarie si ripiegano su sé stessi nello spazio.

La struttura quaternaria deriva dal modo in cui le varie subunità che costituiscono una proteina si legano e interagiscono tra loro



La sequenza unica degli amminoacidi in una catena polipeptidica è la sua struttura primaria.



Cisteina

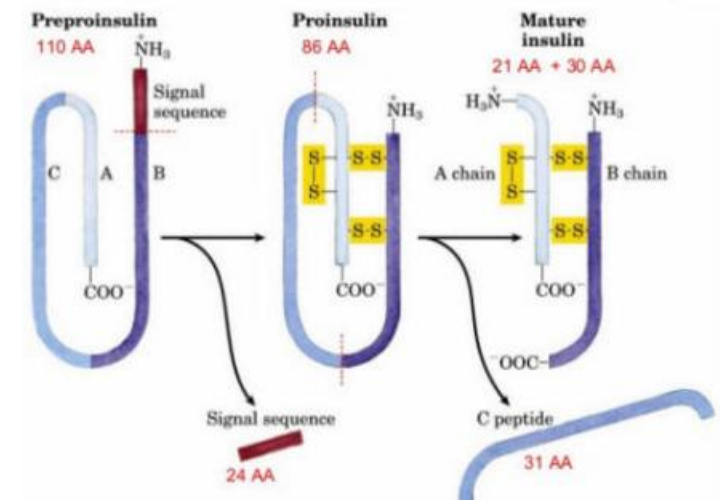
Due gruppi sulfidrilici possono reagire in presenza di ossigeno per formare un legame disolfuro (S-S). Due legami di disolfuro collegano le catene A e B insieme, e un terzo aiuta la catena A a piegarsi nella forma corretta.

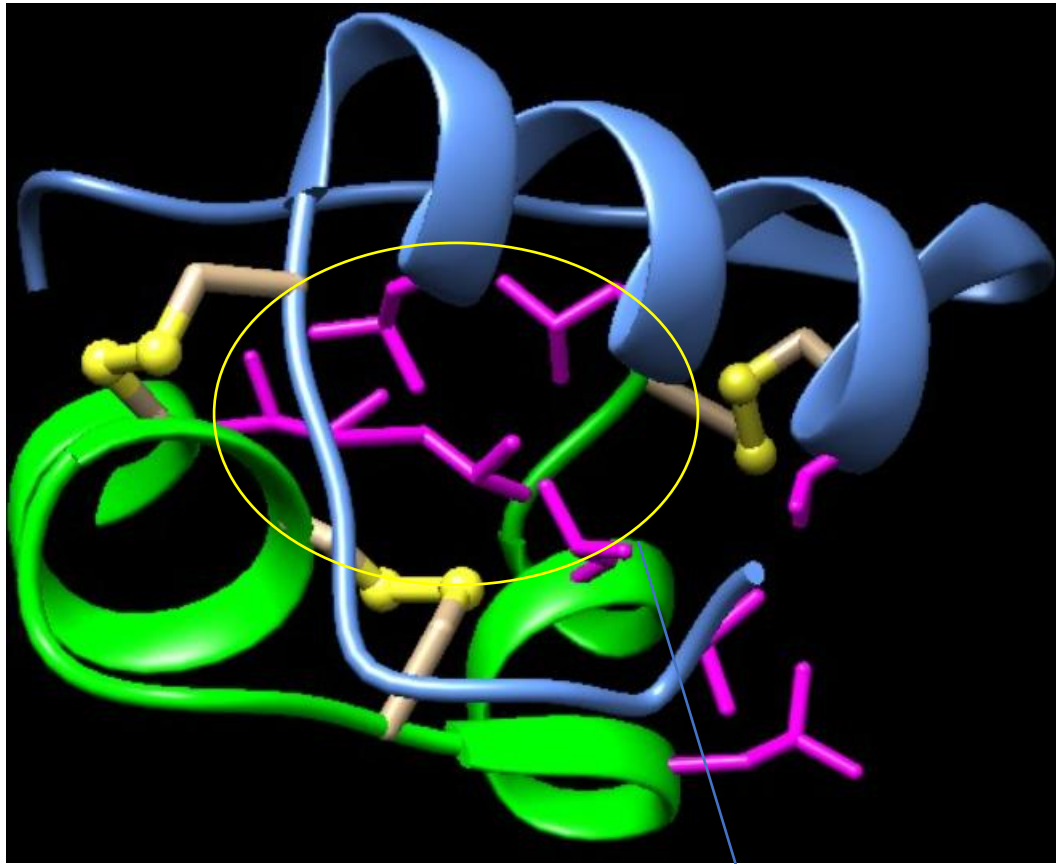
L'insulina del siero bovino è un ormone proteico composto da due catene peptidiche, A (21 amminoacidi lunghi) e B (30 amminoacidi lunghi).

1-Dove viene prodotta l'insulina?

2-Che ruolo ha?

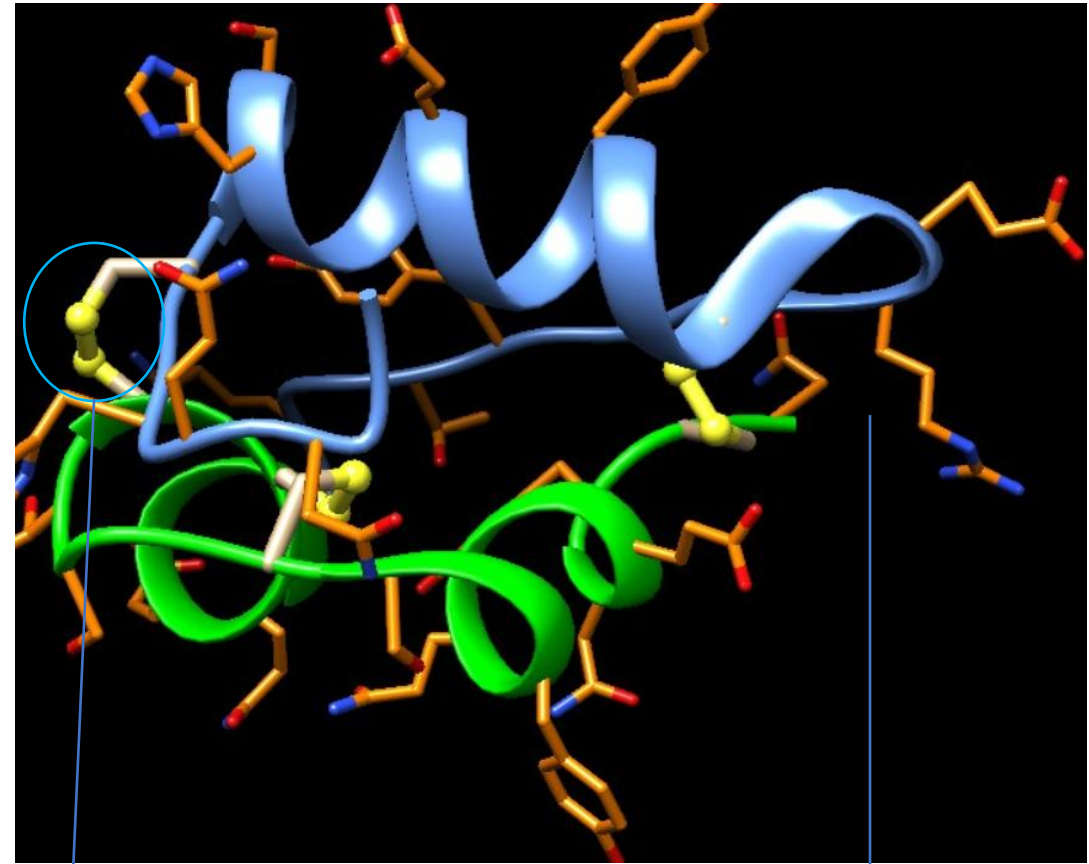
3-Come si produce l'insulina destinata al consumo umano?





Insulina umana

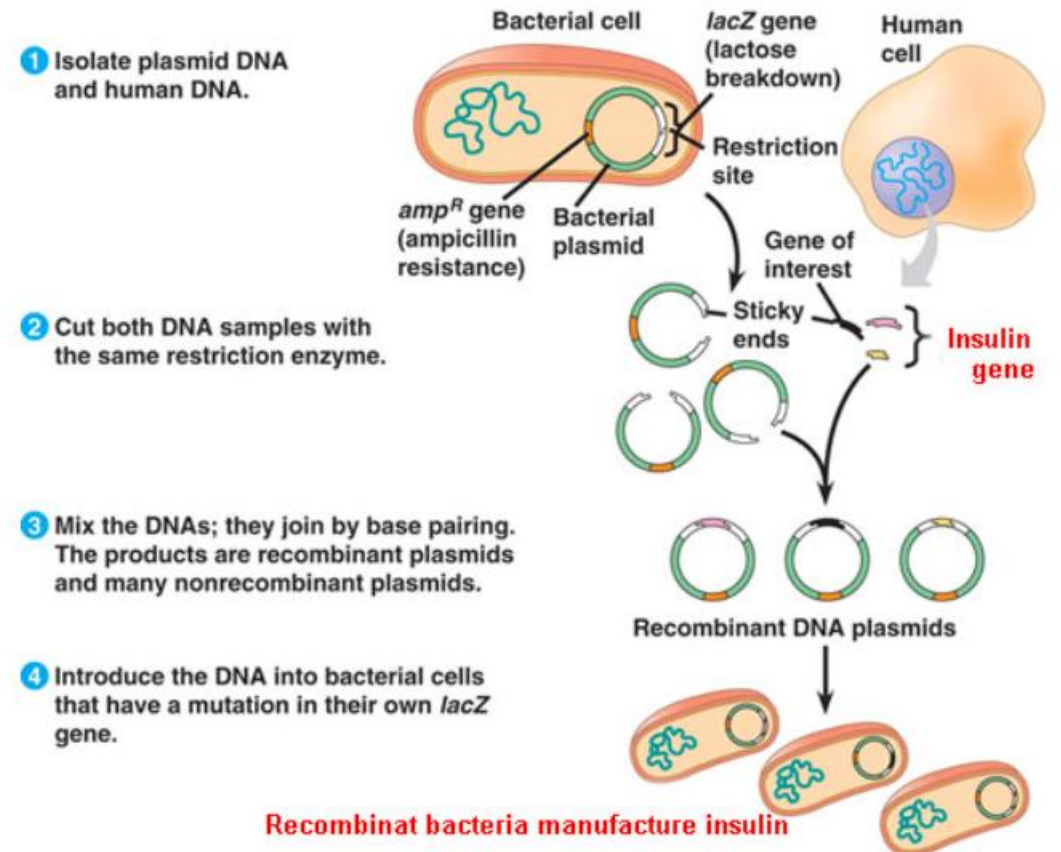
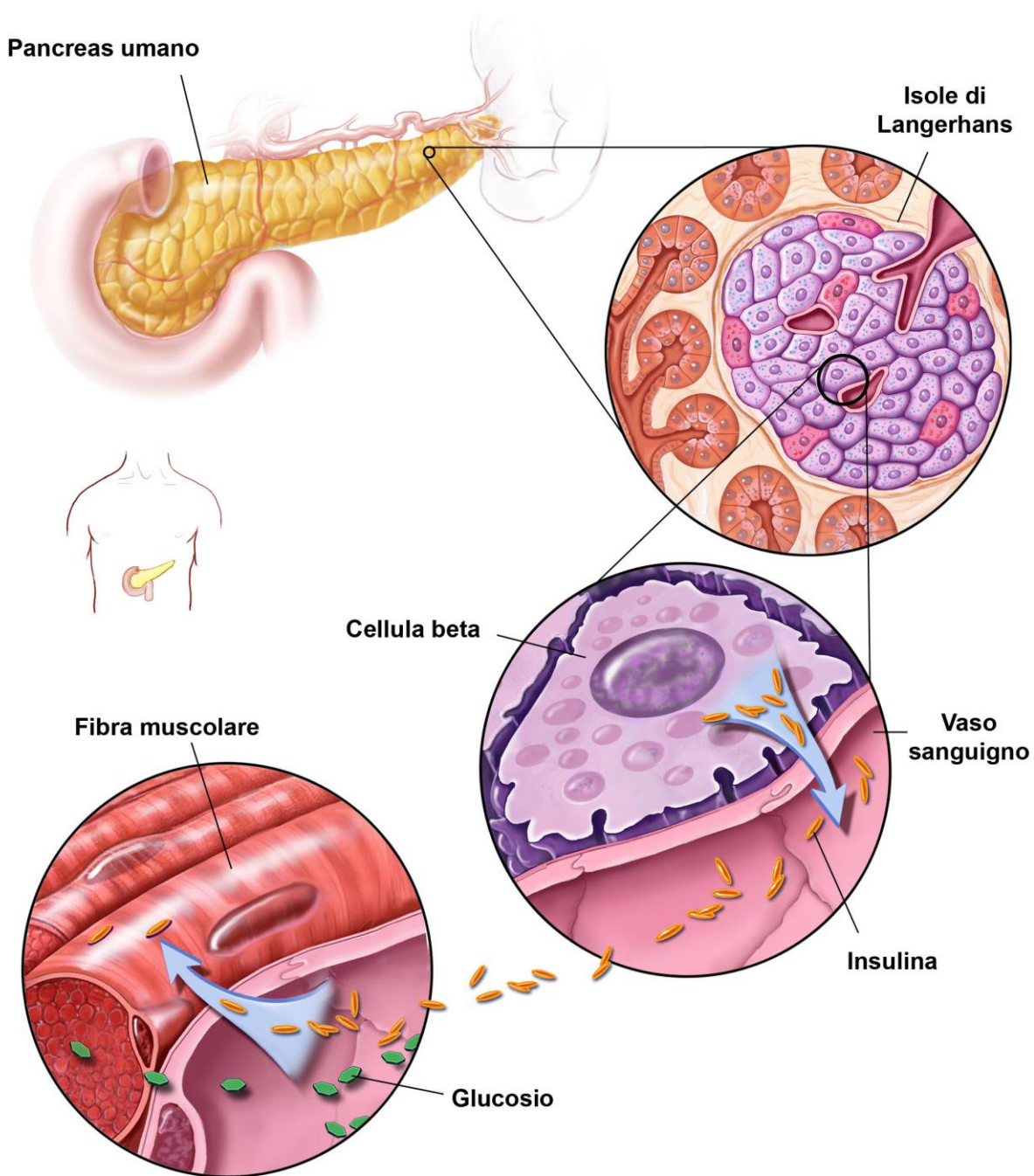
L'insulina è una molecola perfetta per esplorare la struttura delle proteine. In questa piccola proteina si possono vedere molte delle caratteristiche chiave che stabilizzano la struttura delle proteine.



Ponte disolfuro: Cys?
N=3 (giallo)

Aa apolari (magenta): dove sono rivolti?

Aa polari (arancione):
dove sono rivolti?



<http://www.bio.miami.edu/~cmallery/150/gene/c7.20.4.insulin.jpg>

Fegato

L'insulina permette ai muscoli ed alle cellule del grasso di assorbire il glucosio (zucchero), il quale fornisce energia al corpo

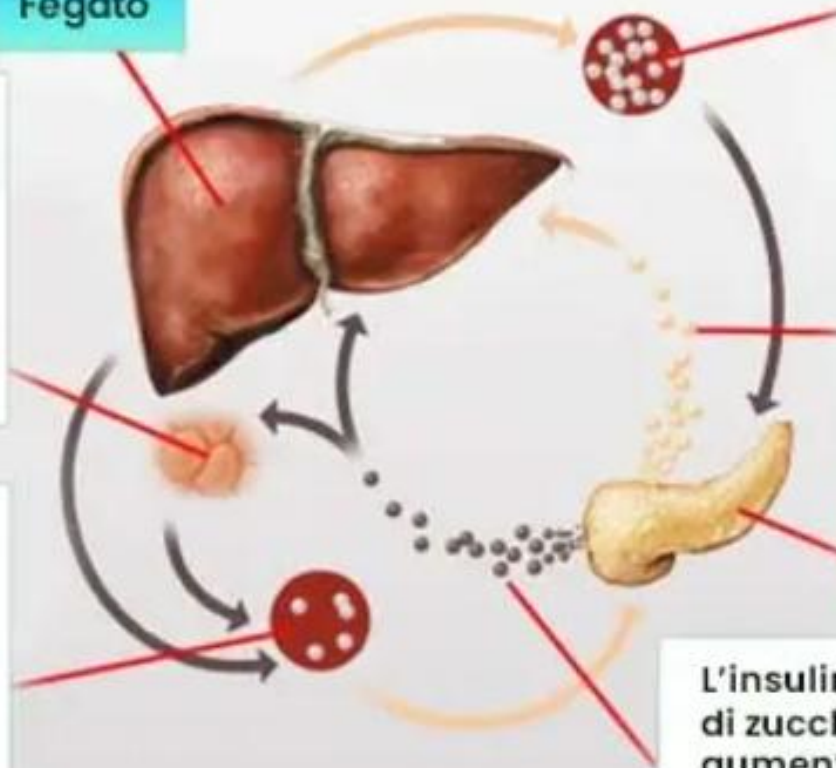
Ipoglicemia significa livelli molto bassi di zucchero nel sangue. Questa normalmente attiva la secrezione di glucagone da parte del pancreas.

Iperglicemia significa livelli elevati di zucchero nel sangue e si verifica dopo un pasto e generalmente attiva il rilascio di insulina da parte del pancreas

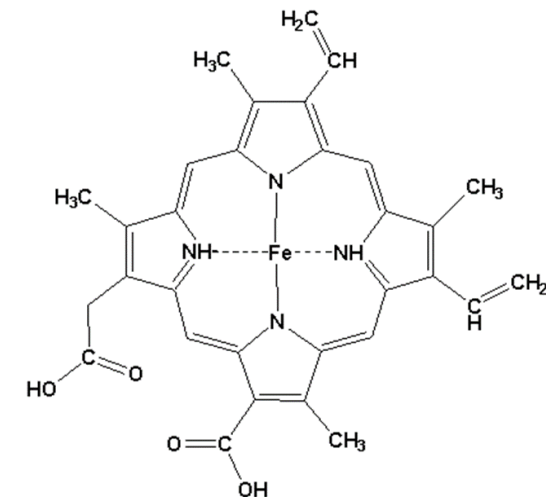
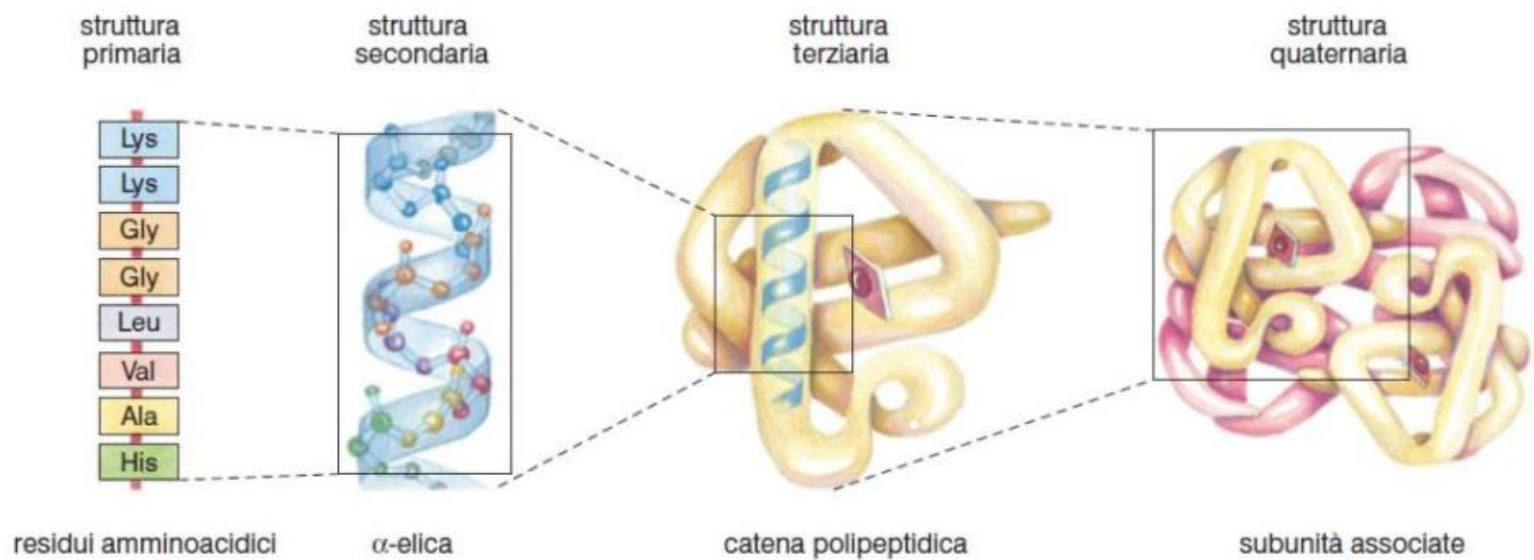
Il glucagone è un ormone che permette al fegato di rilasciare glucosio

Pancreas

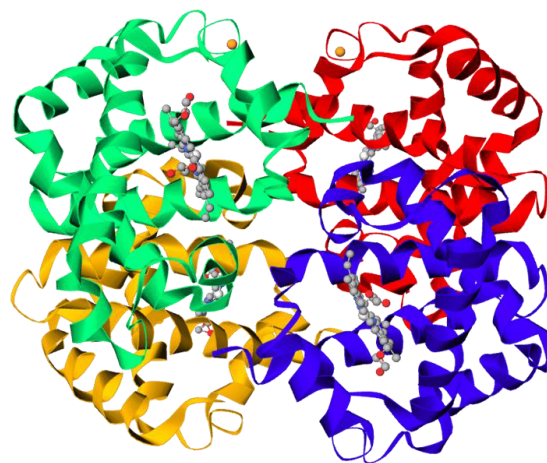
L'insulina è un ormone che riduce il livello di zucchero nel sangue. L'insulina aumenta l'assorbimento di glucosio da parte dei muscoli, delle cellule adipose e del fegato. Livelli molto bassi di insulina possono causare l'iperglicemia



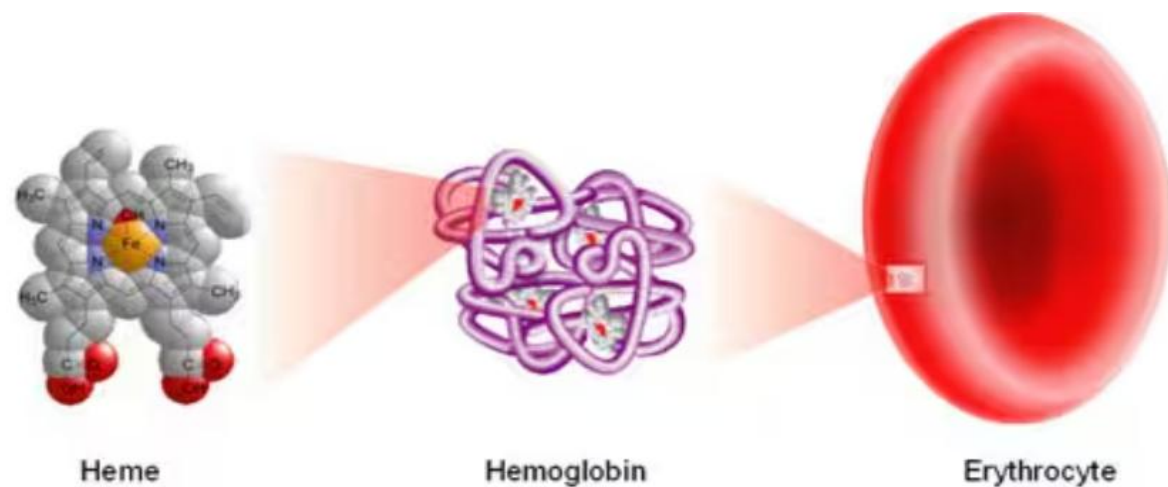
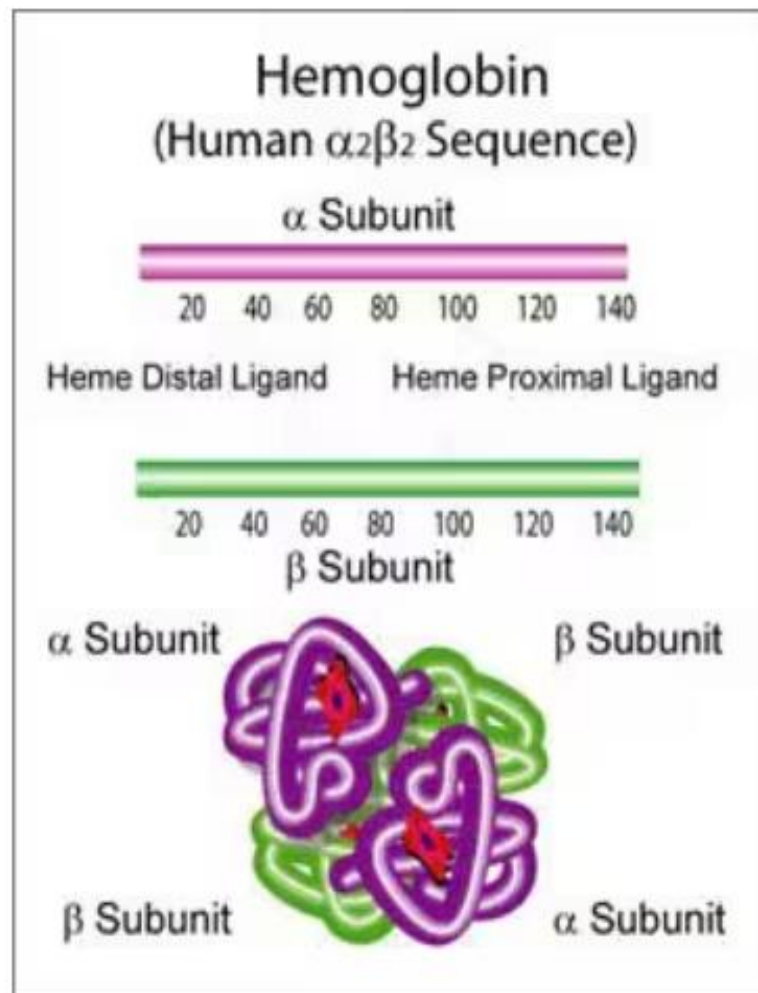
Emoglobina



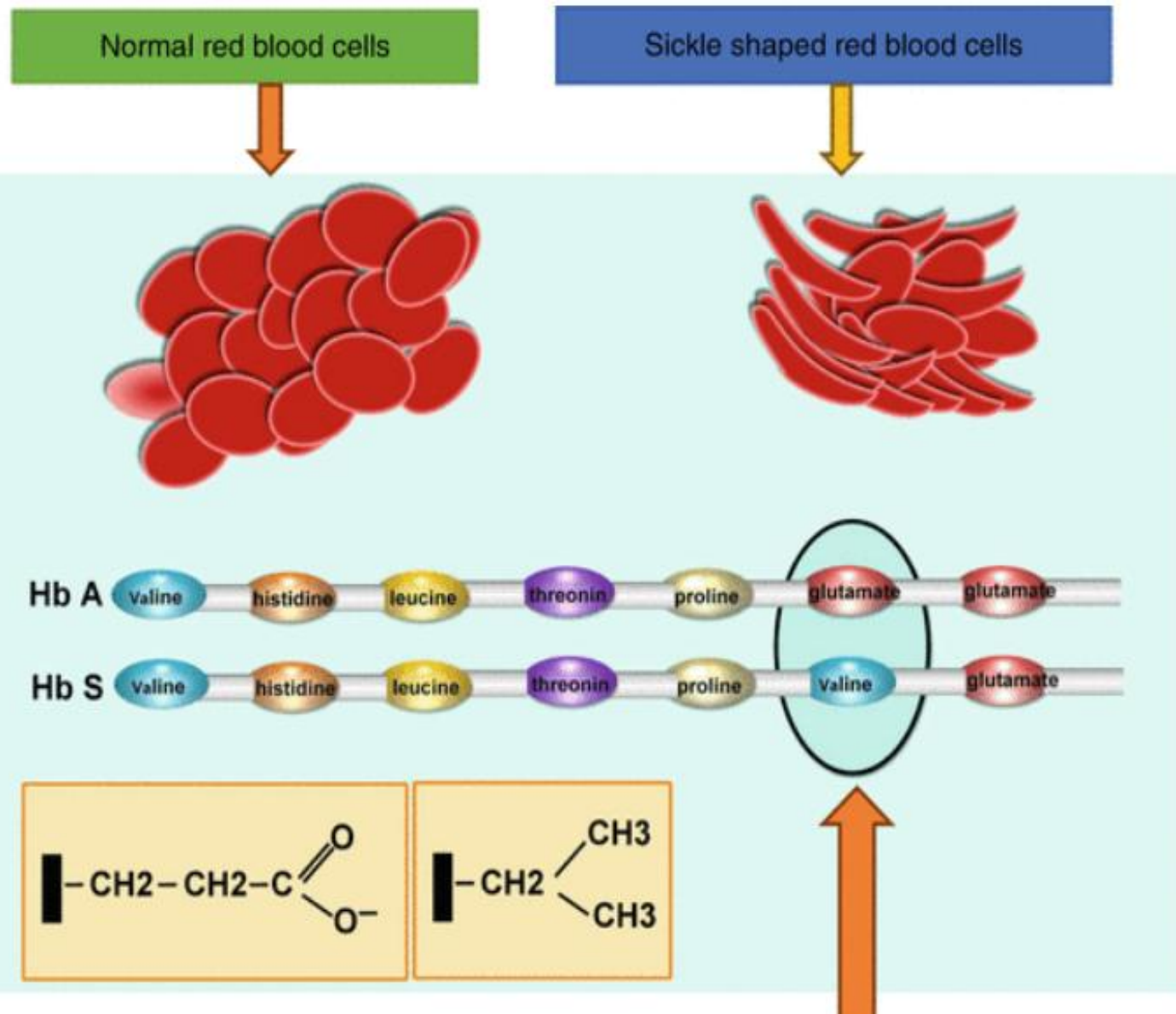
Il gruppo eme è il gruppo non proteico (prostetico) essenziale per la funzione dell'emoglobina, costituito da un atomo di ferro (Fe^{2+}) coordinato da un anello di protoporfirina IX



Un cambiamento nella sequenza nucleotidica della regione di codifica del gene può portare all'aggiunta di un diverso amminoacido alla catena dei polipeptidi in crescita, causando un cambiamento nella struttura e nella funzione della proteina.



L'emoglobina è una proteina contenuta nei globuli rossi fondamentale per il trasporto di ossigeno dai polmoni ai tessuti e di anidride carbonica dai tessuti ai polmoni. È una molecola complessa che contiene ferro, il quale si lega all'ossigeno per trasportarlo in tutto il corpo.



Nell'anemia falciforme, la catena dell'emoglobina β ha una singola sostituzione di amminoacidi, che causa un cambiamento nella struttura e nella funzione delle proteine. In particolare, la valina nella catena β sostituisce l'amminoacido glutammico.

A causa di questo cambiamento di un amminoacido nella catena, le molecole di emoglobina formano lunghe fibre che distorcono i globuli rossi biconcavi, o a forma di disco, e li fanno assumere una forma a mezzaluna o "falce", che ostruisce i vasi sanguigni

L'anemia falciforme è una malattia genetica causata da una **mutazione puntiforme autosomica** che determina la sostituzione dell'acido glutammico con la valina in una catena beta dell'emoglobina

Funzione di una proteina

Struttura

- I processi/fattori che portano ad un'alterazione della struttura di una proteina causano una **DENATURAZIONE**



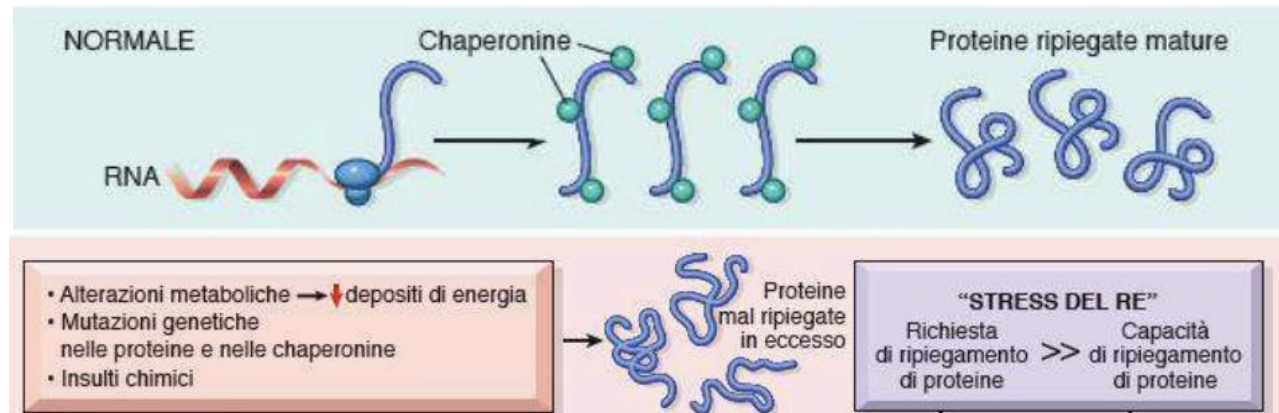
Le alte temperature rompono le interazioni deboli che stabilizzano la forma ripiegata.

Ogni proteina ha la sua sequenza e la sua forma uniche che le interazioni chimiche tengono insieme. Se la proteina è soggetta a cambiamenti di temperatura, pH o esposizione a sostanze chimiche, la struttura della proteina può cambiare, perdendo la sua forma senza perdere la sua sequenza primaria

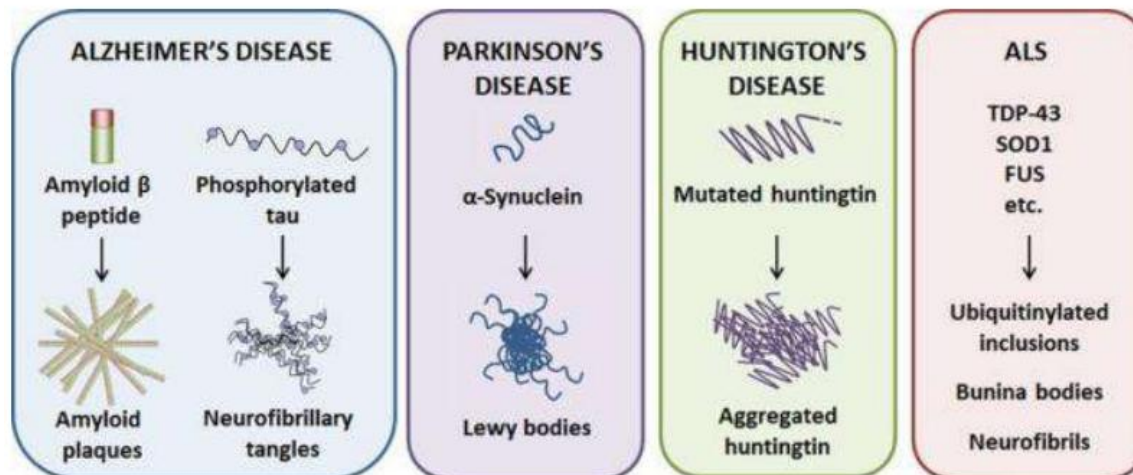
Proprietà chimiche

RIPIEGAMENTO DELLE PROTEINE E FOLDING PROTEICO

- puo' essere un processo spontaneo grazie all'informazione contenuta nella sequenza primaria della proteina;
- molto spesso viene acquisito tramite molecole "assistenti", chiamate "chaperoni molecolari":
 - heat shock proteins (Hsps)
 - chaperonine (complessi proteici)

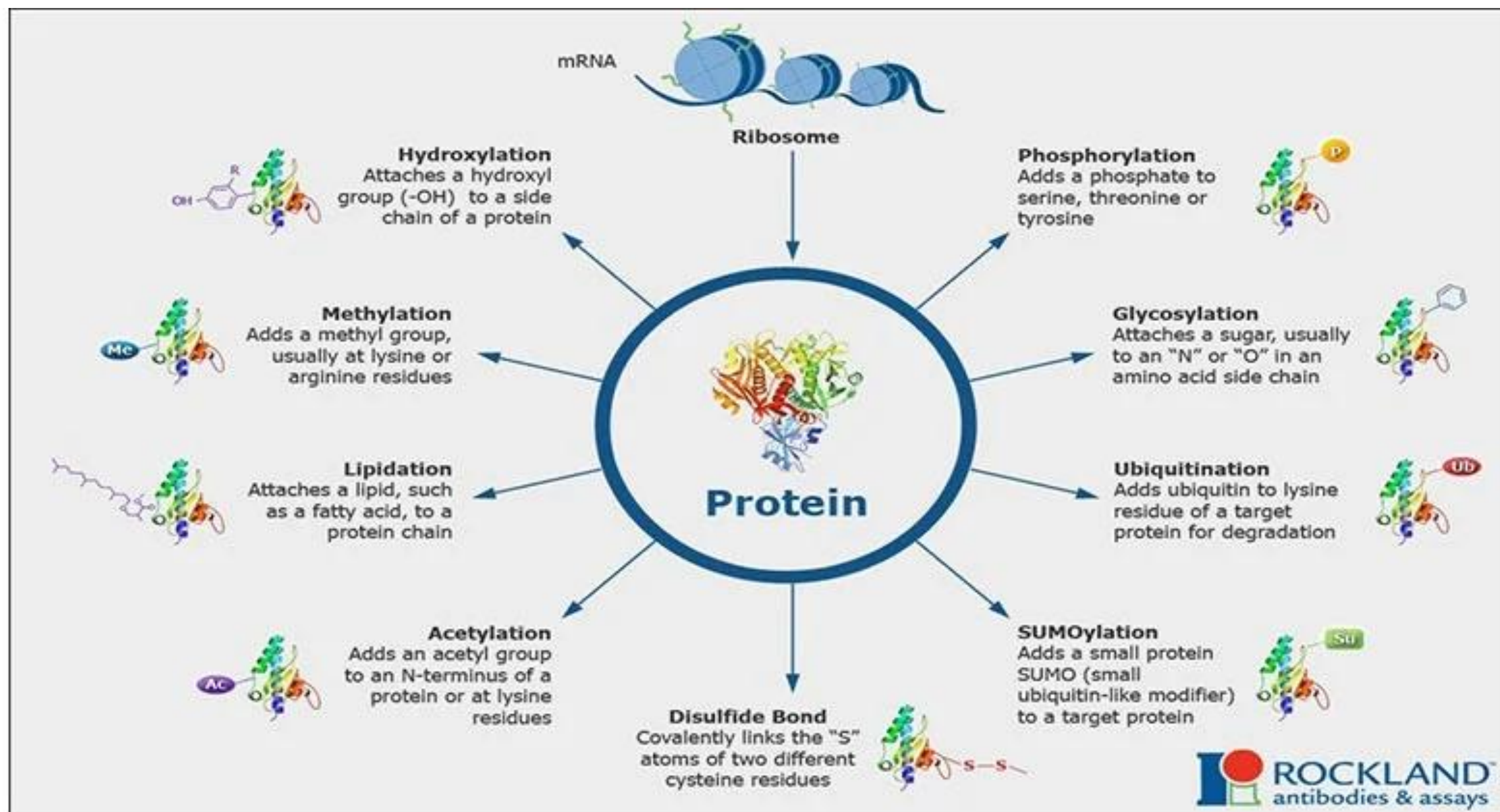


Alcune patologie hanno in comune un non corretto avvolgimento di proteine. Le proteine non correttamente ripiegate e parzialmente ripiegate, secrete dalla cellula tendono a formare grossi aggregati insolubili (fibrille o placche amiloidi). Esempi: Alzheimer, Parkinson, encefalopatia spongiforme, diabete di tipo II, la sclerosi laterale amiotrofica



Modifiche post-traduzionali

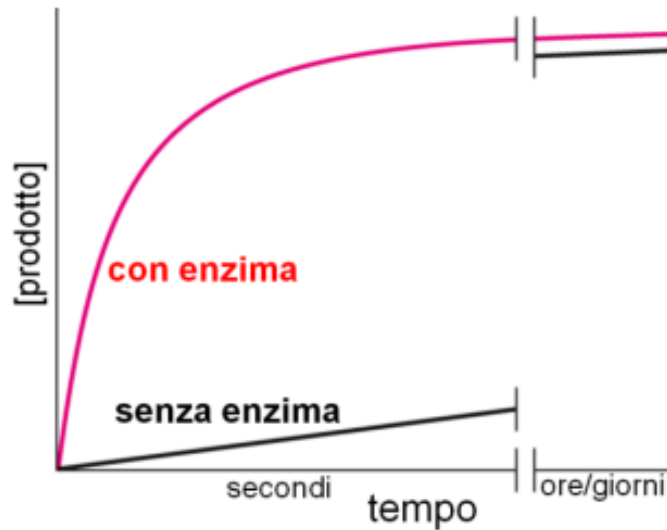
- per svolgere una corretta funzione biologica. Questi processi includono l'aggiunta o la rimozione di gruppi chimici come zuccheri (glicosilazione), gruppi fosfato (fosforilazione) o altri composti, e il "taglio" (proteolisi) di porzioni proteiche. Queste modifiche sono fondamentali per la funzione, la stabilità, il ripiegamento e l'interazione delle proteine, creando una vasta diversità di proteine a partire da un numero limitato di geni.



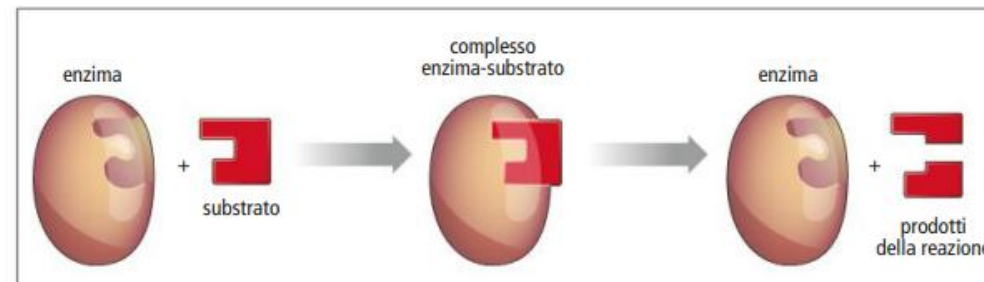
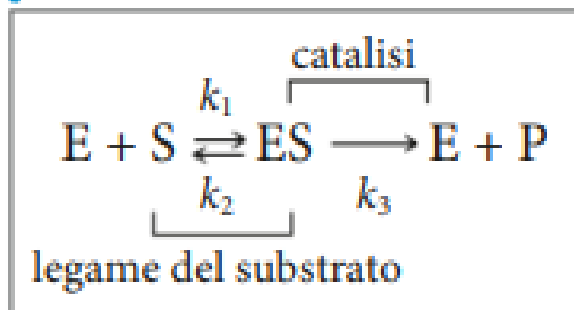
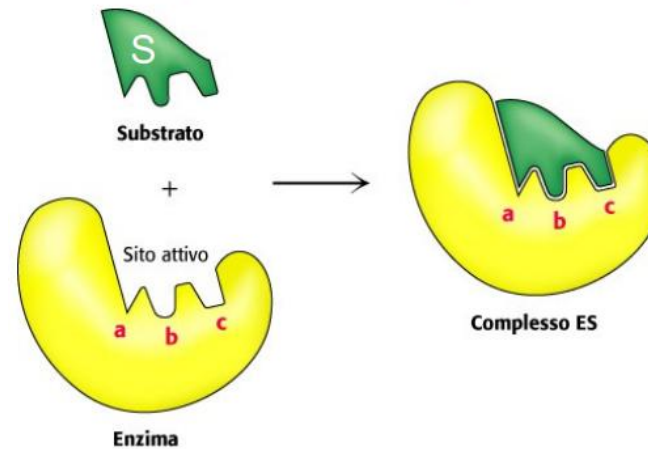
Gli enzimi

- negli organismi viventi si verificano migliaia di reazioni chimiche e quasi tutte queste reazioni sono catalizzate (rese più veloci) da enzimi, che sono potenti biocatalizzatori

abbassano l'energia di attivazione di una reazione chimica accelerandola



Modello a chiave e serratura
(Emil Fisher, 1890)



(A)

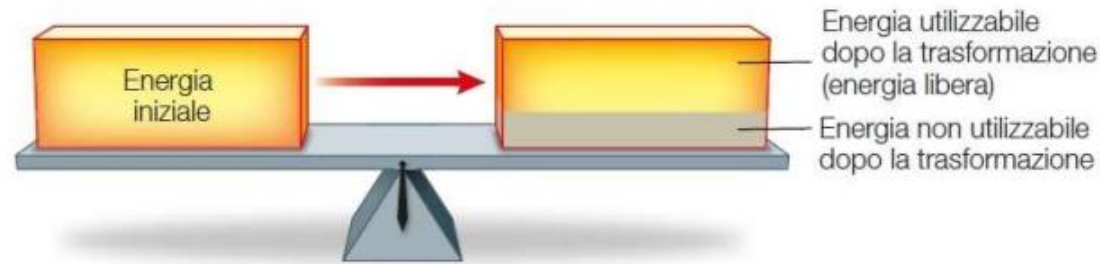
La prima legge della termodinamica
La quantità totale di energia presente nel sistema prima di una trasformazione energetica è uguale a quella presente dopo. Non si ha né creazione di nuova energia né perdita.



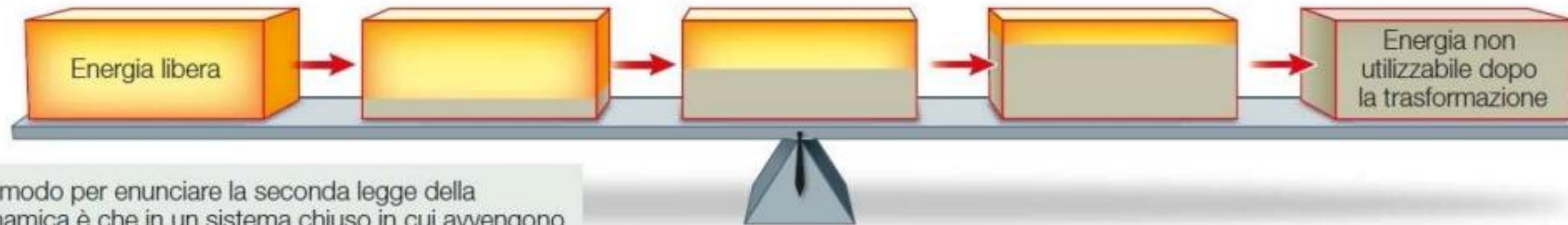
Energia disponibile per fare un lavoro
 $\Delta G \text{ reazione} = G \text{ prodotti} - G \text{ reagenti}$

(B)

La seconda legge della termodinamica
Benché una trasformazione non cambi la quantità totale di energia presente in un sistema chiuso (cioè che non scambia materia ed energia con l'ambiente circostante), dopo ogni trasformazione la quantità di energia disponibile per compiere lavoro è sempre inferiore alla quantità di energia presente in origine.



$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$
la variazione dell'energia libera di Gibbs (ΔG) è la differenza tra la variazione di entalpia (ΔH) e il prodotto della temperatura per la variazione di entropia (ΔS).



Un altro modo per enunciare la seconda legge della termodinamica è che in un sistema chiuso in cui avvengono ripetute trasformazioni energetiche l'energia libera diminuisce e l'energia non utilizzabile (disordine molecolare) aumenta, un fenomeno noto come aumento dell'entropia.

Figura 8.2 Le leggi della termodinamica (A) La prima legge afferma che l'energia non può essere creata né distrutta. (B) La seconda legge afferma che, dopo una trasformazione energetica, parte dell'energia non è più disponibile per compiere lavoro.

L'energia di attivazione da inizio alle reazioni chimiche: in ogni reazione tra reagenti e prodotti esiste una barriera energetica. Essa rappresenta la quantità di energia necessaria affinché la reazione possa partire: energia di attivazione

► FIGURA CHIAVE

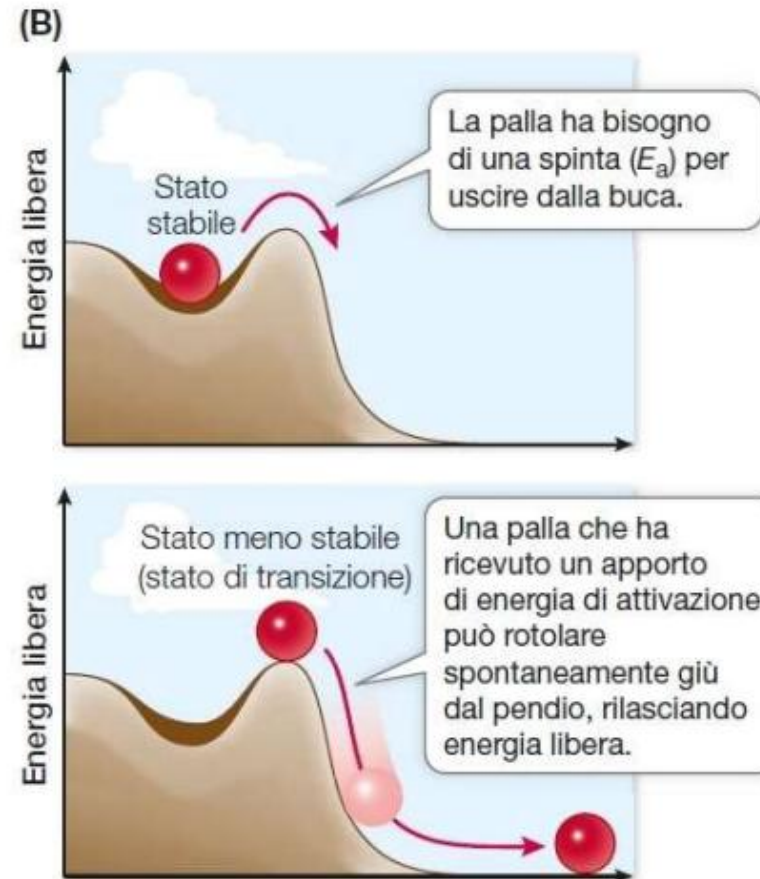
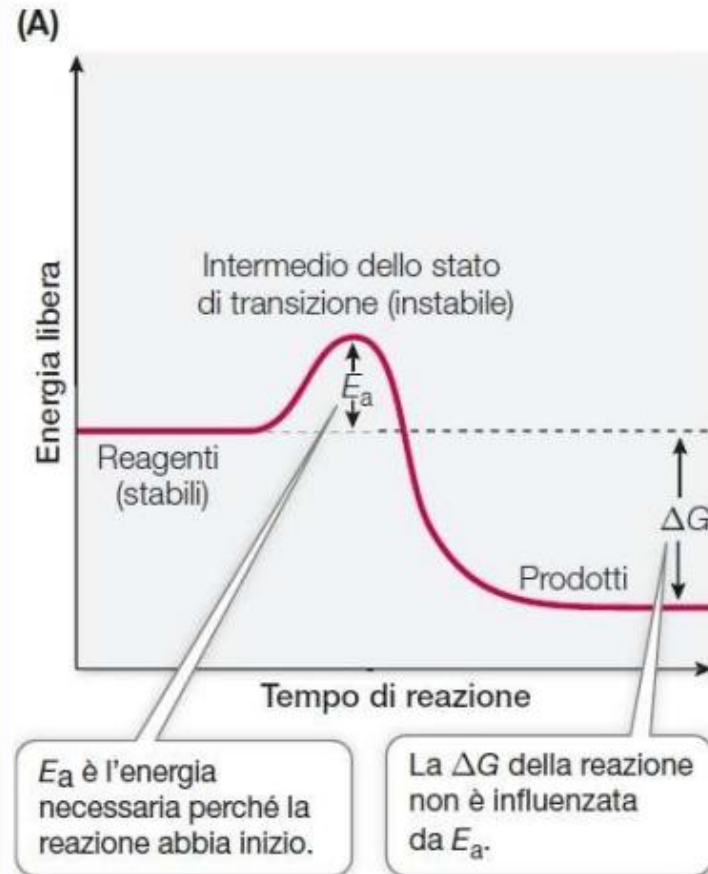


Figura 8.8 L'energia di attivazione avvia le reazioni

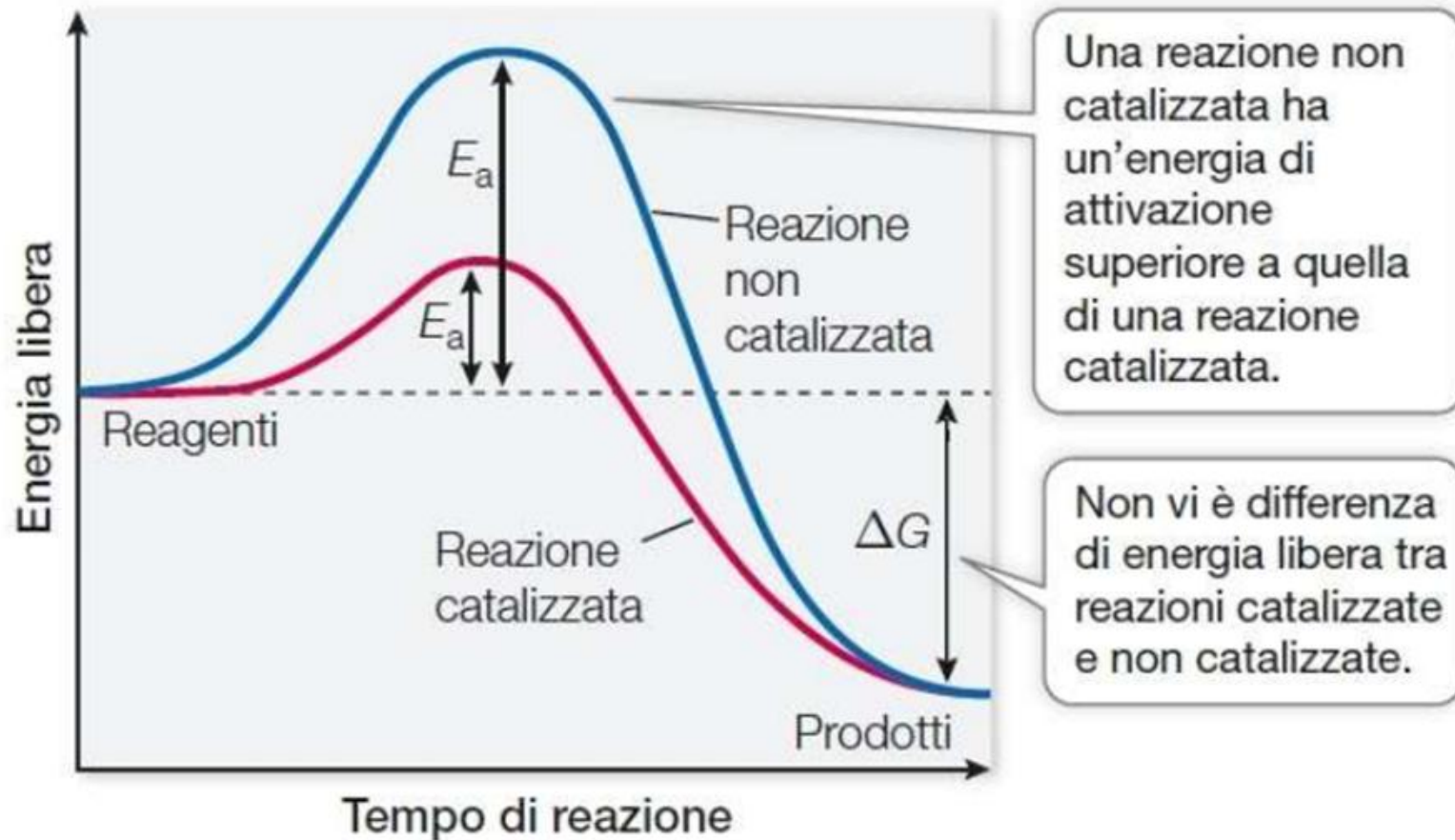
(A) In qualsiasi reazione chimica lo stato iniziale stabile deve diventare meno stabile, perché sia possibile un cambiamento.

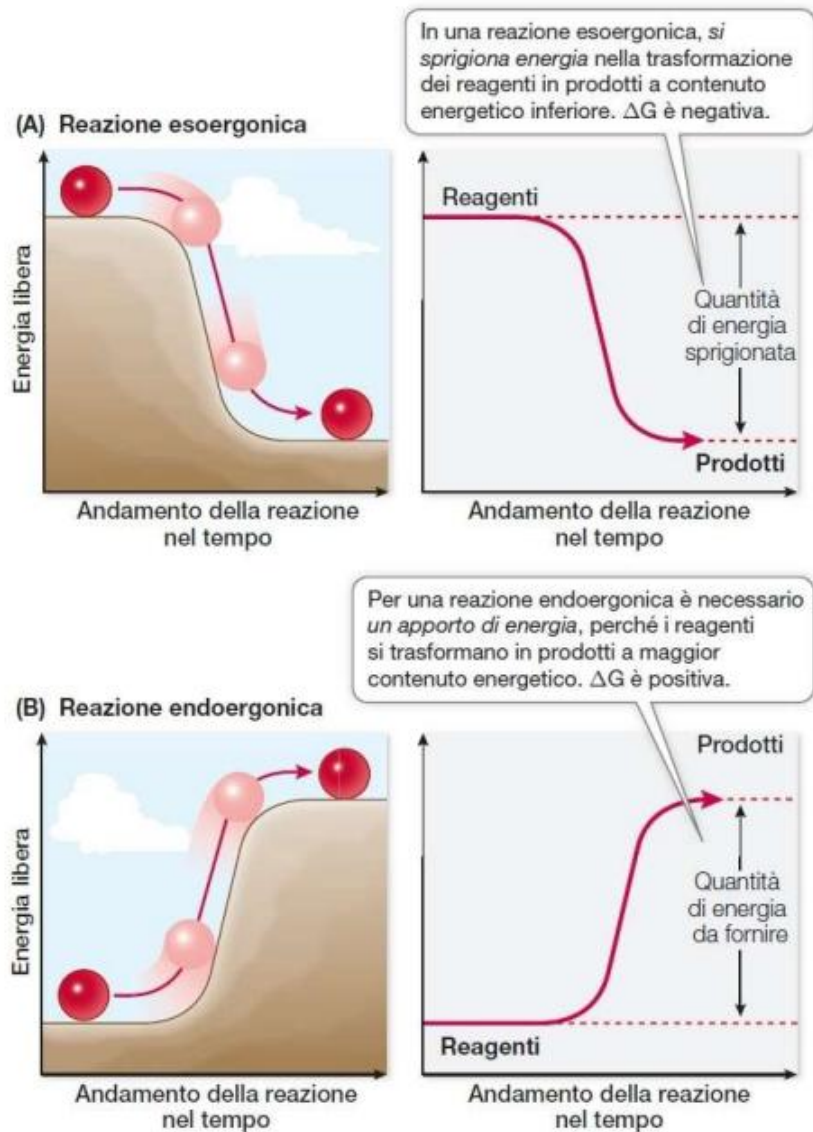
(B) Una palla che rotola giù per un pendio è un fenomeno fisico che si presta, per analogia, a descrivere l'evento biochimico rappresentato graficamente in (A).

? In una reazione endoergonica è richiesta energia di attivazione?

Che fanno gli enzimi?

Gli enzimi abbassano l'energia di attivazione, ma il ΔG rimane invariato





LIBERA ENERGIA

Se il valore di $\Delta G < 0$ (neg), l'energia libera è rilasciata – reazione esoergonica

Se il valore di $\Delta G > 0$ (pos), è necessaria energia libera che viene consumata – reazione endoergonica

La variazione di energia libera (ΔG) di una reazione chimica è pari alla differenza di energia libera tra i reagenti e i prodotti

ASSORBE ENERGIA

$$\Delta G_{\text{reazione}} = G_{\text{prodotti}} - G_{\text{reagenti}}$$

Figura 8.3 Reazioni esoergoniche ed endoergoniche

(A) In una reazione esoergonica, i reagenti si comportano come palline che rotolano giù da un pendio e si sprigiona dell'energia.

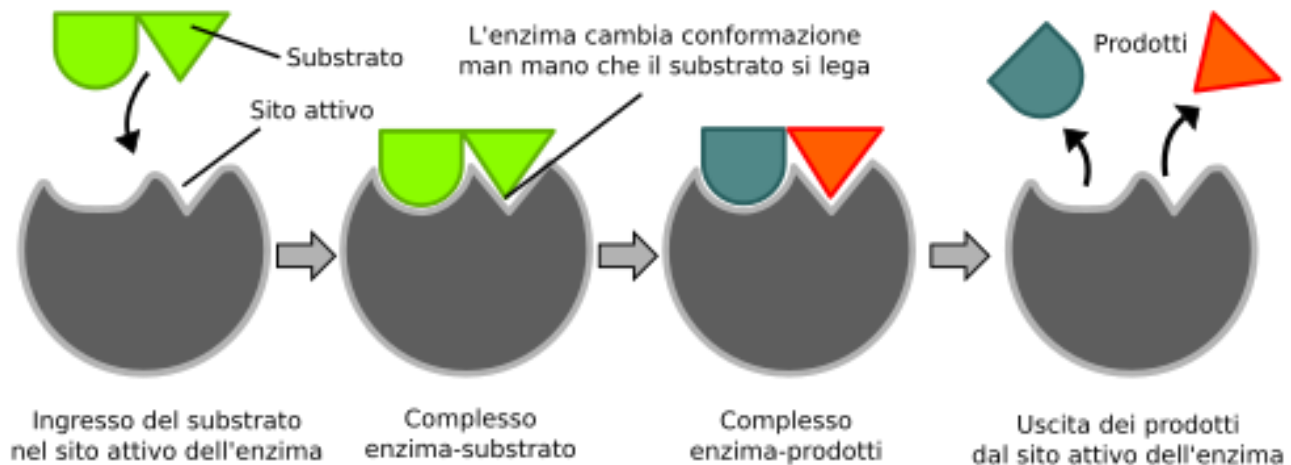
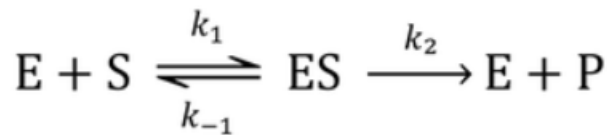
(B) Una pallina non può risalire un pendio da sola. Alimentare una reazione endoergonica, così come far rotolare una pallina in salita, richiede un apporto di energia libera.

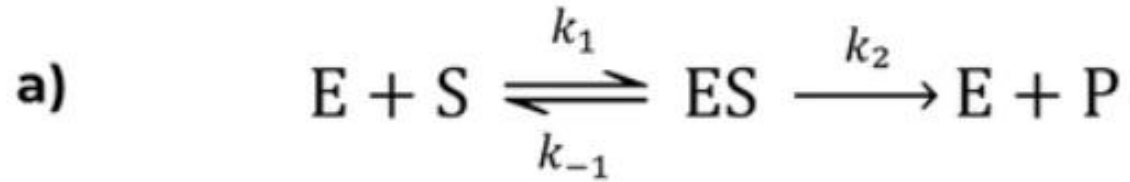
Gli enzimi rendono **il percorso** più frazionato e quindi più percorribile da parte delle molecole coinvolte nella reazione.

L'enzima si lega al substrato formando un intermedio ES e questa parte della reazione ha sua propria energia di attivazione (1), ovviamente molto inferiore a quella della reazione in assenza dell'enzima.

A questo punto il substrato si trasforma in prodotto, necessitando di una seconda energia di attivazione (2); infine, avviene la totale liberazione tra l'enzima e il prodotto stesso, utilizzando una terza energia di attivazione (3).

La somma delle tre energie di attivazione è uguale a quella della reazione totale in assenza di enzima, ma tale energia viene utilizzata in maniera frazionata ed è quindi più facile reperirla.



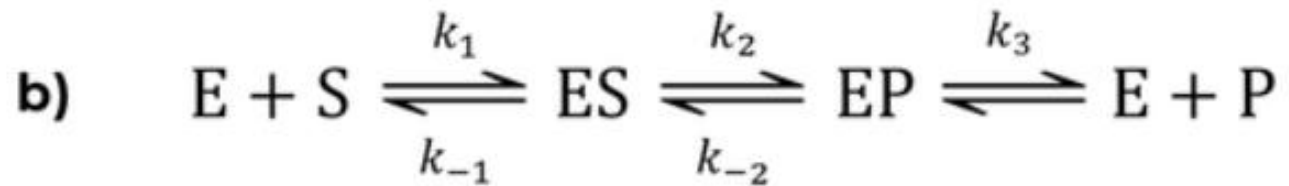


Questo meccanismo comprende 3 reazioni individuali con tre diverse costanti di velocità:

$E + S \rightarrow ES$, formazione del complesso enzima-substrato, con la costante di velocità k_1

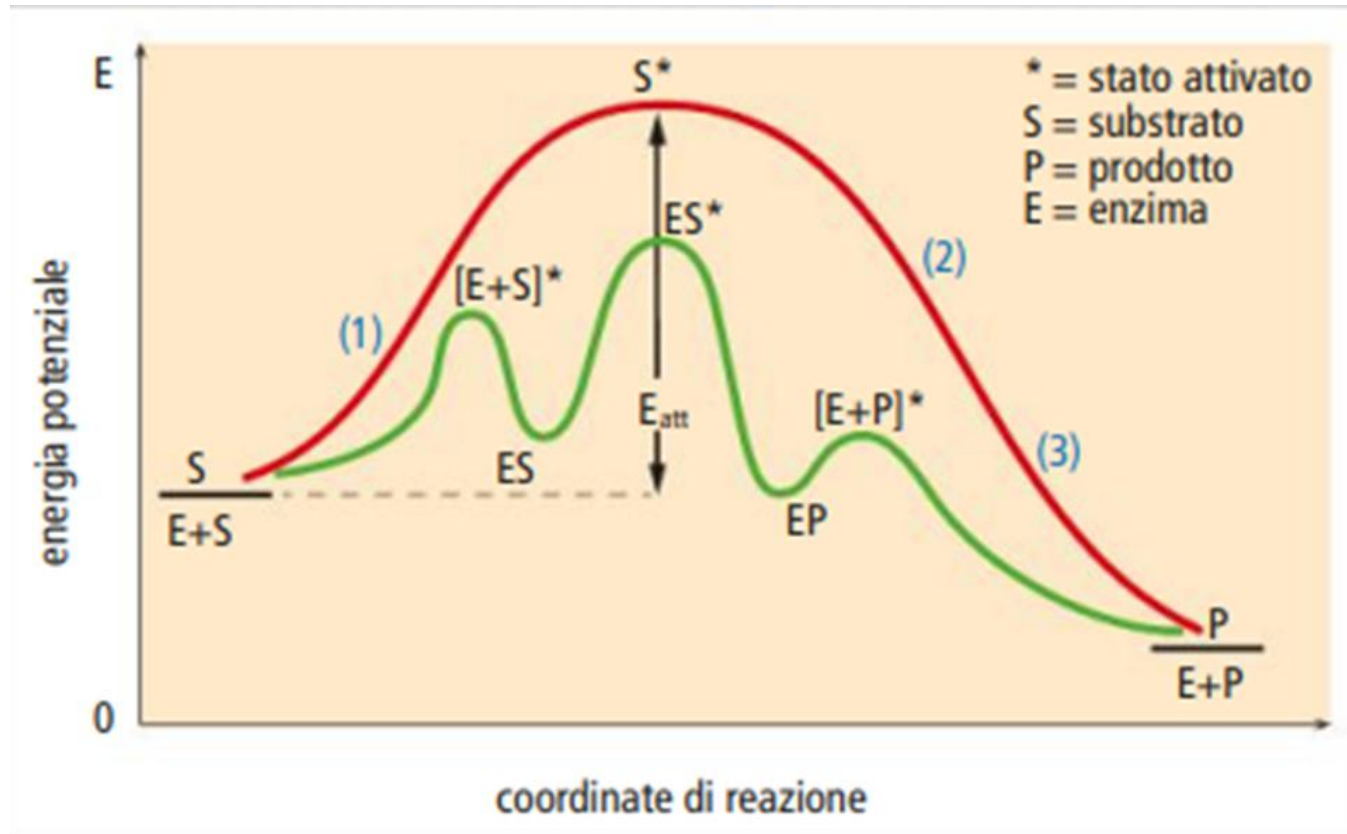
$ES \rightarrow E + S$, dissociazione dell'enzima e del substrato, con la costante di velocità k_{-1}

$ES \rightarrow E + P$, dissociazione dell'enzima e del prodotto, con la costante di velocità k_2



Si crea un nuovo percorso di reazione dove $\Delta G^\ddagger$ è diminuita, riducendo la barriera energetica alla reazione e aumentandone la velocità.

reazioni energeticamente sfavorevoli: ΔG positivo
Favorevoli: ΔG negativo



Variazioni energetiche nel corso di una reazione esotermica **senza enzimi** (rosso) o **con enzimi** (verde). L'energia di attivazione (E_{att}) della prima reazione si frammenta in tre energie minori nella reazione catalizzata dall'enzima, rendendo più facile l'ottenimento dei prodotti. I numeri (1), (2) e (3) indicano le energie di attivazione relative alle varie reazioni.

In base al tipo di reazione catalizzata:

- Ossidoreduttasi, catalizzano reazioni di ossidoriduzione; includono, per esempio, le ossidasi (ossidazione diretta con ossigeno) e le deidrogenasi (rimozione di idrogeno);
- Transferasi, catalizzano il trasferimento di un gruppo da una molecola a un'altra; per esempio, le transaminasi;
- Idrolasi, catalizzano la scissione idrolitica di legami (proteasi, esterasi);
- Liasi, catalizzano la formazione o la rottura di doppi legami;
- Isomerasi, catalizzano la formazione di isomeri;
- Ligasi, catalizzano le reazioni di unione di due molecole.

La denominazione di un enzima segue regole molto complesse, ma viene più frequentemente utilizzato

il nome comune terminante in -asi, che spesso fa riferimento al tipo di reazione in cui è coinvolto.

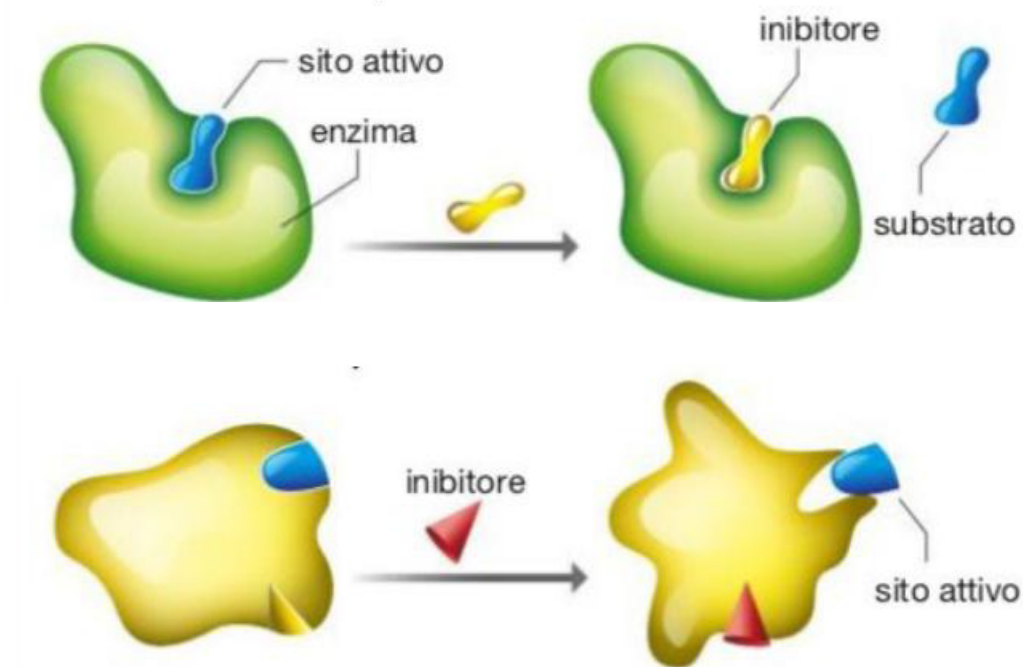
Secondo la classificazione ufficiale ogni enzima è identificato da una sequenza di quattro numeri, preceduti dalla sigla EC (dall'inglese Enzyme Commission), che ne individuano le categorie sistematiche di appartenenza. Per esempio l'enzima α -amilasi ha come numero di classificazione EC 3.2.1.1; i numeri

- indicano nell'ordine: classe, sottoclasse, sotto-sottoclasse, numero dell'enzima.

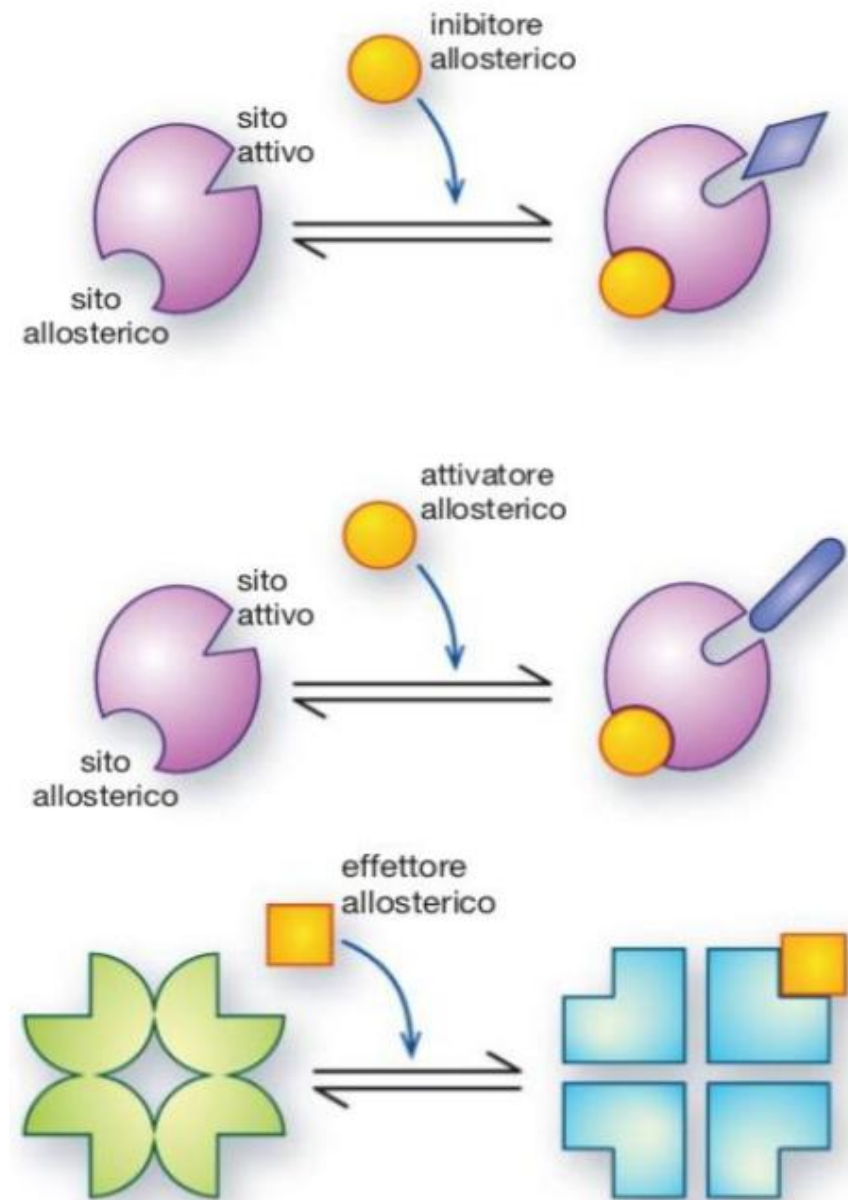
Regolazione attività enzimatica

- Concentrazione del substrato
- Concentrazione dell'enzima
- Presenza di cofattori
- Effetto della temperatura
- Effetto del pH
- Effetto di inibitori

Inibizione competitiva o non competitiva



Regolazione allosterica



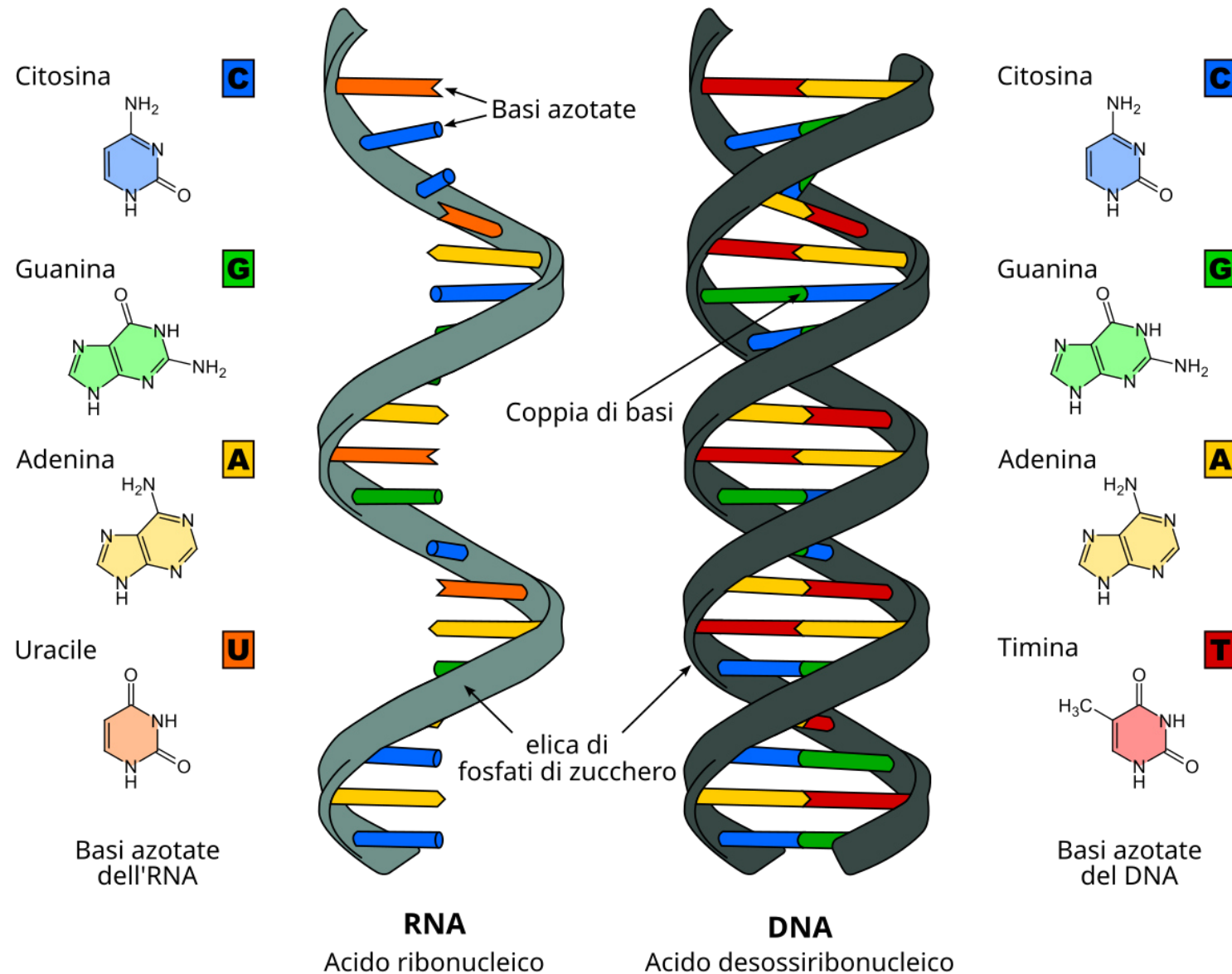
A livello del sito di legame, si distinguono inibizioni di tipo:

- competitiva, in cui la struttura del substrato è simile a quella dell'inibitore, che lo sostituisce nel sito attivo.
- non competitiva, in cui il sito cui si lega l'inibitore non coincide necessariamente con il sito attivo

Enzimi allosterici: enzimi con un sito allosterico la cui attivazione può dare il via a una riorganizzazione sterica degli altri siti, attivandola o inibendola.

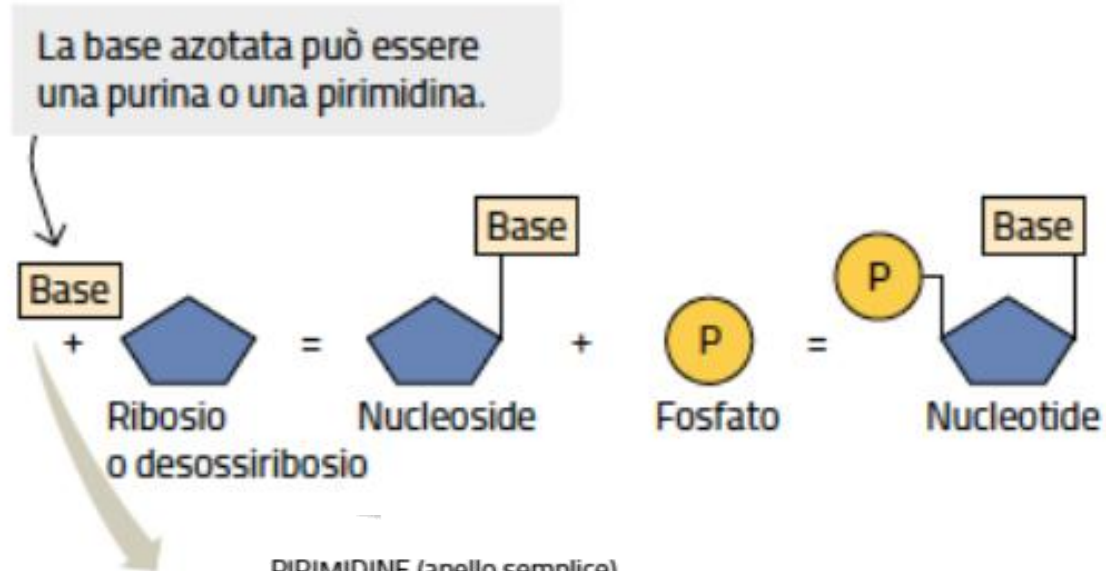
Gli acidi nucleici

- Gli acidi nucleici (DNA ed RNA) sono polimeri di nucleotidi.

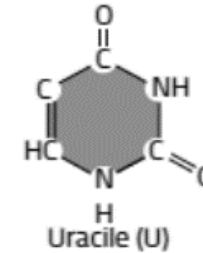
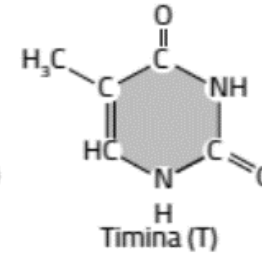
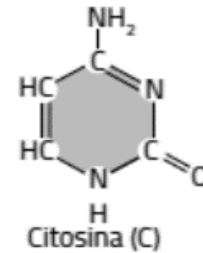


Nucleotidi

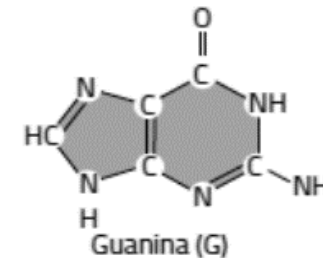
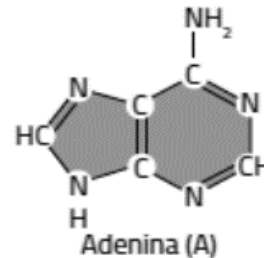
Un nucleotide è composto da uno zucchero pentoso, una base azotata e un gruppo fosfato.



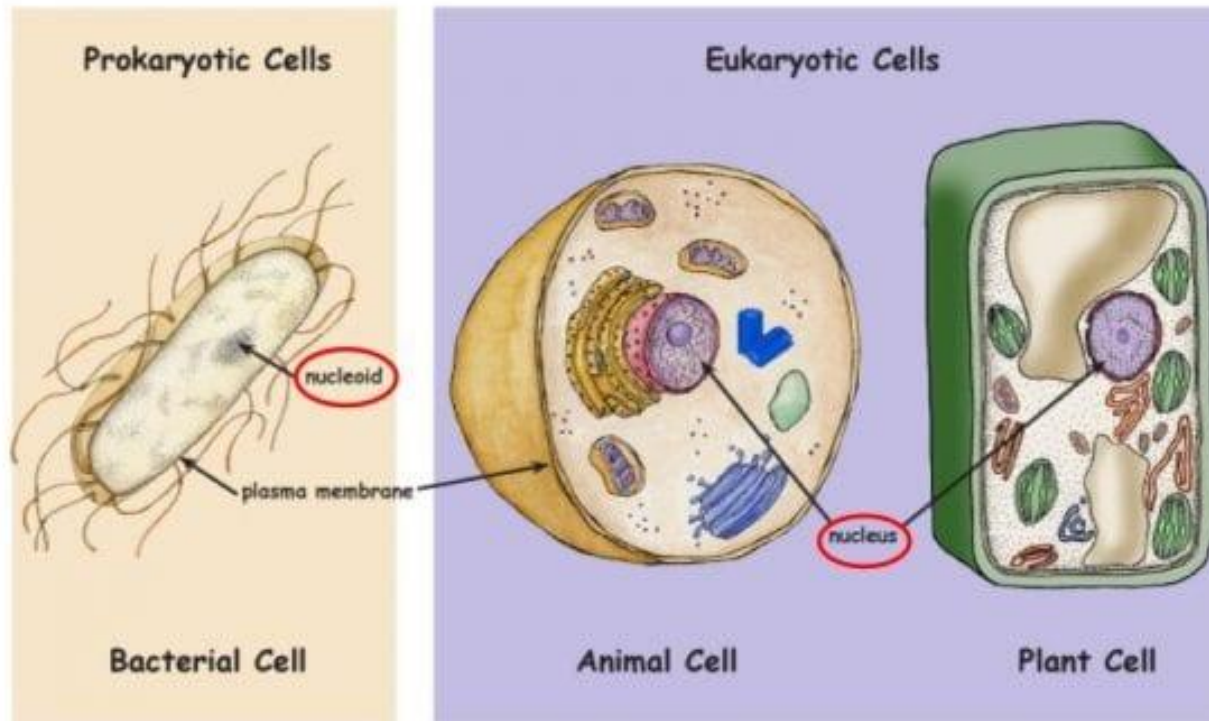
PIRIMIDINE (anello semplice)



PURINE (doppio anello)



- Il DNA genomico all'interno della **cellula eucariote** si trova nel nucleo associato a proteine istoniche
- Il DNA all'interno della **cellula procariote** si trova nel citoplasma in una struttura chiamata nucleotide



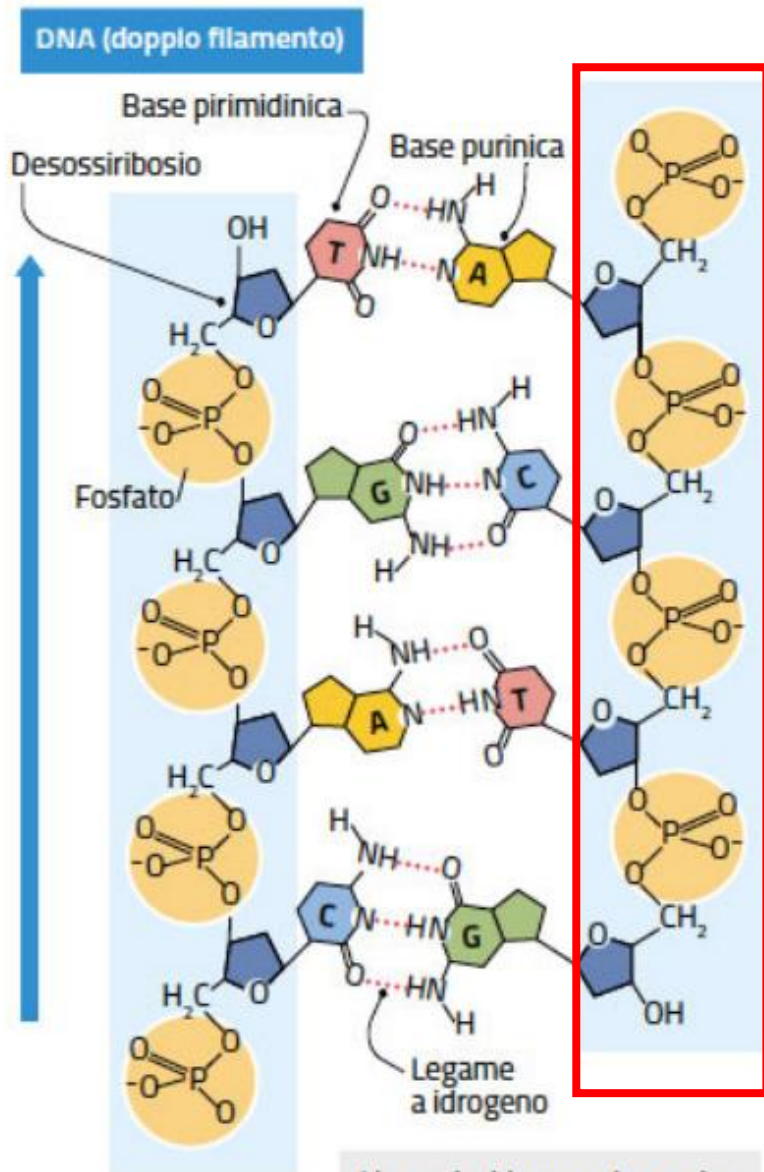
Un po' di storia...



James Watson e Francis Crick

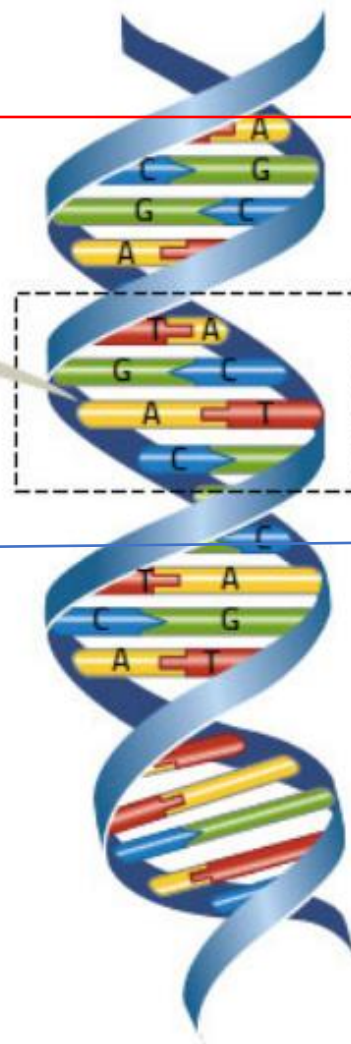
All'inizio degli anni '50 il DNA venne esaminato per la prima volta mediante analisi di diffrazione ai raggi X, una tecnica per determinare la struttura atomica tridimensionale di una molecola. I primi risultati indicarono che il DNA era composto da due filamenti avvolti ad elica. L'osservazione che il DNA era a doppio filamento fornì uno degli indizi principali che portarono al modello di Watson e Crick per la struttura del DNA (1953)

Il modello di Watson e Crick del DNA prevede una struttura a doppia elica



I legami a idrogeno tra purine e pirimidine mantengono uniti i due filamenti di DNA.

Nel DNA, le basi sono legate al desossiribosio e la base timina (T) sostituisce l'uracile.

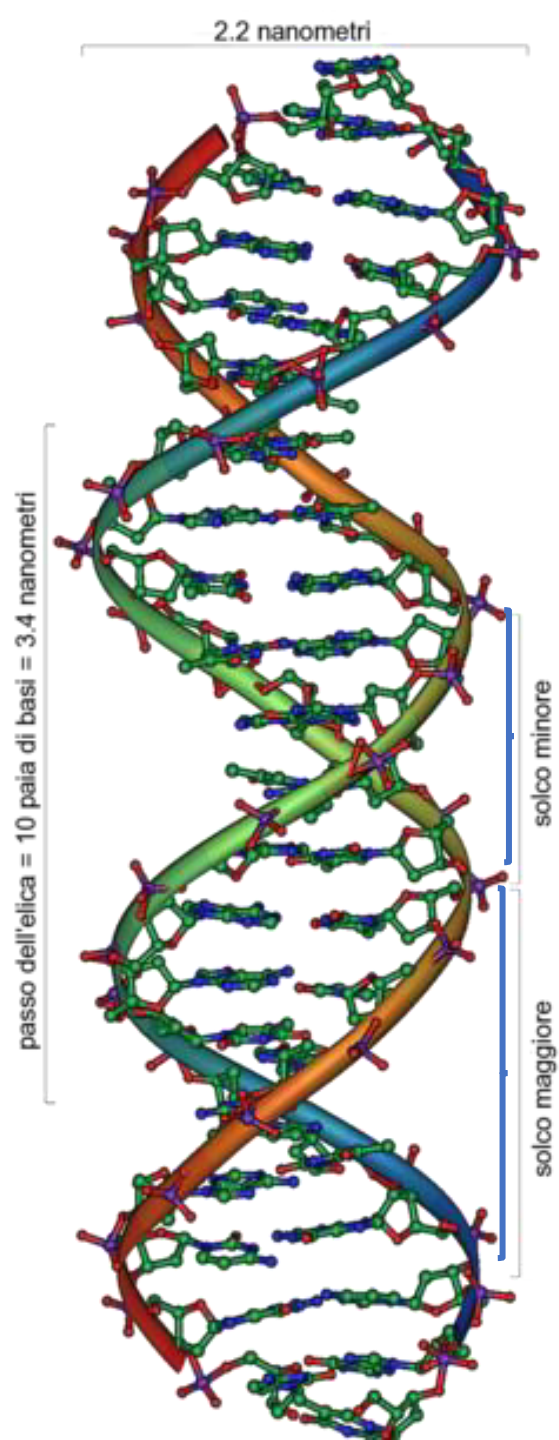


Ossatura zucchero-fosfato da cui sporgono le basi.

Le frecce blu indicano la polarità dei due filamenti che corrono antiparalleli.

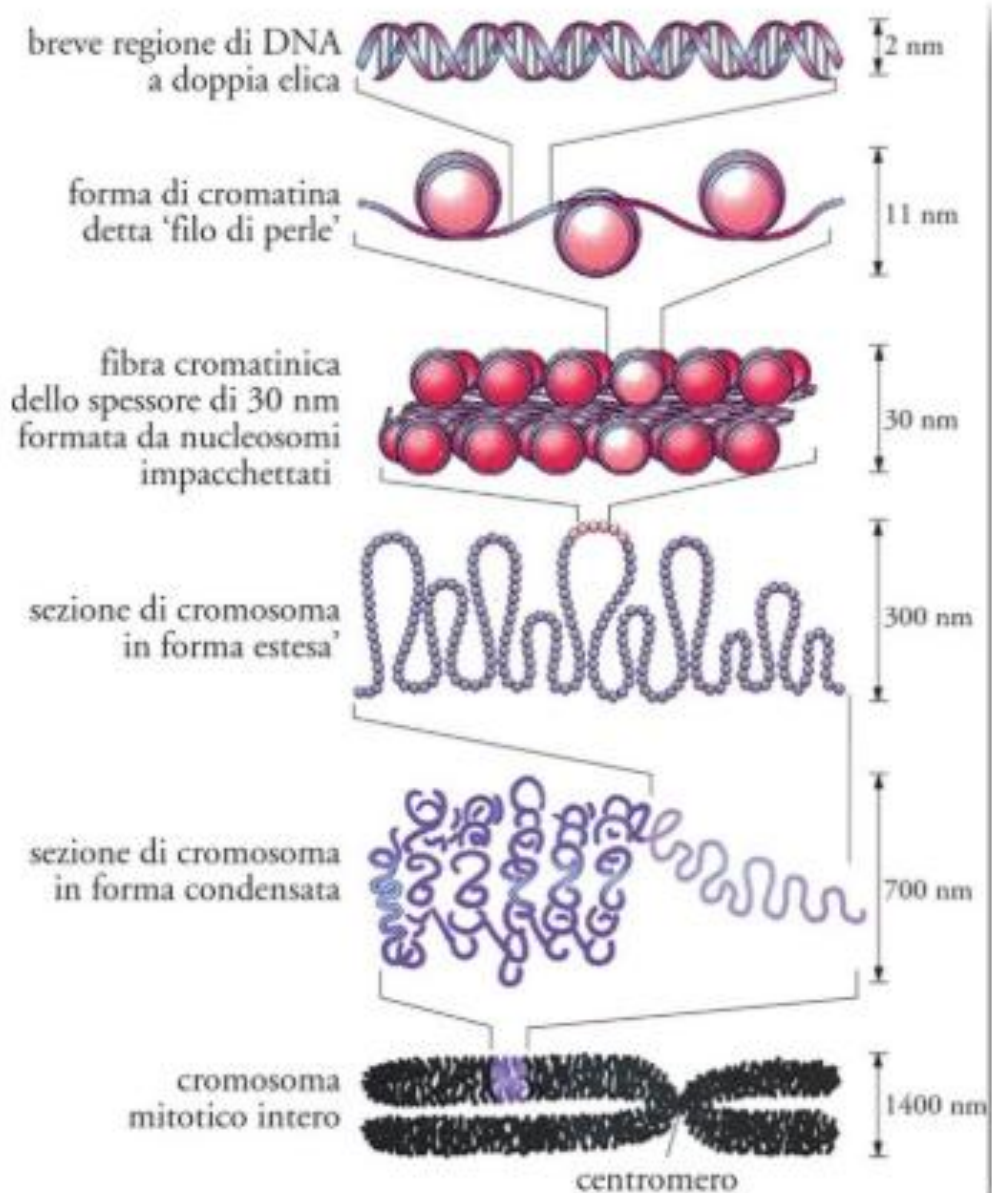
La struttura tridimensionale del DNA viene definita come doppia elica

La doppia elica è formata da due filamenti complementari antiparalleli di nucleotidi uniti da legami idrogeno fra coppie di basi G-C, A-T



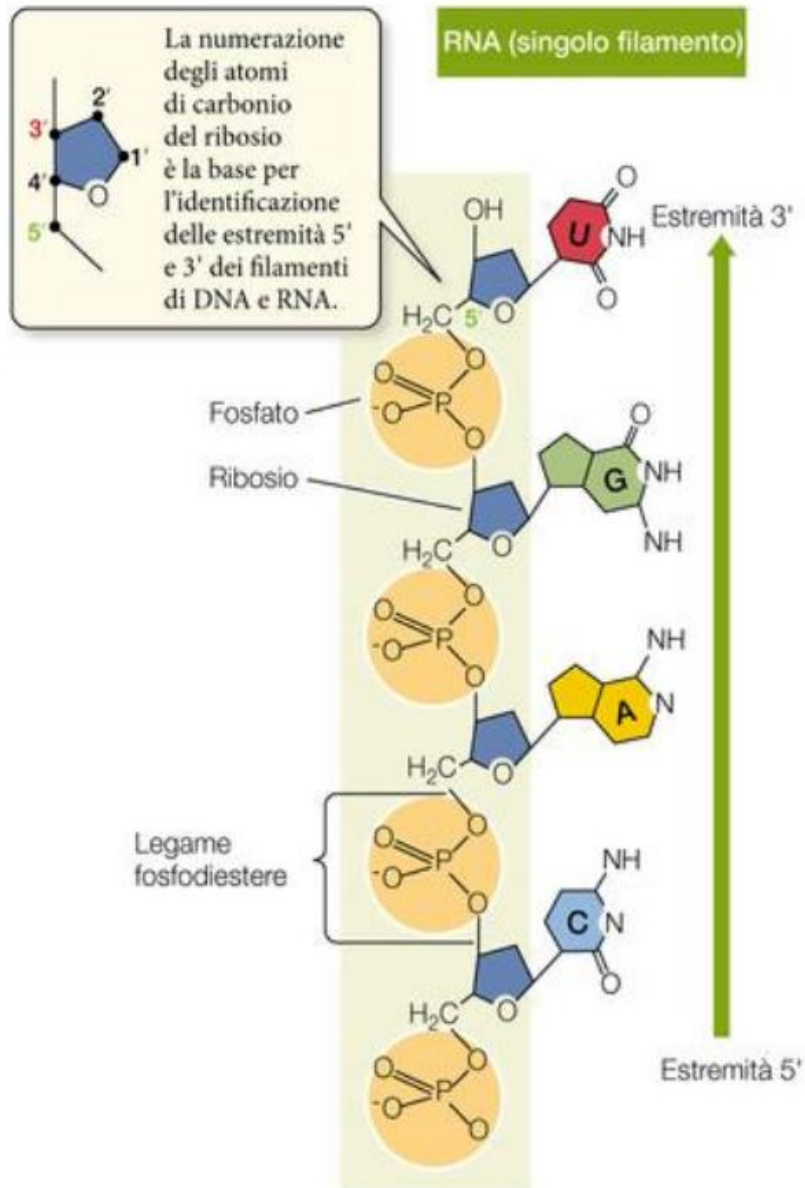
DNA B > configurazione più frequente
10 paia di basi per giro d'elica
- una ogni 3.4 nm
- solco maggiore molto ampio

PROPRIETA' DEL DNA SONO:
COMPLEMENTARIETA'
ANTIPARALLELISMO



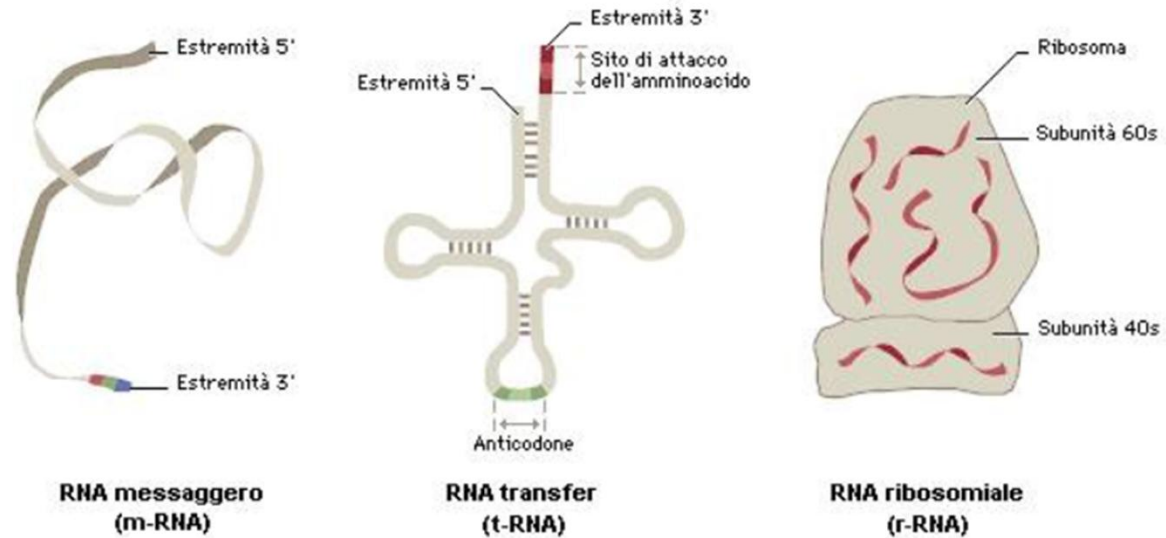
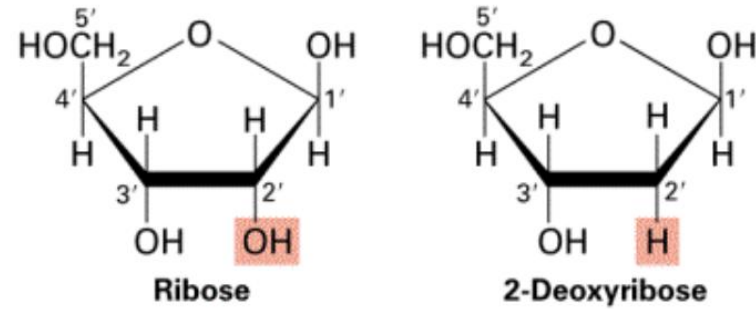
La struttura secondaria del DNA è la sua famosa doppia elica

date le ridotte dimensioni del nucleo cellulare, è necessario uno stivaggio particolarmente compatto che costituisce la **struttura terziaria**. Il DNA si avvolge quindi intorno ad istoni con formazione di nucleosomi e successivamente forma una struttura detta **cromatina**. Quest'ultima si organizza in cromosomi che poi costituiscono il genoma.



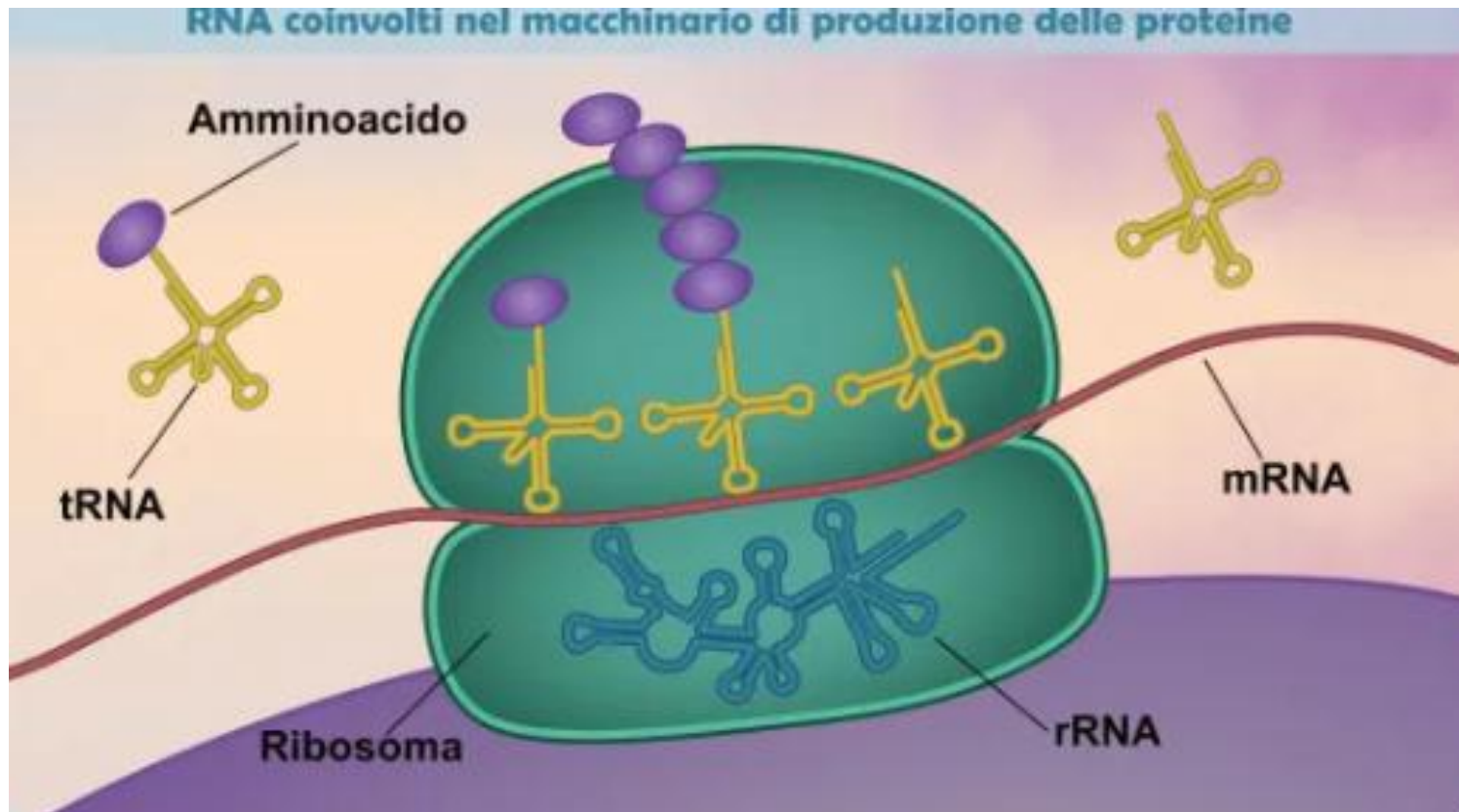
→ Un gruppo **-OH** nel caso del ribosio, che si trova nell'**RNA**

→ Solo un **-H** nel caso del deossiribosio, che si trova nel **DNA**



molecole di RNA in grado di catalizzare reazioni chimiche:
RIBOZIMI

All'interno della cellula esistono tre tipi di RNA. L'RNA messaggero (mRNA) è una molecola prodotta dalla trascrizione del DNA, che porta il codice genetico sul sito della sintesi proteica. Le due estremità sono diverse perché sia riconoscibile il corretto senso di lettura. L'RNA transfer (tRNA) è costituito da piccole molecole a forma di trifoglio, ciascuna delle quali porta uno specifico amminoacido. A ogni codone dell'mRNA (un codone è la sequenza di tre basi azotate, specifica per ogni amminoacido) corrisponde un anticodone del tRNA. Infine, l'RNA ribosomiale (rRNA) è il principale costituente dei ribosomi, i microscopici organuli cellulari su cui avviene la sintesi proteica.

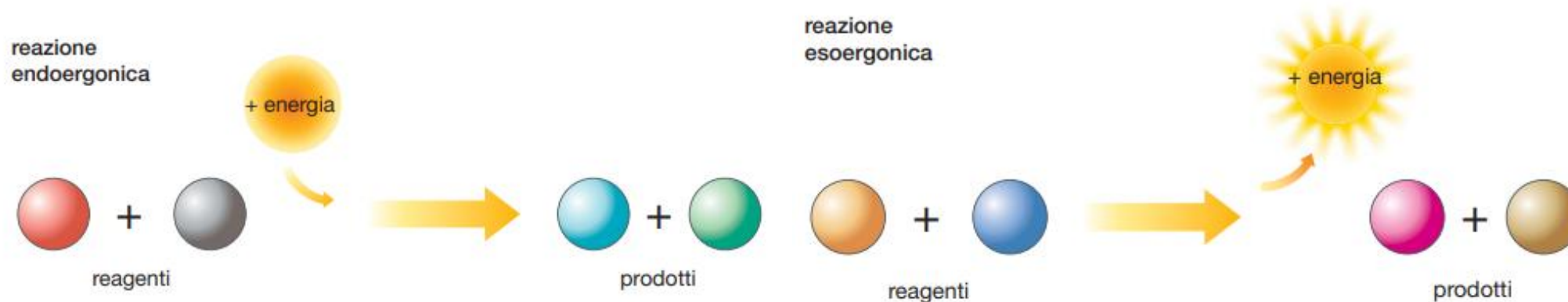


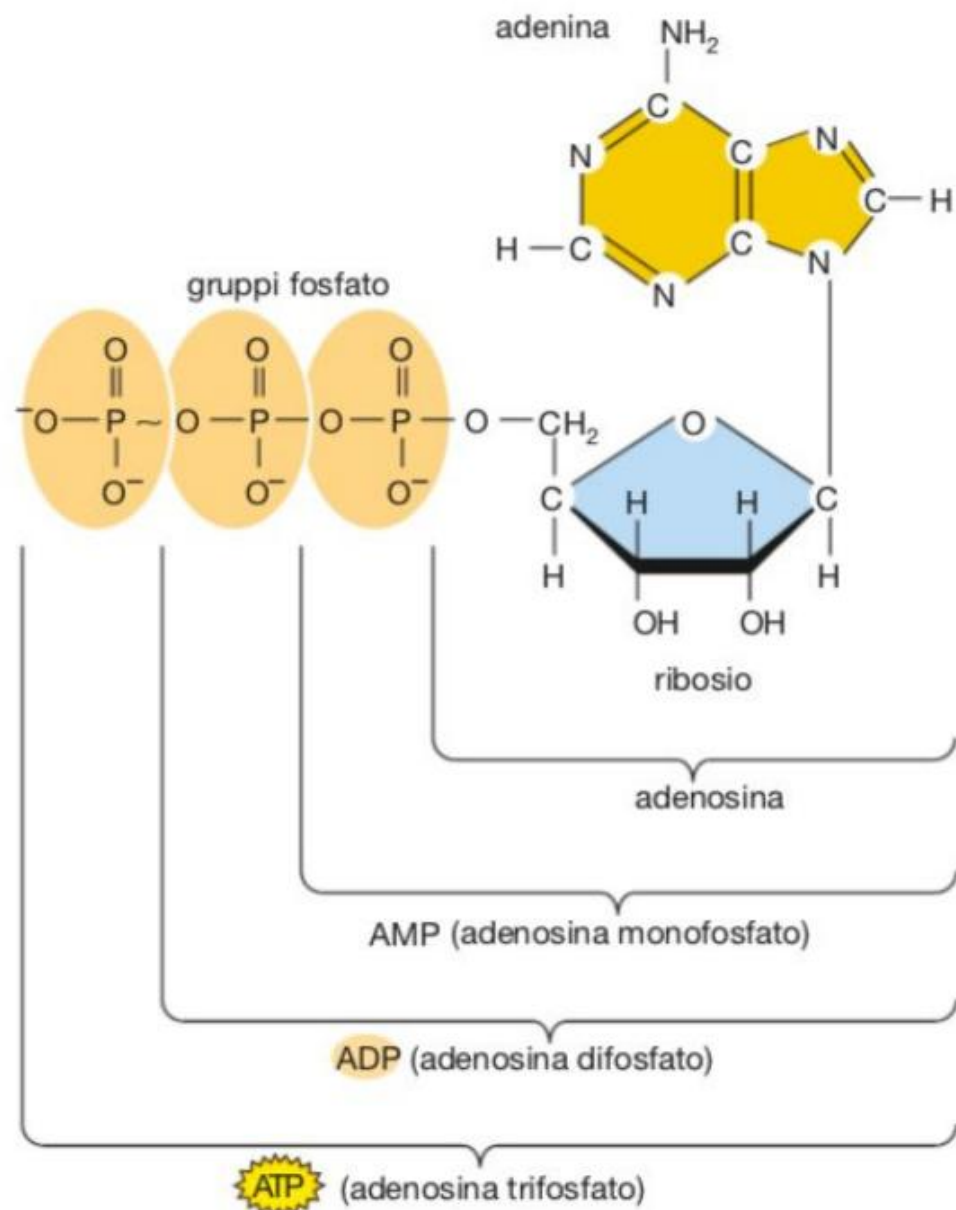
Metabolismo

Metabolismo: insieme di reazioni che consentono di immagazzinare o liberare energia

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

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





ATP (adenosina trifosfato) - la sua idrolisi rende disponibile molta energia - può trasferire un gruppo fosfato ad altre molecole (fosforilazione)

$\text{ATP} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ADP} + \text{P}_i + \text{energia}$

$\text{ADP} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{AMP} + \text{P}_i + \text{energia}$

altre molecole energetiche: - GTP: sintesi proteica e di RNA -

UTP: sintesi di RNA e metabolismo del galattosio - PK

(fosfocreatina): riserva di gruppi fosfato per rigenerare ATP

La moneta energetica della cellula

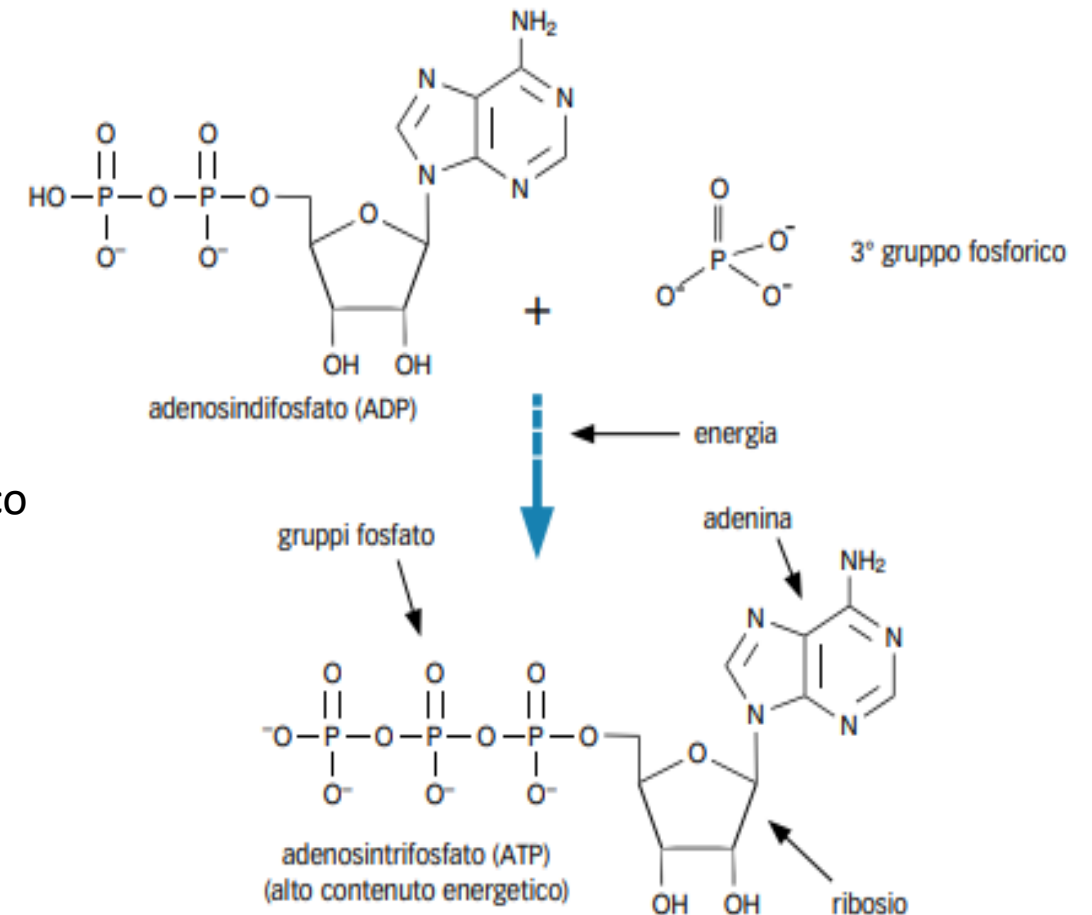
- L'ATP (adenosina trifosfato)

È il “combustibile cellulare” immagazzinato nelle cellule eucariote in particolari corpuscoli, chiamati mitocondri. Ogni cellula, consumando l'ATP mitocondriale, è in grado di compiere tutte le reazioni metaboliche di cui necessita.

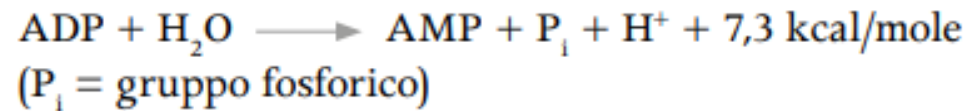
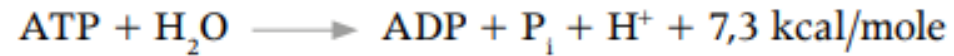
Sotto l'aspetto chimico l'adenosintrifosfato è un estere fosforico formato da tre subunità:

- l'adenina, una base azotata;
- il ribosio, un monosaccaride aldopentoso;
- il gruppo fosforico, costituito da tre atomi di fosforo legati a quattro atomi di ossigeno con legami altamente energetici (unità trifosfato).

Nella molecola dell'ATP l'energia è immagazzinata proprio nei legami fosforici.



- Il meccanismo di rilascio dell'energia si basa sul distacco dei gruppi fosforici dalla molecola principale. In particolare, per idrolisi dell'ATP si ha:

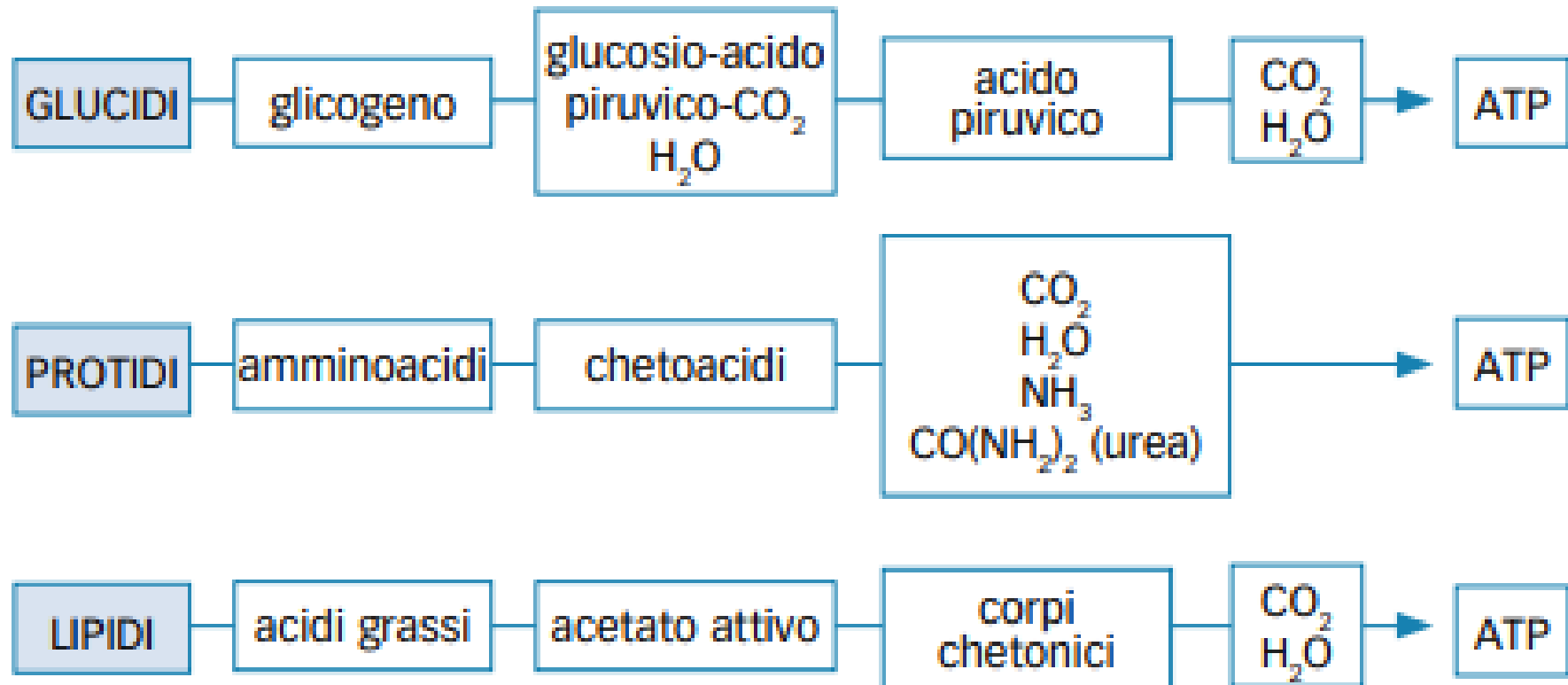


Il distacco, infine, del terzo gruppo fosforico libera un quantitativo di energia inferiore, pari a 3,4 kcal/mole.

In una cellula animale le reazioni di fosforilazione (accumulo di ATP) e ossidazione (distacco dei fosfati e liberazione di energia) avvengono in continuazione e tale reversibilità è indispensabile per garantire la mobilità dell'energia,

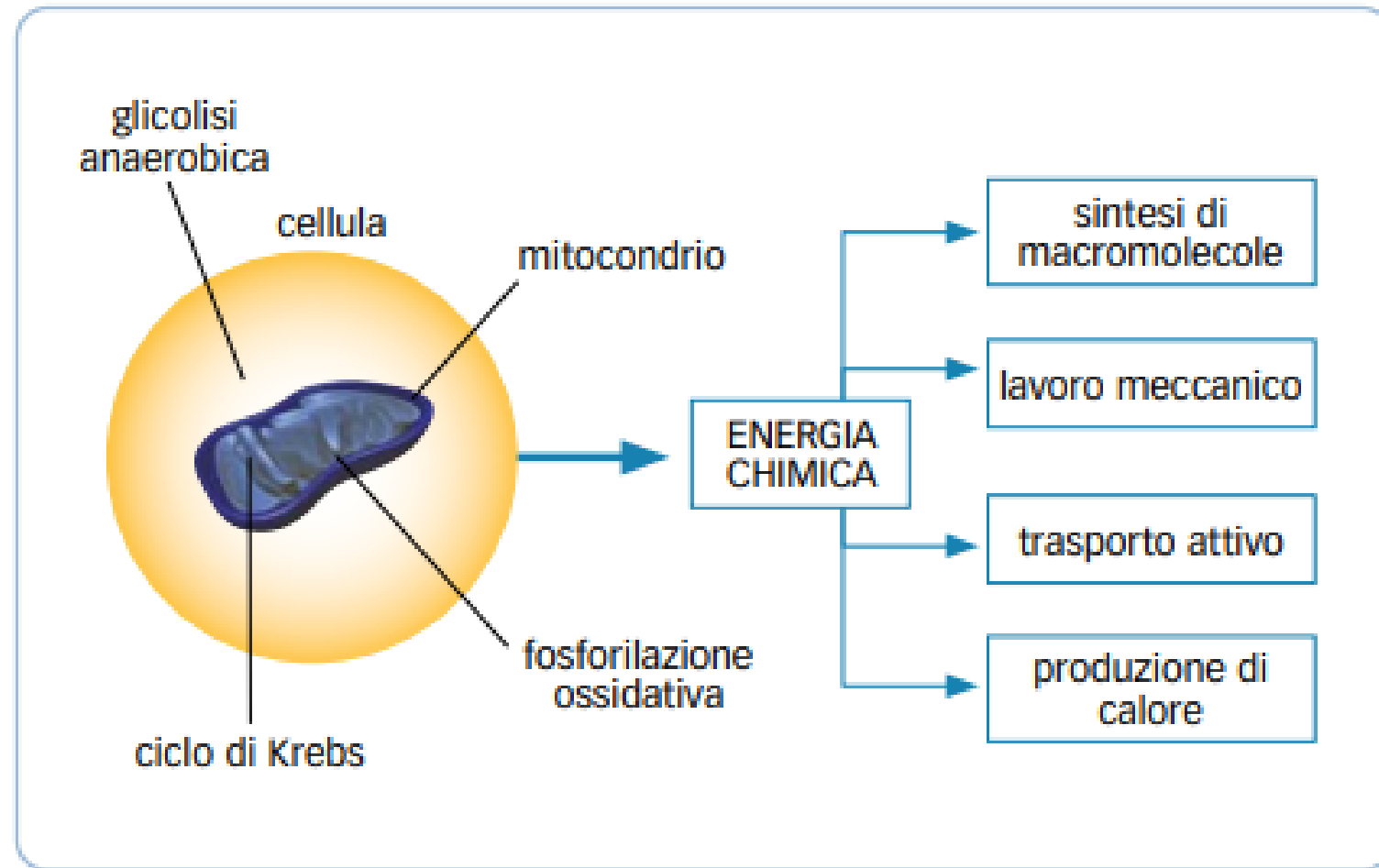
che viene accumulata o liberata secondo le necessità della cellula.

L'ATP si produce tramite la demolizione (ossidazione) dei principi nutritivi energetici, come i glucidi, i lipidi e, in particolari condizioni, le proteine. Queste strutture molecolari complesse sono scisse nei loro costituenti più semplici, attraverso complesse reazioni biochimiche, regolate e coordinate da enzimi specifici, con liberazione di CO₂, H₂O e ATP.



In sintesi l'ATP viene utilizzato a livello cellulare per:

- produrre calore necessario per mantenere la temperatura corporea costante (omeotermia);
- la sintesi di macromolecole (proteine, glucidi, lipidi, acidi nucleici ecc.);
- il lavoro meccanico, come la contrazione muscolare volontaria e involontaria;
- il trasporto attivo della membrana cellulare;
- l'escrezione renale, che consente l'espulsione di sostanze di scarto con l'urina;
- il funzionamento delle ghiandole endocrine (per produrre ormoni) ed esocrine (per produrre saliva, succhi digestivi ecc.);
- il funzionamento corretto nella propagazione degli impulsi nervosi;
- attivare numerosissime reazioni biochimiche (vincere l'energia di attivazione).



Anabolismo

- Tra i processi anabolici assume particolare importanza la sintesi delle proteine: sono, infatti, costituite da proteine molte strutture della cellula (proteine strutturali) e sono proteine tutti gli enzimi che regolano le attività metaboliche della cellula. Nella costruzione delle proteine, gli aminoacidi che le costituiscono devono essere collegati tra loro in un ordine ben preciso, altrimenti la proteina viene prodotta in una forma alterata e non è in grado di svolgere la sua funzione. Il nucleo controlla la sintesi delle proteine attraverso il codice genetico, costituito dal DNA dei cromosomi.

Anabolismo = biosintesi. Lo scopo è la produzione di molecole complesse a partire da precursori semplici

La sintesi di polimeri biologici richiede idrolisi di ATP

- Le molecole sono composte dai monomeri che sono uniti insieme grazie a reazioni di condensazione, in cui i costituenti di una molecola d'acqua (OH e H) sono rimossi dai due reagenti. La reazione inversa è detta idrolisi, e prevede l'aggiunta d'acqua per demolire i polimeri.

Come si accoppiano le reazioni che rilasciano l'energia di idrolisi dell'ATP con la sintesi dei polimeri? I gruppi –OH che vengono rimossi nella reazione di condensazione vengono attivati tramite coinvolgimento in legami ad alta energia con una seconda molecola.

UTILIZZO DI INTERMEDI REATTIVI FOSFORILATI

Catabolismo

- Sono i processi che determinano la scomposizione di grosse molecole in molecole più piccole; tra questi hanno particolare importanza le reazioni ossidative, da cui la cellula ricava energia. In presenza di ossigeno, queste reazioni avvengono nei mitocondri ove si formano molte molecole di ATP.

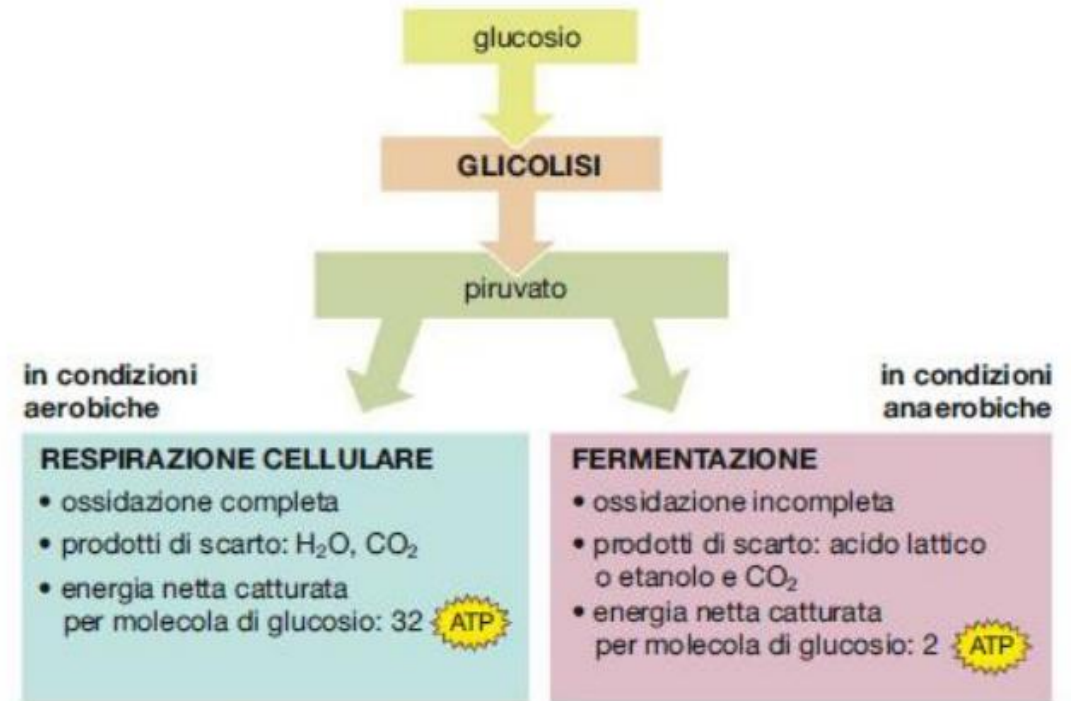
Catabolismo = degradazione

Lo scopo principale è la produzione di energia. I composti possono essere degradati completamente fino ai prodotti finali: H_2O , CO_2 , NH_3 e urea.

Nel processo di produzione dell'energia cellulare, il glucosio rappresenta il principale combustibile

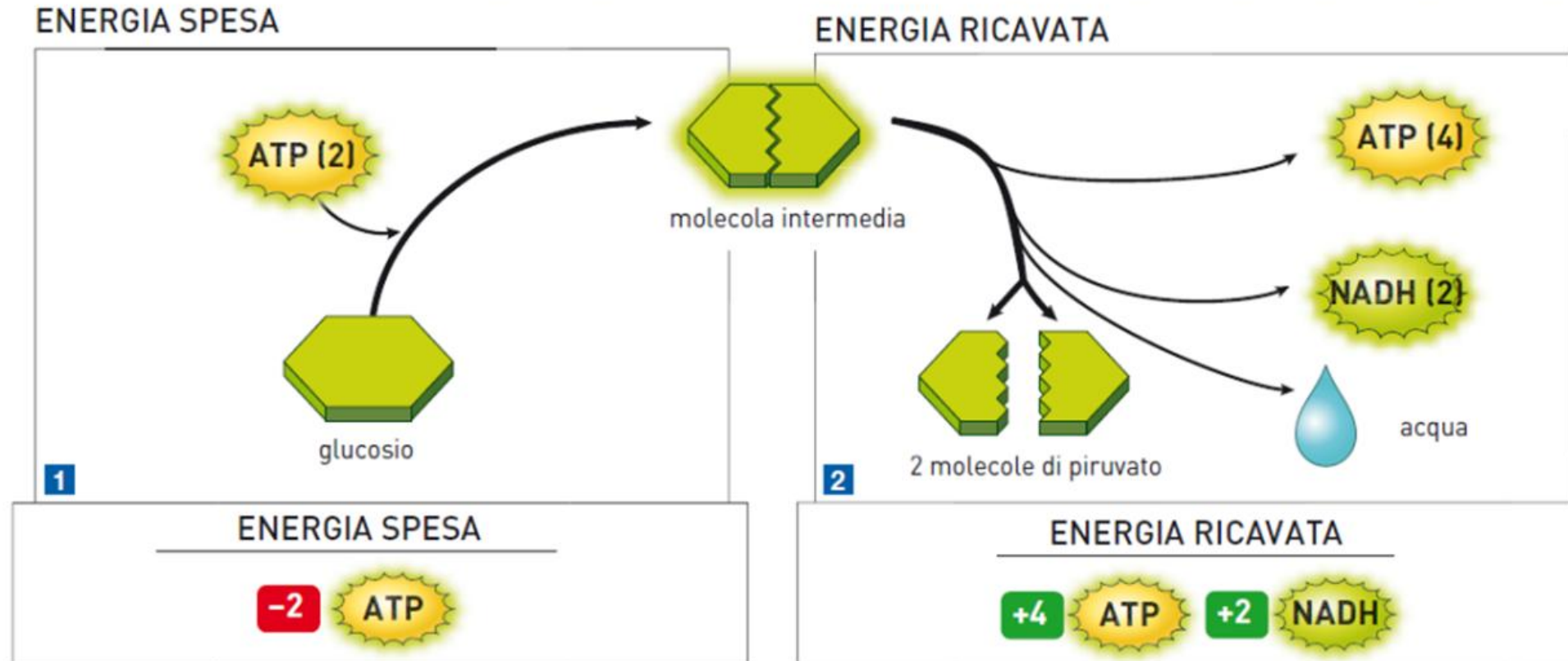
Il metabolismo del glucosio comprende tre processi:

- la **glicolisi**, processo anaerobico che permette di ricavare acido piruvico e due molecole di ATP (comprende 10 diverse reazioni);
- la **respirazione cellulare**, che avviene in presenza di ossigeno e trasforma tutte le molecole di acido piruvico in 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

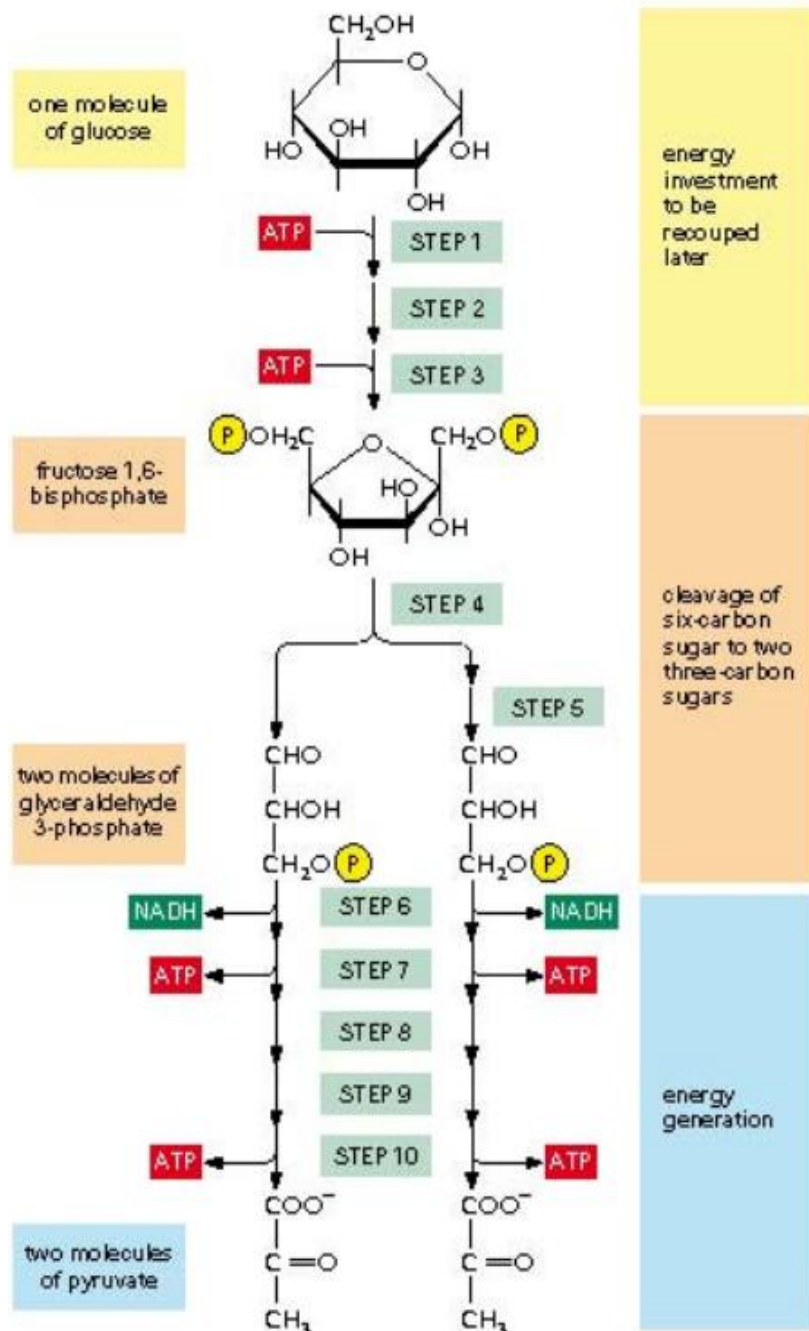


La glicolisi ha luogo **nel citoplasma** della cellula.

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.



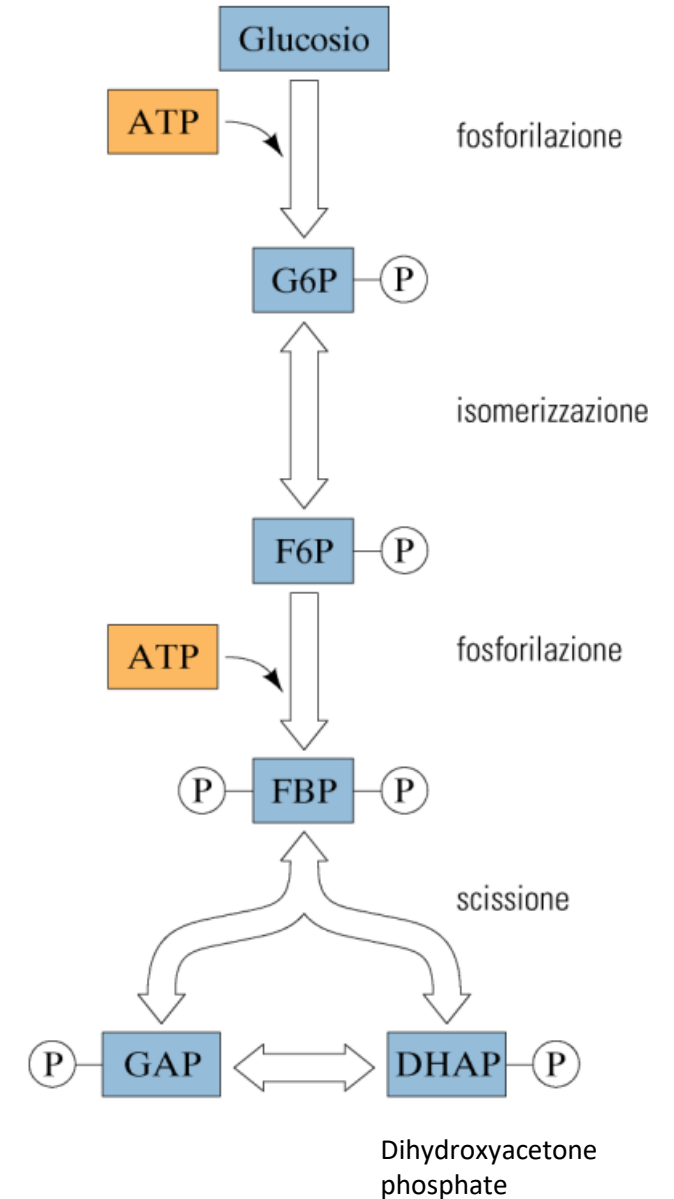
Il guadagno netto è di..... ATP?

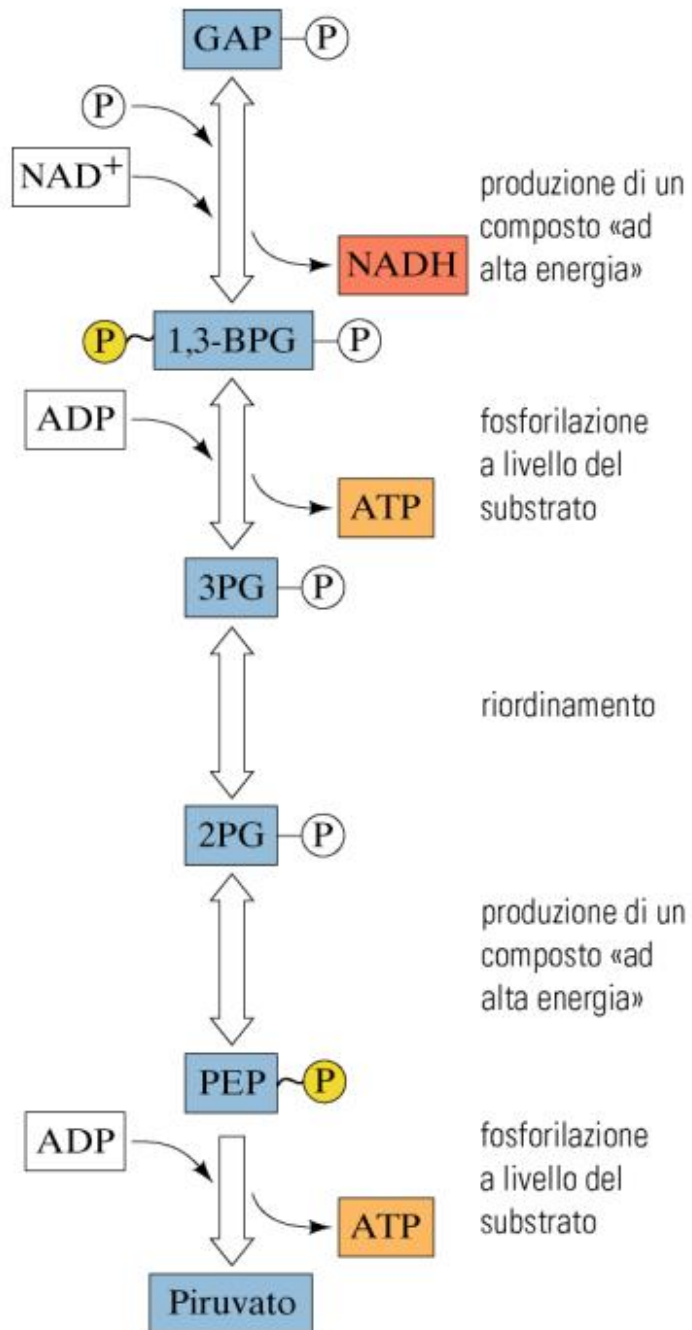


FASE PREPARATORIA (o di investimento energetico)

FASE LITICA

FASE DI RECUPERO ENERGETICO





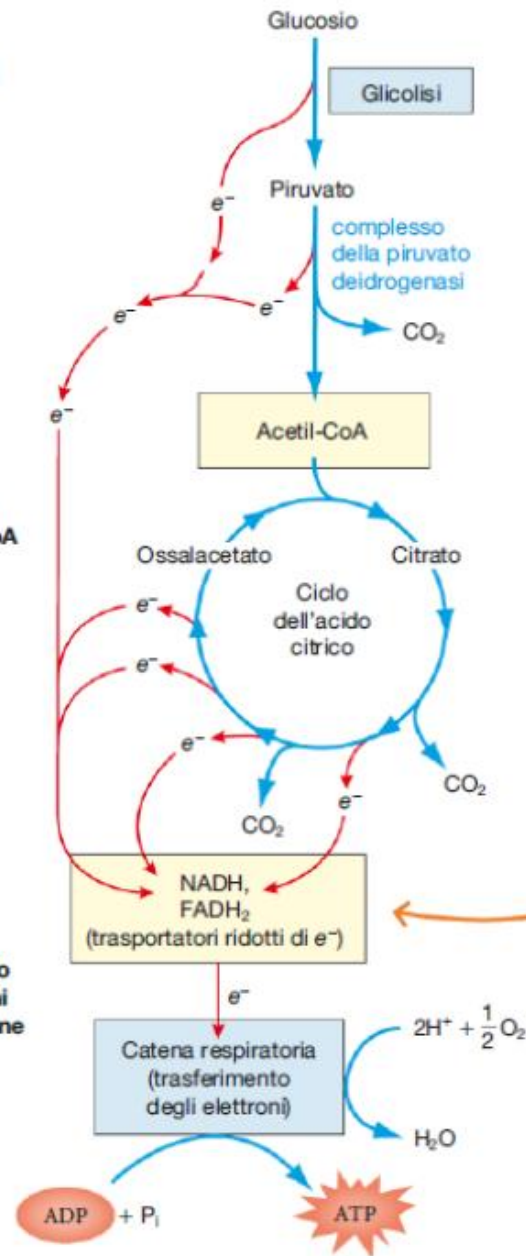
GAP subisce una ossidazione e una fosforilazione seguite da alcuni riarrangiamenti molecolari: un “espediente chimico” per convertire GAP a bassa energia in composti ad alta energia la cui energia libera di idrolisi sia sufficiente per produrre ATP. Per ogni molecola di glucosio che entra nella fase 1, due molecole di GAP vengono convertite in piruvato nella fase 3.

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.

Fase 1
Produzione
di acetil-CoA

Fase 2
Ossidazione
dell'acetyl-CoA

Fase 3
Trasferimento
degli elettroni
e fosforilazione
ossidativa



La respirazione cellulare (**in condizioni aerobiche**) comprende tutti i processi catabolici che portano alla degradazione completa delle biomolecole combustibili, siano esse glucosio, acidi grassi o amminoacidi. Per il glucosio, si svolge in tre fasi principali.

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:

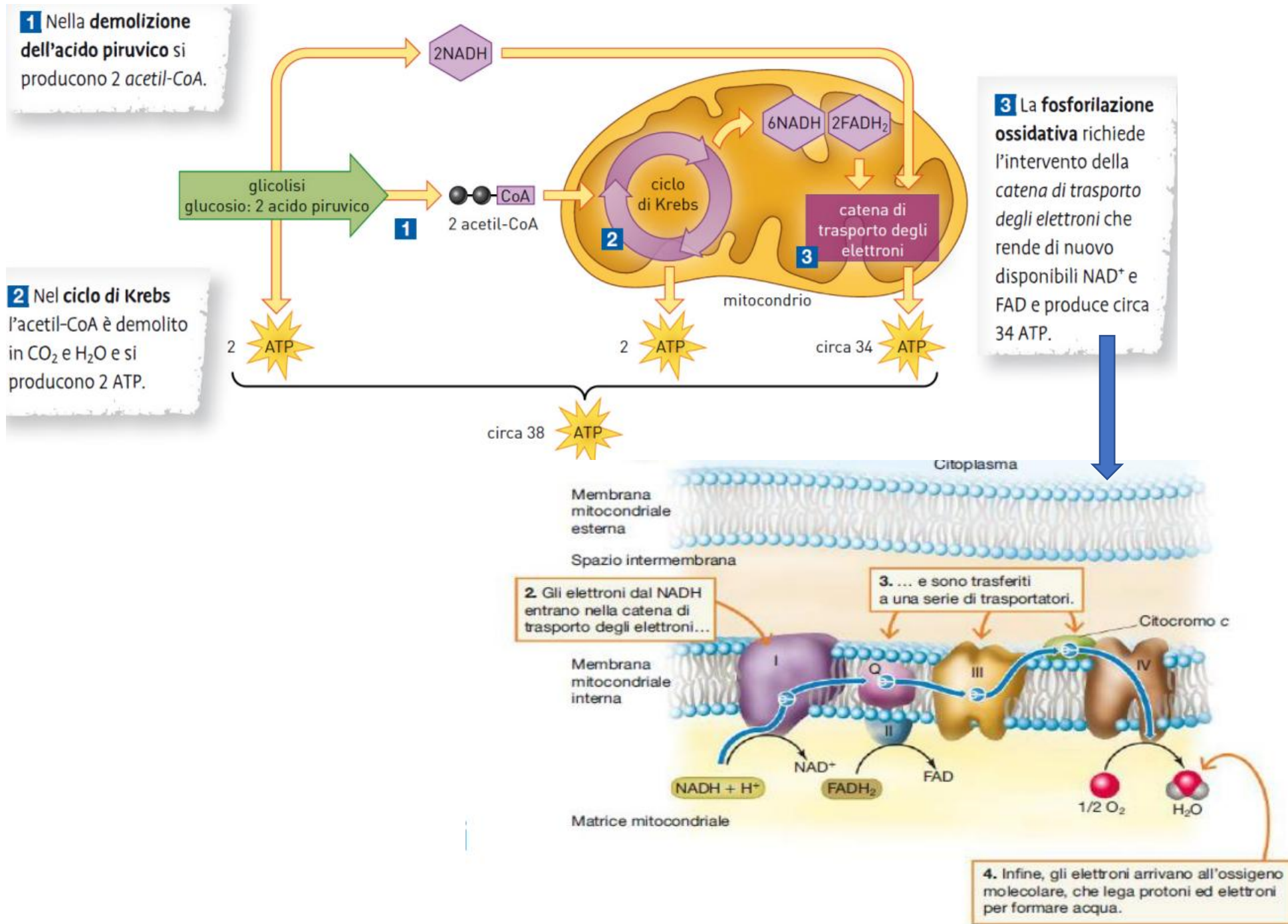
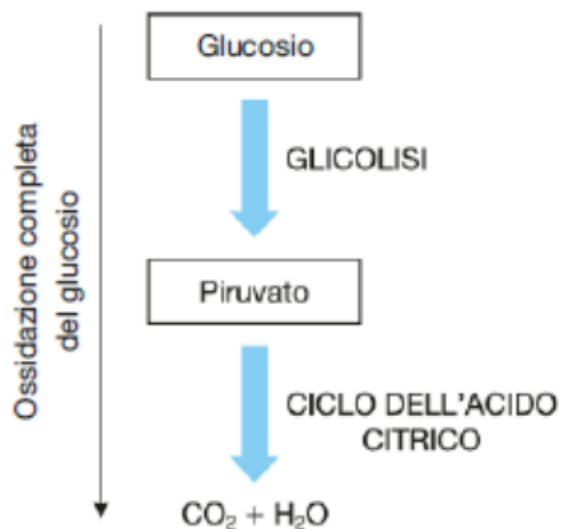
- demolizione dell'acido piruvico: trasforma l'acido piruvico in acetyl-CoA;
- ciclo di Krebs: demolisce l'acetyl-CoA in CO_2 e H_2O e immagazzina

l'energia liberata in NADH e $FADH_2$;

- fosforilazione ossidativa: NADH e $FADH_2$ 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.

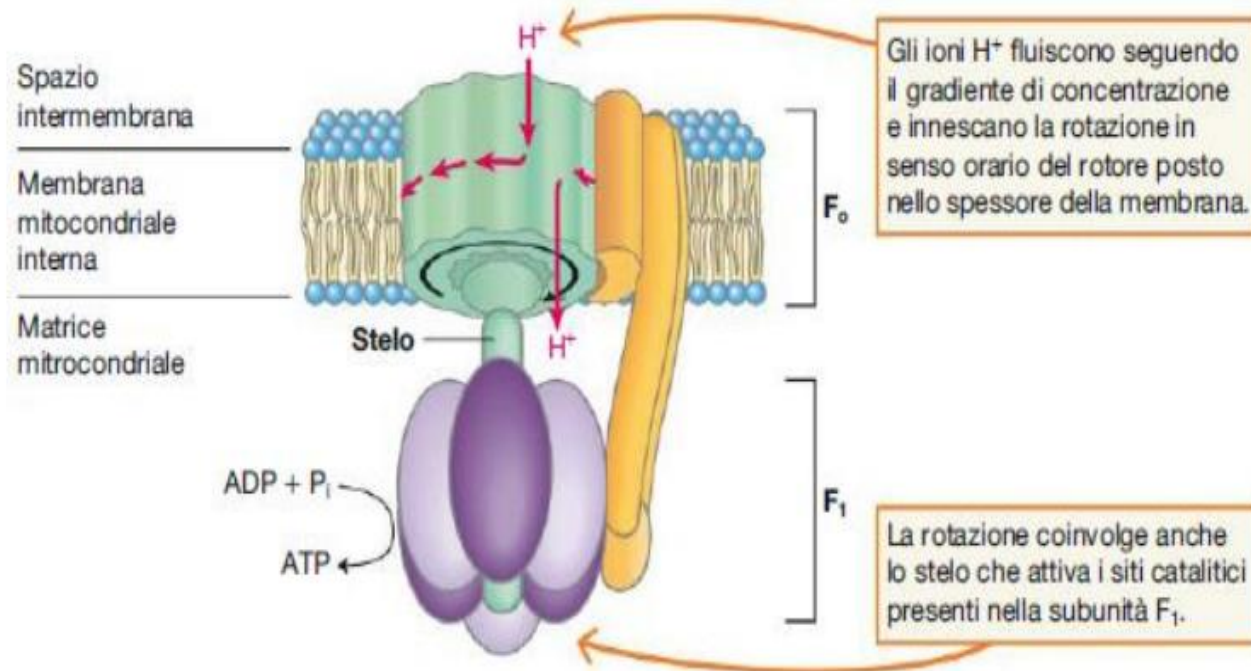
Il punto di passaggio fra la glicolisi e il ciclo dell'acido citrico consiste nella **decarbossilazione ossidativa del piruvato ad acetile** e nella **trasformazione di questo in acetil-CoA** grazie al legame con il **coenzima A**.



Il trasferimento degli elettroni all'ossigeno è accompagnato dal passaggio di ioni H^+ dalla matrice mitocondriale allo spazio intermembrana.

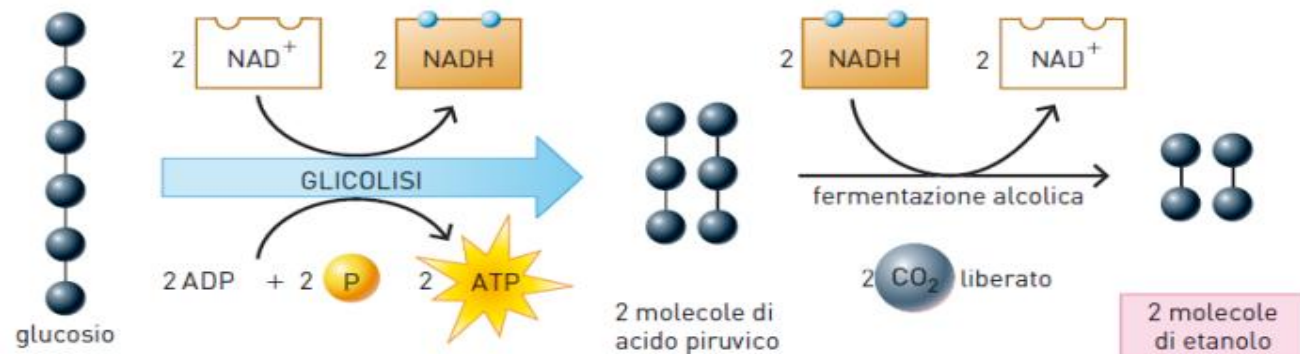
Ai due lati della membrana mitocondriale interna si genera così un gradiente protonico (o elettrochimico) che fornisce la forza motrice del processo di sintesi dell'ATP.

Nel complesso, si producono 32 molecole di ATP per ogni molecola di glucosio ossidata completamente a CO_2 e H_2O .

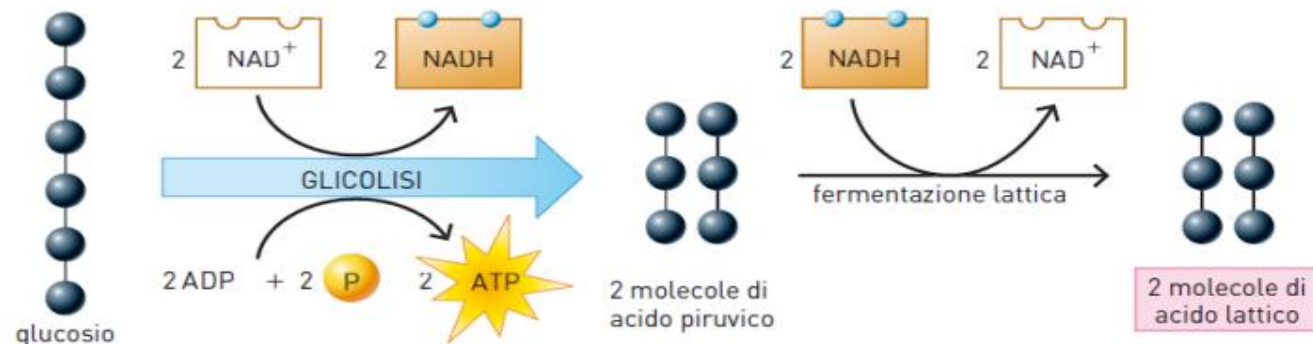


La fermentazione

- La fermentazione avviene nel citoplasma e **non** richiede ossigeno.
- La fermentazione alcolica è svolta dai lieviti, mentre la fermentazione lattica è svolta da alcuni batteri e dalle cellule muscolari.



A



B In condizioni anaerobiche



Riossidare il NADH

Il NAD^+ deve essere continuamente rigenerato attraverso un processo di riossidazione del NADH

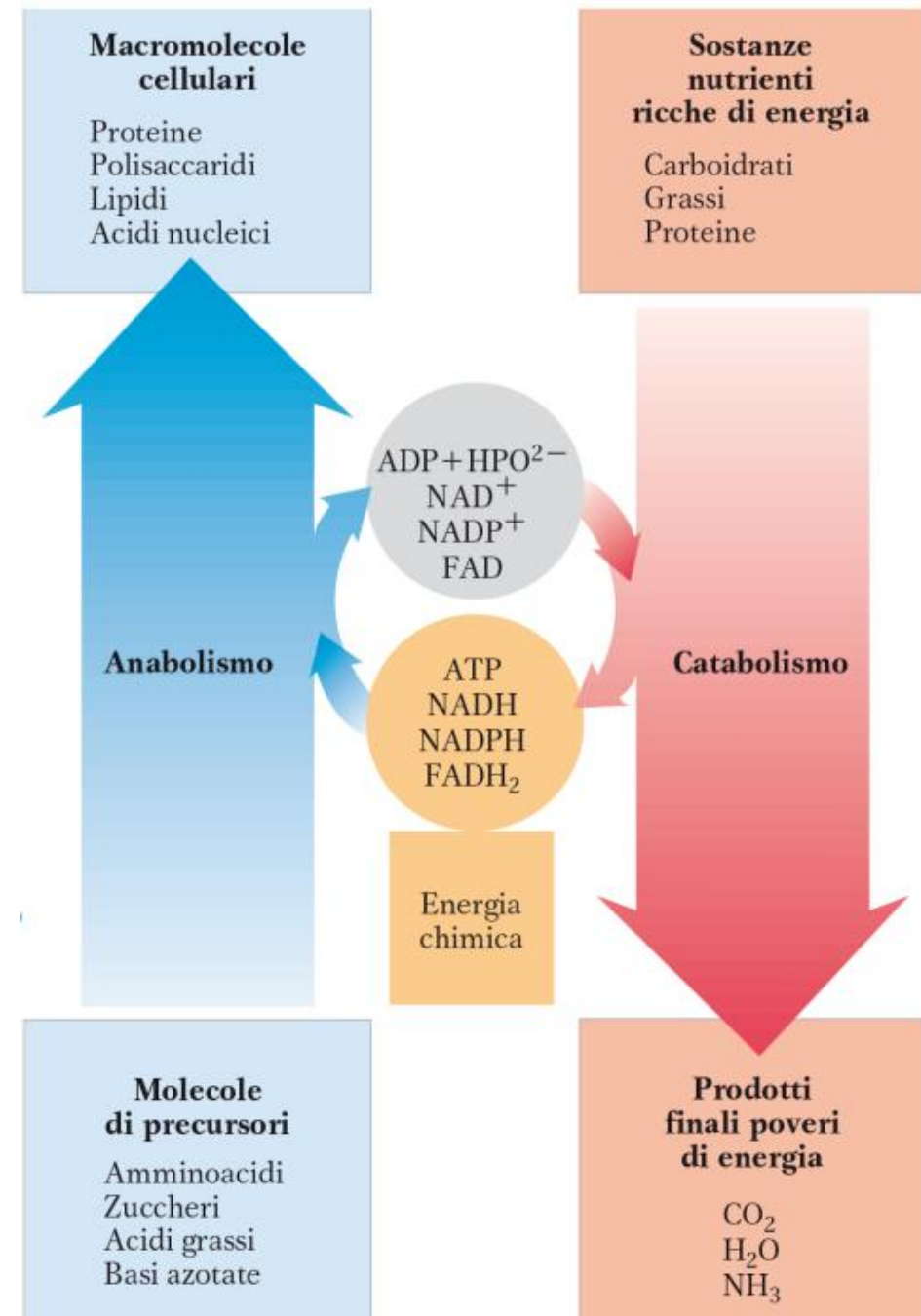
LOCALIZZAZIONE CELLULARE DELLE VIE METABOLICHE

Vie biosintetiche: citoplasma

Vie cataboliche ossidative: mitocondri

Glicolisi: Via degradativa che avviene nel citoplasma. E' importante perché può fornire energia anche in assenza di O₂.

ATP: molecola di collegamento tra catabolismo e anabolismo. E' il composto ad alta energia più utilizzato ed è la moneta energetica delle cellule.



- Il glucosio e le altre molecole di cibo sono demoliti da un'ossidazione controllata in più passaggi per fornire energia chimica sotto forma di ATP e NADH. L'ossidazione è composta da 3 serie di reazioni che agiscono l'una dopo l'altra; i prodotti di ciascuna sono il materiale di partenza della successiva: la glicolisi (che avviene nel citosol), il ciclo dell'acido citrico (nella matrice mitocondriale) e la fosforilazione ossidativa (nella membrana mitocondriale interna). I prodotti intermedi della glicolisi e del ciclo dell'acido citrico sono usati come fonte di energia metabolica, sia per produrre molte molecole usate come materiali grezzi per le biosintesi.