

Legame a idrogeno (6')

Ionizzazione acqua e pH (9')

Carbonio, isomeri e gruppi funzionali (7')

Carboidrati (10')

Lipidi (6')

Proteine (6')

Acidi nucleici (6')

Dai procarioti agli eucarioti (7')

Dal DNA alle proteine (9')

La cellula (8')

Le membrane (10')

Neuroni e glia (10')

Impulsi elettrici nel neurone (9')

La sinapsi (10')

Audio
1 h 53 min.

APPENDICI

Caratteristiche della vita e livelli di organizzazione (10')

La selezione naturale di Darwin (6')

Lo sviluppo del SNC (??')

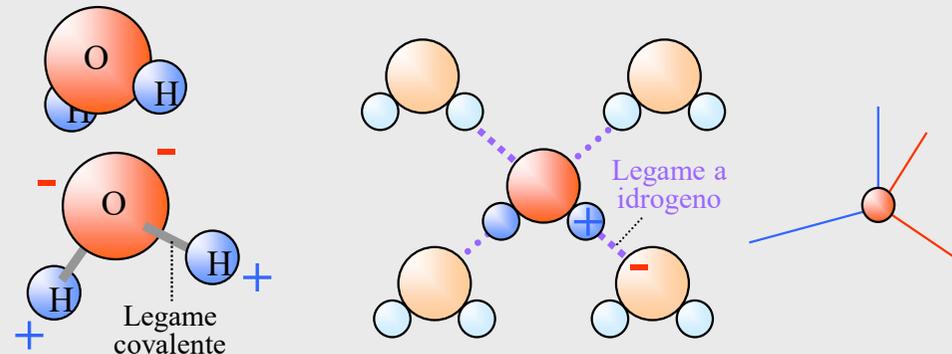
Bibliografia

Legame a idrogeno

(6)

L'acqua è fondamentale per la vita, perché è fatto di acqua dal 50% al 95% del peso di ogni sistema vivente. L'acqua è un liquido molto comune (3/4 della superficie terrestre sono ricoperti di acqua), ma la sua molecola non è affatto comune. Per capire l'importanza dell'acqua nella vita andiamo ad esaminare le particolarità della sua molecola.

L'acqua è formata da **2 atomi di idrogeno (H)** e **1 di ossigeno (O)**: H_2O . Ogni atomo di H è unito all'atomo di O da un legame covalente (l'unico elettrone dell'H è messo in comune con l'O, che ricambia mettendo in comune 1 dei suoi 6 elettroni esterni). L'ossigeno ha però una forte "attrazione per gli elettroni" (l'O è più *elettronegativo* dell'H), che passano più tempo intorno all'O che intorno all'H. Il risultato è che i due atomi d'H sono leggermente positivi, mentre attorno all'O le 2 coppie di elettroni non messi a comune sono leggermente di troppo, formando due polarità negative. **La molecola d'acqua è polarizzata e ha 4 vertici.** Ogni vertice tende a legarsi debolmente con un vertice di segno opposto, perché **due polarità opposte si attraggono (legame a idrogeno)** (qui il disegno è stato fatto in piano, ma in realtà la struttura è tridimensionale) (il legame a idrogeno nasce quando un idrogeno è legato ad un atomo molto elettronegativo, come l'ossigeno o l'azoto). I legami a idrogeno sono molto più *deboli* dei legami covalenti o dei legami ionici e *si rompono continuamente* (tempo di vita media nell'acqua 100 nsec), *ma appena se ne spezza uno se ne forma un altro.* Il risultato è lo **stato liquido**, con le molecole di acqua unite tra loro e tanto strette le une alle altre da non risultare comprimibili, pur tuttavia facilmente separabili e scorrevoli le une sulle altre.



Coesione: una sostanza coesa sopporta delle forze prima di rompersi. I legami a H conferiscono una **notevole coesione** all'acqua. Per questo la superficie dell' H_2O è abbastanza solida da permettere ad una pulce d'acqua di camminarvi sopra senza affondare (**tensione superficiale**).

Adesione: l'acqua *tende ad aderire alle sostanze che presentano una polarità elettrica* perché alcuni atomi attirano gli elettroni più di altri e che vengono dette **idrofile** ("che amano l'acqua"). Senza tali polarità non c'è attrazione elettrica e la sostanza dicesi **idrofoba** ("che teme l'acqua"). (Es.: zuccheri idrofili, olio idrofobo).

Capillarità: l'acqua sale da sola nei piccoli tubicini, per esempio nei vasi delle piante, se il materiale di tali tubicini è *idrofilo*, perché le molecole d'acqua sono attratte dalle pareti dei tubi; se il tubo è piccolo la *tensione superficiale* regge e le molecole che scalano le pareti si tirano dietro altre molecole legate a idrogeno; quelle al seguito forniscono poi altre molecole per aderire alle pareti.

Imbibizione: l'acqua può infiltrarsi dentro ad un solido per capillarità, ovvero per attrazione tra cariche aventi polarità opposte. Il volume aumenta e la pressione può diventare molto elevata (pare che gli egiziani spaccassero i blocchi di pietra per le piramidi infilandovi dei cunei di legno e imbevendoli d'acqua).

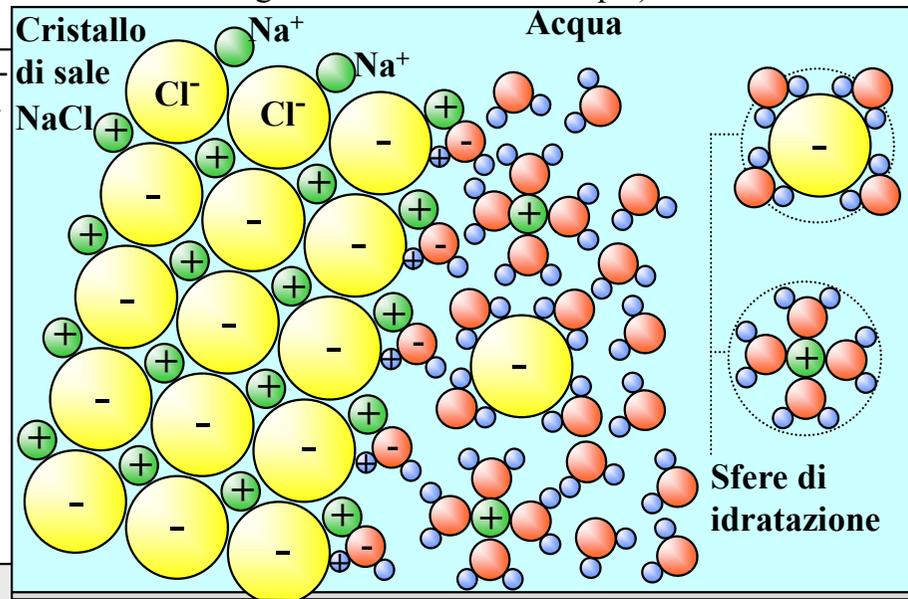
Calore specifico elevato: occorre molta energia per elevare la temperatura dell'acqua di 1 grado, perché i legami a idrogeno tendono a tener ferme le molecole.

La tendenza dell'acqua a tenere costante la sua T favorisce fortemente i processi biologici, che hanno bisogno di avvenire entro limiti ristretti di temperatura.

Calore di vaporizzazione elevato: serve molto calore per far evaporare l'acqua (540 Kcal per 1 Kg), dovendosi rompere i legami a idrogeno. Ciò permette di usare la sudorazione per raffreddarsi.

L'acqua è un eccellente solvente. Prendiamo del sale da cucina, e immergiamolo in acqua. Gli O negativi si accostano agli Na positivi attraendoli e staccandoli dai Cl. Gli H positivi staccano i Cl dagli Na. Attorno agli ioni si dispongono molecole di acqua orientate in modo da rivolgere verso lo ione la carica opposta (**sfere di idratazione**). Tali sfere impediscono agli ioni dei soluti di riattaccarsi.

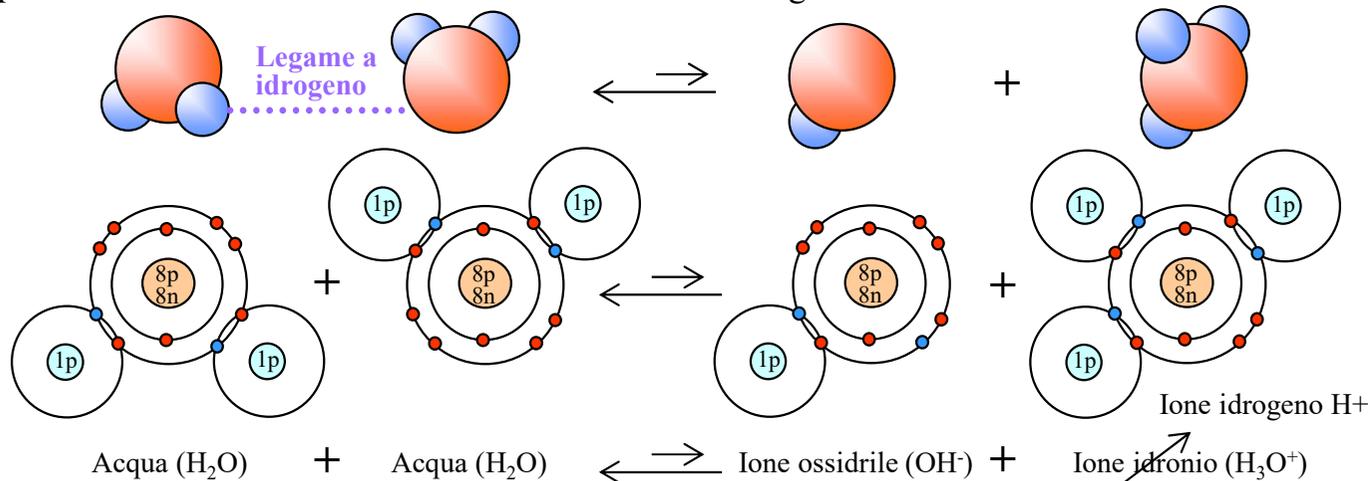
Nelle **cellule** vengono sfruttate queste 3 proprietà dell'acqua: **alta coesione interna, effetto stabilizzante sulla T** e **capacità di sciogliere molte sostanze.**



Ionizzazione acqua e pH ^(9*)

IONIZZAZIONE DELL'ACQUA

Nell'acqua allo stato liquido, l'H ha una piccola tendenza a lasciare l'O a cui è legato per passare all'O di un'altra molecola. La reazione è la seguente:



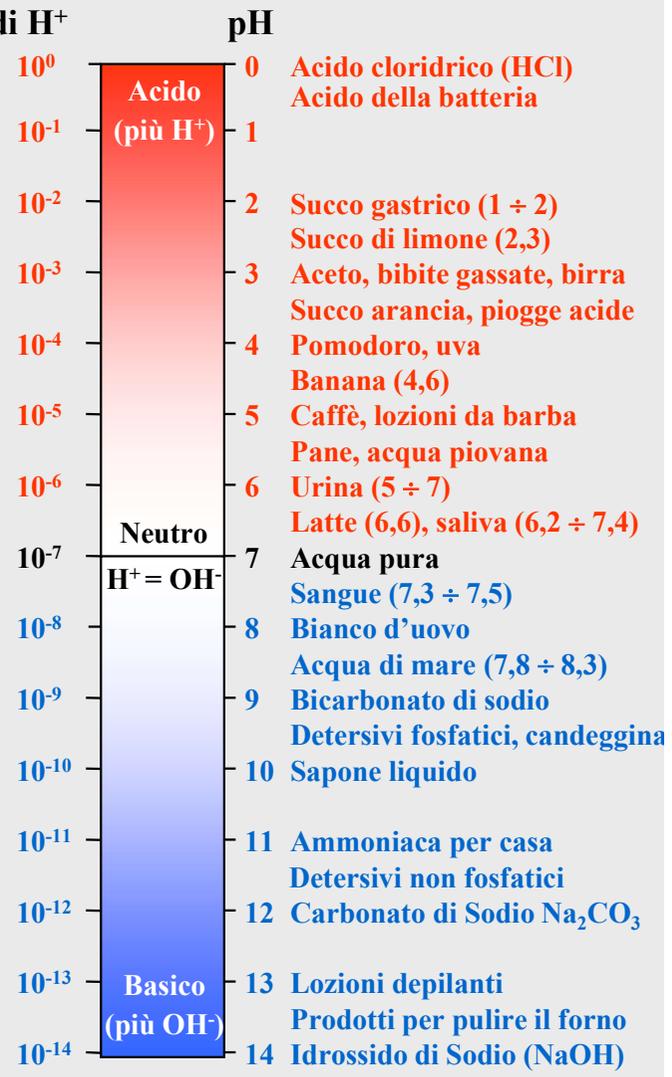
Due molecole di acqua danno origine a 1 ione ossidrilico OH⁻ e a 1 ione idronio H₃O⁺ (normalmente rappresentato con uno ione idrogeno H⁺)
 Avviene anche il contrario, con scomparsa dei due ioni e ricomparsa di due normali molecole d'acqua (la freccia è più lunga per dire che la maggior parte dell'acqua non è ionizzata)

Nell'acqua pura il numero di ioni H⁺ è esattamente uguale al numero di ioni OH⁻ perché la formazione di uno implica la formazione dell'altro. Una tale soluzione dicesi **neutra**
 Nell'acqua pura il numero di ioni H⁺ è **10⁻⁷ moli/litro** (= 10⁻⁷ * 6 10²³ = 6 10¹⁶ ioni/litro)
 Per ricordarlo basta ricordare il 7 (che l'esponente è negativo si ricorda pensando che gli esponenti negativi sono frazioni e che 1 mole/litro di H⁺ sono molti H⁺). Poiché il log di un numero è l'esponente da dare a 10 => 7 = -log₁₀[10⁻⁷].

Si definisce **pH** (abbreviazione di "potenza dell'H") il numero **-log₁₀[H⁺]** (dove [] = concentrazione). Una soluzione neutra ha **pH = 7**, perché 10^{-pH} = 10⁻⁷ moli/litro è la concentrazione di ioni idrogeno H⁺ che si ha nell'acqua pura. [OH⁻] = 10⁻⁷ e [H⁺][OH⁻] = 10⁻¹⁴

Aggiungendo una sostanza come l'HCl che si scinde in H⁺ e Cl⁻ si aumenta la [H⁺]. [H⁺] maggiore => pH minore perché [H⁺] = 10^{-pH} = 1/10^{pH} e pH minore => dividere per un numero minore
 Una soluzione **arricchita di H⁺** dicesi **acida** e un materiale che **aumenta gli H⁺** è un **acido**.
 Una soluzione **arricchita di OH⁻** (impoverita di H⁺) dicesi **basica** e **diminuisce gli OH⁻**

Nelle cellule la concentrazioni di H⁺ (ovvero il pH) deve avere valori ben precisi, prossimi alla neutralità, perché il metabolismo sia corretto e la cellula possa vivere. Un acido o una base deboli stabilizzano il pH e sono dette **tamponi**.
 Aggiungendo ad es. OH⁻ essi si combinano con gli H⁺ dando acqua. Gli OH⁻ diminuiscono, mentre gli H⁺ si riformano dall'H₂CO₃



Aumentando gli H⁺ aumenta anche la ricombinazione di essi con gli OH⁻ con formazione di acqua. All'equilibrio la diminuzione degli OH⁻ è pari all'aumento degli H⁺ e si ha che:
[H⁺][OH⁻] = 10⁻¹⁴
 (come nell'acqua pura)

Tale formula permette di calcolare la concentrazione di OH⁻ nota quella degli H⁺

Un acido (o una base) è **forte** se ionizza quasi completamente in acqua aumentando molto gli H⁺ (o gli OH⁻). E' **debole** se ionizza poco



Carbonio, isomeri e gruppi funzionali

(7)

Chiamiamo **molecole organiche** le molecole che contengono *carbonio* perché negli organismi viventi troviamo acqua (50-95%), piccoli ioni tipo il calcio (Ca^{++}) (1.5%) e il sodio (Na^+) (1%) e tutto il resto è composto da molecole organiche (da molecole contenenti carbonio).

Il carbonio è adatto a fare da scheletro alle grandi molecole degli organismi viventi perché i legami **carbonio-carbonio** (semplici, doppi o tripli) **sono forti** e non si rompono facilmente, pur non essendo così forti da richiedere un'energia spropositata per essere spezzati.

Le proprietà e le funzioni biologiche di una molecola dipendono in larga misura dalla disposizione nello spazio delle sue parti. Il C forma dei tetraedri.

Due composti con la **stessa formula chimica ma strutture spaziali diverse** hanno proprietà fisico-chimiche diverse e, per questo, hanno anche nomi diversi. Il glucosio e il fruttosio sono due **zuccheri** uguali come formula ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) ma diversi come struttura. Essi sono detti **isomeri**

Il glucosio è uno zucchero esoso (6 atomi di C), + un O + **5 gruppi ossidrilici (o alcolici)** **OH** (da non confondere con gli ioni idrossidi OH^-) tutti dalla parte dell'O meno quello legato al 3° C + H.

(la numerazione dei C parte dal lato dove è l'O) (nella formula semplificata lo scheletro carbonioso è sostituito da una riga e gli H si omettono).

Il galattosio è identico al glucosio come formula e come struttura, a parte i gruppi legati al 4° carbonio che sono uno l'immagine speculare dell'altro.

Due isomeri che sono **uno l'immagine speculare dell'altro** sono detti **enantiomeri** (o stereoisomeri) ed hanno proprietà fisiche identiche e proprietà chimiche simili; le cellule però li riconoscono e solo uno di essi è biologicamente attivo.

Quando la diversità è nella disposizione degli atomi, come tra glucosio e fruttosio, si parla di **isomeri strutturali**

Quando la differenza è nella disposizione spaziale dei gruppi si parla di **isomeri geometrici** o isomeri cis-trans. Nei trans i gruppi grandi sono su lati opposti; nei cis dalla stessa parte rispetto al doppio legame.

Gli elementi naturali della **tavola periodica** sono 92, ma sono solo 4 gli elementi che formano il 96% della massa degli organismi viventi:

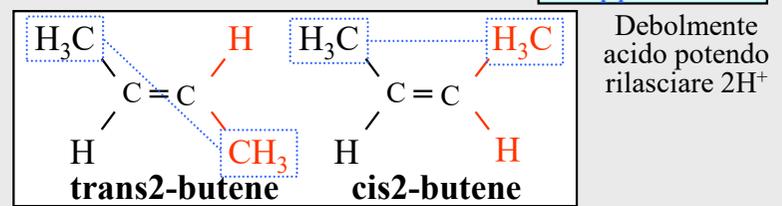
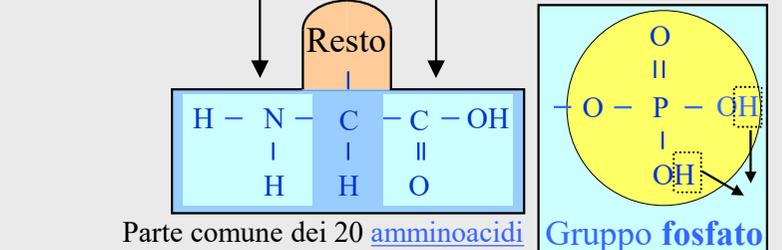
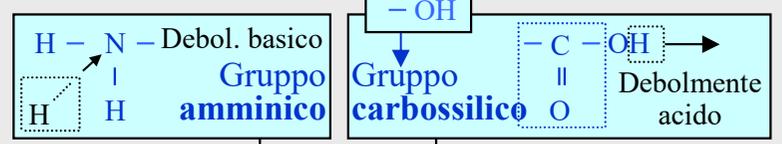
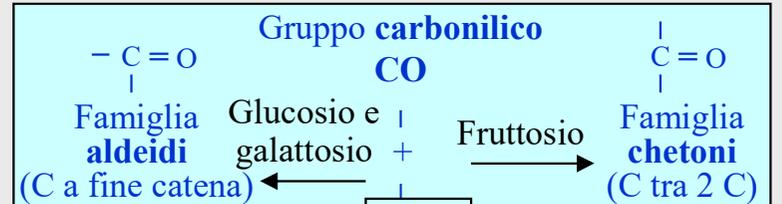
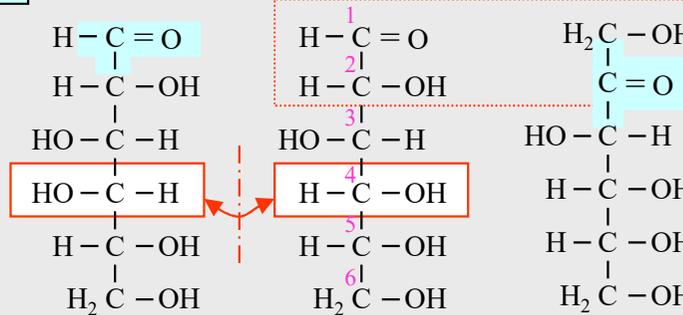
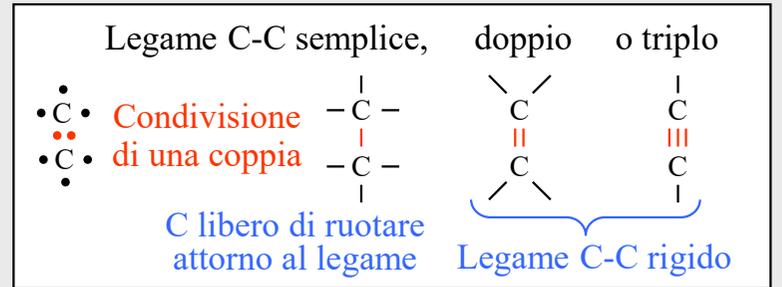
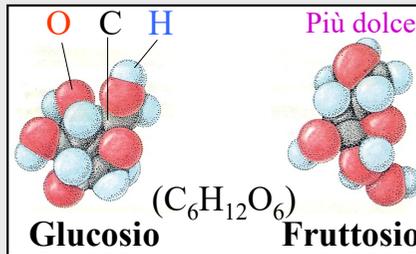
- nel corpo umano il **65% è ossigeno (O)** (componente dell'acqua, presente nella maggior parte dei composti organici ed è necessario per la respirazione cellulare).



- il 2° in peso è il **carbonio (C) col suo 18%**
 - **l'idrogeno (H) è il 10%** ma è ancora più presente dell'O (solo pesa 16 volte meno).



- col **3% di azoto (N)** (componente delle proteine e degli acidi nucleici) si arriva al 96%



Carboidrati

(10')

Negli organismi si trovano in gran quantità 4 tipi di molecole organiche:

- (1) Carboidrati, (2) Lipidi, (3) Proteine e (4) Acidi nucleici

I **carboidrati** possono essere formati da:

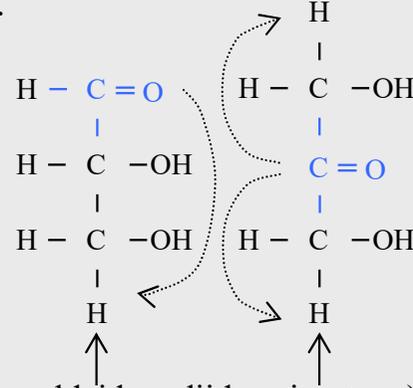
- **1 zucchero semplice** come il **glucosio** il **fruttosio** e il **galattosio** già visti (**monosaccaridi** ovvero **energia pronta all'uso**);

- **2 zuccheri** come lo zucchero da tavola o **saccarosio** che è glucosio + fruttosio (questo **disaccaride** è la forma in cui nelle piante lo zucchero prodotto dalle foglie viene trasportato alle altre parti dell'organismo);

- **molti zuccheri (polisaccaridi)** con funzione di **riserva di zuccheri**, nelle piante l'**amido** e negli animali il **glicogeno**, o con funzioni **strutturali** come la **cellulosa** delle piante) (inizialmente i carboidrati erano gli zuccheri, ma poi il nome fu esteso anche ai polisaccaridi, composti macromolecolari costituiti da zuccheri ma non più simili a questi).

Gli zuccheri semplici (e quindi anche i di- e i poli-saccaridi) sono multipli del CH_2O , che è (numericamente) **carbonio + acqua**, da cui il nome di **idrati del carbonio o carboidrati**.

Tale composizione deriva dal fatto che ad ogni C è legato un gruppo ossidrilico e un H. Un C è però legato ad un O a formare un gruppo carbonilico, che può essere interno alla catena (chetone) o a fine catena (aldeide). Se è alla fine, perde posto un solo H, che va a chiudere l'altro lato della catena. Se è a mezzo, perdono posto due H, che vanno a chiudere i due lati della catena.



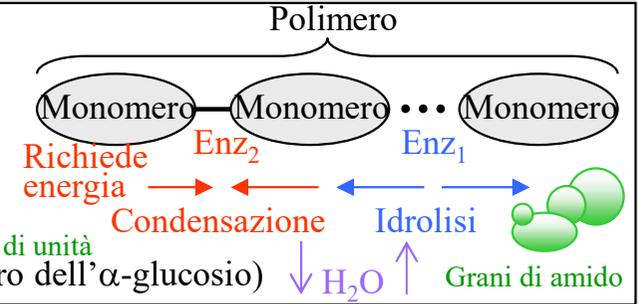
Ci sono zuccheri **triosi** (CH_2O)₃ (come gliceraldeide e diidrossiacetone) ma i più sono **esosi** come il glucosio/fruttosio/galattosio **già visti** o **pentosi** come il ribosio/desossiribosio che vedremo negli acidi nucleici.

Immergendo uno zucchero in acqua, esso si scoglie perché è idrofilo dal momento che i gruppi OH sono polari. In soluzione la molecola degli zuccheri si ripiega formando un anello chiuso. Riprendiamo la molecola del glucosio e vediamo come si forma l'anello.

L'ossigeno si avvicina al C in posizione 5. Il gruppo OH in posizione 5 ruota per far posto ad un legame diretto tra O e C: se ruota in avanti si forma **glucosio α**; se ruota dietro il piano dell'anello si forma **glucosio β**. Ora c'è un anello a 6 vertici, 5 carboni e un O. Graficamente è un esagono. Ad ogni vertice c'è uno dei gruppi H-OH con 3 OH sotto e uno solo sopra. Anche sul C esterno c'è un gruppo H-OH; poi c'è l'H che chiudeva la ex-catena aperta. Sul 5° C ora c'è solo un H

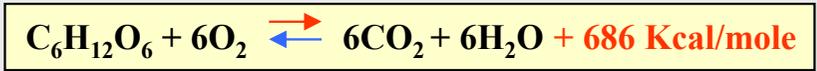
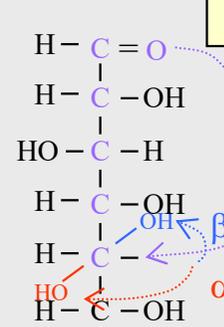


Quando una grossa molecola come quella dei polisaccaridi contiene subunità identiche o simili è detta **polimero** e le subunità sono dette **monomeri**.



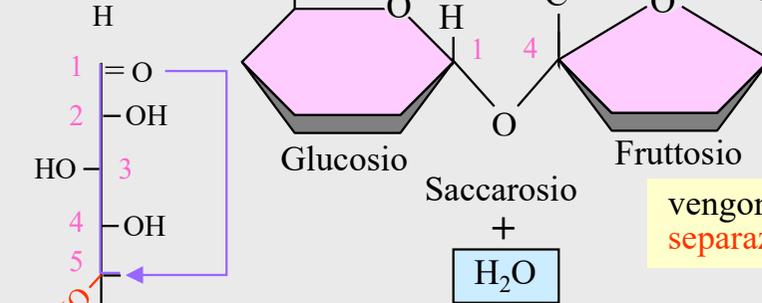
(Es.: l'amido è un polimero dell' α -glucosio) 40%

Glucosio



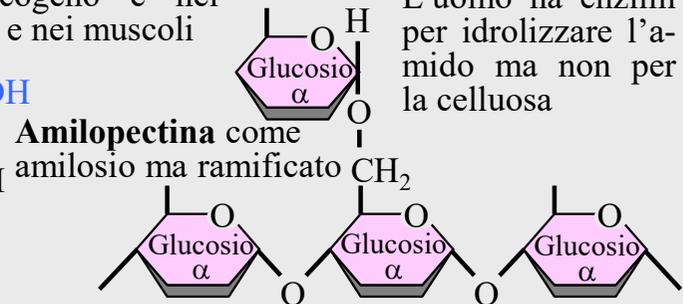
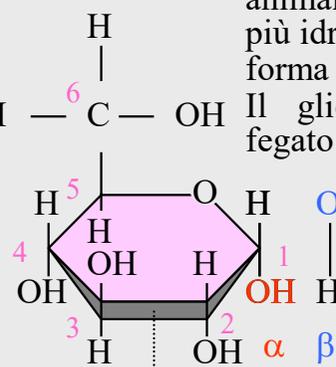
L'ossidazione del **glucosio** (col C che perde H ossidandosi e diventando **anidride carbonica** e con l'ossigeno che li prende riducendosi e diventando **acqua**) **fornisce 686 kcal/mole** (riutilizzati al 40% per costruire nuove molecole organiche).

Un disaccaride è composto da 2 monosaccaridi legati tra loro da un legame covalente detto **legame glicosidico**



La formazione del saccarosio richiede **5,5 kcal per mole** che vengono **restituite alla separazione**

Gli **amidi** sono formati da amilosio e, in misura maggiore, da amilopectina. Il **glicogeno** (o amido animale) è come l'amilopectina, solo più ramificato e più idro-solubile. La **cellulosa** usa glucosio β e non forma granuli come gli amidi ma lunghi fasci rigidi. Il glicogeno è nel fegato e nei muscoli.



Amilosio = catena lineare di α -glucosio

Proteine

(6')

Le proteine sono le componenti strutturali delle cellule (oltre il 50% del peso secco degli animali è fatto di proteine). Il **tipo**, la **distribuzione** e la **quantità di proteine** presenti in una cellula **determinano la funzione** di essa. Molte proteine funzionano da **enzimi** (molecole che innescano e regolano le reazioni chimiche). (Mentre i carboidrati e i lipidi hanno la stessa struttura in specie diverse, **molte proteine sono specie specifiche** e maggiore è la distanza sulla scala evolutiva, maggiore è la differenza tra le proteine. Anche individui della stessa specie hanno proteine leggermente diverse.)

Le proteine sono fatte di **amminoacidi** (spesso parecchie centinaia) così come le parole o le frasi sono fatte di lettere (il paragone torna anche nel numero, perché gli amminoacidi più diffusi sono 20). I geni dicono come **assemblare gli amminoacidi** a formare le (10 000) proteine.

La parte comune degli amminoacidi è costituita da un C (col suo H) legato ad un **gruppo** carbossilico e a uno amminico (compare l'azoto!) La presenza contemporanea di un gruppo carbossilico debolmente acido e di uno amminico debolmente basico, rendono le proteine dei **tamponi** del pH

Considerando la parte restante, diversa per ogni amminoacido, abbiamo 5 A. polari (e idrofili), 10 A. non polari, 5 A. elettricamente carichi di cui 2 acidi e 3 basici. Quasi tutte le piante e i batteri sanno sintetizzare tutti gli amminoacidi, gli animali ne fanno molti, non tutti.

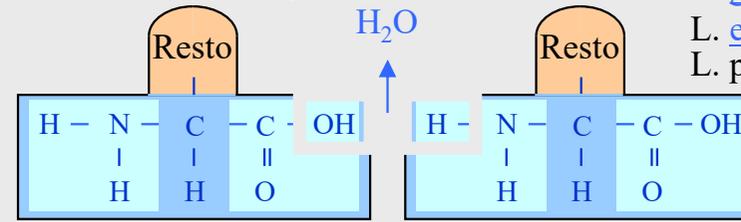
Due amminoacidi possono unirsi a formare un dipetide (legame **petidico**). Una catena di molti amminoacidi dicesi **polipetide**.

La sequenza degli A. (o **struttura primaria**) determina la forma spaziale e quindi anche la funzionalità biologica del polipeptide. Alcune (come la miosina dei capelli) si **avvolge ad elica** per via dei legami ad idrogeno tra gli scheletri amminoacidi (essi possono rompersi e riformarsi, conferendo elasticità;

per questo si può cambiare pettinatura dopo essersi lavati i capelli In altri casi (come nella seta) si **ripiegano a foglio**, risultando lisce e soffici. Altre **si avvolgono una sull'altra** (3 lunghe catene avvolte tra loro costituiscono i fibroplasti del collagene di cartilagini, ossa e tendini). Le forme semplici sono queste 3 e le proteine che le hanno si dicono **fibrose**.

Le proteine **globulari**, dopo aver formato la struttura secondaria, si ripiegano su se stesse e si forma una struttura detta **terziaria**. Alcune sono formate da più polipeptidi. In questo caso si parla di **struttura quaternaria**.

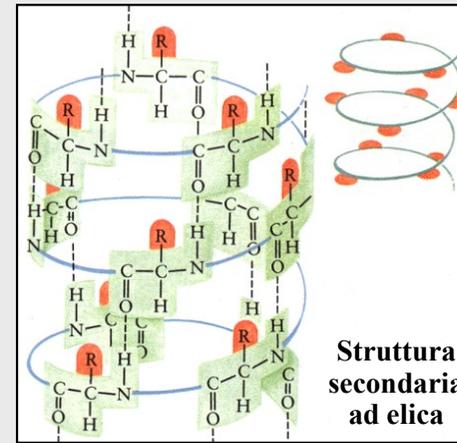
Amminoacido



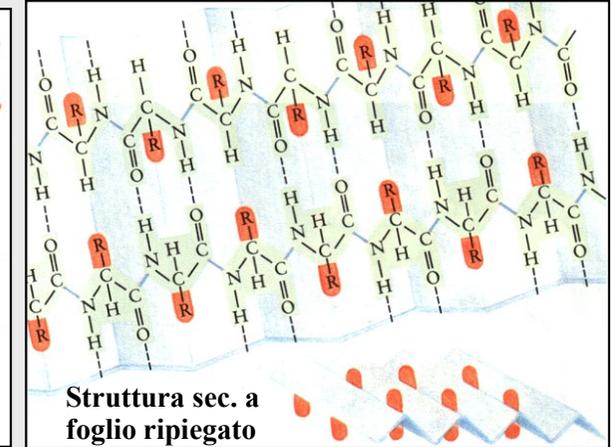
Dipeptide

Polipeptide

- L. **glicosidico**: C - O - C
- L. **estere**: C - C
- L. **peptidico**: C - N



Struttura secondaria ad elica



Struttura sec. a foglio ripiegato

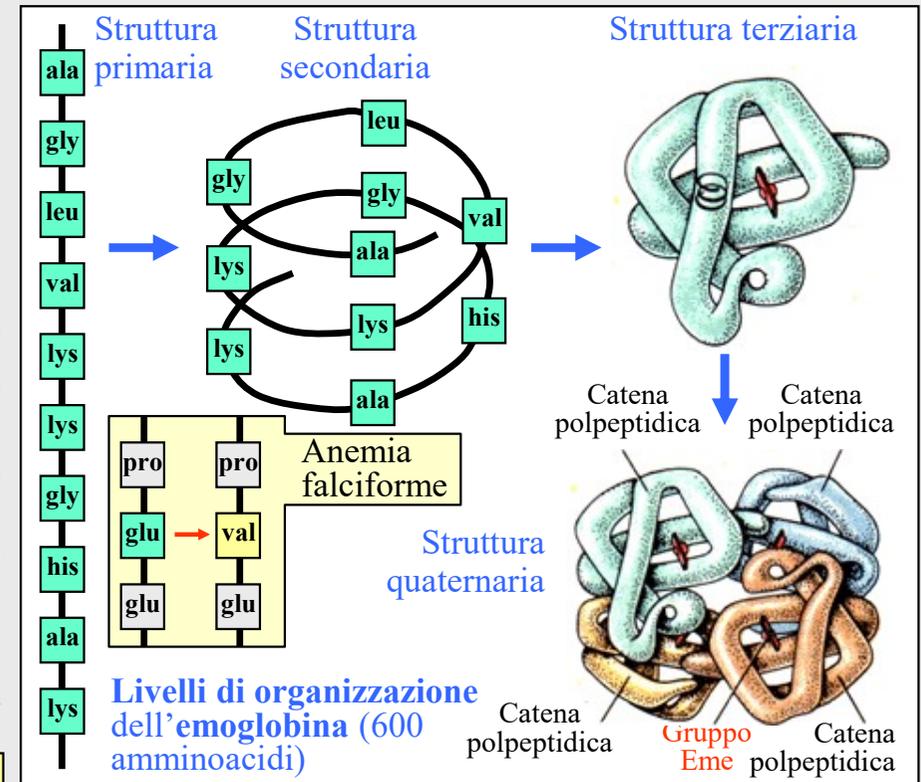
Polari	
Asn	Asparagina
Gln	Glutamina
Tyr	Tirosina
Ser	Serina
Thr	Treonina

Carichi elettricamente	
Glu	A. glutammico
Asp	Ac. aspartico
Acidi	
Arg	Arginina
Lys	Lisina
His	Istidina
Basici	

Abbreviazione convenzionale

A. essenziali nell'uomo

Non polari	
Gly	Glicina
Ala	Alanina
Val	Valina
Leu	Leucina
Ile	Isoleucina
Trp	Triptofano
Pro	Prolina
Cys	Cisteina
Met	Metionina
Phe	Fenilalanina



Acidi nucleici

(6')

Sono acidi nucleici il **DNA** (acido deossiribonucleico che porta l'informazione genetica), l'**RNA** (acido ribonucleico, una copia del DNA che serve da traccia per **costruire le proteine**), l'**ATP** (adenosina trifosfato) che diventa **ADP** (adenosina difosfato) liberando energia è la più importante molecola energetica della cellula.

Un acido nucleico è fatto da una (ATP-ADP) o da molte molecole (DNA-RNA) dette **nucleotidi** (perché il nucleo di una cellula è liquido + nucleolo + cromosomi e il nucleolo è RNA + proteine e i cromosomi sono DNA + proteine annesse) composte da: un gruppo fosfato, uno zucchero e una base azotata.

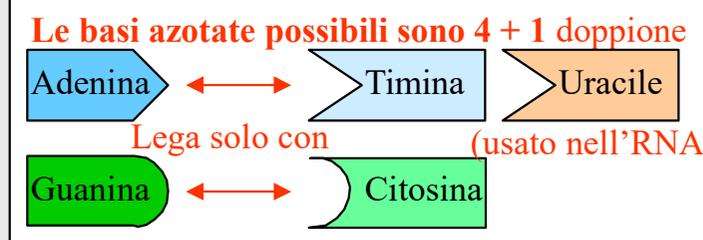
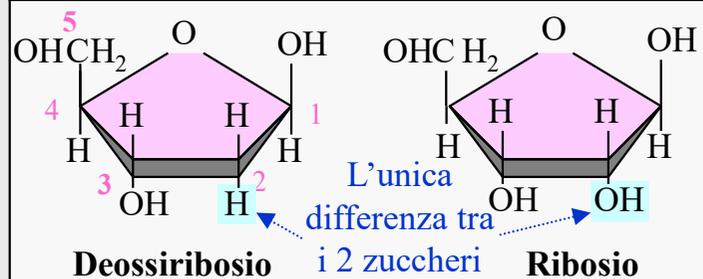
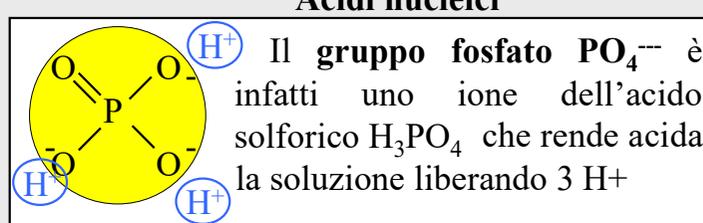
Il **gruppo fosfato** PO_4^{--} è la parte del nucleotide che rende acida la soluzione, giustificando il nome di acidi nucleici (ovvero del nucleo)

Lo **zucchero** è il deossiribosio nel DNA e il ribosio nell'RNA. Entrambi sono a 5 atomi di carbonio (pentosi). Il **ribosio** ha altrettanti ossigeni, come dice la formula generale dei carboidrati (i 4 dei gruppi OH e il 5° che chiude la catena del C). Ha poi un numero doppio di H (4 che formano i gruppi OH, 4 da soli e 2 legati al C finale). Il **deossiribosio** è identico, con la sola differenza che gli manca 1 O (deossi-ribosio = ribosio deossigenato).

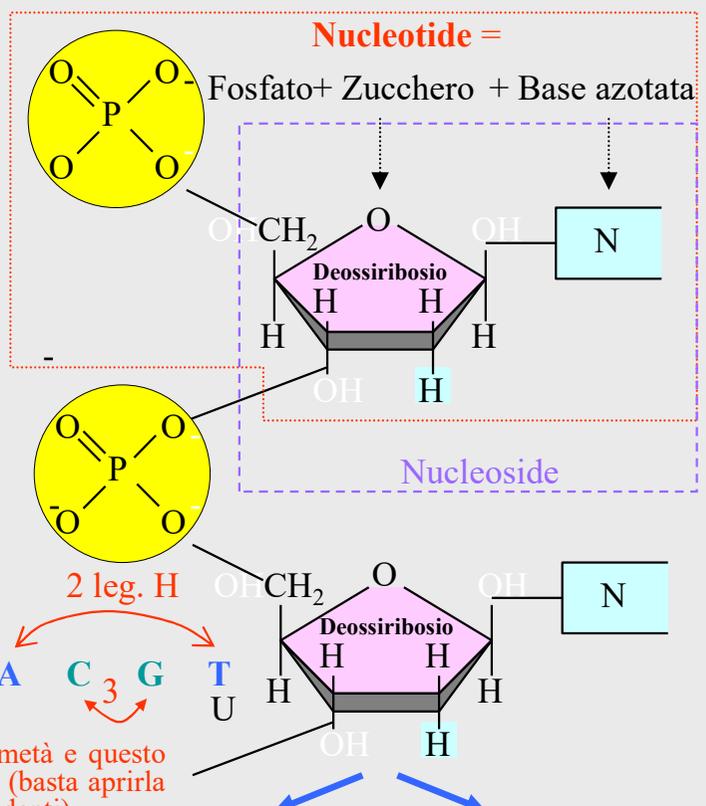
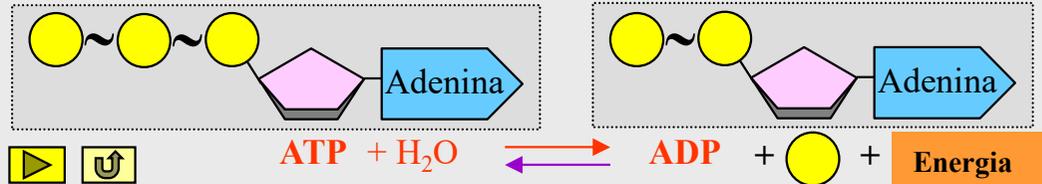
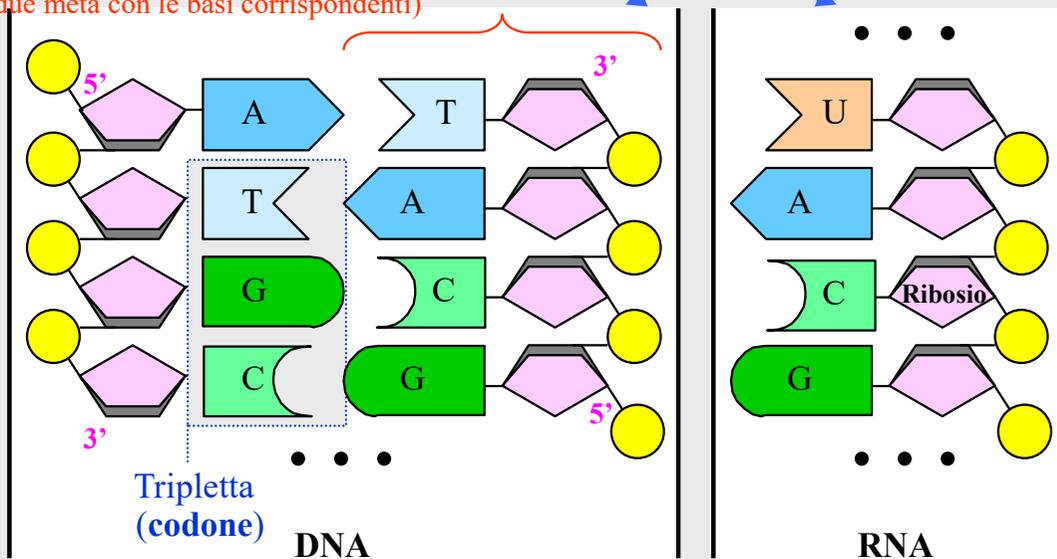
Il desossiribosio si lega in 3 punti rilasciando i suoi 3 gruppi OH. In posizione 5 si lega ad un fosfato. In 3 si lega al fosfato seguente, che si lega allo zucchero seguente, costruendo così una catena che è la struttura portante dell'RNA o di mezzo DNA.

L'informazione genetica è portata dalle basi azotate in posizione 1. Una tripletta di 3 cifre in base 4 ha $4^3 = 64$ combinazioni diverse, sufficienti per codificare uno dei 20 **amminoacidi** possibili.

L'**ATP** è un nucleoside con 3 fosfati. I legami tra essi sono deboli e si rompono facilmente in acqua producendo **ADP** + 1 fosfato + energia (7 kcal/mole) utilizzabile dalle cellule per le reazioni. Ossidando il glucosio l'**ADP** ritorna **ATP** accumulando energia



Una metà del DNA è determinata dall'altra metà e questo consente una facile duplicazione della catena (basta aprirla e completare le due metà con le basi corrispondenti)



Dai procarioti agli eucarioti

(7)

DNA + proteine annesse = **cromatina**
La cromatina è organizzata in strutture dette **cromosomi**

Nucleo

cromosomi

Ribosomi

Organuli

Con le cellule entriamo nel mondo della vita, perché una cellula è viva e ogni cosa viva è composta da cellule (=> [teoria cellulare](#)). Nonostante le differenze di forma e struttura interna (di morfologia) tra cellule diverse, tutte le cellule sono simili perché tutte debbono affrontare gli stessi bisogni e lo fanno in modo simile derivando da un progenitore comune.

L'esigenza principale è quella di tener separato l'interno della cellula dall'esterno, pur consentendo l'ingresso di materie prime ed energia e la fuoriuscita di prodotti finiti e scarti. Questo compito fondamentale è svolto dalla [membrana](#) che racchiude la cellula. La maggior parte delle cellule ha dimensioni microscopiche (=> [microscopio](#)) perché più piccola è la cellula maggiore è il rapporto superficie / volume (raddoppiando il lato di un cubo la S aumenta di 4 volte, il V di 8 volte); inoltre le distanze che devono percorrere le sostanze per incontrarsi è minore e le reazioni sono più veloci.

Il passaggio dalle cellule procariote ($r_{\text{medio}} = 1 \mu\text{m}$) alle cellule eucariote ($r_{\text{medio}} = 10 \mu\text{m}$) (quindi con un V mille volte maggiore) richiede l'adozione di un trucco fondamentale: **l'uso di altre membrane all'interno della membrana cellulare**, ognuna delle quali delimita un volume specializzato in un dato compito e in grado di svolgerlo con efficienza visto le piccole dimensioni e il buon rapporto S/V. (Probabilmente le cellule eucariote sono nate quando delle cellule procariote sono entrate e si sono messe a vivere all'interno di altre cellule procariote). Questi sottosistemi, che ai primi ricercatori sembrarono simili agli organi di un individuo, furono chiamati **organuli**.

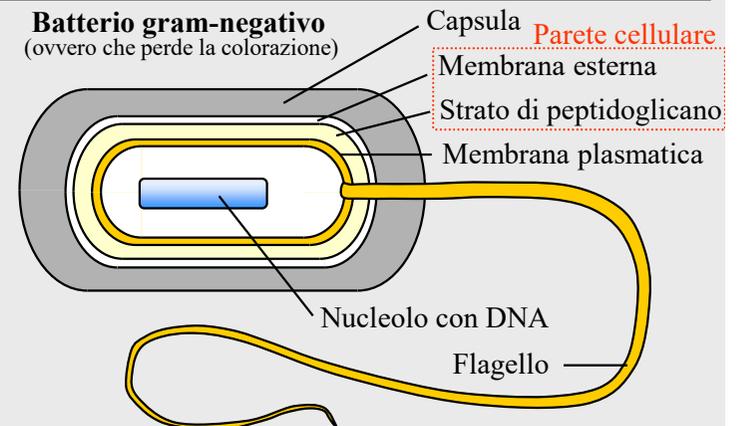
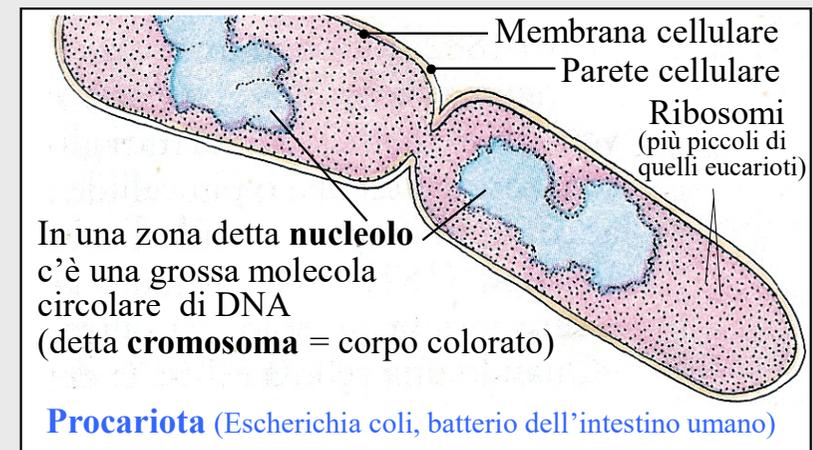
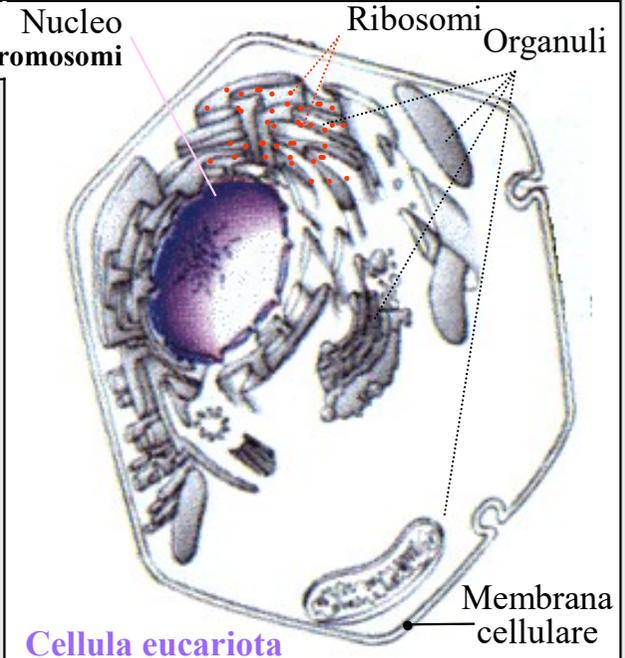
Il **nucleo** è l'organulo più grosso ($r_{\text{medio}} = 5 \mu\text{m}$) e più importante, perché contiene le informazioni genetiche e quindi è quello che "sa cosa fare" e che organizza il fare degli altri.

Se datiamo l'età della terra in 6 miliardi di anni (in realtà pare siano 5) possiamo dividere la sua storia in tre periodi uguali: 2 miliardi di anni **senza vita cioè senza cellule**; 2 miliardi di anni **con le cellule procariote ovvero con le cellule priva di nucleo** (*pre = prima e karion = nucleo*); **gli ultimi 2 miliardi di anni con anche le cellule eucariote ovvero cellule con un vero nucleo** (*da eu = vero e karion = nucleo*).

Sia i procarioti che gli eucarioti hanno una **membrana cellulare** che separa l'interno dall'esterno, un **DNA** che contiene l'informazione genetica e dei centri di montaggio che assemblano le proteine codificate nel DNA (i **ribosomi**). Ma la cellula eucariota è molto più organizzata (infatti per arrivare ad essa è servito 1/3 degli anni che ha la terra).

I procarioti sono i **batteri** e costituiscono un intero regno (o 2, se si separerà il regno degli **archibatteri** da quello degli **eubatteri**, due linee che si sono separate molto presto); infatti, proprio perché piccoli, sono organismi di grande successo riproduttivo e risultano gli abitanti più diffusi sul pianeta (in 1 g di suolo fertile ci sono almeno 2.5 miliardi di batteri!). Alcuni sono **autotrofi** (autosufficienti sul piano alimentare) potendo sintetizzare le proprie molecole organiche da soli, sfruttando l'energia del sole (b. **fotosintetici**) o quella derivante da reazioni chimiche inorganiche (b. **chemiosintetici**); i più, però, sono **eterotrofi**, usando materiale organico di organismi vivi (risultando utili o patogeni) o, più spesso, morti.

La membrana dei procarioti è spesso circondata da una parete cellulare rigida che sostiene la cellula e previene la sua esplosione per la pressione dovuta all'acqua che tende ad entrare dove c'è più soluto (anche con tale parete molti batteri non resistono nei cibi sotto sale o ricchi di zucchero). A volte (es. batteri gram-negativi) la parete comprende una 2^o membrana esterna oltre a quella normale (o plasmatica). Alcuni batteri hanno anche una **capsula** più esterna. Alcuni hanno centinaia di appendici per aderire dette **pili**. Altri poche appendici più lunghe usate per muoversi e dette **flagelli**.



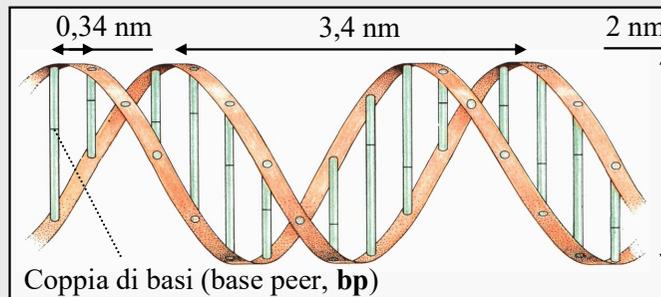
Dal DNA alle proteine

(9°)

Codoni dell'mRNA

Ogni tripletta di basi (codone) specifica un aminoacido (o è un segnale di stop). Una proteina è una sequenza di aminoacidi. Vediamo ora attraverso quali passaggi si arriva a sintetizzare una proteina partendo dal DNA.

Il DNA è un doppio filamento avvolto ad elica, con un passo di 3,4 nm e distanza tra due basi di 0,34 nm visto che ci sono giusto 10 bp ogni giro (Watson e Crick, 1953), ma noi lo disegniamo dritto. Le due emieliche hanno orientamento opposto: una va da 5' a 3' e l'altra da 3' a 5'. Solo uno dei due filamenti porta il codice genetico ed è detto filamento stampo.



Il filamento non codificante è usato solo durante la **duplicazione del DNA** (che precede la duplicazione della cellula): i due filamenti si separano; i 2 filamenti mancanti sono sintetizzati, portando alla formazione di 2 DNA completi (ognuno con un filamento vecchio e uno nuovo).

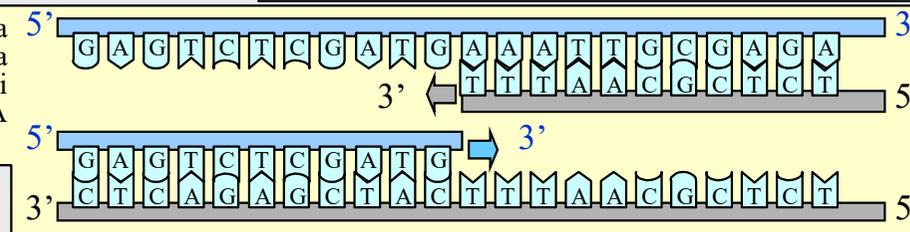
La costruzione di una proteina comincia copiando il codice del DNA stampo sull'RNA messaggero (mRNA). Questa operazione passa da un linguaggio a nucleotidi ad un altro sempre a nucleotidi ed è perciò detta **trascrizione**.

La trascrizione inizia in un punto (**origine della replicazione**) con la separazione delle due eliche (la Y che si forma si chiama **forca di replicazione**) ad opera dell'enzima **DNA elicasi** che avanza lungo il DNA (la bolla è tenuta aperta da **proteine destabilizzatrici** e la tensione è allentata dagli enzimi **topoisomerasi** che tagliano e poi reincollano). Poi l'enzima **DNA polimerasi** accresce un nucleoside originario di RNA (**RNA primer**) aggiungendo nucleosidi trifosfati al terminale 3' (con perdita di due fosfati e sviluppo di energia).

La trascrizione avviene dove c'è il DNA, cioè nel nucleo. L'mRNA esce da un poro nucleare e va a legarsi con la parte piccola di un **ribosoma** (che è composto da un secondo tipo di RNA, quello **ribosomiale** o **rRNA**, sintetizzato nel nucleolo).

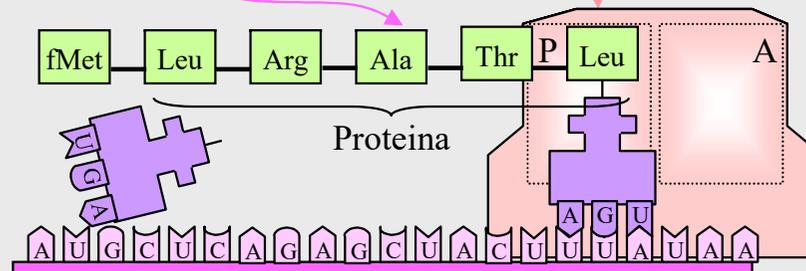
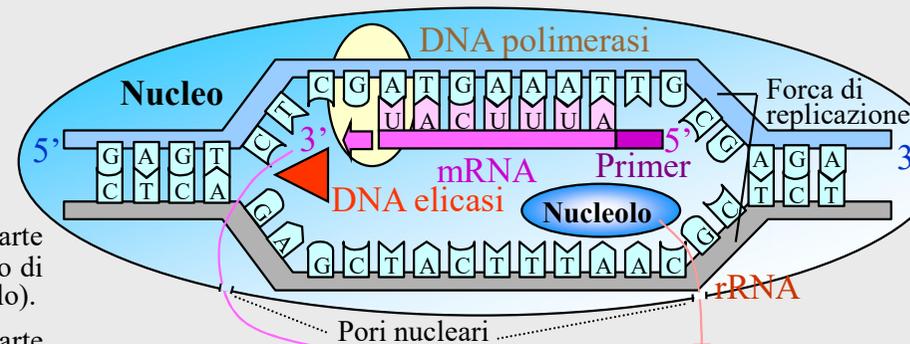
Poi la parte grande del ribosoma va a completare la parte piccola formando il **complesso iniziale**, nel quale verrà costruita la proteina. Sul ribosoma c'è una zona P e una zona A. Su queste due zone si posizionano due **RNA di trasporto** o **tRNA**, che sono i trasduttori dal linguaggio a nucleotidi a quello ad aminoacidi avendo da un lato un **anticodone** capace di riconoscere una tripletta e dall'altro lato l'amminoacido corrispondente a quella tripletta.

La sintesi della proteina è detta **traduzione** e avviene così: una tRNA si posiziona in P (in genere a cominciare è una forma modificata di metionina detta f-metionina); quando sul sito A arriva una tRNA adatta, i due aminoacidi si legano tra loro e l'mRNA avanza di un passo portando in P ciò che prima era in A e liberando il tRNA che prima era in P. Poi si continua...

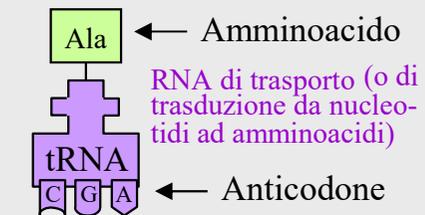


Filamento stampo (codificante) di DNA

Filamento di DNA non codificante



5'	U	C	A	G ^{3'}
U	UUU Fenilalanina	UUC Leucina	UUA Leucina	UUG Leucina
C	UCU Serina	UCC Serina	UCA Serina	UCG Serina
A	UAU Tirosina	UAC Tirosina	UAA Stop	UAG Stop
G	UGU Cisteina	UGC Cisteina	UGA Stop	UGG Trp
C	CUU Leucina	CUC Leucina	CUA Leucina	CUG Leucina
C	CCU Prolina	CCC Prolina	CCA Prolina	CCG Prolina
A	CAU Istidina	CAC Istidina	CAA Glutamina	CAG Glutamina
G	CGU Arginina	CGC Arginina	CGA Arginina	CGG Arginina
A	AUU Isoleucina	AUC Isoleucina	AUA Metionina	AUG Metionina
C	ACU Treonina	ACC Treonina	ACA Treonina	ACG Treonina
A	AAU Asparagina	AAC Asparagina	AAA Lisina	AAG Lisina
G	AGU Serina	AGC Serina	AGA Arginina	AGG Arginina
G	GUU Valina	GUC Valina	GUA Valina	GUG Valina
C	GCU Alanina	GCC Alanina	GCA Alanina	GCG Alanina
A	GAU Acido aspartico	GAC Acido aspartico	UUA Glutamina	GAG Glutamina
G	GGU Glicina	GGC Glicina	GGA Glicina	GGG Glicina



L'mRNA trasporta l'informazione. Il tRNA la traduce in aminoacidi. L'rRNA del ribosoma assembla.

La cellula

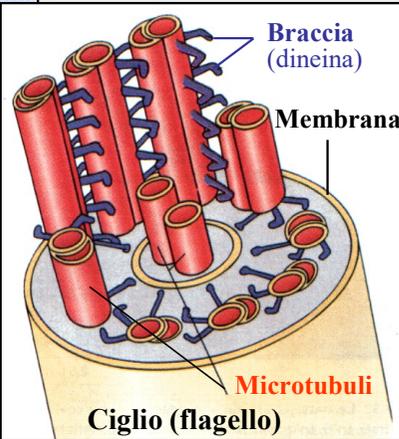
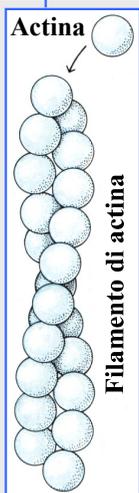
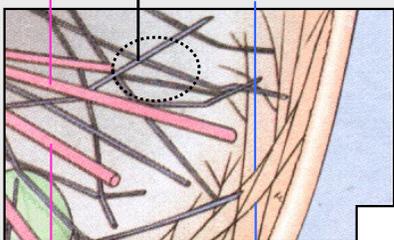
(8')

Una cellula eucariota è una piccola città ben organizzata, chiusa all'interno di una **membrana cellulare** (con uno spessore di soli 7÷9 nm, che appare come una doppia linea al **microscopio elettronico**) costituita da un doppio strato **fosfolipidico** e contenente colesterolo (nelle eucariote animali), proteine passanti (**proteine integrali**) e proteine interne (**proteine periferiche**).

Sull'esterno delle proteine integrali ci sono brevi catene di carboidrati (**glicoproteine**), usate per aderire ad altre cellule e per riconoscere le molecole che si avvicinano e **glicolipidi**

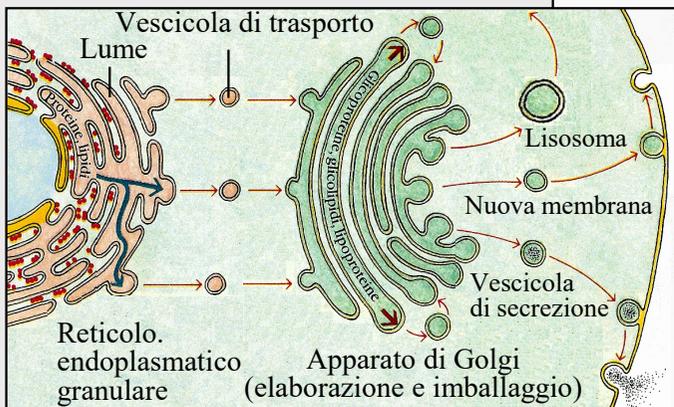
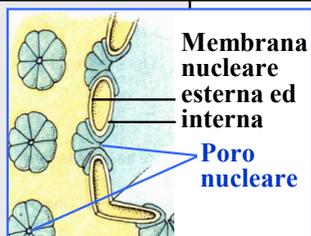
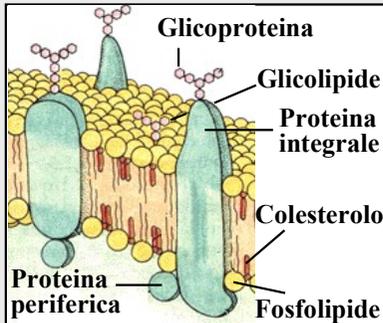
Il nucleo è racchiuso entro **due** membrane, che spesso si saldano tra loro formando i **pori nucleari**.

Il 50% del volume cellulare è occupato da organuli immersi nella parte fluida (detta **citotosol** perché costituita da una soluzione ricca di ioni, amminoacidi, zuccheri, ATP e proteine). Gli organuli sono tenuti fermi da una rete di filamenti proteici detti **citocinetto**, che mantengono la forma della cellula e le consentono di muoversi, costituita da **microtubuli**, **filamenti intermedi** e **microfilamenti**



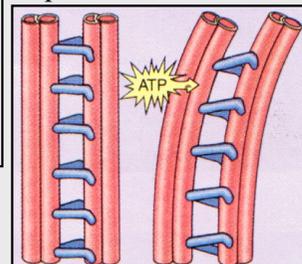
Il movimento della cellula è dovuto: 1) ai filamenti di actina e 2) a strutture specializzate

(**ciglia e flagelli**, uguali ma più lunghi) costituite da microtubuli



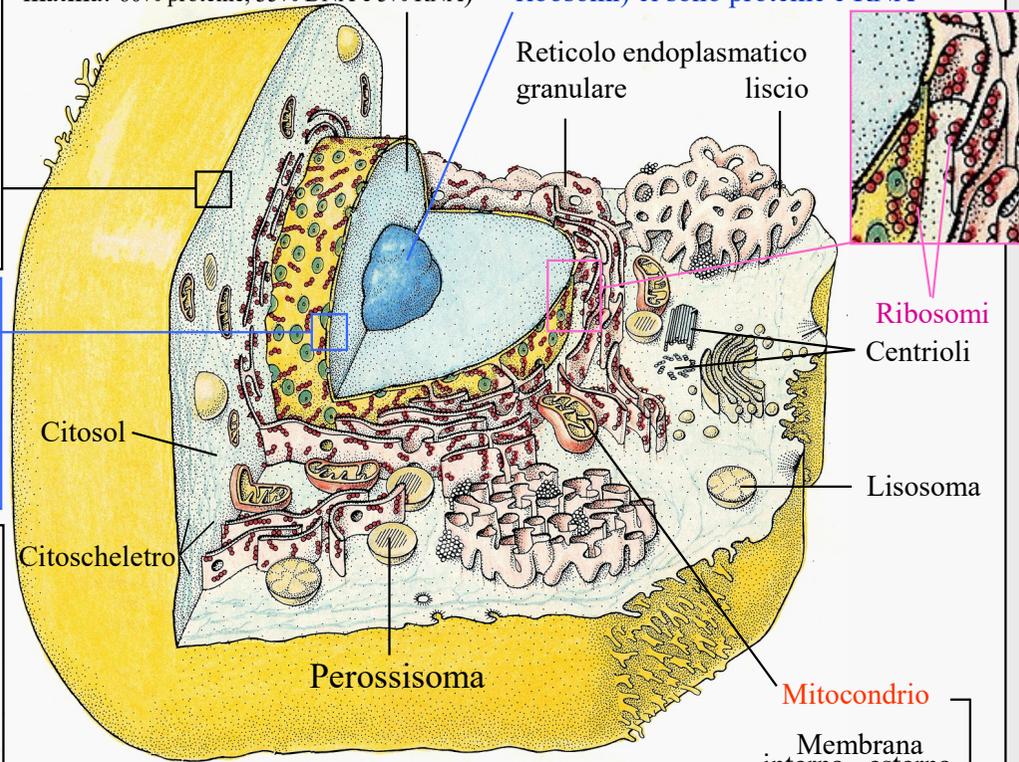
poi inviate a destinazione imballate in vescicole. Vengono prodotti dall'apparato di Golgi anche i **lisosomi**, vescicole abbastanza grandi piene di enzimi digestivi, in grado cioè di avviare le reazioni per demolire proteine, polisaccaridi e lipidi. Questi sistemi di demolizione digeriscono tutto, ad es. i batteri catturati e racchiusi in vacuoli che entrano nelle cellule. Se c'è bisogno di energia, possono distruggere anche organuli, per rendere disponibile nuovo materiale da usare per fare energia.

Se i lisosomi si rompono, la cellula si autodigerisce. Se rilasciano un po' dei loro enzimi (succede nell'inviechiamento e anche nell'artrite reumatoide) le cellule si danneggiano. I **perossisomi** degradano il perossido di H₂O₂ e altri prodotti tossici.



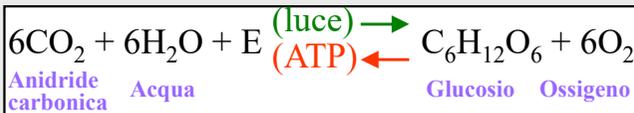
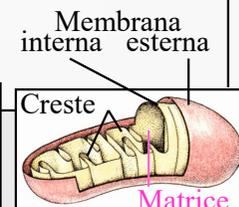
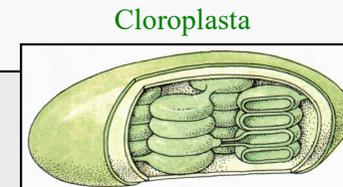
Nel **nucleo** ci sono i cromosomi (cromatina: 60% proteine, 35% DNA e 5% RNA)

Nel **nucleolo** (sito di costruzioni dei ribosomi) ci sono proteine e RNA



Cellula eucariota animale

Le proteine nuove vengono inviate all'**apparato di Golgi**, dove sono rielaborate e



Tutte le cellule contengono i **mitocondri**, che trasformano l'energia chimica presente nel cibo in ATP usando ossigeno e rilasciando anidride carbonica (**respirazione cellulare**). Hanno 2 membrane e quella interna è ripiegata a formare delle **creste** per aumentare la superficie di lavoro. Lo spazio interno (detto **matrice**) contiene enzimi che demoliscono le molecole del cibo producendo ATP.

Vegetali ed alghe **fotosintetiche** hanno anche da 1 a 100 **cloroplasti** (più grossi dei mitocondri), che in presenza di clorofilla intrappolano l'energia luminosa producendo glucosio e ossigeno a partire da anidride carbonica ed acqua (**fotosintesi**)

Le membrane

(10')

La membrana plasmatica: 1) tiene insieme la cellula; 2) mantiene al suo interno un **pH** e una concentrazione di ioni diversa da quella esistente nell'ambiente in cui vive; 3) coordina l'attività delle diverse cellule che costituiscono un organismo pluricellulare regolando gli scambi di sostanze tra di esse. Realizza tutto ciò facendo passare solo alcune sostanze.

Secondo il **modello a mosaico fluido**, infatti, i **lipidi** del doppio strato sono accostati ma non legati tra di loro e le **proteine di membrana** si muovono in tale fluido come gli iceberg nel mare (pochi secondi per andare all'altro lato della cellula).

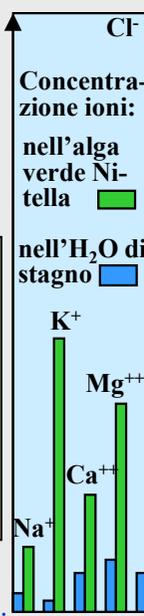
I fosfolipidi, messi in acqua, si associano a doppio strato:

- 1) perché hanno una parte idrofila e una idrofoba;
- 2) perché la loro testa idrofila è cilindrica (i detergenti, a testa conica, si associano formando sfere, dentro cui trovano posto i grassi da rimuovere

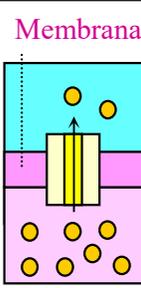
Per evitare estremità libere, il doppio strato tende a chiudersi su se stesso.

FA PASSARE: 1) i **gas** (N_2 , O_2 , CO_2); 2) le molecole **idrofobe liposolubili** (*idrocarburi*); 3) le molecole **polari piccole** (H_2O , *glicerolo*, *urea*).
NON FA PASSARE: 4) le molecole **polari grandi** (*glucosio*, *disaccaridi*); 5) gli **ioni** e le **molecole cariche** (*amminoacidi*, H^+ , HCO_3^- , Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Cl^- , Mg^{++}).

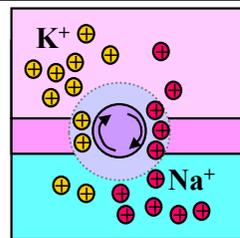
Poi 4) la membrana è sede di molte reazioni chimiche; 5) è parte essenziale del sistema di trasmissione e di immagazzinamento dell'energia.



Come mai il glucosio diffonde quando s'è detto che la membrana non è permeabile ad esso? Perché una proteina di membrana (detta **carrier**, vettore) lo prende dal lato dov'è più concentrato, poi si apre e lo fa uscire dall'altro lato. Una diffusione resa possibile da una proteina ma spinta dal gradiente dicesi **diffusione facilitata**.



Il trasporto contro gradiente è possibile, spendendo energia, ed è detto **trasporto attivo**.



La **pompa sodio-potassio**, che all'andata porta fuori 3 Na⁺ e al

ritorno porta dentro 2 K⁺ è un esempio di trasporto attivo (lo squilibrio tra ioni sodio e potassio crea una differenza di potenziale elettrico tra il fuori e il dentro della membrana; tale squilibrio è molto importante per i neuroni, che impiegano il 70% delle loro energie per tenere in funzione la pompa Na-K). La pompa lavora così rapidamente che può consumare fino a 100 **ATP** al secondo. Pompando fuori ioni, la cellula perde acqua e diminuisce la sua pressione interna; le pompe servono perciò anche a tenere sotto controllo la pressione interna della cellula.

Un'informazione può entrare nella cellula senza che entri materiale. Un segnale chimico si lega ad un recettore (**trasduttore**) che spunta dalla membrana e a seguito di tale legame il recettore attiva un enzima sull'interno della membrana. L'enzima attivato può agire da solo o attivare altri enzimi (amplificazione).

Spesso le cellule non sono isolate ma strettamente impacchettate con altre cellule dello stesso tessuto. I **desmosomi** sono bottoni interni a 2 cellule uniti tra loro da filamenti proteici. Le **giunzioni serrate** sono proteine comuni a 2 membrane che le uniscono a tenuta di liquido. Entrambe uniscono ma non lasciano passare. Le **giunzioni comunicanti**, invece, sono due cilindri (di 6 proteine attorno ad un poro di circa 2nm) di cellule adiacenti allineati tra loro per lasciare un foro passante e uniti tra loro per congiungere (stimolando un gruppo di cellule del pancreas a secernere insulina, il segnale passa rapidamente alle altre). Tali pori possono essere chiusi o aperti.

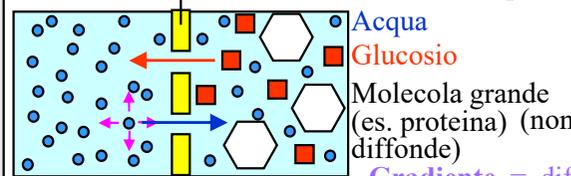
Nelle cellule vegetali i canali comunicanti sono detti **plasmodesmi**



Nei gas e nei liquidi le molecole sono libere di muoversi. Se il fluido non è a $-273^{\circ}C$ ($0^{\circ}K$), esse si muovono in modo caotico. Se un soluto ha diversa concentrazione in 2 zone A e B, saranno di più le molecole che vanno dalla zona ad alta a quella a bassa concentrazione (**diffusione**). Se le concentrazioni diventano uguali, ci sarà ancora passaggio di molecole ma tante vanno da A altrettante vengono in A e il movimento netto tra A e B è nullo.

La **diffusione di un soluto attraverso una membrana permeabile ad esso dicesi dialisi**.

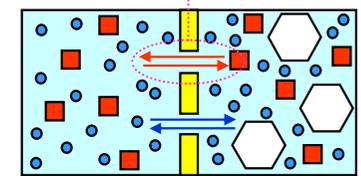
Dialisi Membrana selettivamente permeabile



Osmosi Concentrazioni iniziali

Gradiente = differenza di concentrazione. La diffusione procede secondo gradiente (un gradiente è un accumulo di energia).

Movimento netto nullo

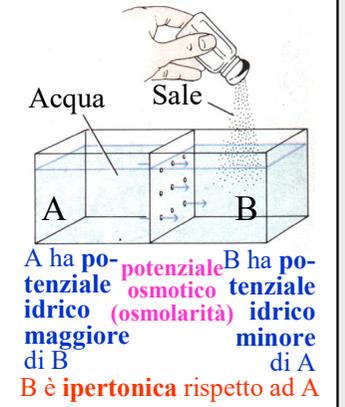


Concentrazioni all'equilibrio

Dove c'è più soluto c'è meno solvente. La **diffusione del solvente attraverso una membrana dicesi osmosi**.

La zona a **potenziale idrico minore dicesi ipertonica** (iper = più soluto). L'afflusso aumenta il livello di B e la sua pressione (F/sup.) (se B è chiusa da pareti rigide il livello non aumenta ma la P sì). Il flusso per osmosi si arresta quando la spinta dovuta alla differenza di potenziale idrico è equilibrata dalla differenza di pressione.

Per questo il potenziale idrico si esprime attraverso la **pressione idrostatica** (= P sufficiente ad arrestare il flusso di acqua). Una cellula immersa in una soluzione ipotonica va in pressione per afflusso di acqua e si dice **turgida**. Il turgore tiene alto il fiore, che si affloscia se manca acqua. Salando l'insalata, essa si affloscia.

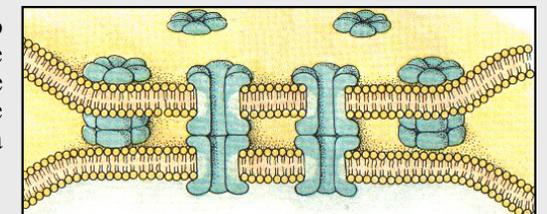
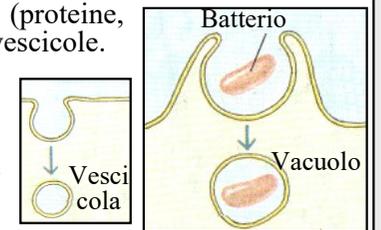


Poi ci sono i trasporti di materiale grande (proteine, polisaccaridi o interi batteri), che avvengono tramite vescicole.

L'esportazione di sostanze dalla cellula è detta **esocitosi**; se la cellula importa, allora è **endocitosi**.

L'endocitosi di materiale solido, come un batterio o anche un pezzetto di legno, è detta **fagocitosi** (cellula che mangia). L'entrata di liquidi è detta **pinocitosi** (cellula che beve).

Una terza importazione è quella **mediata da recettori**: il colesterolo portato dalla LDL (che è un vettore per il trasporto di colesterolo nel sangue) viene assorbito dalla cellula con l'aiuto di un recettore.



Neuroni e glia

(10')

Come tutti i sistemi viventi (=> [BIOLOGIA, Introduzione](#)), il sistema nervoso è composto da cellule, che si possono dividere in 2 categorie: **cellule nervose o neuroni** e **cellule di sostegno**.

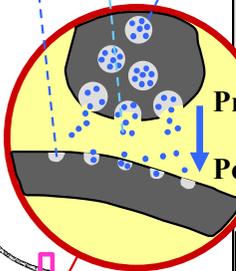
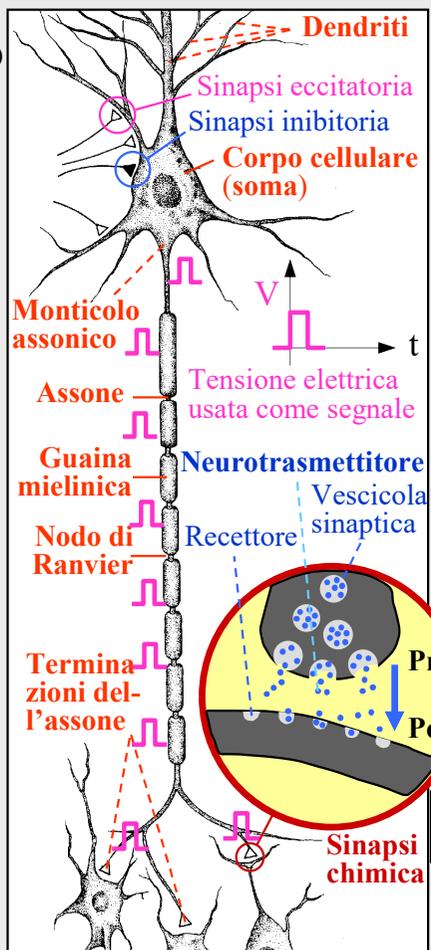
Nel neurone distinguiamo 4 zone:

- 1) il **corpo cellulare** o **soma**, con nucleo, ribosomi, mitocondri e gli altri componenti comuni a tutte le cellule (=> [BIOLOGIA, La cellula](#));
- 2) un prolungamento del corpo detto **assone** molto sottile (il disegno a fianco non è in scala) e lungo solo **qualche mm** nell'encefalo (addirittura assente in alcuni neuroni come le cellule amarine della retina) ma lungo anche **1 m** nei neuroni che dal midollo spinale vanno fino al piede. Gli assoni di dimensioni maggiori sono circondati da un involucro lipidico isolante detto **mielina**, periodicamente interrotto dai **nodi di Ranvier**
- 3) le **terminazioni dell'assone**, attraverso le quali un neurone si mette in contatto con gli altri neuroni (fino a 1000). Tra neurone e neurone non c'è collegamento diretto ma resta un piccolo spazio detto **sinapsi** (dal gr. synapsis, collegamento)

In una sinapsi **chimica** (le altre sinapsi, dette **elettriche**, sono rare eccezioni) un neurone invia sostanze chimiche dette **neurotrasmettitori** ad un neurone che le riceve.

- 4) Poiché su un neurone possono arrivare 100 000 terminazioni di altri neuroni, il corpo cellulare si ramifica per aumentare la superficie ricevente. I rami del soma sono detti **neuriti**; quelli sviluppati per ricevere sono detti **dendriti**. I neuroni con più dendriti sono detti **multipolari**. Quelli con un solo dendrite sono detti **bipolari** (es.: il neurone che funziona da recettore olfattivo e quello recettore uditivo). I neuroni con una sola ramificazione del corpo, che poi si biforca a formare l'assone e il dendrite, si dicono **unipolari** (es.: il neurone recettore della pelle)

Nei neuroni nascono e circolano informazioni sotto forma di tensioni elettriche. La tensione nasce, quando ci sono certe condizioni chimiche nel corpo del neurone, sul **monticolo assonico**. La tensione elettrica, una volta nata, si propaga sull'assone. Essa, arrivata alle terminazioni, provoca l'invio di sostanze chimiche ai neuroni successivi. L'arrivo di queste sostanze è una informazione per il neurone che le riceve, per cui parleremo di **segnale** in circolazione (tale segnale è elettrico dentro all'assone, diventa chimico tra neurone e neurone per poi tornare elettrico nel neurone postsinaptico, se il tipo e la quantità del neurotrasmettitore ricevuto è in grado di far nascere una tensione). I neurotrasmettitori possono essere sostanze **eccitatorie** o **inibitorie**. Per eccitare un neurone (per far nascere una tensione su di esso) occorre che arrivi una sostanza eccitatoria e anche che ne arrivi una quantità sufficiente (occorre pertanto che il neurone sia spinto verso l'eccitazione da più di un neurone). Se arrivano anche neurotrasmettitori inibitori, essi annullano una parte di quelli eccitatori. Un neurone **elabora** eccitandosi solo se le eccitazioni ricevute superano le inibizioni di una quantità prefissata (**funzionamento a soglia**).

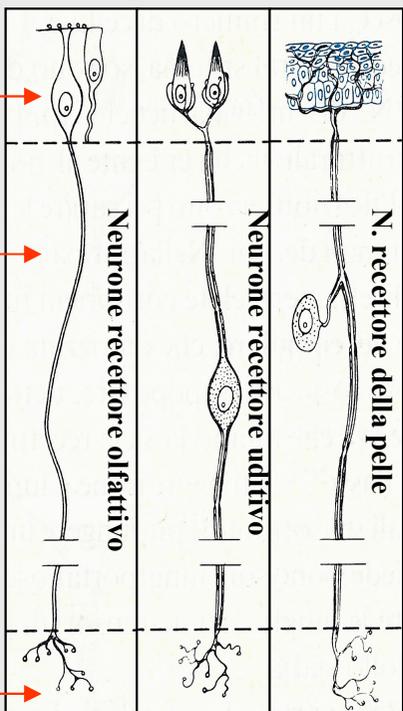
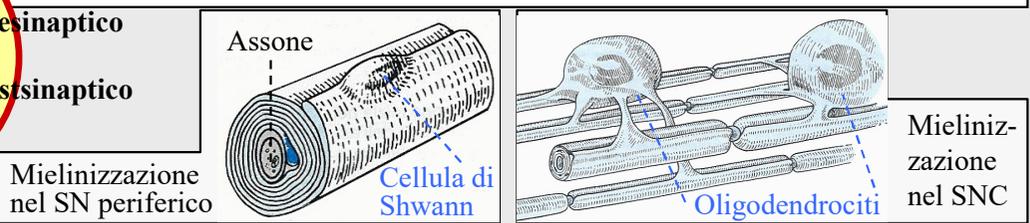


Nel [SN centrale](#) le cellule di sostegno sono per lo più cellule (neuro)gliali.

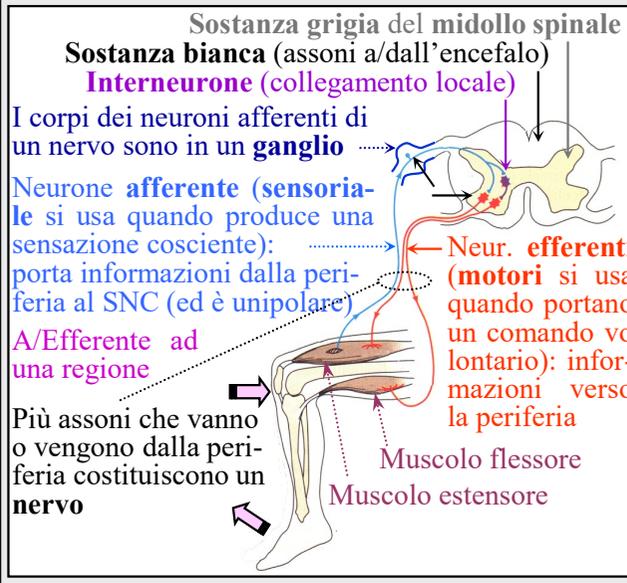
Le **CELLULE GLIALI** sono piccole e numerose, da 3 a 50 volte più dei neuroni, ma a differenza di questi sono incapaci di generare segnali elettrici. Le glia:

- 1) sono **elementi di sostegno** che danno forma e consistenza al tessuto nervoso (funzione svolte altrove dal tessuto connettivo) e separano i neuroni;
- 2) le **MICROGLIA mangiano e rimuovono frammenti cellulari** dopo la morte o la lesione di neuroni (tanto che alcuni non le considerano glia ma macrofagi);
- 3) gli **OLIGODENDROCITI formano la mielina** che avvolge molti assoni (anche se non tutti) aumentando la velocità di conduzione dell'impulso elettrico;
- 4) Gli **ASTROCITI**, chiamati così perché la loro forma somiglia ad una stella, **tamponano la concentrazione dei K⁺** e contribuiscono ad **eliminare i neurotrasmettitori** (sostanze chimiche inviate da un neurone ad un altro neurone);
- 5) durante lo sviluppo alcune glia **guidano la migrazione dei neuroni** alla sede di destinazione e forse dirigono la crescita degli assoni;
- 6) pare che alcune glia abbiano una **funzione nutritiva**, ma non è ancora ufficiale.

I tre tipi di cellule gliali hanno forme e funzioni molto diverse tra di loro, ma hanno un denominatore comune: non creano e non trasportano segnali elettrici.



Colpendo il ginocchio, la gamba si tende ([riflesso miotatico](#)). Per lo stesso riflesso riempiendo il bicchiere che si ha in mano il braccio non scende perché all'estensione si risponde con una contrazione.



Impulsi elettrici nel neurone

(9')

V_m è la tensione dell'interno rispetto all'esterno, considerato a tensione nulla

Un **canale** è una molecola che consente il passaggio di ioni attraverso la membrana in cui è inserita. Gli ioni vanno *naturalmente* secondo gradiente (da una zona ad alta concentrazione ad una a bassa). Un canale che, spendendo energia, manda gli ioni *contro* gradiente dicesi **pompa**. La pompa Na/K tiene alta la concentrazione dei K^+ dentro (140 contro 5 mM/l esterna) e dei Na^+ fuori la cellula (145 a 5) consumando ATP (il 70% dell'energia di un neurone è consumata da tale pompa).

C'è però neutralità sia fuori sia dentro la cellula, per la presenza di ioni che bilanciano la carica dei K^+ e dei Na^+ . La tensione ai capi della membrana è 0. Qualche Na^+ riesce ad entrare ed è bilanciato dall'uscita da qualche K^+ , per cui alla lunga la concentrazione degli ioni fuori e dentro tenderebbe a pareggiarsi, ma la pompa Na-K mantiene lo squilibrio. Il K^+ ha canali indipendenti dalla tensione ed essi risultano aperti in tale situazione, mentre sono chiusi i canali **dipendenti dalla tensione** sia del K^+ che del Na^+ . La membrana è permeabile solo agli ioni K^+ ed essi vanno fuori per il meccanismo della diffusione.

L'uscita dei K^+ rompe la neutralità e crea una tensione sulla membrana che si oppone alla diffusione stessa. Quando l'interno è -70 mV rispetto all'esterno (**potenziale della membrana a riposo**) la diffusione dei K^+ si arresta.

La tensione E di una membrana *permeabile ad un solo ione* è ricavabile dall'**equazione di Nernst** (Z= valenza = +1 per K^+ e C = concentrazioni est/interne; la cost vale 58 mV a 25 °C) ($E = -58mV$ se $C_{int} = 10 C_{est}$)

$$E = \frac{58}{z} \text{Log} \frac{C_{est}}{C_{int}}$$

Sulla membrana ci sono anche dei **recettori** che possono aprire se stessi (**canali a porta chimica**) o aprire **tramite proteine G** dei canali ionici quando un neurotrasmettitore rilasciato da un neurone presinaptico si lega ad essi.

L'arrivo di neurotrasmettitori apre quindi dei canali che fanno entrare ioni positivi diminuendo la negatività della tensione di membrana (**depolarizzazione**). Se tale tensione supera i -20 mV, si apre qualche canale tensione dipendente del Na^+ con nuovi ingressi di ioni positivi.

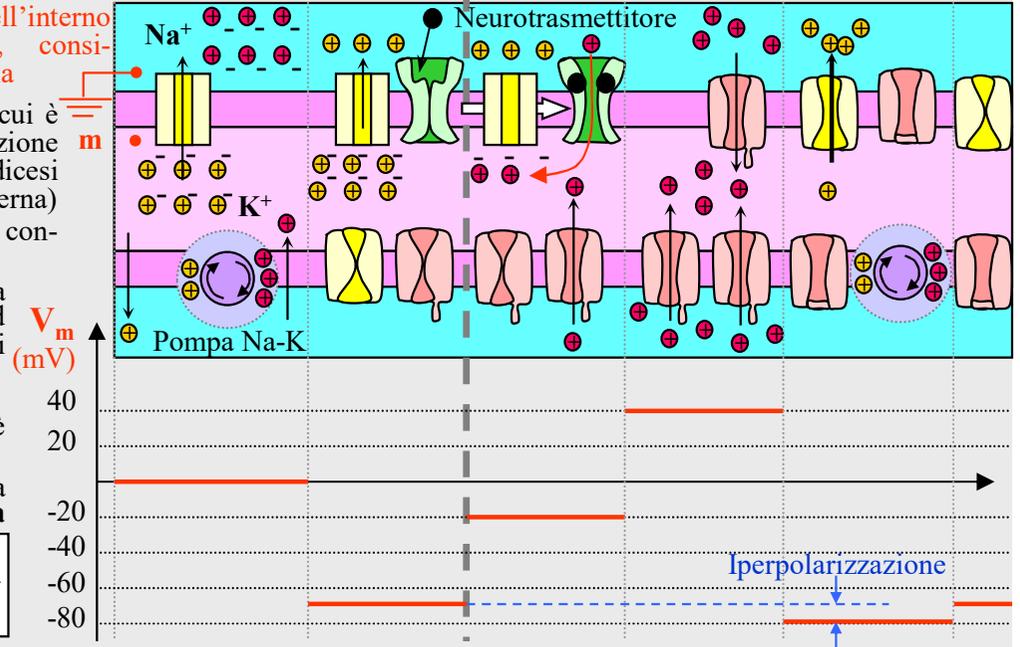
I nuovi arrivi alzano ulteriormente la tensione di membrana, provocando l'apertura di altri canali del sodio con l'ingresso di altri Na^+ . L'innalzamento della tensione apre nuovi canali, che fanno alzare ancora di più la tensione. Il fenomeno si autoesalta fino a che tutti i canali sodio sono aperti e la tensione si porta a +40 mV (quasi il valore che avrebbe se potessero passare solo gli Na^+).

$$E = 58 \text{Log} \frac{P_K K_{est} + P_{Na} Na_{est}}{P_K K_{int} + P_{Na} Na_{est}}$$

Equazione di Goldman
(P_K = permeabilità al K,
 P_{Na} = permeabilità al Na)

Dopo poco che sono aperti, però, i canali del sodio smettono di far passare gli ioni (si dice che si **inattivano**). Inoltre si sono ormai aperti i canali del K^+ dipendenti dalla tensione, che si comportano come quelli del Na^+ solo sono più lenti ad aprirsi e non si inattivano mai. Rapidamente gli ioni K^+ escono, spinti sia dalla diversa concentrazione che dalla carica + in eccesso dentro la cellula (anche la pompa contribuisce, portando fuori 3 Na per ogni 2 K portati dentro). In circa 2 msec. la tensione ritorna negativa ed anche più negativa di prima (-80 mV) (**iperpolarizzazione**).

I canali del K^+ sensibili alla tensione si richiudono e alla fine la tensione torna al valore di -70 mV (**polarizzazione "normale"**). Mentre la tensione torna negativa i canali del Na^+ restano inattivati e la membrana dicesi **refrattaria** alla tensione (anche se tale tensione è sopra i -20 mV non si apre nulla e non entra Na)



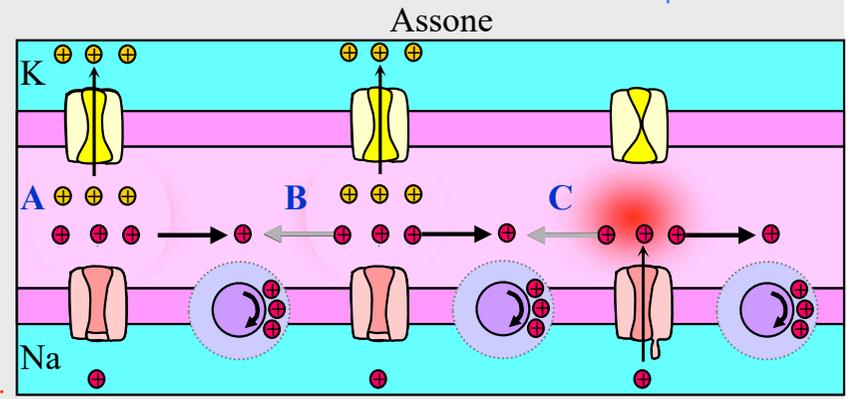
1) La depolarizzazione in A apre i canali del Na^+ producendo un potenziale d'azione.

2) Le cariche entrate diffondono (**flusso passivo di corrente**) (prima di essere portate fuori dalla pompa Na/K).

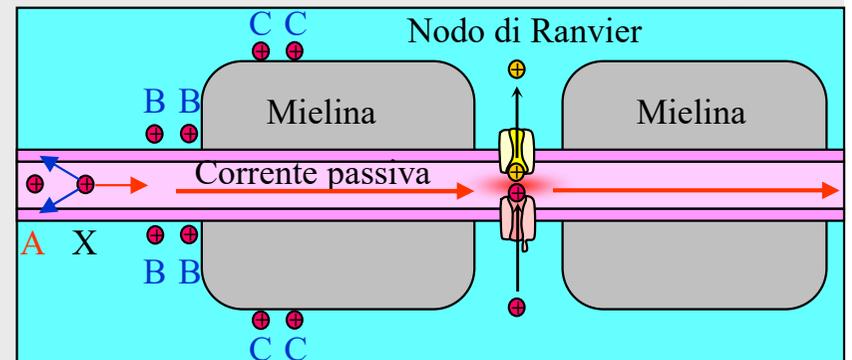
3) In B producono l'apertura dei canali del Na^+ con ingresso di cariche + e depolarizzazione. In B nasce un potenziale d'azione (nel frattempo in A si sono aperti i canali del K^+ con ripolarizzazione).

4) Il flusso passivo va verso C ma anche verso A, dove però non ha effetto perché i canali del Na^+ si sono inattivati (refrattarietà). Le cariche in C... (proseguimento come al punto 3 visto sopra)

La velocità di conduzione dell'impulso dipende dalla velocità con cui avanza la corrente passiva. La carica X è spinta in avanti dalla carica A, ma è spinta indietro dalle cariche B esterne. Per velocizzarne il moto si può: 1) aumentare il diametro dell'assone; 2) allontanare le cariche esterne con una guaina



Per questo la guaina s'interrompe periodicamente (**nodi di Ranvier**). Qui nascono i potenziali, poi flusso passivo e nuovo potenziale al prossimo nodo di Ranvier (**conduzione saltatoria**).



La sinapsi

(10')

(1)(2)(3)(4) D. Purves, 1997, *Neuroscienze*, Zanichelli, 2000, pag. 89

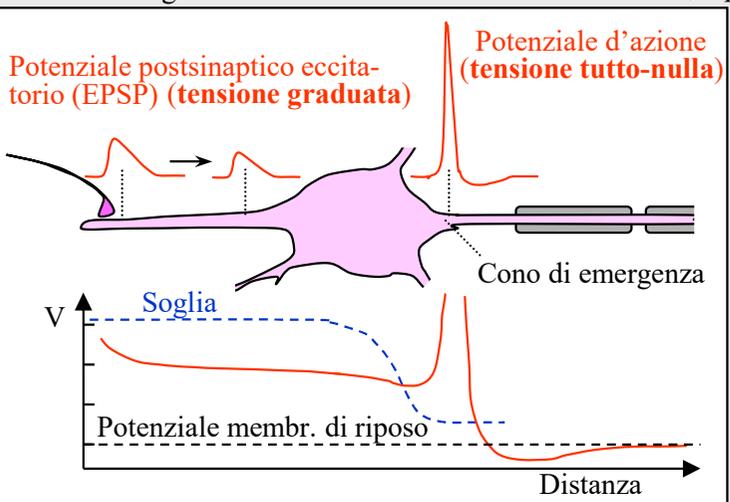
La sinapsi è una struttura specializzata nel mettere in contatto tra loro due neuroni. Ci sono **sinapsi elettriche**, con neurone presinaptico e postinaptico molto vicini e collegati da **giunzioni comunicanti** con un poro abbastanza grande da far passare non solo ioni ma anche molecole grandi come l'ATP. Il ritardo sinaptico è praticamente zero, risultando adatta a collegamenti veloci. E' generalmente bidirezionale ed è usata talvolta per far scaricare insieme più cellule sincronizzando tra loro due popolazioni di neuroni. E' però una giunzione vecchia, quasi del tutto abbandonata a favore di una giunzione più lenta ma molto più flessibile: quella chimica.

Una **sinapsi chimica** è caratterizzata dalla presenza di **vescicole sinaptiche** piene di **neurotrasmettitori**, che all'arrivo di un potenziale d'azione vengono rilasciati nella fessura sinaptica (20-40 nm). Sul neurone postsinaptico ci sono **recettori** che, una volta intercettato il neurotrasmettitore, si aprono (o fanno aprire altri canali) permettendo agli ioni di entrare e innescare un potenziale postsinaptico. Il ritardo è **almeno di 0,3ms, ma più spesso va da 1 a 5 ms** (=> [Introduzione al cervello come sistema per sognare](#))

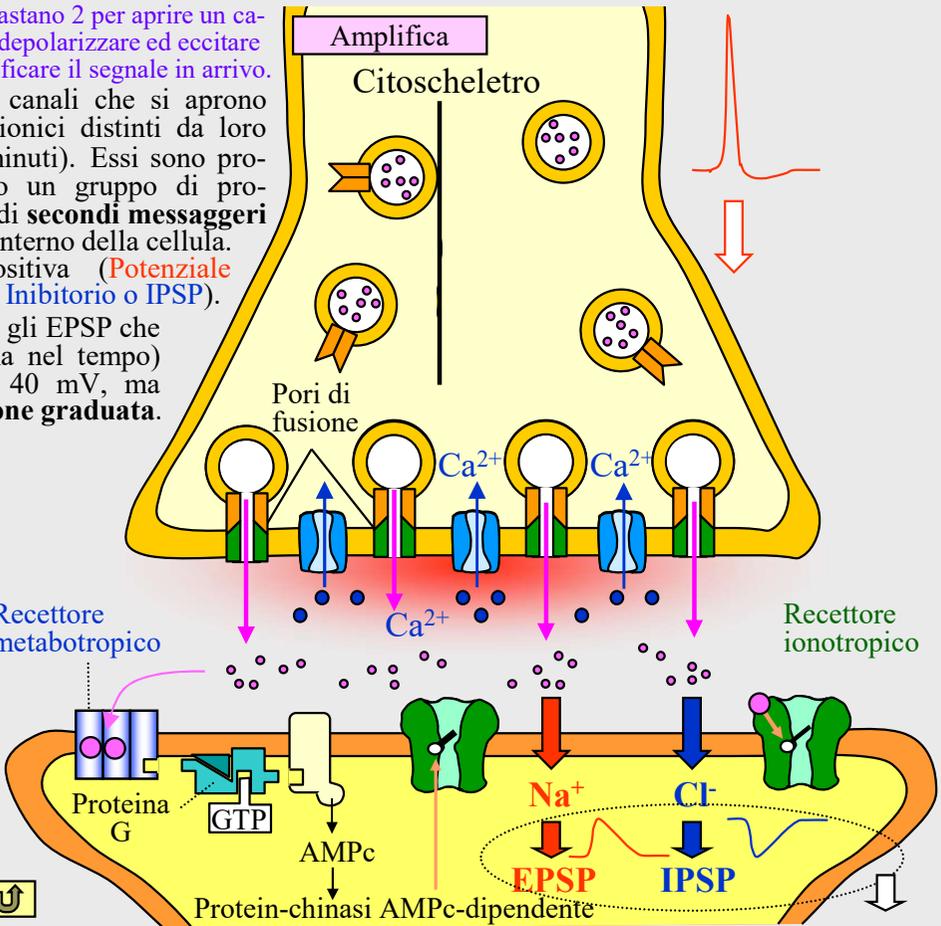
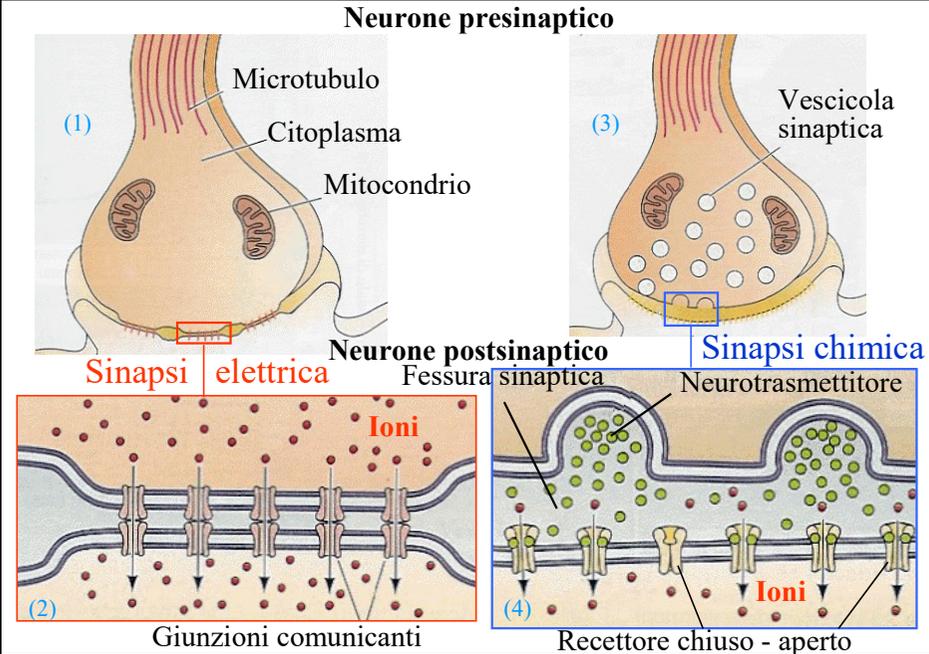
Il neurotrasmettitore è sintetizzato e immagazzinato nelle vescicole (migliaia di molecole in ogni vescicola). Sulla membrana c'è un complesso proteico chiamato **poro di fusione**. Le vescicole sono ancorate a questi pori di fusione o ancorate al citoscheletro. Sulla terminazione ci sono canali del Ca^{2+} tensione dipendenti. Quando arriva un potenziale d'azione, sulla terminazione si crea un innalzamento della tensione (depolarizzazione) che apre i canali del Ca^{2+} . L'ingresso del Ca^{2+} determina l'apertura dei pori di fusione con fuoriuscita di neurotrasmettitore e aumenta la mobilità delle vescicole parcheggiate sul citoscheletro, che sono così pronte a rimpiazzare quelle già svuotate sui pori di fusione. La vescicola che si era fusa con la membrana viene recuperata.

Anche l'apertura di una sola vescicola sinaptica libera migliaia di neurotrasmettitori. Poiché in genere ne bastano 2 per aprire un canale ionico, una sola vescicola può aprire migliaia di canali ionici, e una piccola terminazione nervosa può depolarizzare ed eccitare un grosso neurone postsinaptico. Esprimiamo tale fatto dicendo che una sinapsi chimica è in grado di amplificare il segnale in arrivo.

Sulla membrana postsinaptica ci sono due tipi di recettori: i **recettori ionotropici**, che sono canali che si aprono quando arriva un neurotrasmettitore (l'apertura è veloce) e recettori che aprono dei canali ionici distinti da loro come i **recettori metabotropici** (lenti ad aprirsi ma con effetti che possono durare secondi o minuti). Essi sono proteine integrali di membrana che, quando arrivano dei neurotrasmettitori, si modificano, attivando un gruppo di proteine (proteine G) che attivano un gruppo di enzimi che comandano la produzione di una serie di **secondi messaggeri** come l'AMP ciclico in figura; il risultato finale è l'apertura di un canale ionico comandata dall'interno della cellula. Se il recettore apre canali per l' Na^+ entrano ioni positivi che producono una tensione positiva (**Potenziale PostSinaptico Eccitatorio o EPSP**). Se apre canali Cl^- nasce una tensione negativa (**Pot. PostSin. Inibitorio o IPSP**). L'EPSP è di 1 mV o meno, insufficiente per innescare un potenziale d'azione. Però si sommano gli EPSP che si producono in zone vicine (somma nello spazio) o che arrivano uno dopo l'altro (somma nel tempo) producendo ad esempio una tensione di 30 mV. Essa non produce nulla, se la soglia è di 40 mV, ma cammina lungo la membrana. Mentre cammina si attenua, e per questo diciamo che è una **tensione graduata**.



Arrivata all'inizio dell'assone trova una zona detta **cono di emergenza** dove la soglia di innescio del potenziale d'azione è più bassa (sui 10 mV) perché ci sono molti canali per il sodio che si aprono con la tensione. Quando la tensione graduata supera la soglia, s'innescano quella reazione a catena che porta alla nascita di un potenziale d'azione che si propaga senza attenuazione perché si rigenera continuamente (tensione tutto o nulla).



Caratteristiche della vita e livelli di organizzazione

(10¹)

La **biologia** è la scienza che studia la vita, ovvero i fenomeni comuni a tutti gli essere viventi (vegetali e animali).

Tutti i sistemi viventi:

- 1) **crescono**, aumentando la masse delle cellule e/o il loro numero
- 2) **si muovono**. Si muove ciò che è dentro la cellula; si muove la singola cellula (mediante dei brevi peli detti ciglia o strutture più lunghe dette flagelli); negli animali si muove l'intero organismo; nelle piante si muovono delle parti (ad esempio le foglie si orientano verso la luce)
- 3) **rispondono agli stimoli** ovvero cambiano qualcosa nel loro funzionamento interno a seguito di cambiamenti nell'ambiente esterno; (anche i vegetali rispondono, per esempio ai cambiamenti di luce);
- 4) **si riproducono**. Con la riproduzione **asessuata** originano figli geneticamente identici ai genitori *mantenendo* il livello raggiunto (o migliorandolo di poco tramite le mutazioni spontanee e la successiva **selezione**). Con la riproduzione **sessuata** i figli sono diversi dai genitori essendo una combinazione casuale di due patrimoni genetici e questa diversificazione, unita alla selezione naturale, porta ad un progressivo **miglioramento** del sistema vivente **Vivo ⇔ si riproduce**

5) si **evolvono adattandosi** all'ambiente in cui vivono. Il concetto più centrale della biologia però non è la riproduzione ma l'evoluzione con adattamento, perché senza adattamento una modifica ambientale potrebbe risultare letale per un'intera specie. Nell'evoluzione osserviamo un'integrazione crescente

La varietà degli organismi viventi supera ogni immaginazione. Per fare un po' di ordine usiamo la nomenclatura binomiale di Linneo che assegna ad ogni individuo un nome comune o **genere** seguito da un nome specifico o **specie** (es. *Homo sapiens*, specie *sapiens* e genere *Homo*).

Generi simili (es. diversi tipi di Homo) formano una **famiglia** (Ominidi). Diverse famiglie formano un **ordine** (Primati). Diversi ordini una **classe** (Mammiferi), diversi classi un **subphylum** (Vertebrati). Poi ci sono i **phylum** (Cordati) e alla fine ci sono i **regni** (Animale, Vegetale, Funghi, Protozoi, **Procarioti**)

La riproduzione è fondamentale perché conserva le conquiste (altrimenti si ripartirebbe sempre da zero)

Es. un insieme di cellule ossee formano il **tessuto osseo**

Un osso è un **organo**
Sistema scheletrico

Un **individuo**, ad es. un lupo

Un branco di lupi è una **popolazione**

I lupi mangiano i conigli che mangiano le foglie delle piante presenti. Lupi, conigli e vegetali formano una **comunità**

Il pianeta terra con tutti i suoi abitanti è l'**ecosistema** più grande
Terra + mare + aria = **Ecosfera**

Pensiamo ad una rana che gracidia su un sasso. Sappiamo che la rana è viva e il sasso no, eppure sono costituiti entrambi da protoni, elettroni, neutroni, organizzati in atomi, che si mettono insieme a formare le molecole sulla base di leggi comuni a tutta la materia. Ciò che chiamiamo vita compare insieme alla cellula. Perché tracciamo questa linea di separazione netta, dicendo che dalla cellula in su c'è vita e dalla cellula in giù no? Forse perché (come vedremo meglio parlando di **Darwin**) siamo in difficoltà nel prevedere l'evoluzione di un sistema vivo e, per superarle, attribuiamo ai viventi proprietà particolari come le intenzioni.

- Elettroni, protoni e neutroni sono dette **PARTICELLE subatomiche** perché sono le componenti degli atomi
- L'**ATOMO** è la più piccola parte di uno dei 92 elementi naturali (sostanze pure costituite da *atomi identici*) che ha tutte le proprietà di quell'elemento
- La **MOLECOLA** è la più piccola parte di una sostanza pura costituita da *atomi diversi* che ha tutte le proprietà di quella sostanza
- Un **ORGANULO cellulare** è un sacchetto o uno scomparto di citoplasma delimitato da membrane (troviamo vari organuli all'interno delle cellule)
- Un **VIRUS** (sistema composto da un acido nucleico e da un rivestimento proteico) è non-vivente perché si riproduce solo all'interno di una cellula
- **CELLULA** (la più piccola unità vivente; può condurre vita indipendente o far parte di un organismo pluricellulare)

La **teoria cellulare** afferma che:

- 1) tutti gli esseri viventi sono composti da cellule;
- 2) tutte le reazioni chimiche di un organismo vivente (tutto il **metabolismo**) hanno luogo dentro alle cellule; la tendenza a tenere costante tale ambiente interno dicesi **omeostasi**
- 3) le cellule nascono da altre cellule;
- 4) le cellule contengono le informazioni ereditarie dell'organismo di cui fanno parte e tali informazioni passano dalla cellula madre alla cellula figlia;

- Cellule che svolgono la stessa attività si mettono assieme = **TESSUTO**
- Tessuti che si mettono insieme per svolgere una funzione semplice formando un **ORGANO** (come il cuore negli animali o le radici nelle piante)
- Per una funzione complessa serve il contributo di più organi formati da un tessuto (**SISTEMA**, ad es. scheletrico) o da tessuti diversi (**APPARATO**)
- Tessuti, organi, sistemi (e apparati) sono i costituenti degli **ORGANISMI pluricellulari**. Dall'unità cellula si passa ad una nuova unità: l'**individuo**
- Individui della stessa specie che vivono nella stessa area formano una **POPOLAZIONE**
- Popolazioni diverse (es. lupi e conigli, ma anche alberi e vegetali di una zona), che interagiscono dipendendo in qualche modo gli uni dagli altri (qui come cibo ma anche come informazioni), formano una **COMUNITA'**

- Un ambiente fisico con determinate risorse (piccolo come uno stagno o grande come la prateria americana) + i suoi abitanti è un **ECOSISTEMA**
Lo studio delle interazioni tra i viventi e il loro ambiente dicesi **ecologia** (oikos = casa)



Vivo

La selezione naturale di Darwin

(6')

Il meccanismo della selezione naturale secondo Darwin nasce da 4 osservazioni:

- 1) Sovraproduzione.** Ciascuna specie produce più individui di quanti ne arrivino alla maturità. Darwin calcolò che se tutti i nati da una coppia di elefanti (6 figli nei suoi 90 anni di vita) sopravvivessero, dopo 750 anni una coppia avrebbe dato origine a 19 milioni di elefanti.
- 2) Limiti alla crescita della popolazione.** Ogni popolazione ha a disposizione una quantità limitata di risorse (cibo, acqua, spazio...) per crescere. C'è quindi una competizione per l'accesso ad esse, "una lotta per la sopravvivenza".
- 3) Variabilità.** Gli individui di una popolazione mostrano una grande variabilità nelle loro caratteristiche (genetiche). Alcune di esse migliorano la possibilità (di sopravvivenza e) di riproduzione; altre no
- 4) Differente successo riproduttivo.** Gli individui che hanno le combinazioni di caratteri più favorevoli per (la sopravvivenza e) la riproduzione si riproducono di più trasmettendo più degli altri i loro caratteri favorevoli.

Consideriamo una cellula (sistema vivente base di ogni sistema vivente comunque complesso) e un sasso (esempio di sistema inanimato). Dopo un tempo T, da una cellula si originano 2 cellule, mentre il sasso resta unico. Dopo un tempo 2T le cellule sono 4 e il sasso è sempre uno. Come si vede, al passare del tempo il sistema vivente **si afferma numericamente sul non vivente.**

La riproduzione dipende da una serie di reazioni chimiche che non potrebbero non avvenire, e una cellula di *E. coli* probabilmente **non ha più intenzione di riprodursi di quanta ne ha un sasso di cadere quando viene lasciato in aria.** Un osservatore umano, però, non attribuisce al sasso l'intenzione di cadere, mentre trova utile immaginare che *E. coli* ha l'intenzione di riprodursi. Perché questa disparità di trattamento? **Io penso che sia perché l'uomo ha bisogno di prevedere il futuro per prepararsi a farvi fronte in modo veloce nonostante la lentezza del suo cervello.**

La previsione sul cosa sarà diventato il sasso tra un po' di tempo è facile, perché esso non cambia. Inoltre il sasso non rischia di risultare invasivo. Per entrambi tali motivi, l'osservatore umano non trova utile attribuirgli alcuna intenzione. Il sistema vivente ha un'evoluzione più complessa e più pericolosa. Per capire dove andrà a parare l'osservatore trova utile immaginare che una cellula di *E. coli* abbia uno **scopo**: quello di **sopravvivere alla sua morte facendo figli**

Tra due cellule di cui una dotata di un sistema per evitare un ostacolo alla sua riproduzione e una priva di esso, si riproduce evidentemente meglio quella più adatta alla riproduzione. Tramandando ai figli le sue caratteristiche vantaggiose, tale cellula realizza un **adattamento all'ambiente.**

L'adattamento avviene perché **non potrebbe non avvenire, come la riproduzione, ma l'osservatore, coerentemente con l'idea della cellula che mira a sopravvivere, pensa che essa si adatta con lo scopo di sopravvivere meglio**

La vita evolve verso una organizzazione sempre maggiore. L'universo, però, tende alla disorganizzazione dal momento che in ogni trasformazione c'è produzione di calore e quindi aumento di entropia. Come spiegare tale incongruenza? Non c'è alcuna incongruenza perché non è vero che il mondo tende all'organizzazione. E' vero solo che i sistemi viventi si riproducono meglio se si organizzano meglio, separando il disordine fuori della cellula dall'ordine che regna dentro. E succede come nel frigorifero, che per far freddo dentro produce caldo fuori e produce più caldo che freddo.

Queste variazioni sono dovute al caso (non c'è da meravigliarsi più di tanto, quindi, se dovessimo scoprire che anche dietro alla creatività del cervello umano c'è un'attività del tutto casuale).

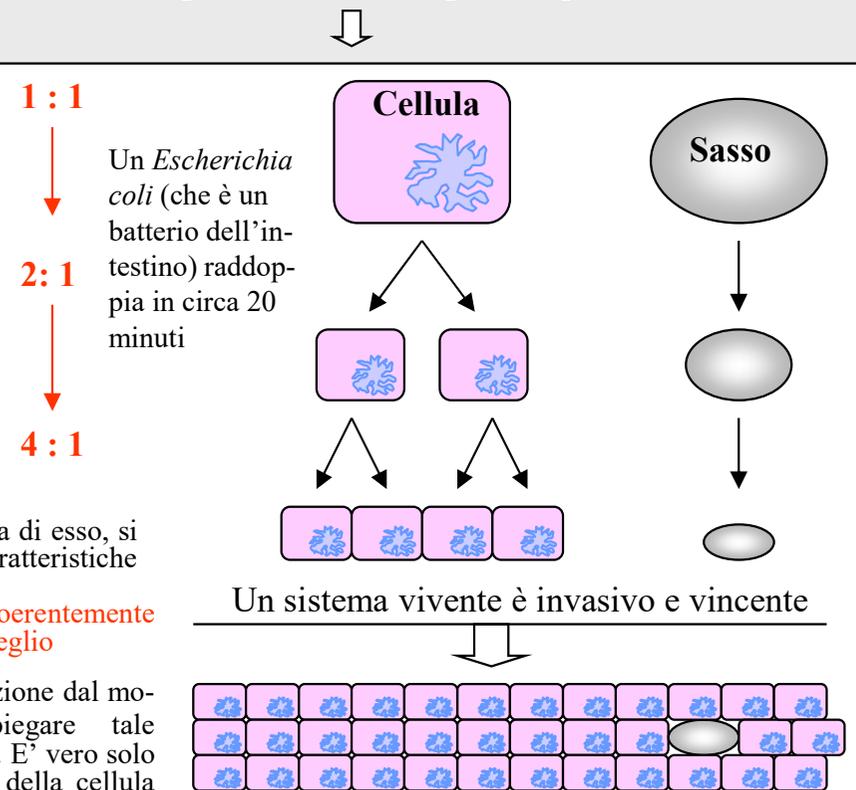
Non c'è una "forza creatrice" (divina o terrena che sia). Non c'è una tendenza incoscia dell'organismo vivente (e se non c'è una tendenza non può esserci a maggior ragione una tendenza a migliorarsi).

Le variazioni non hanno né scopo né direzione, ma **possono essere più o meno utili all'organismo (per la sua sopravvivenza e) per la sua riproduzione.**

Se trovate utile pensare che dietro all'evoluzione ci sia uno scopo, pensatelo, ma poi non venite a chiedere come fa un insieme di atomi ad avere uno scopo, perché non c'è l'ha. E' l'osservatore ad attribuirglielo.

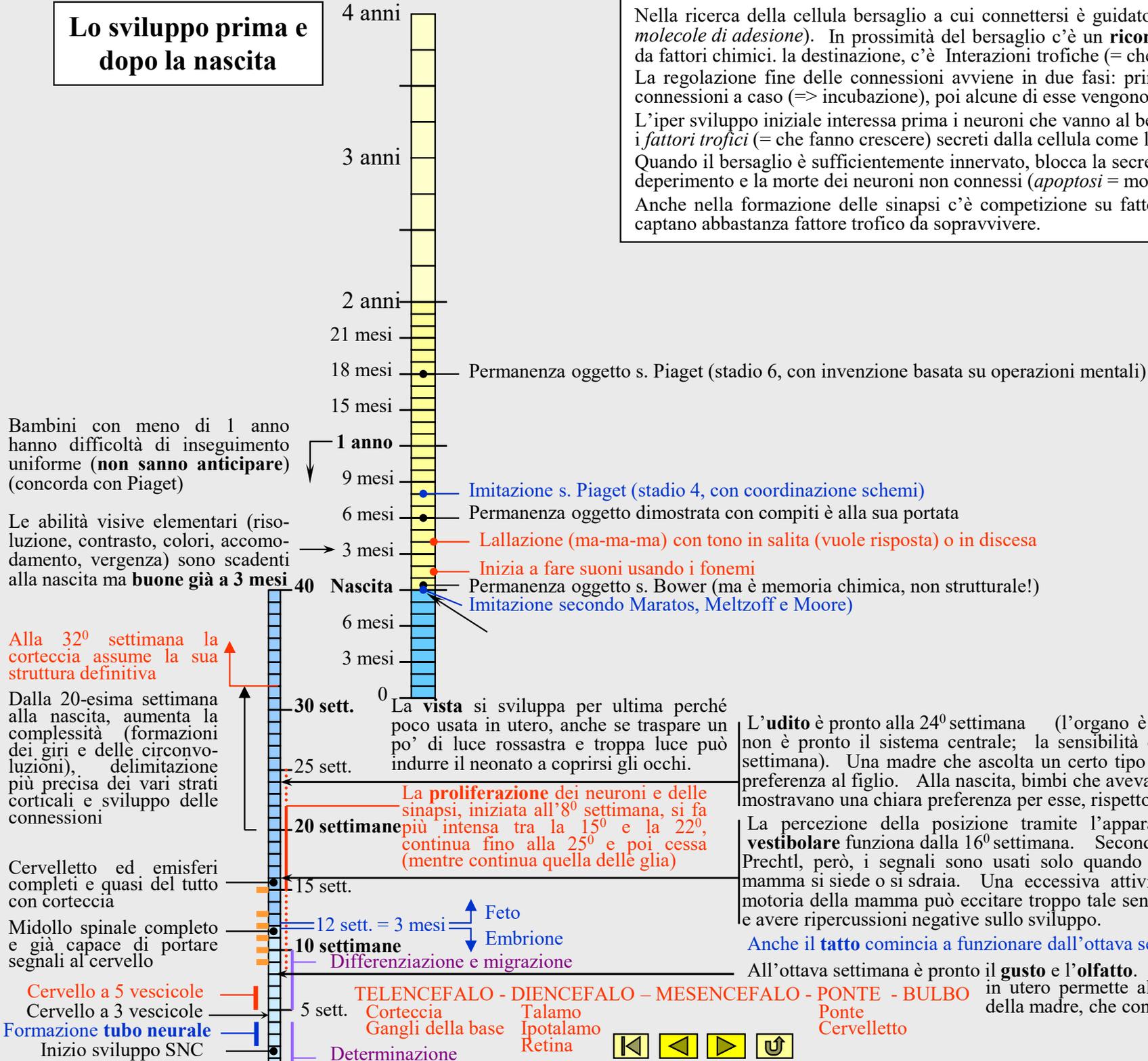
Se mai la domanda è: perché gli osservatori **attribuiscono scopi agli esseri viventi, mentre non ne attribuiscono ai sistemi non viventi?**

Io un'idea ce l'avrei, ma per ora è solo un'opinione personale



Lo sviluppo prima e dopo la nascita

Nella ricerca della cellula bersaglio a cui connettersi è guidato da **marcatori chimici** (dette *molecole di adesione*). In prossimità del bersaglio c'è un **riconoscimento** tra cellule guidato da fattori chimici. la destinazione, c'è Interazioni trofiche (= che inducono la crescita)
 La regolazione fine delle connessioni avviene in due fasi: prima c'è uno sviluppo di molte connessioni a caso (=> incubazione), poi alcune di esse vengono rimosse (=> stato nascente).
 L'iper sviluppo iniziale interessa prima i neuroni che vanno al bersaglio, i quali competono per i *fattori trofici* (= che fanno crescere) secreti dalla cellula come l'NGF della Montalcini.
 Quando il bersaglio è sufficientemente innervato, blocca la secrezione di NGF determinando il deperimento e la morte dei neuroni non connessi (*apoptosi* = morte cellulare).
 Anche nella formazione delle sinapsi c'è competizione su fattori trofici: solo alcune sinapsi captano abbastanza fattore trofico da sopravvivere.



L'**udito** è pronto alla 24^o settimana (l'organo è pronto già a 18 settimane ma non è pronto il sistema centrale; la sensibilità da adulti si raggiunge alla 32^o settimana). Una madre che ascolta un certo tipo di musica, può trasmettere tale preferenza al figlio. Alla nascita, bimbi che avevano ascoltato delle fiabe in utero mostravano una chiara preferenza per esse, rispetto a fiabe non udite prima.

La percezione della posizione tramite l'apparato **vestibolare** funziona dalla 16^o settimana. Secondo Prechtl, però, i segnali sono usati solo quando la mamma si siede o si sdraia. Una eccessiva attività motoria della mamma può eccitare troppo tale senso e avere ripercussioni negative sullo sviluppo.

Alla fine della 20^o settimana tutta la cute e tutte le mucose sono sensibili agli stimoli tattili; si può già cominciare l'accudimento in utero!

Anche il **tatto** comincia a funzionare dall'ottava settimana. All'ottava settimana è pronto il **gusto** e l'**olfatto**. L'odore della mamma appreso in utero permette al neonato di riconoscere il latte della madre, che conserva questo stesso odore.



Bibliografia

- 1) Curtis H, Barnes N. Sue (1994) “INVITO ALLA BIOLOGIA”, Zanichelli, 1996.
- 2) Solomon, Berg, Martin, Ville (1996) “BIOLOGIA”, EdiSES, 1997.