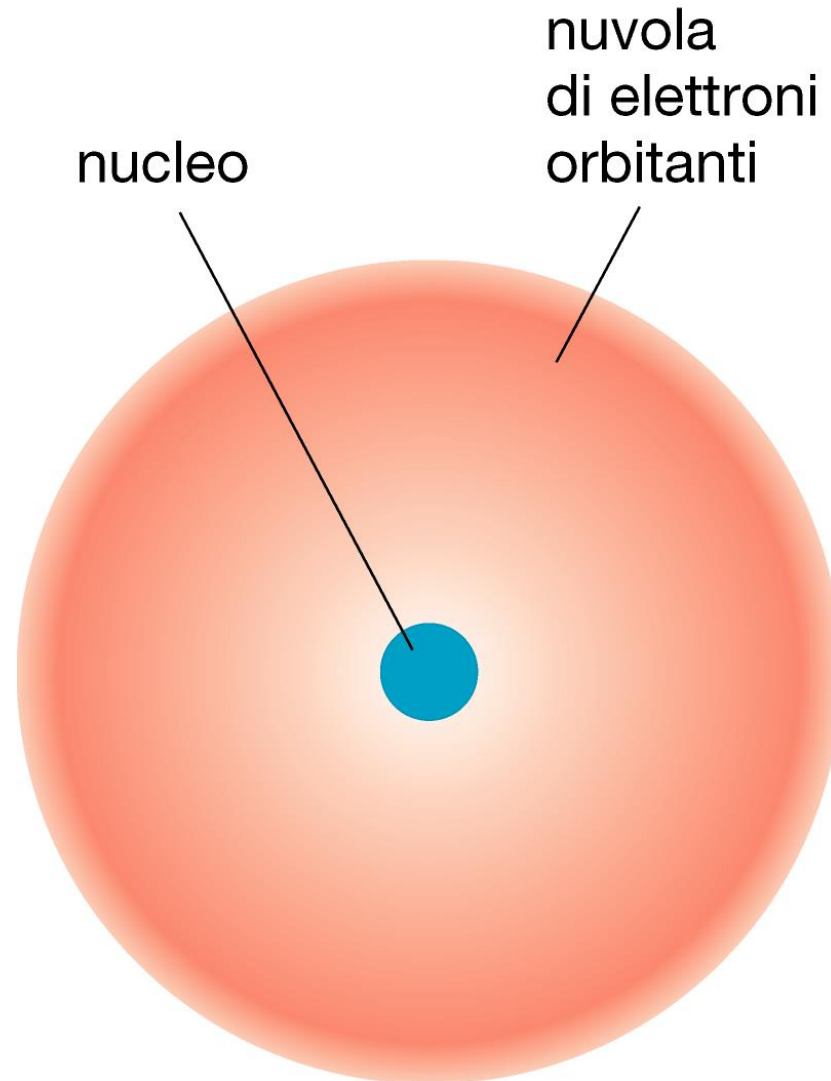


# I componenti chimici delle cellule

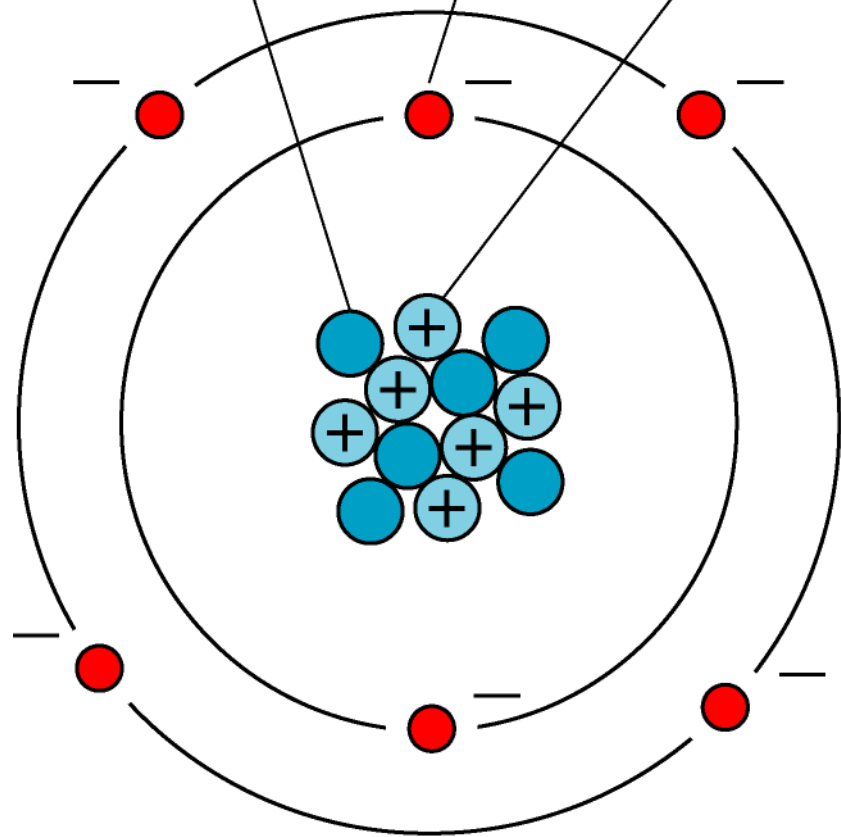
Piccole molecole

Macromolecole

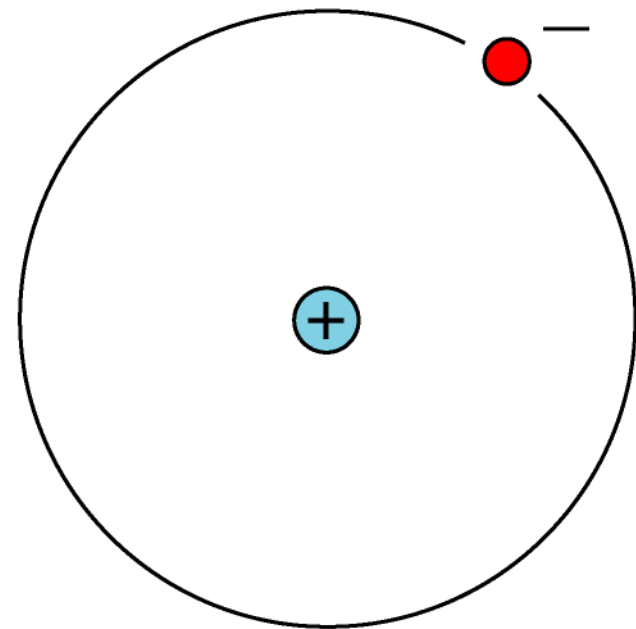
# Piccole molecole



neutrone  
elettrone  
protone

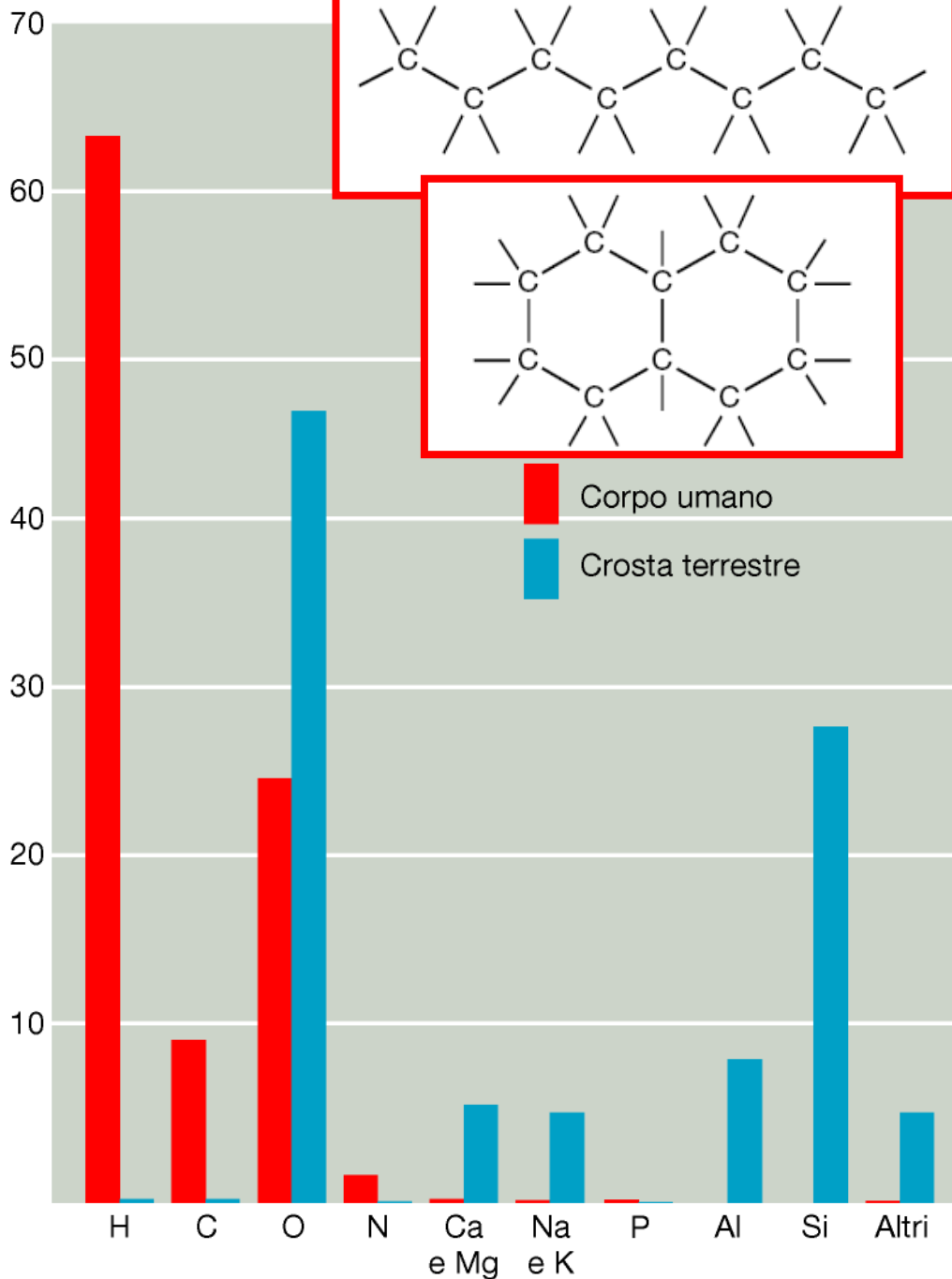


atomo di carbonio  
numero atomico = 6



atomo di idrogeno  
numero atomico = 1

abbondanza percentuale relativa



C, H, N ed O costituiscono quasi il 99% del peso di una cellula

Il 70 % della massa di una cellula è costituito da **acqua**

Quasi tutto il resto delle molecole è dato da composti del carbonio (**chimica organica**)

Il C tende a formare molecole grandi, con i 4 elettroni esterni può formare 4 **legami covalenti forti**, può congiungersi ad altri atomi di C a formare **catene** o anche **strutture cicliche**

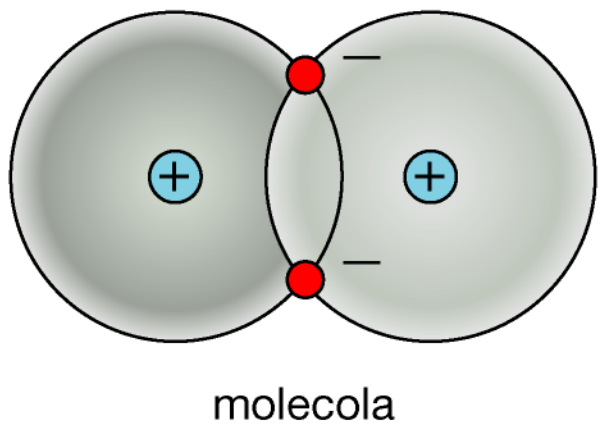
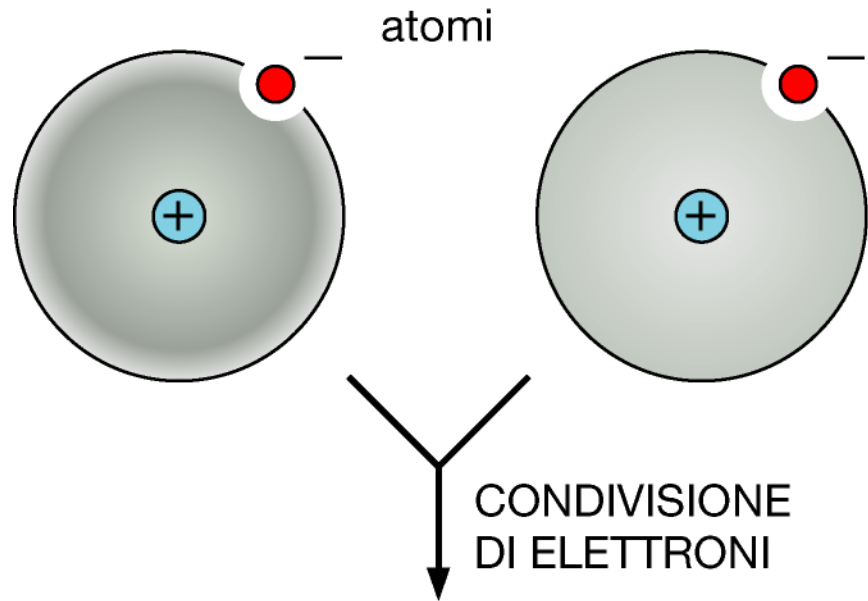
Anche H, N ed O possono formare **legami forti covalenti**

numero atomico

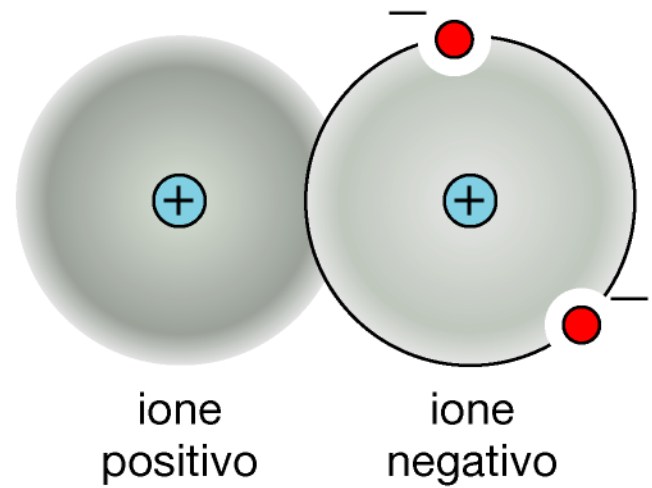
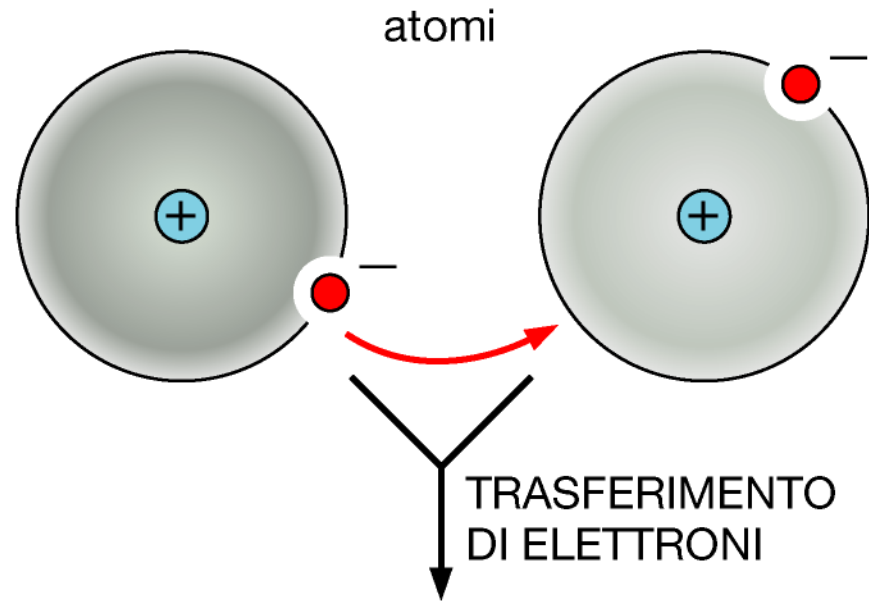


livello energetico (strato elettronico)

elemento		I	II	III	IV
1	Idrogeno	●			
2	Elio	●●			
6	Carbonio	●●	●●●●		
7	Azoto	●●	●●●●●		
8	Ossigeno	●●	●●●●●●		
10	Neon	●●	●●●●●●●●		
11	Sodio	●●	●●●●●●●●	●	
12	Magnesio	●●	●●●●●●●●	●●	
15	Fosforo	●●	●●●●●●●●	●●●●●	
16	Zolfo	●●	●●●●●●●●	●●●●●●	
17	Cloro	●●	●●●●●●●●	●●●●●●●	
18	Argon	●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	
19	Potassio	●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●
20	Calcio	●●	●●●●●●●●	●●●●●●●●	●●



legame covalente



legame ionico

## LEGAMI COVALENTI

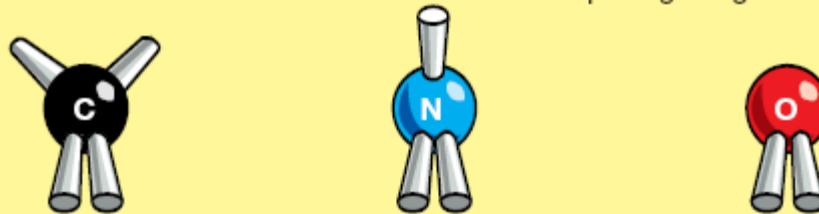
Si forma un legame covalente quando due atomi si avvicinano tanto da condividere uno o più elettroni dei loro gusci.

Ogni atomo forma un numero fisso di legami covalenti in una disposizione spaziale definita.

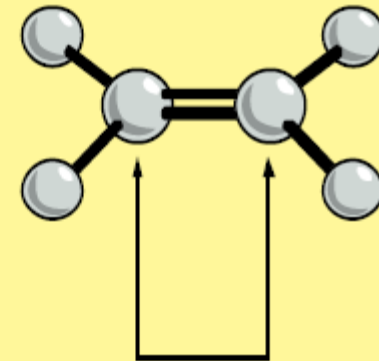
**LEGAMI SINGOLI:** condivisione di 2 elettroni per ogni legame



**LEGAMI DOPPI:** condivisione di 4 elettroni per ogni legame

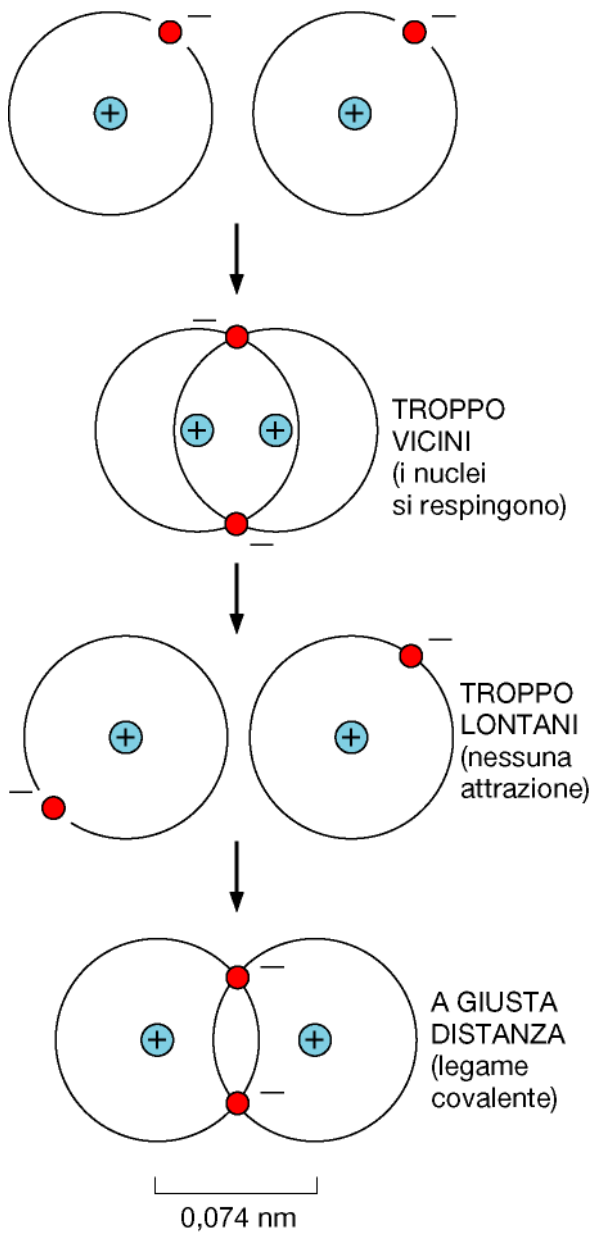


La precisa disposizione spaziale dei legami covalenti influenza la struttura tridimensionale e il comportamento chimico delle molecole. In questa panoramica vediamo i legami covalenti che tengono insieme gli atomi in vari tipi di molecole biologiche.

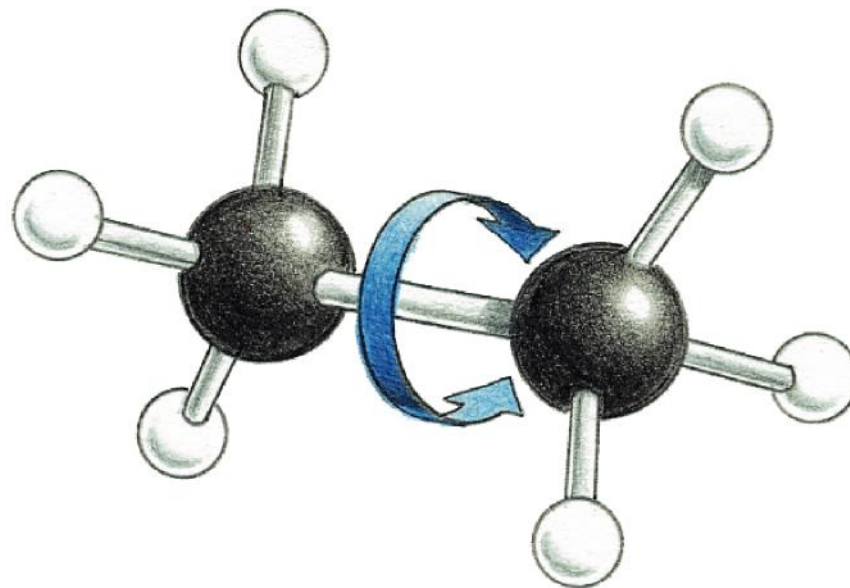


Atomi uniti da un legame covalente doppio o triplo non possono ruotare liberamente intorno all'asse di legame. Questa limitazione al movimento ha conseguenze notevolissime sulla forma tridimensionale di molte macromolecole.

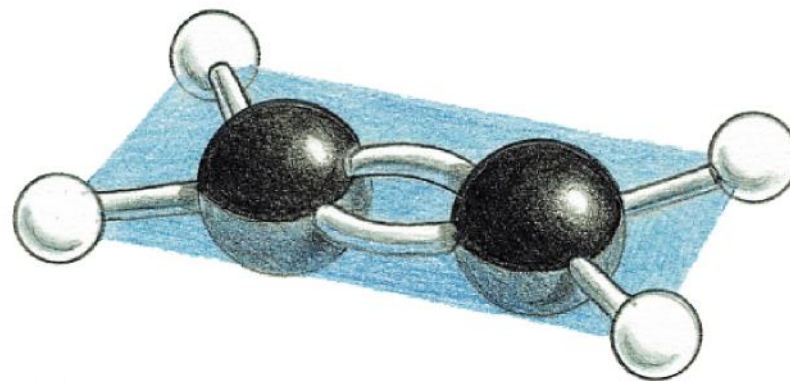
due atomi di idrogeno



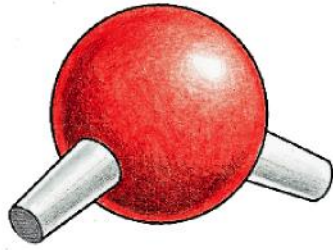
molecola di idrogeno



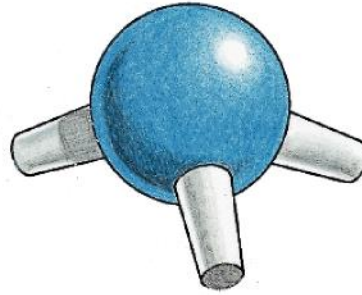
(A) etano



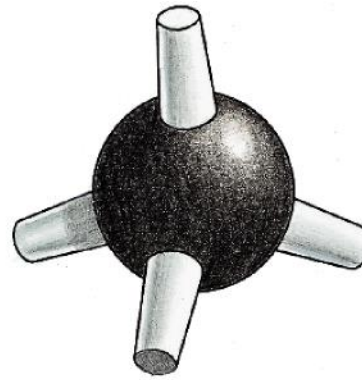
(B) etene



—O—  
ossigeno

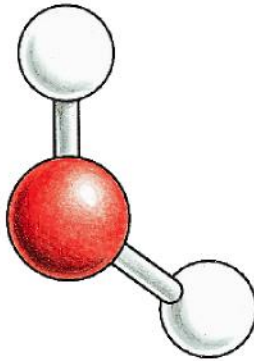


—N—  
|  
azoto

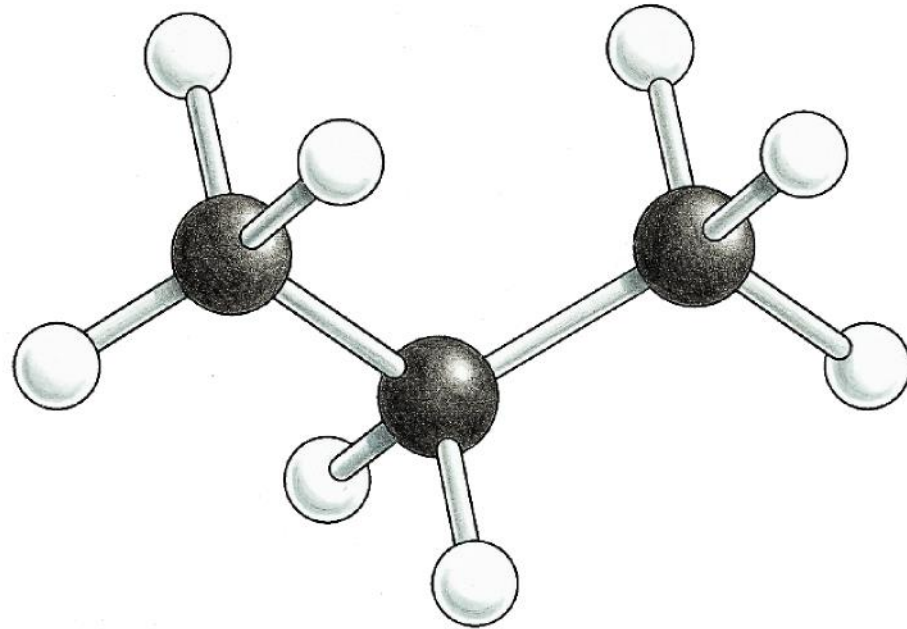


|  
—C—  
|  
carbonio

(A)



acqua (H<sub>2</sub>O)



propano (CH<sub>3</sub>—CH<sub>2</sub>—CH<sub>3</sub>)

(B)

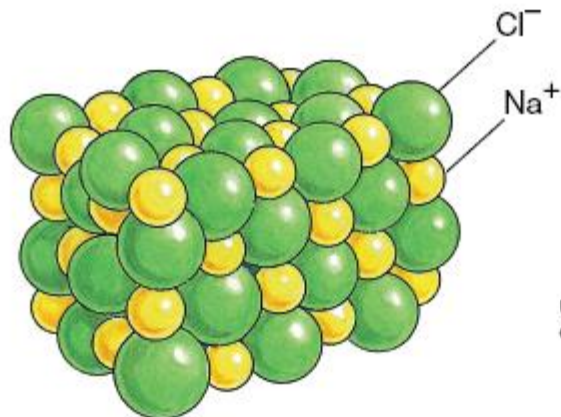
## LEGAMI IONICI

Le interazioni ioniche si esercitano tra gruppi pienamente dotati di carica (legame ionico) o tra gruppi dotati di carica parziale.



La forza di attrazione tra le due cariche,  $\delta^+$  e  $\delta^-$ , decresce rapidamente all'aumentare della distanza tra le due cariche.

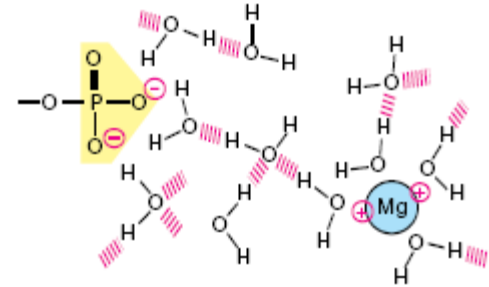
In assenza di acqua, le forze ioniche sono fortissime. A esse si deve la robustezza di materiali come il marmo e l'agata.



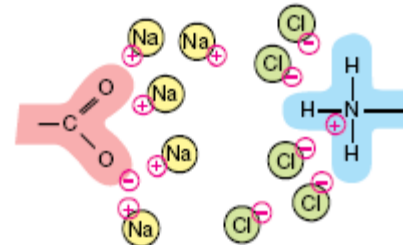
un cristallo di sale, NaCl

## LEGAMI IONICI IN SOLUZIONE ACQUOSA

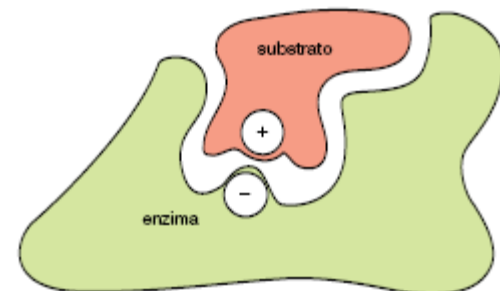
I gruppi carichi vengono schermati dall'interazione con le molecole dell'acqua. Perciò i legami ionici sono piuttosto deboli nell'acqua.

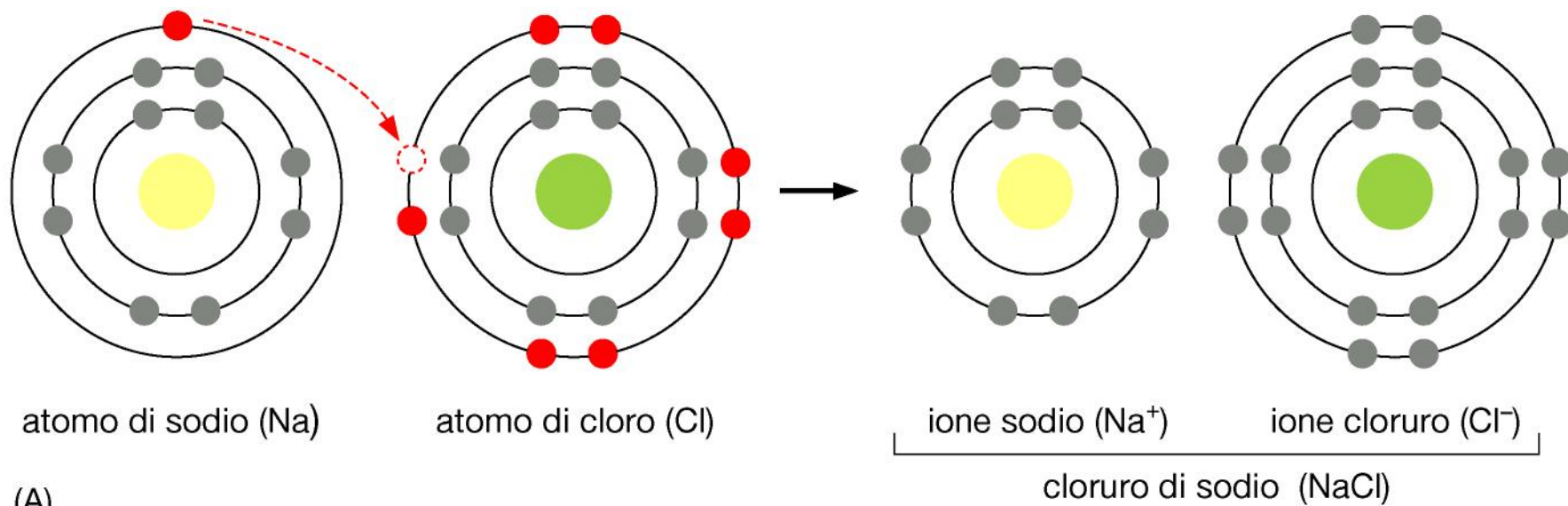


Analogamente, altri ioni presenti in soluzione possono affollarsi intorno ai gruppi carichi e indebolire ulteriormente i legami ionici.

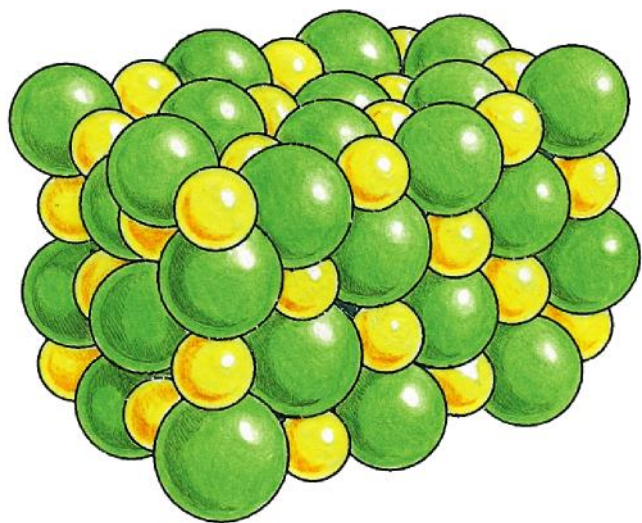


I legami ionici sono molto importanti nei sistemi biologici; molti enzimi guidano il substrato in posizione grazie a interazioni ioniche.

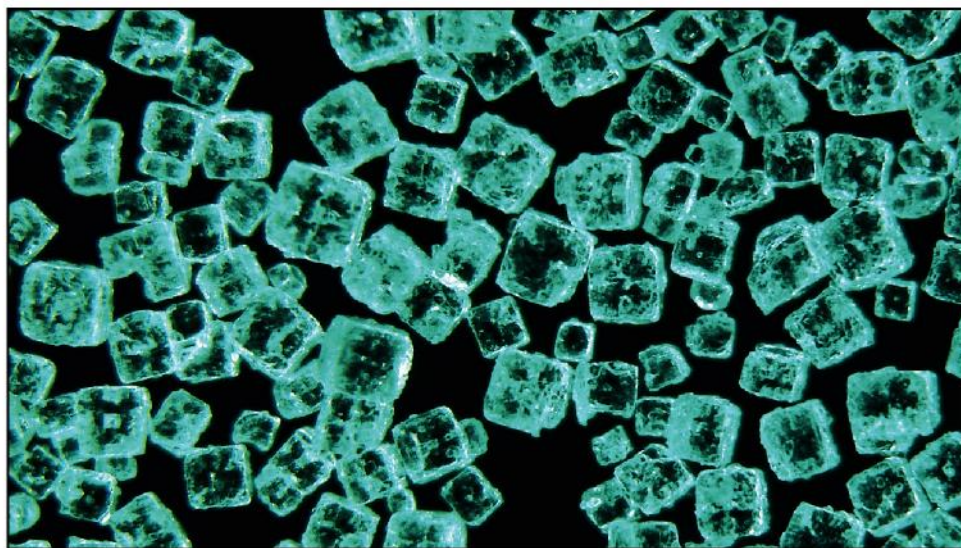




(A)

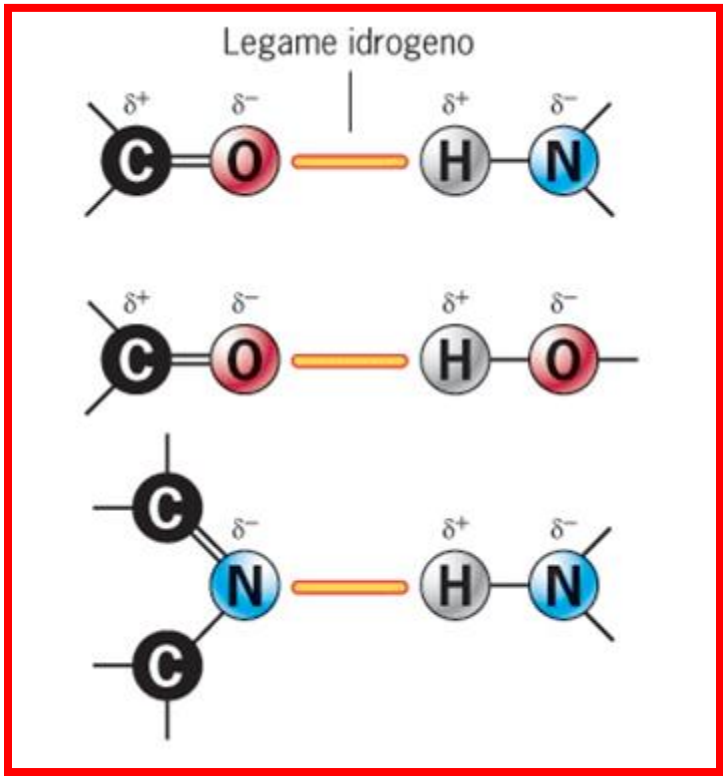


(B)



(C)

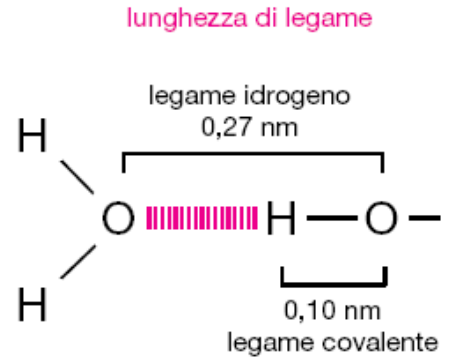
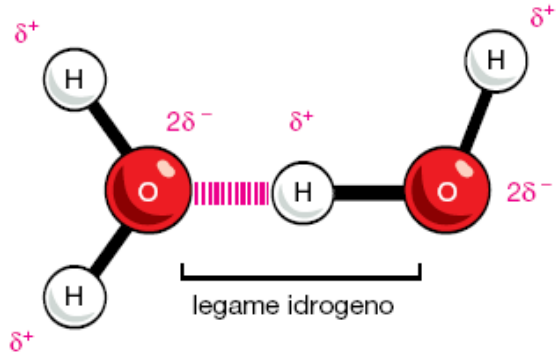
1 mm



## LEGAMI IDROGENO

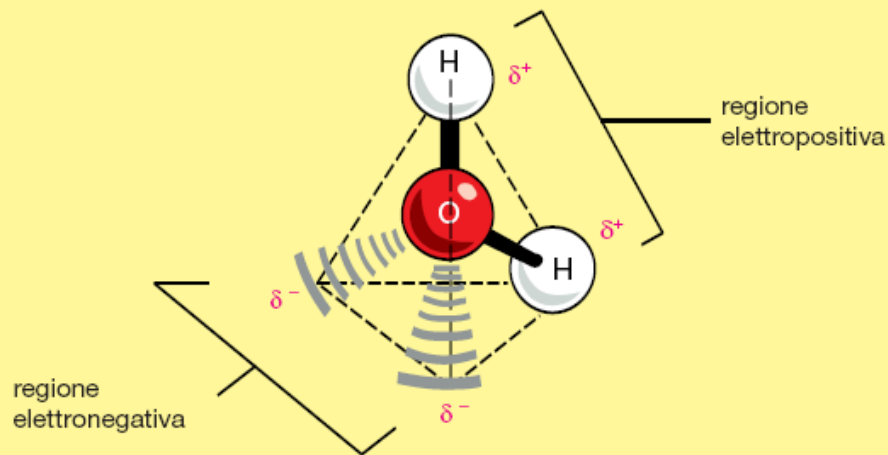
Essendo polarizzate, due molecole di  $H_2O$  adiacenti possono formare un legame noto come **legame idrogeno**. I legami idrogeno hanno soltanto  $1/20$  della forza di un legame covalente.

I legami idrogeno sono particolarmente forti quando i tre atomi coinvolti sono allineati.



## L'ACQUA

Due atomi, connessi da un legame covalente, possono esercitare attrazioni diverse per gli elettroni del legame. In tali casi il legame è **polare**, da una parte leggermente carico negativamente ( $\delta^-$ ), dall'altra leggermente carico positivamente ( $\delta^+$ ).

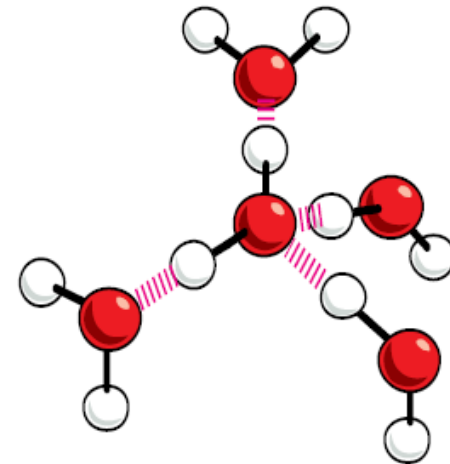


Benché la carica della molecola dell'acqua sia complessivamente nulla (avendo lo stesso numero di elettroni e di protoni), gli elettroni sono distribuiti in modo asimmetrico e questo rende polare la molecola. Il nucleo dell'ossigeno attira gli elettroni verso di sé allontanandoli dai nuclei di idrogeno, che rimangono con una piccola carica positiva netta. L'eccesso di densità elettronica sull'atomo di ossigeno crea regioni debolmente negative agli altri due vertici di un tetraedro immaginario.

In queste tavole si passano in rassegna le proprietà chimiche dell'acqua e si vede come l'acqua influenza il comportamento delle molecole biologiche.

## STRUTTURA DELL'ACQUA

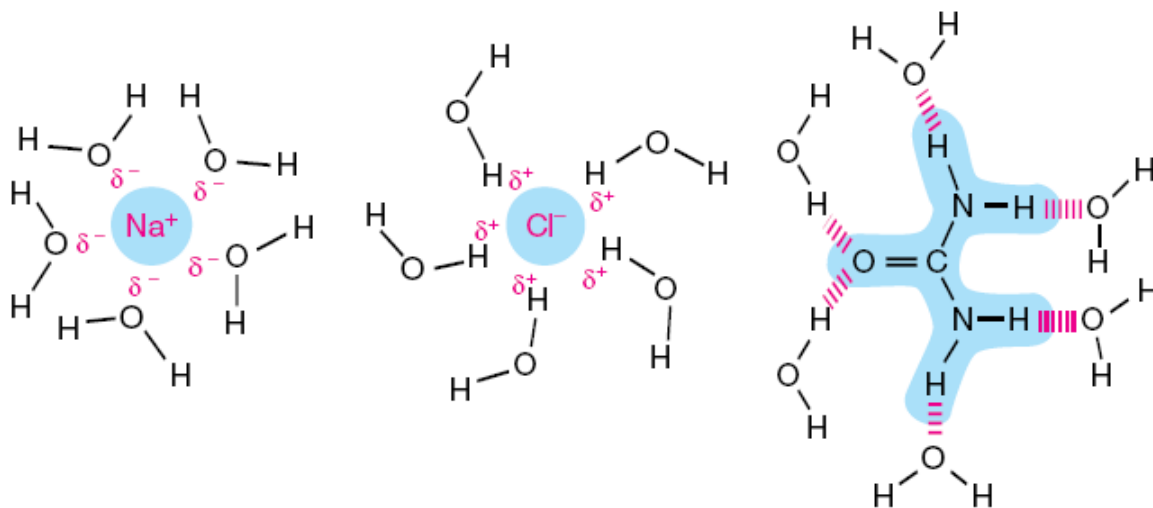
Le molecole dell'acqua si uniscono facilmente tra loro a formare un reticolo di legami idrogeno.



La natura coesiva dell'acqua giustifica molte delle sue proprietà inconsuete, come il valore elevato della tensione superficiale, del calore specifico e del calore di evaporazione.

## MOLECOLE IDROFILICHE

Le sostanze che si sciolgono prontamente in acqua si dicono **idrofiliche**. Esse sono composte da ioni o molecole polari che attraggono le molecole dell'acqua per interazioni elettriche. Le molecole di acqua circondano ogni ione o molecola polare che si trovi alla superficie di un solido e lo portano in soluzione.

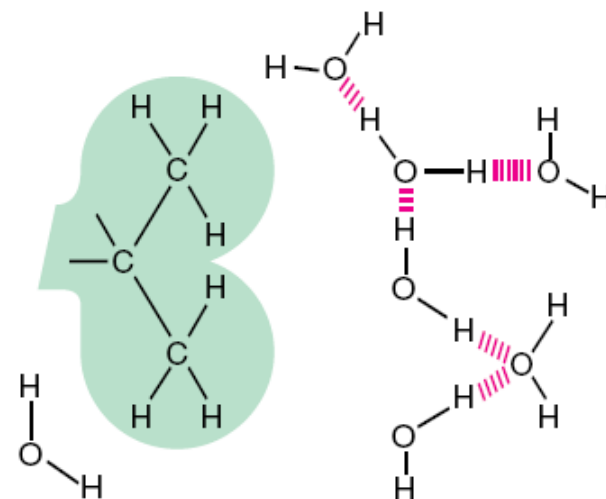


**Sostanze ioniche** come il cloruro di sodio si sciolgono perché le molecole di acqua sono attratte dalla carica positiva ( $\text{Na}^+$ ) o negativa ( $\text{Cl}^-$ ) di ciascuno ione.

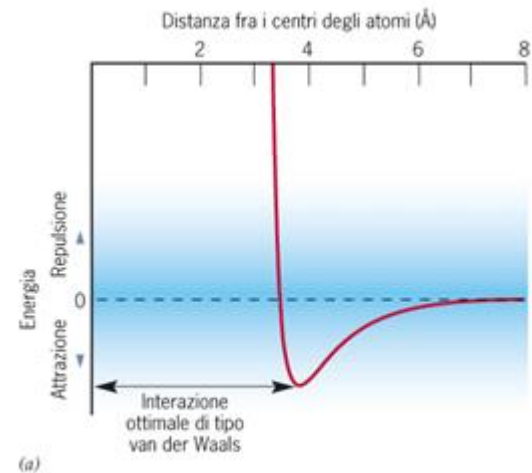
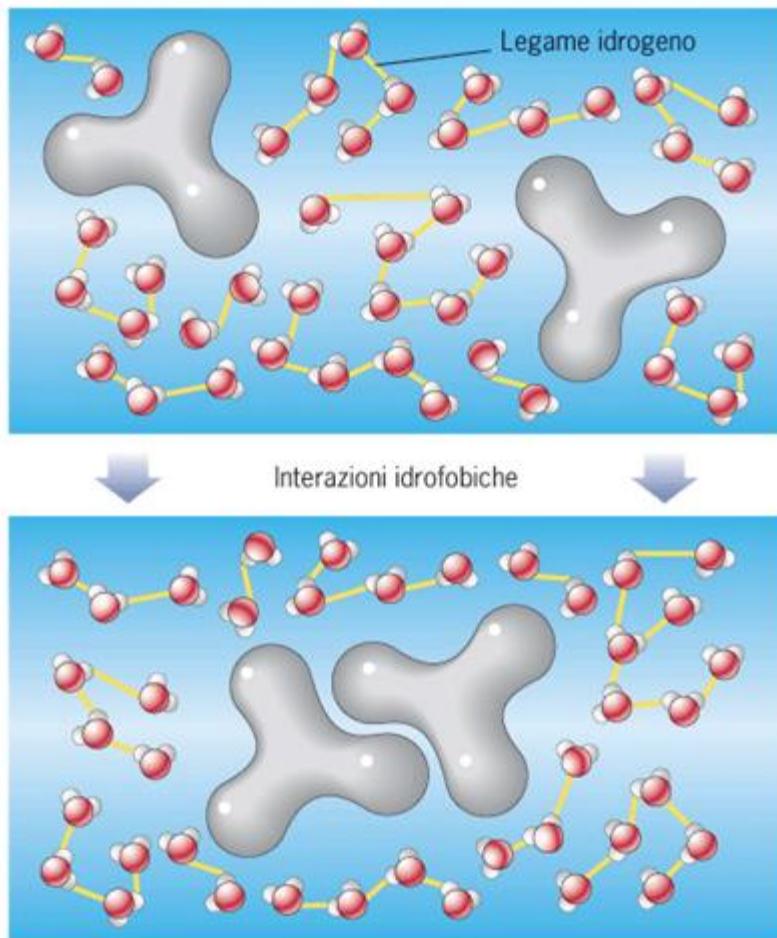
**Sostanze polari** come l'urea si sciolgono perché le loro molecole formano legami idrogeno con le molecole di acqua circostanti.

## MOLECOLE IDROFOBICHE

Le molecole che contengono prevalentemente legami non polari di solito non sono solubili in acqua e si dicono **idrofobiche**. L'acqua non è attratta da tali molecole e perciò non tende ad avvolgerle e a portarle in soluzione.

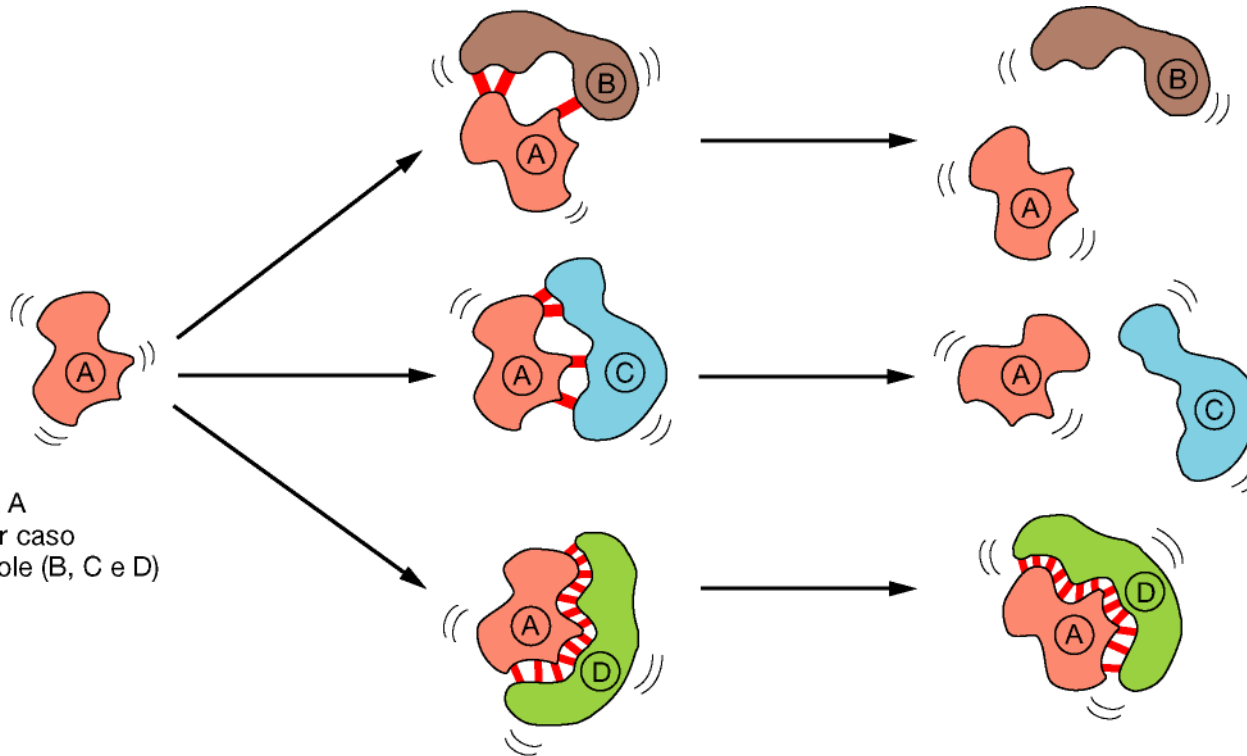


Gli idrocarburi, che contengono molti legami tra carbonio e idrogeno, sono particolarmente idrofobici.



**FIGURA 2.6** Forze di van der Waals. (a) Quando due atomi si avvicinano l'uno all'altro, risentono di una debole forza di attrazione, che aumenta fino ad una distanza di circa 4 Å. Se gli atomi si avvicinano di più, le loro nubi elettroniche si respingono ed essi tendono a separarsi. (b) Sebbene una singola forza di van der Waals sia molto debole, numerose forze attrattive di questo tipo si possono formare se le due macromolecole hanno superfici complementari, come indicato schematicamente nella figura (vedi Figura 2.40 per un esempio).

# I legami deboli mediano il riconoscimento fra le macromolecole



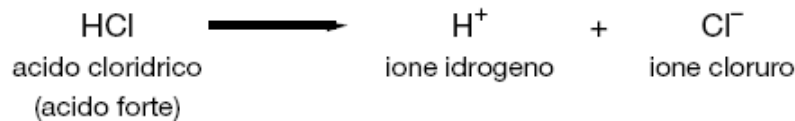
la superficie della molecola A combacia male con quella delle molecole B e C e riesce a formare solo alcuni legami deboli; i moti di agitazione termica li rompono facilmente

le superfici delle molecole A e D combaciano bene e quindi riescono a formare legami deboli in numero sufficiente a resistere ai moti di agitazione termica; le due molecole rimangono legate tra loro

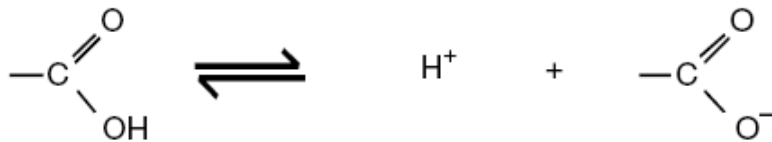
la molecola A incontra per caso altre molecole (B, C e D)

## ACIDI

Le sostanze che liberano ioni idrogeno in soluzione si dicono **acidi**.



Molti degli acidi importanti nella cellula sono dissociati solo parzialmente e si chiamano perciò **acidi deboli**, per esempio il gruppo carbossile ( $-\text{COOH}$ ), che si dissocia in soluzione per dare uno ione idrogeno

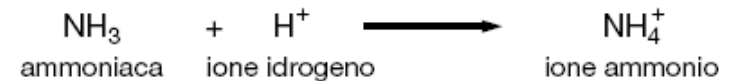


(acido debole)

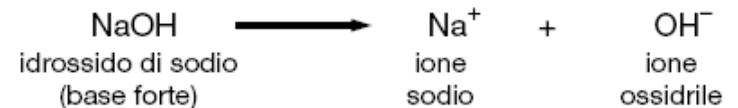
Notare che questa è una reazione reversibile.

## BASI

Le sostanze che riducono il numero di ioni idrogeno in soluzione si dicono **basi**. Alcune basi, come l'ammoniaca, si combinano direttamente con gli ioni idrogeno.



Altre basi, come l'idrossido di sodio, riducono indirettamente il numero di ioni  $\text{H}^+$ , producendo ioni  $\text{OH}^-$  che poi si combinano direttamente con gli ioni  $\text{H}^+$  per formare  $\text{H}_2\text{O}$ .

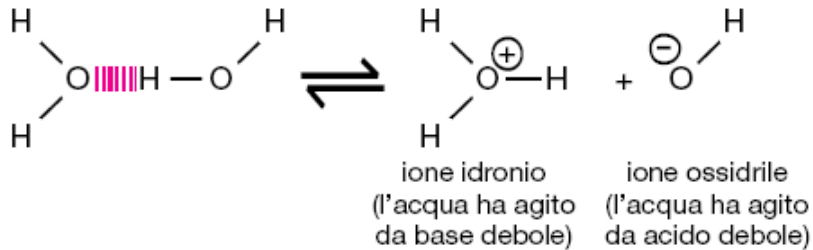


Molte basi che si trovano nelle cellule sono parzialmente dissociate e si dicono **basi deboli**. Ciò vale per i composti che contengono un gruppo amminico ( $-\text{NH}_2$ ), che presenta una moderata tendenza ad accettare ioni  $\text{H}^+$  dall'acqua, facendo così aumentare la quantità di ioni  $\text{OH}^-$  liberi.

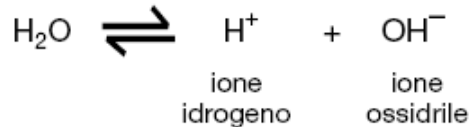


## SCAMBIO DI IONI IDROGENO

Gli ioni idrogeno carichi positivamente ( $H^+$ ) possono spostarsi da una molecola di acqua a un'altra, dando origine a due specie ioniche.



spesso scritto  
nella forma:



Dato che il processo è rapidamente reversibile, gli ioni idrogeno saltano in continuazione da una molecola all'altra. Nell'acqua pura gli ioni idrogeno e ossidril hanno una concentrazione di stato stazionario pari a  $10^{-7}$  M ciascuno.

## pH

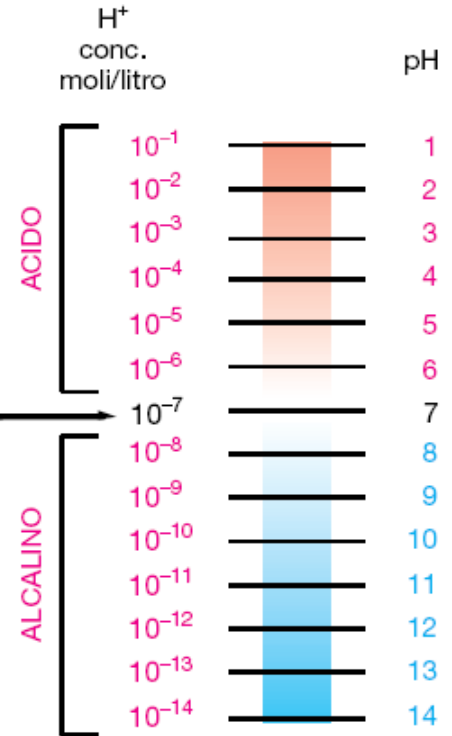
L'acidità di una soluzione si definisce in base alla concentrazione di ioni  $H^+$  che contiene. Per convenienza si usa la scala di pH, dove

$$pH = -\log_{10}[H^+]$$

per l'acqua pura

$$[H^+] = 10^{-7} \text{ moli/litro}$$

$$pH = 7,0$$



cellula  
batterica

30%  
sostanze  
chimiche

70%  
H<sub>2</sub>O

ioni, molecole  
piccole (4%)

fosfolipidi (2%)

DNA (1%)

RNA (6%)

proteine (15%)

polisaccaridi (2%)

MACROMOLECOLE

componenti base semplici  
delle cellule (monomeri)

ZUCCHERI

ACIDI GRASSI

AMMINOACIDI

NUCLEOTIDI



componenti base complessi  
delle cellule (polimeri)

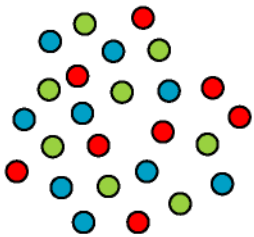
POLISACCARIDI

GRASSI/LIPIDI/MEMBRANE

PROTEINE

ACIDI NUCLEICI

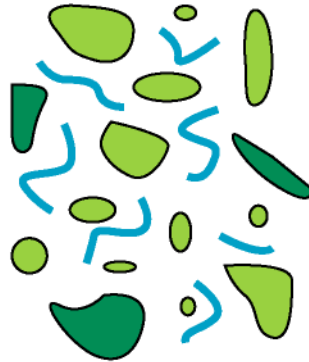
## SUBUNITÀ



esempi: zuccheri,  
amminoacidi e nucleotidi

legami covalenti

## MACROMOLECOLE



esempi: proteine  
globulari e RNA

legami non covalenti

## AGGREGATI MACROMOLECOLARI



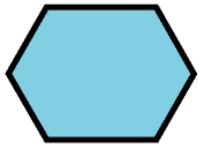
30 nm

esempio: ribosoma

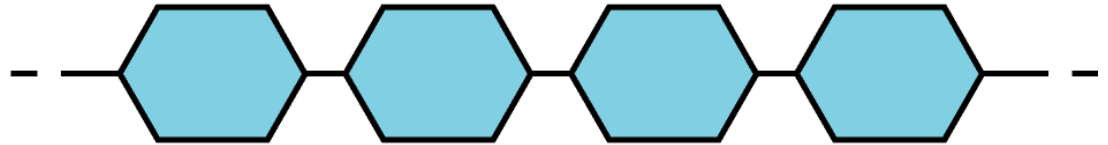
# Macromolecole

SUBUNITÀ

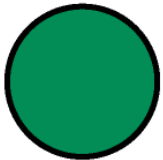
MACROMOLECOLA



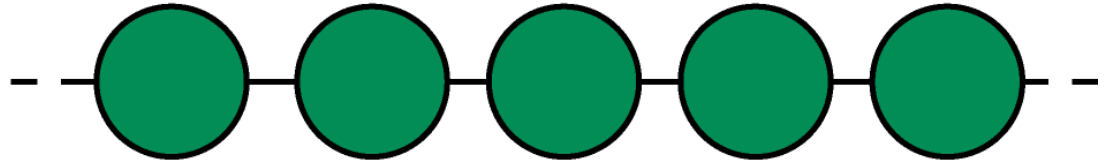
zucchero



polisaccaride



ammino-  
acido



proteina

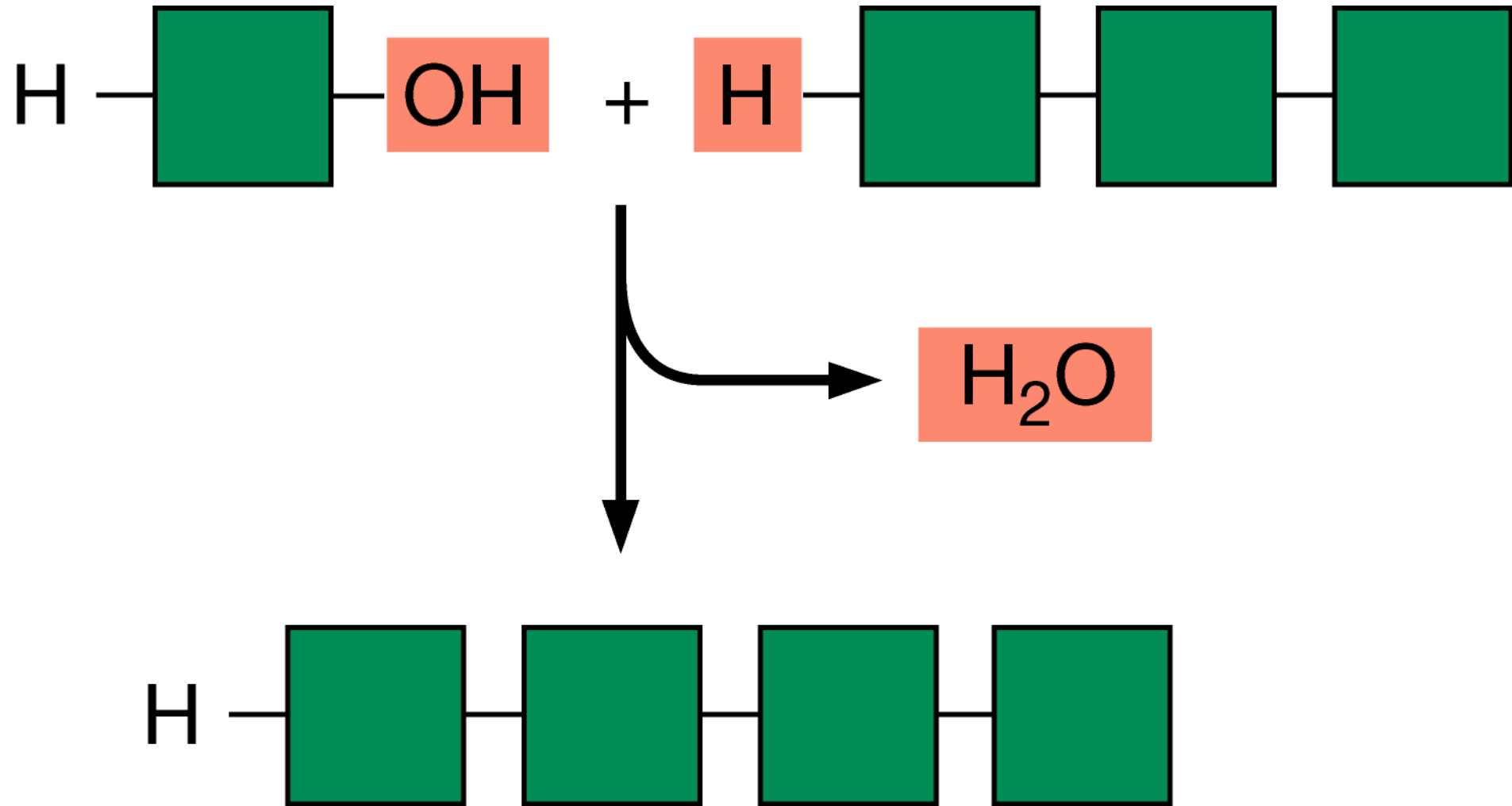


nucleotide



acido nucleico

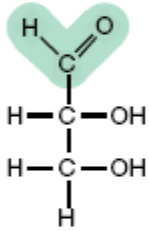
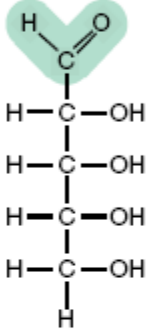
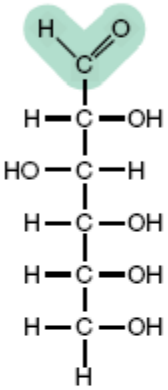
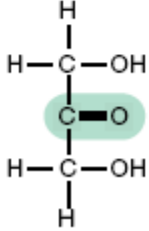
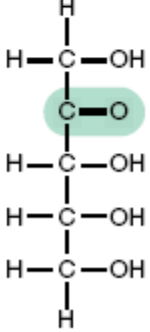
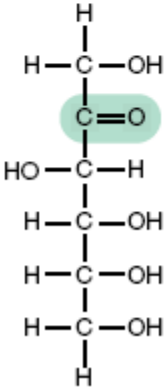
Le subunità si legano per condensazione



# Zuccheri

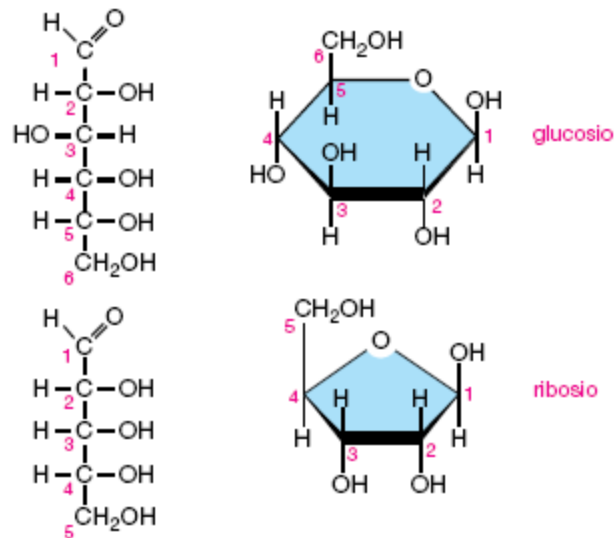
## MONOSACCARIDI

I monosaccaridi di solito hanno la formula generale  $(\text{CH}_2\text{O})_n$ , dove  $n$  può essere 3, 4, 5, 6, 7 o 8 e presentano due o più gruppi ossidrilici. Se contengono un gruppo aldeidico ( $-\text{C}(=\text{O})\text{H}$ ) si chiamano aldosi e se contengono un gruppo chetonico ( $>\text{C}=\text{O}$ ) chetosi.

	a 3 carboni (TRIOSI)	a 5 carboni (PENTOSI)	a 6 carboni (ESOSI)
ALDOSI	 <p>gliceraldeide</p>	 <p>ribosio</p>	 <p>glucosio</p>
CHETOSI	 <p>dihidroxiacetone</p>	 <p>ribulosio</p>	 <p>fruttosio</p>

## FORMAZIONE DI ANELLI

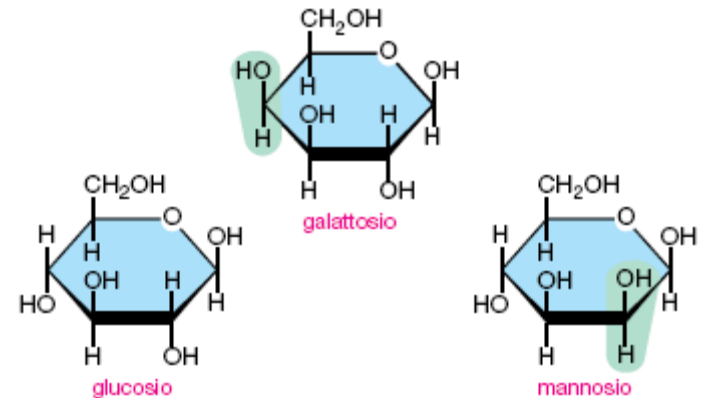
In soluzione acquosa il gruppo aldeidico o chetonico di una molecola di zucchero tende a reagire con un gruppo ossidrilico della stessa molecola, che perciò si chiude ad anello.



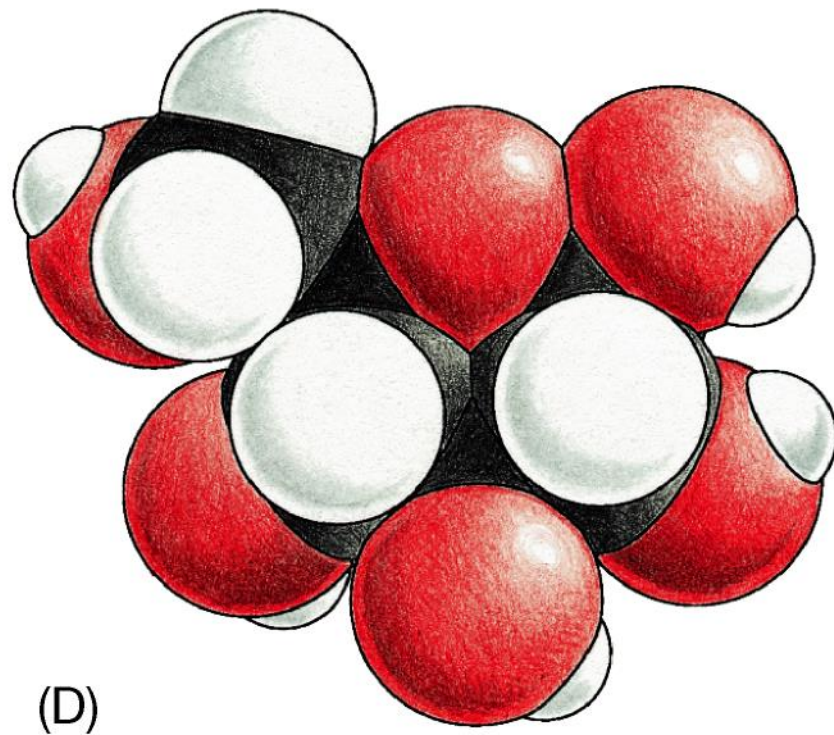
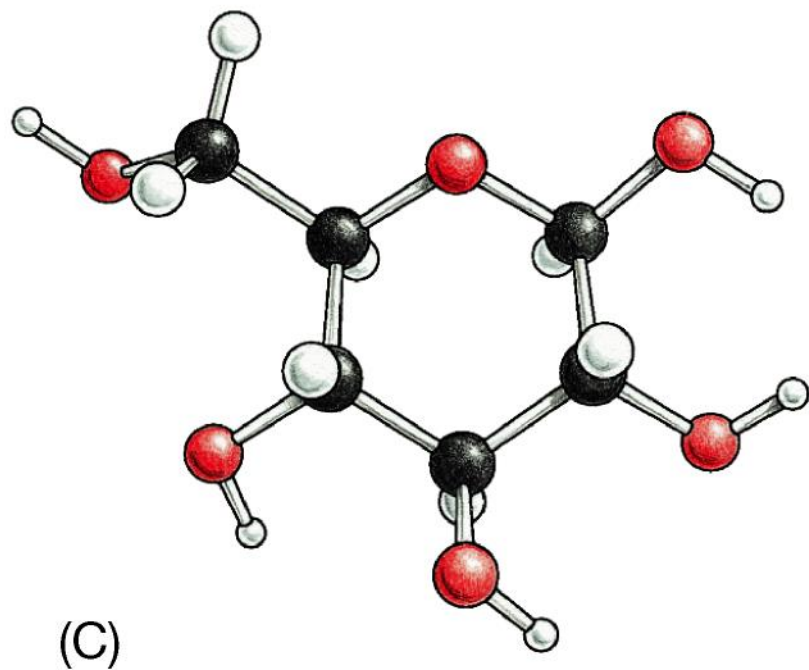
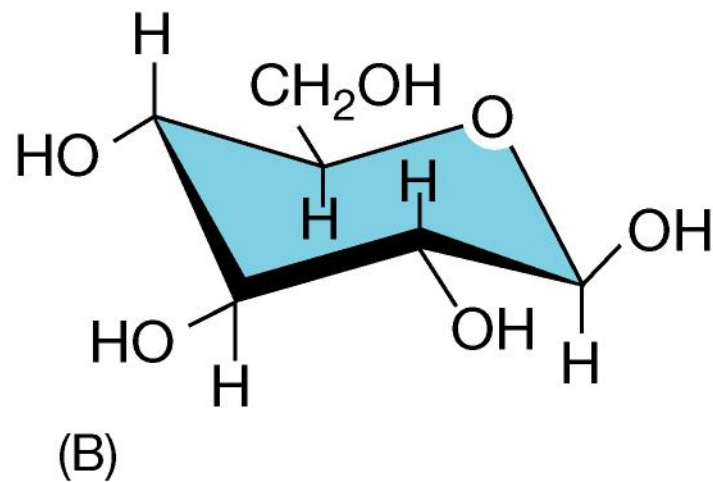
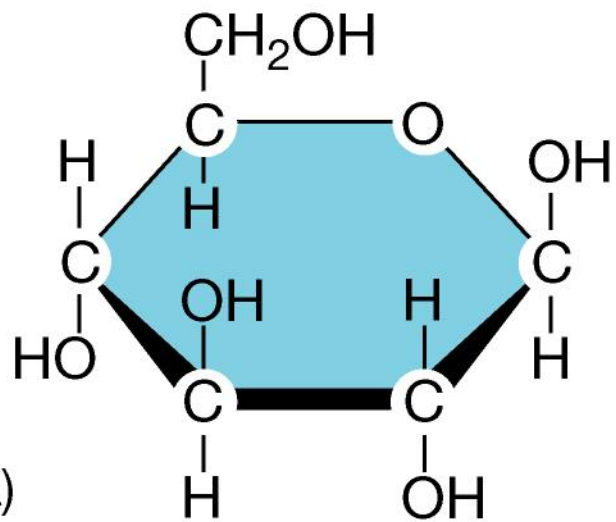
Notare la numerazione convenzionale degli atomi di carbonio.

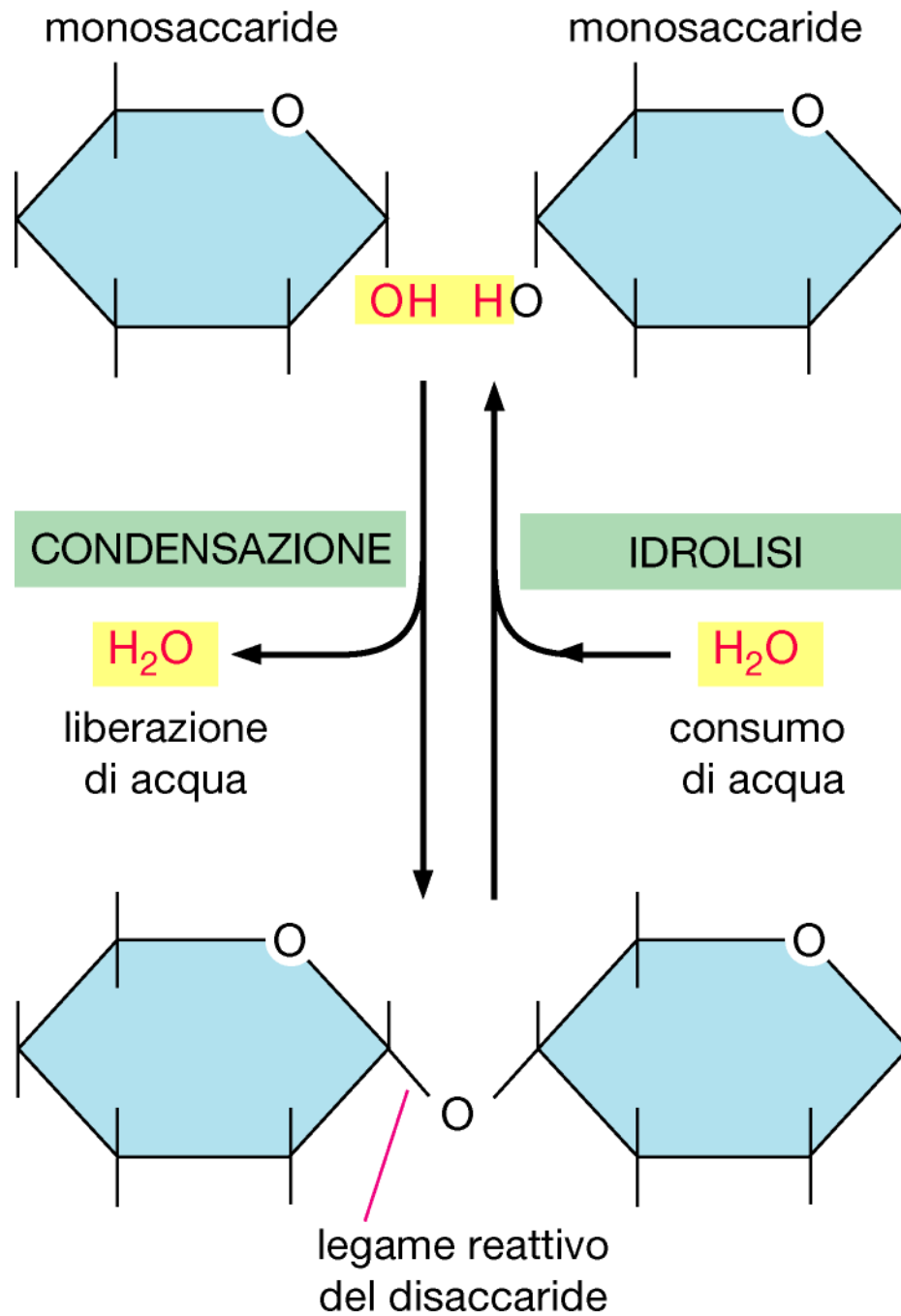
## ISOMERI

Molti monosaccaridi differiscono solo nella distribuzione spaziale degli atomi, cioè sono **isomeri**. Per esempio il glucosio, il galattosio e il mannosio hanno la stessa formula ( $C_6H_{12}O_6$ ) ma differiscono nella disposizione dei gruppi a uno o due degli atomi di carbonio.



Queste piccole differenze comportano solo piccole variazioni delle proprietà chimiche degli zuccheri, ma vengono riconosciute dagli enzimi e altre proteine e per questo possono avere effetti biologici molto importanti.



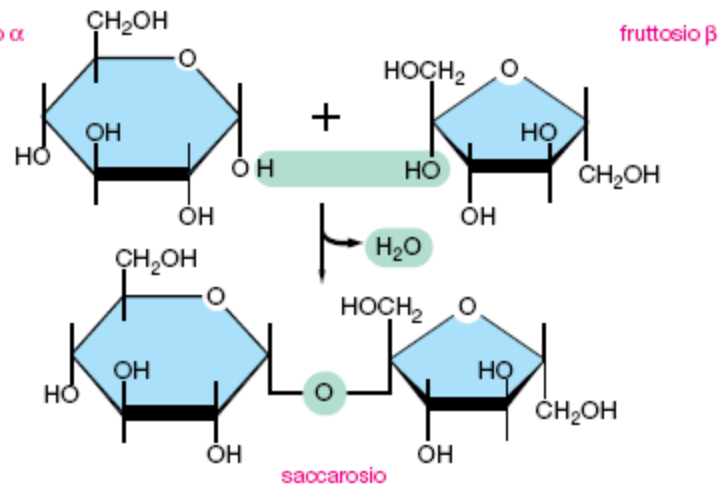


## DISACCARIDI

Il carbonio che reca l'aldeide o il chetone può reagire con qualunque gruppo ossidrilico di una seconda molecola di zucchero e formare un **disaccaride**. Tre disaccaridi comuni sono

maltosio (glucosio + glucosio)  
lattosio (galattosio + glucosio)  
saccarosio (glucosio + fruttosio)

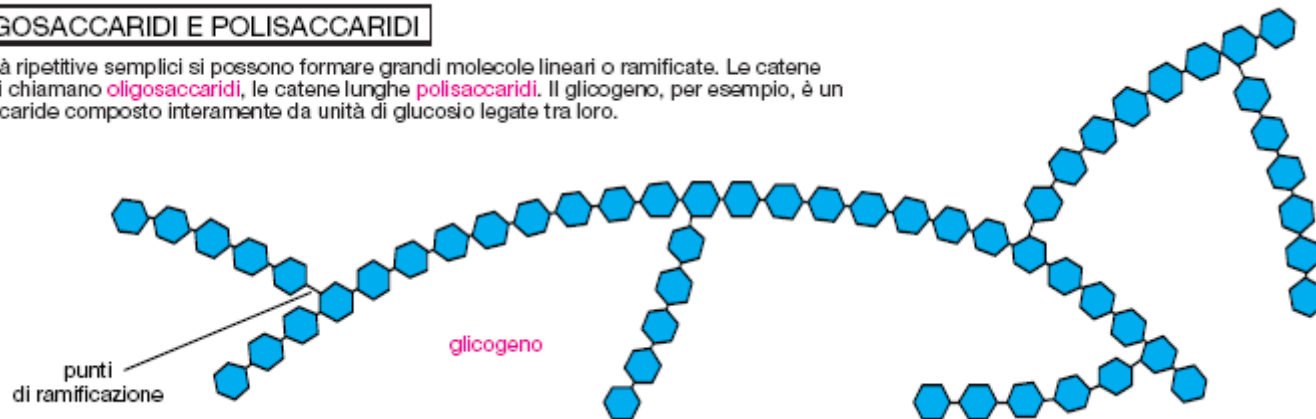
Qui viene riportata la reazione con cui si forma il saccarosio.



Si accumulano energia (**ATP**) e potere riducente (**NADH**)

## OLIGOSACCARIDI E POLISACCARIDI

Da unità ripetitive semplici si possono formare grandi molecole lineari o ramificate. Le catene corte si chiamano **oligosaccaridi**, le catene lunghe **polisaccaridi**. Il glicogeno, per esempio, è un polisaccaride composto interamente da unità di glucosio legate tra loro.

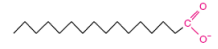


**Glicogeno - Amido**

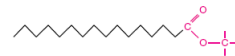
# Acidi grassi

GRUPPO CARBOSSILICO

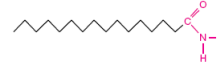
Se libero il gruppo carbossilico di un acido grasso sarà ionizzato.



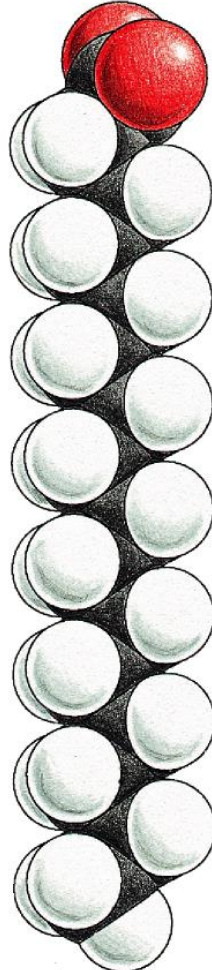
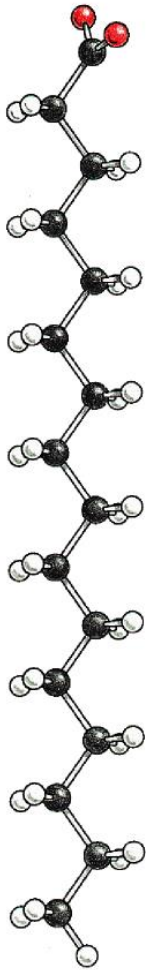
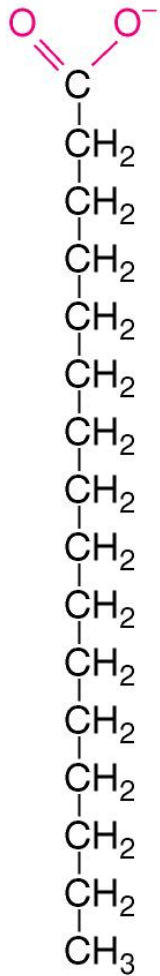
Ma più spesso si troverà legato ad altri gruppi per formare **esteri**



o **ammidi**.



testa carbossilica idrofilica



coda idrocarburica idrofobica

(A)

(B)

(C)

Catena idrocarburica idrofoba

Gruppo carbossile **acido**, ionizzabile in soluzione, che dà luogo facilmente ad **esteri** ed **ammidi**

Differiscono fra loro per la **lunghezza della catena** idrocarburica e per la **posizione ed il numero degli eventuali doppi legami**

Rappresentano un **nutrimento molto energetico**

Nel citoplasma formano goccioline di **trigliceridi**, contenenti 3 catene di acido grasso congiunte con una molecola di glicerolo

## ACIDI GRASSI COMUNI

Sono acidi carbossilici con lunghe code idrocarburiche.

COOH COOH COOH

CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub>

CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub>

CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub>

CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub>

CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub>

CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub>

CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub>

CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub> CH

CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub> CH

CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub>

CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub>

CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub>

CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub>

CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub>

CH<sub>2</sub> CH<sub>3</sub> CH<sub>2</sub>

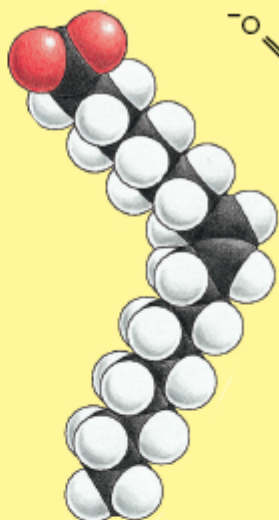
CH<sub>2</sub> **acido palmitico (C<sub>16</sub>)** CH<sub>2</sub>

CH<sub>3</sub> **acido stearico (C<sub>18</sub>)** CH<sub>3</sub>

**acido stearico (C<sub>18</sub>)**

**acido oleico (C<sub>18</sub>)**

Gli acidi grassi esistono in centinaia di tipi. Alcuni hanno uno o più doppi legami nella coda idrocarburica e si dicono **insaturi**. Acidi grassi privi di legami doppi si dicono **saturo**.



modello tridimensionale a spazio pieno



ossatura di carbonio

**acido oleico**

Questo legame doppio è rigido e produce un gomito nella catena. Il resto della catena è libero di ruotare intorno agli altri legami C-C.

**INSATURO**



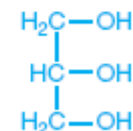
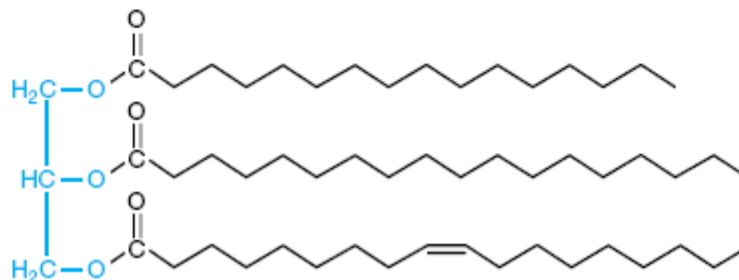
**acido stearico**



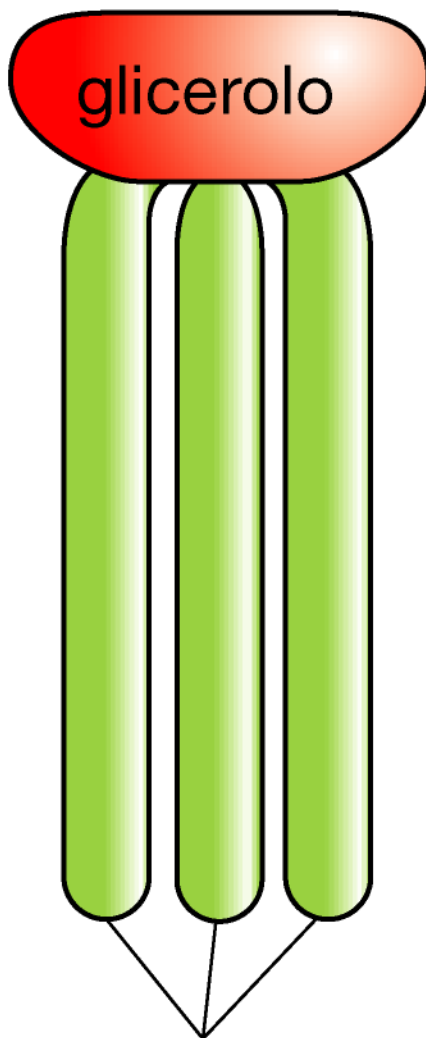
**SATURO**

## TRIACILGLICEROLI

Gli acidi grassi vengono accumulati come riserva energetica (grassi e oli) sotto forma di triacilgliceroli, cioè esterificati al **glicerolo**.

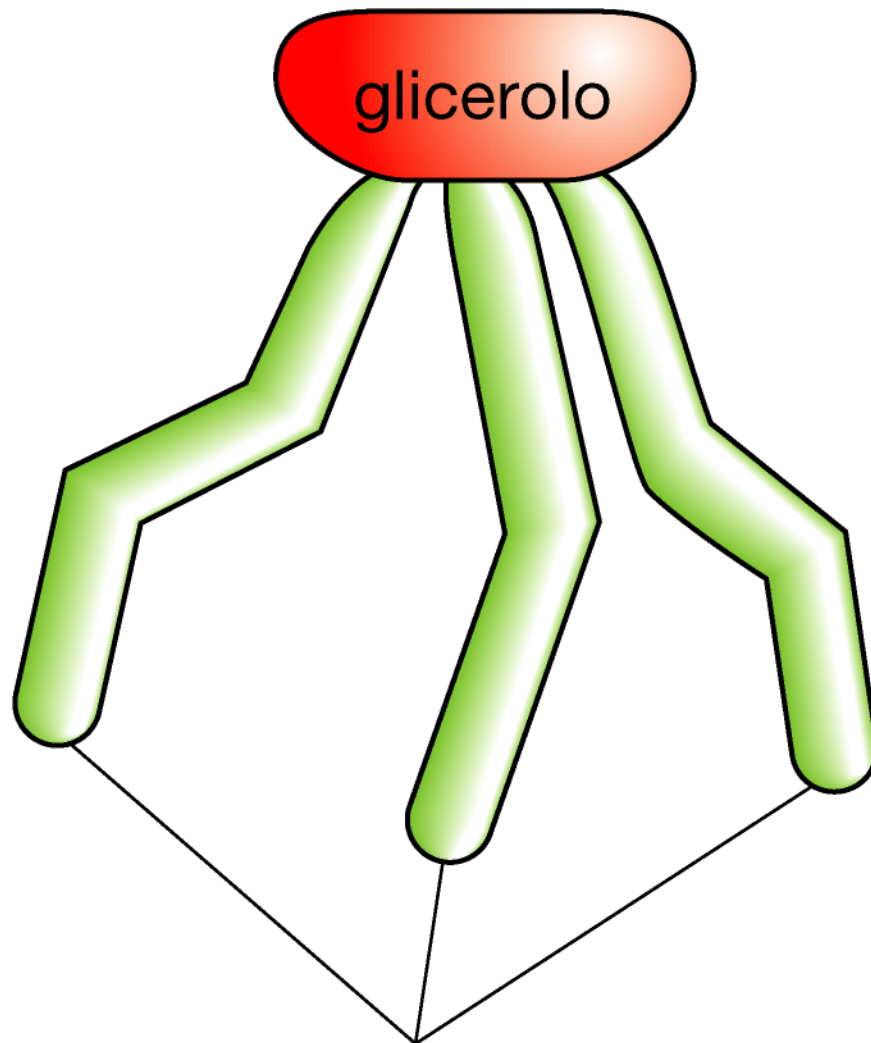


**glicerolo**



acidi grassi  
saturi

(A)



acidi grassi  
insaturi

(B)

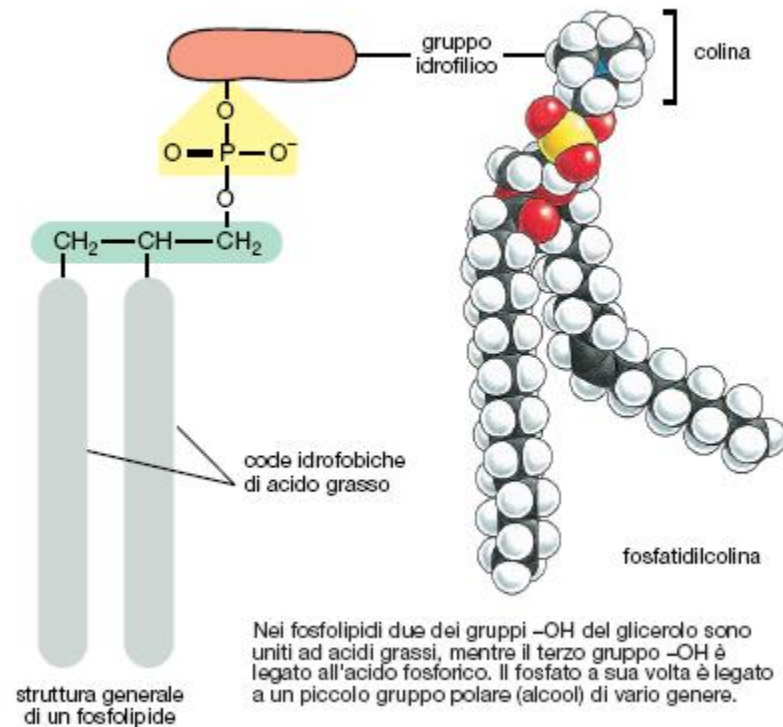
# Funzione più importante degli acidi grassi: **costruzione delle membrane**

Il **glicerolo** è congiunto a **2 acidi grassi** e ad un **gruppo fosfato**, a sua volta congiunto ad un piccolo composto idrofilo: **etanolamina, colina o serina**

Un **fosfolipide** è costituito dunque da una **coda idrofoba** ed una **testa polare idrofila**

## FOSFOLIPIDI

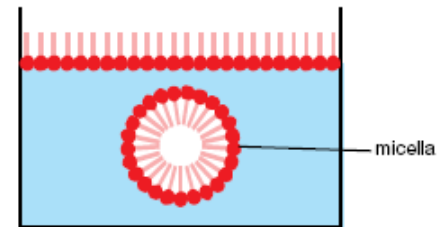
I fosfolipidi sono i costituenti principali delle membrane cellulari.



## AGGREGATI LIPIDICI

Gli acidi grassi hanno una testa idrofila e una coda idrofoba.

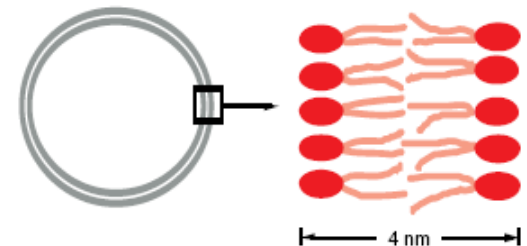
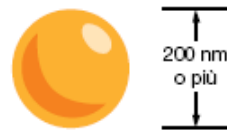
Nell'acqua possono formare una pellicola superficiale o piccole micelle.

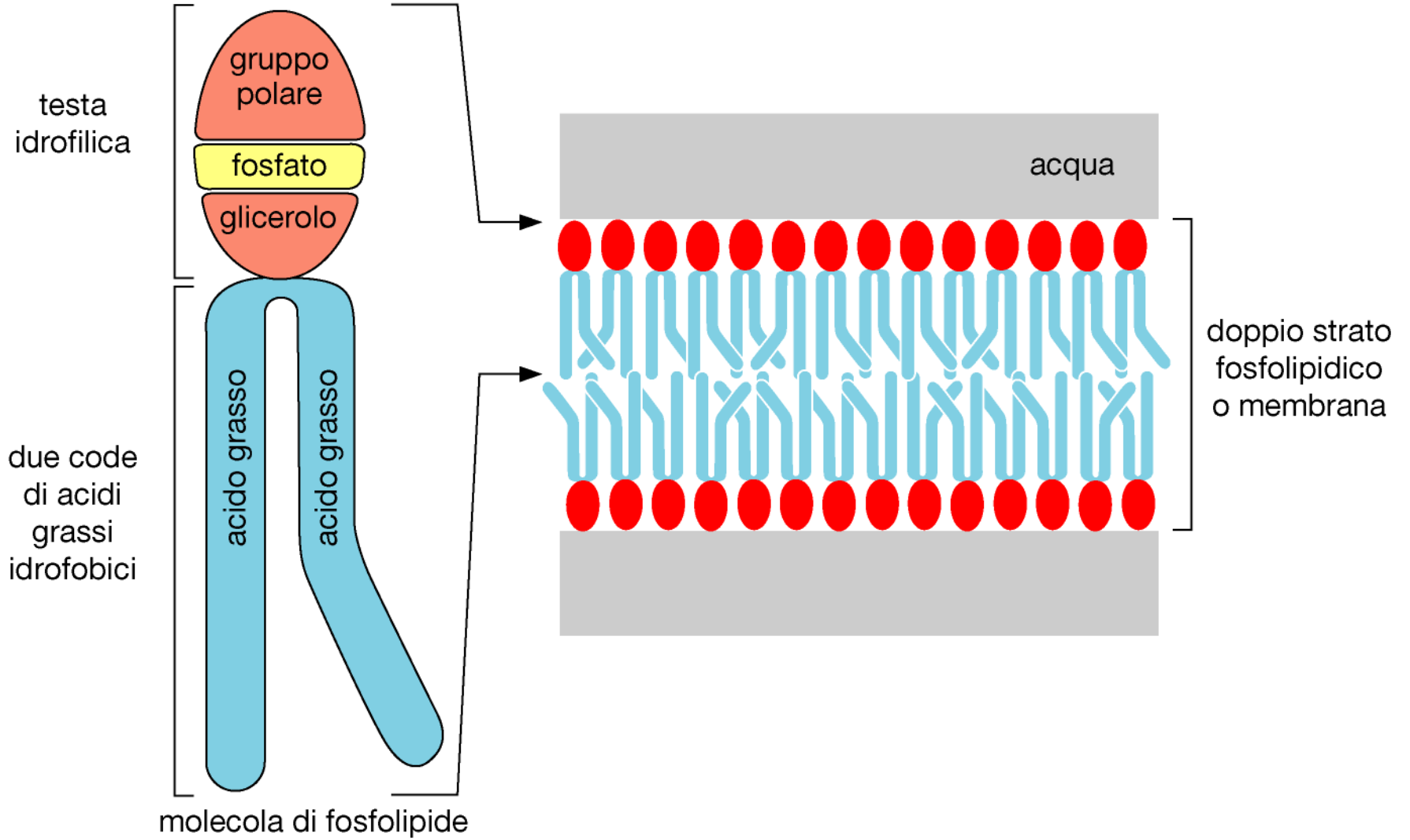


I loro derivati possono formare aggregati più grandi tenuti insieme da forze idrofobiche.

I **trigliceridi** formano grosse goccioline oleose sferiche nel citoplasma cellulare.

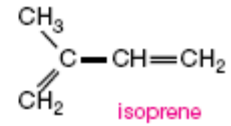
I **fosfolipidi** e i **glicolipidi** formano strati autosigillanti che sono la base di tutte le membrane cellulari.





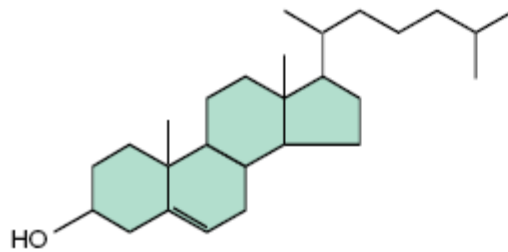
## ALTRI LIPIDI

Si definiscono lipidi le molecole cellulari insolubili in acqua che si sciolgono nei solventi organici. Altri due tipi di lipidi comuni sono gli steroidi e i polisoprenoidi. Entrambi sono composti da unità di isoprene.

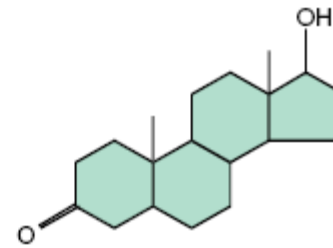


## STEROIDI

Gli steroidi hanno tutti una struttura ad anelli multipli.



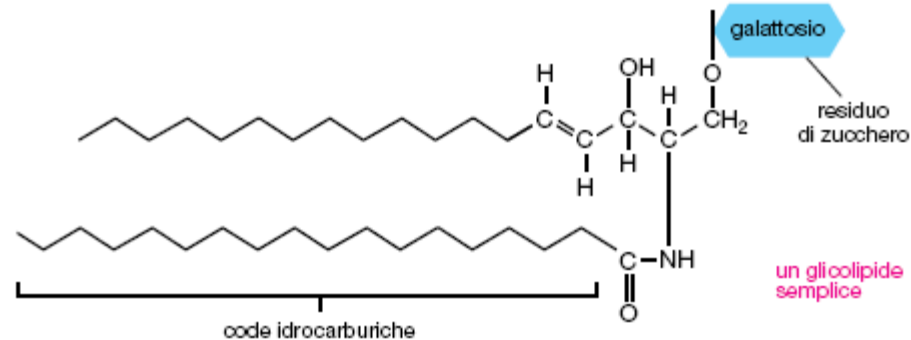
colesterolo, presente in molte membrane



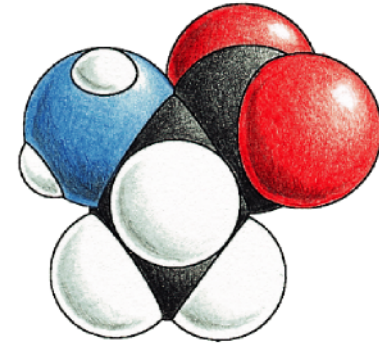
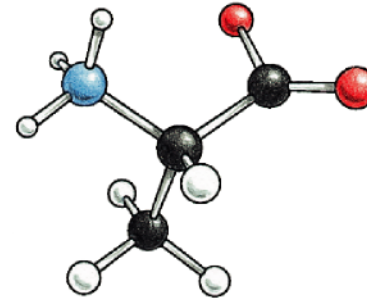
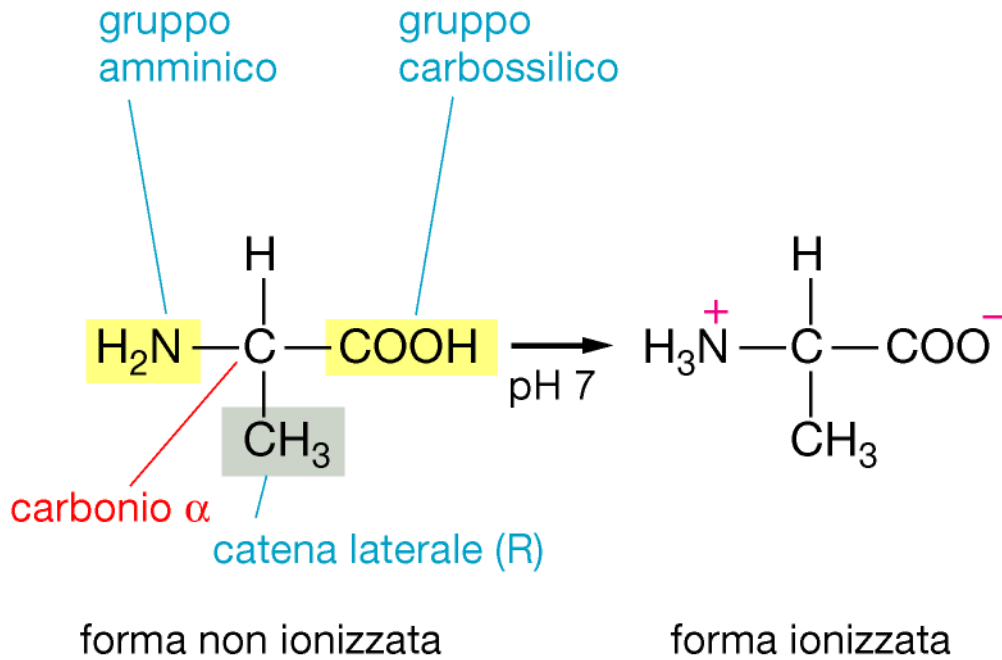
testosterone, ormone steroide maschile

## GLICOLIPIDI

Come i fosfolipidi, queste molecole sono composte da una regione idrofobica, contenente due lunghe code idrocarburiche e una regione polare, che tuttavia contiene uno o più residui di zuccheri e nessun fosfato.



# Amminoacidi



(A)

(B)

(C)

Gli amminoacidi si raggruppano in base alla loro catena laterale, a seconda che sia:

**ACIDA**

**BASICA**

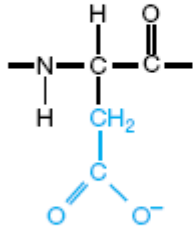
**POLARE MA NON CARICA**

**APOLARE**

## CATENE LATERALI ACIDE

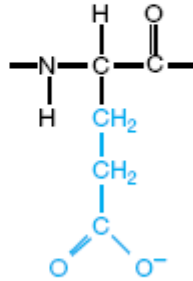
acido aspartico

(Asp o D)



acido glutammico

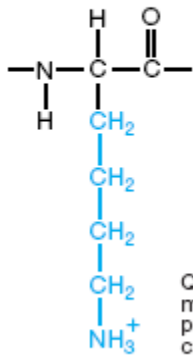
(Glu o E)



## CATENE LATERALI BASICHE

lisina

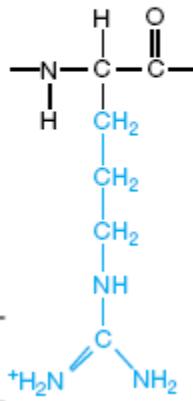
(Lys o K)



Questo gruppo è molto basico perché la sua carica positiva si stabilizza per risonanza.

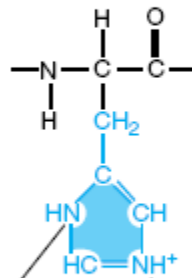
arginina

(Arg o R)



istidina

(His o H)

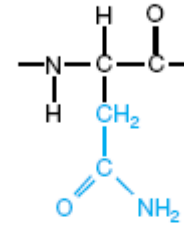


Questi atomi di azoto hanno un'affinità relativamente bassa per gli H<sup>+</sup> e i gruppi risultano solo parzialmente positivi a pH neutro.

## CATENE LATERALI POLARI MA NON CARICHE

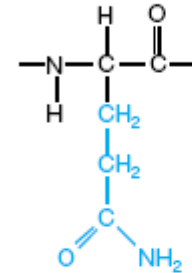
asparagina

(Asn o N)



glutammina

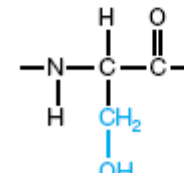
(Gln o Q)



Benché l'azoto dell'ammide non sia carico a pH neutro, è però polare.

serina

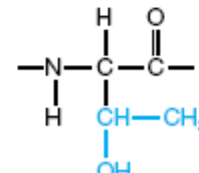
(Ser o S)



Il gruppo -OH è polare.

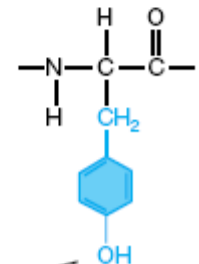
treonina

(Thr o T)



tirosina

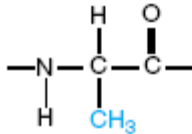
(Tyr o Y)



## CATENE LATERALI APOLARI

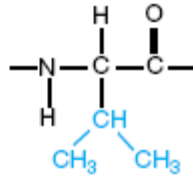
alanina

(Ala o A)



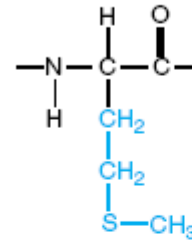
valina

(Val o V)



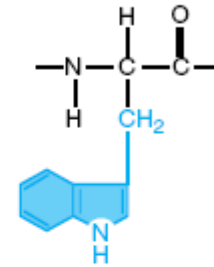
metionina

(Met o M)



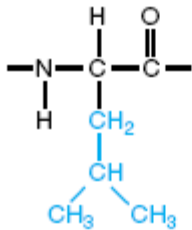
triptofano

(Trp o W)



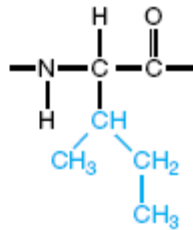
leucina

(Leu o L)



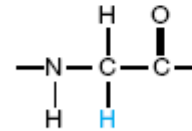
isoleucina

(Ile o I)



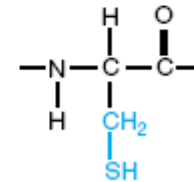
glicina

(Gly o G)



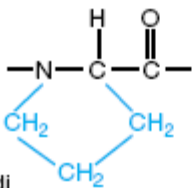
cisteina

(Cys o C)



prolina

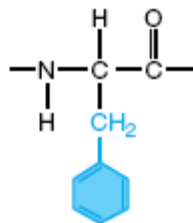
(Pro o P)



(caso di  
imminoacido)

fenilalanina

(Phe, o F)



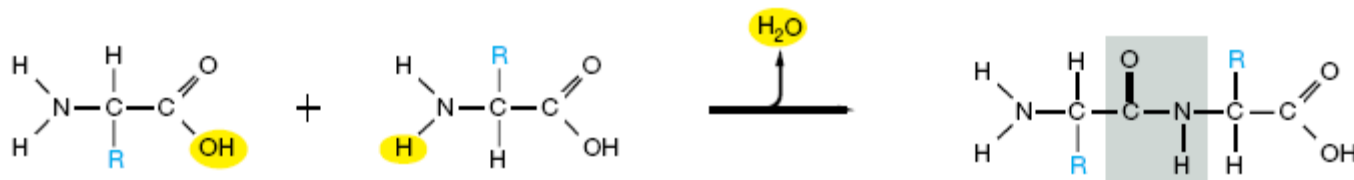
Nelle proteine, tra due gruppi laterali di cisteina si possono formare **legami disolfuro**.



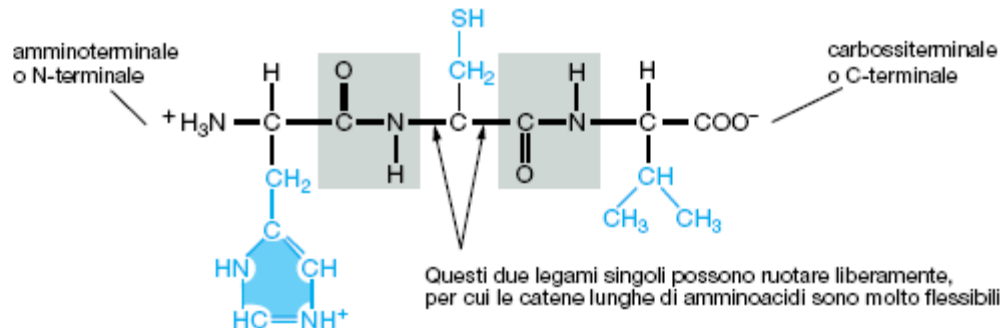
## LEGAMI PEPTIDICI

Generalmente gli aminoacidi si uniscono tra loro tramite un legame ammidico, detto legame peptidico.

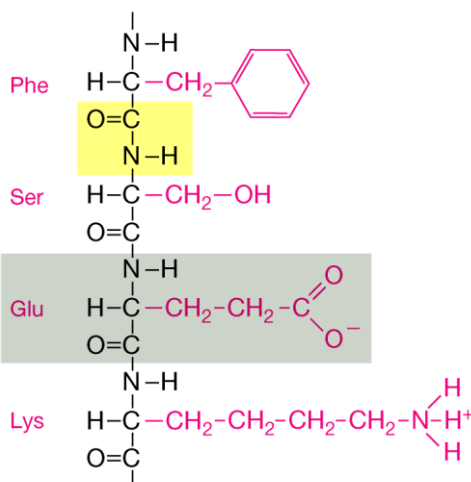
**Legame peptidico:** i quattro atomi evidenziati dal riquadro grigio formano un blocco planare rigido. Intorno al legame C-N non si ha rotazione.



Le **proteine** sono lunghi polimeri di aminoacidi uniti da legami peptidici e si scrivono sempre con l'N-terminale a sinistra. La sequenza di questo tripeptide è istidina-cisteina-valina.



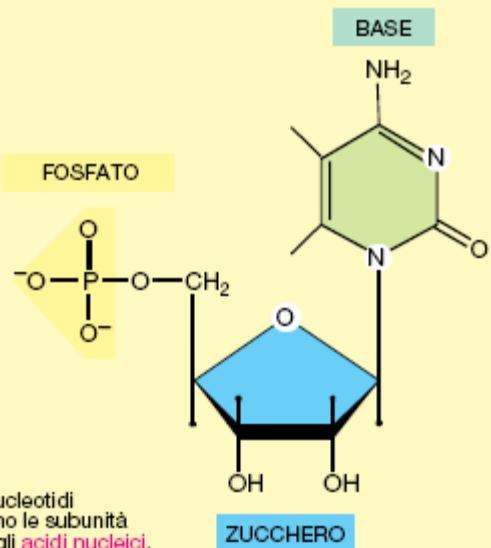
estremità  
amminoternale  
della catena polipeptidica



estremità  
carbossiternale  
della catena  
polipeptidica

## NUCLEOTIDI

Un nucleotide consiste di una base azotata, uno zucchero a cinque carboni e uno o più gruppi fosfato.

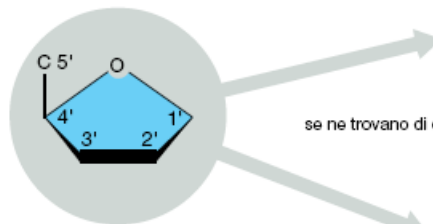


I nucleotidi sono le subunità degli **acidi nucleici**.

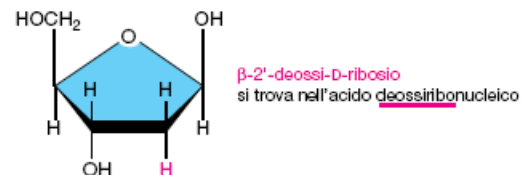
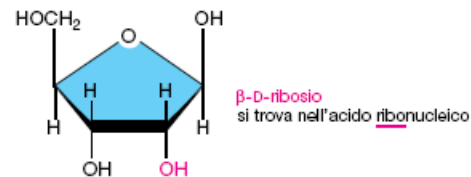
# Nucleotidi

## ZUCCHERI

**PENTOSIO**  
zucchero a cinque carboni



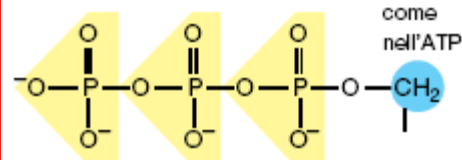
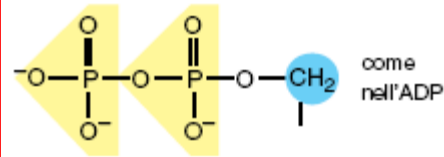
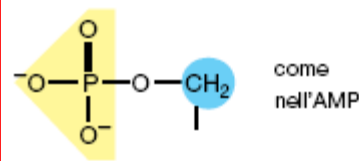
se ne trovano di due tipi



Nel nucleotide, a ogni carbonio dello zucchero viene assegnato un numero corredato di un apostrofo, per cui si dice "carbonio 5-primo" ecc.

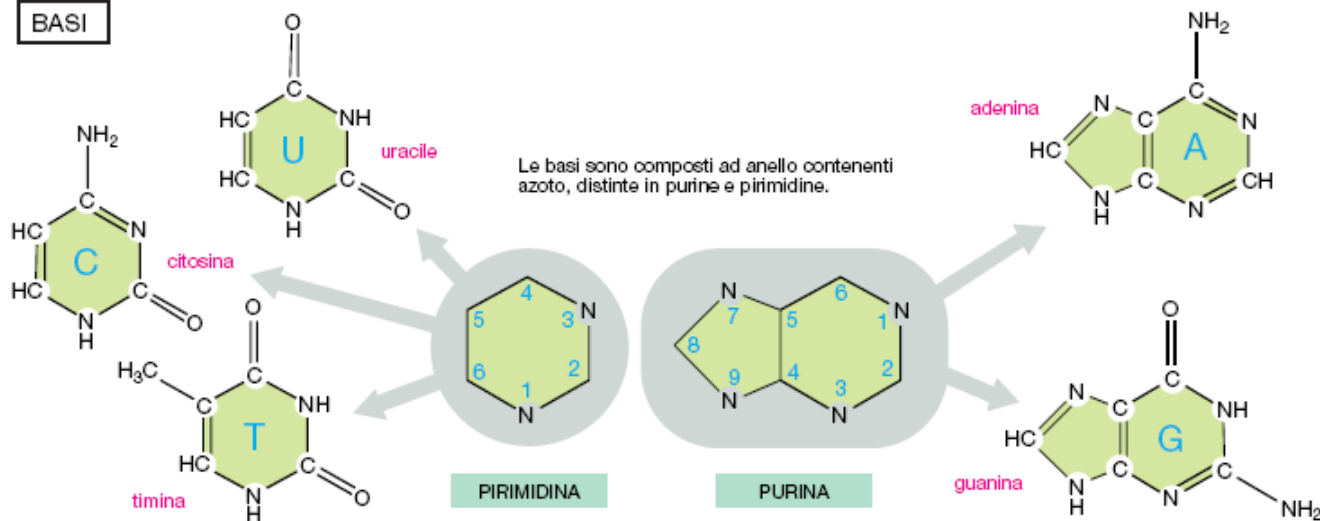
## FOSFATI

Solitamente i fosfati sono legati all'ossidrilie C5 dello zucchero, il ribosio o il deossiribosio (indicato con 5'). Si trovano frequentemente i mono-, i di- e i trifosfati.



La presenza del fosfato conferisce ai nucleotidi carica negativa.

## BASI



## NOMENCLATURA

I nomi possono creare qualche confusione ma le abbreviazioni sono chiare.

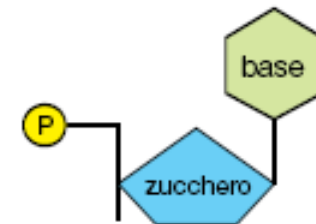
BASE	NUCLEOSIDE	ABBR.
adenina	adenosina	A
guanina	guanosina	G
citosina	citidina	C
uracile	uridina	U
timina	timidina	T

I nucleotidi si abbreviano con tre lettere maiuscole. Alcuni esempi:

AMP = adenosin monofostato  
dAMP = deossiadenosin monofostato  
UDP = uridin difostato  
ATP = adenosin trifostato



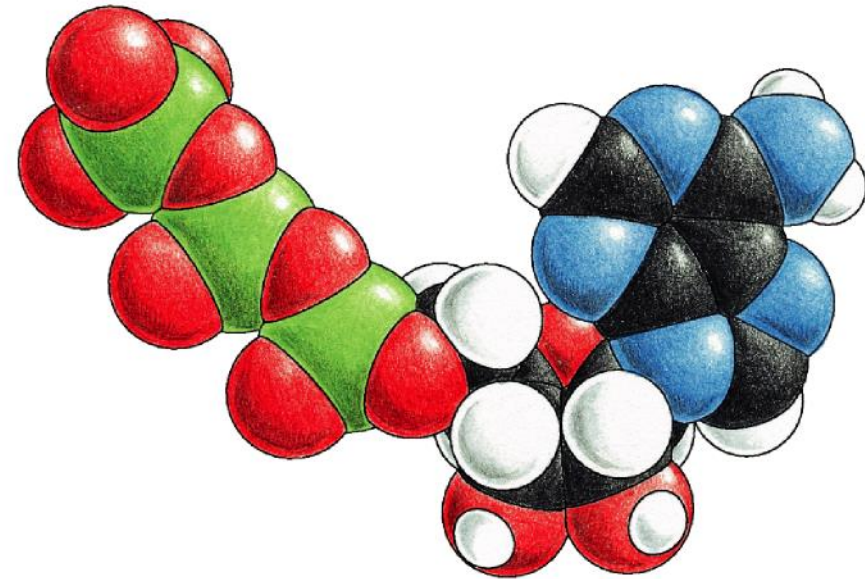
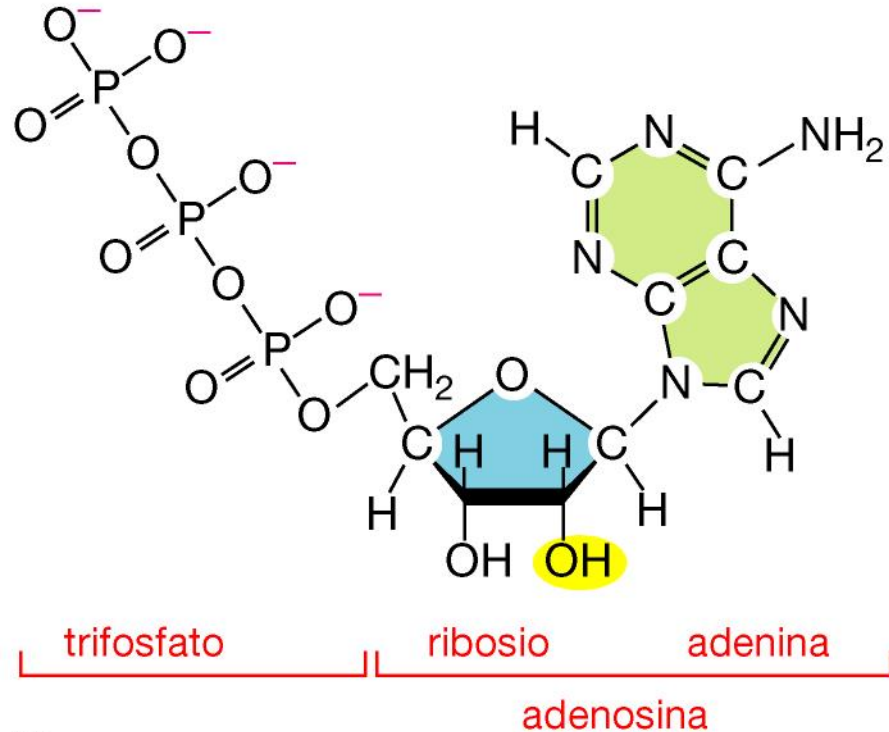
BASE + ZUCCHERO = NUCLEOSIDE



BASE + ZUCCHERO + FOSFATO = NUCLEOTIDE

I nucleotidi possono fungere da **trasportatori di energia**

# ATP adenosina trifosfato

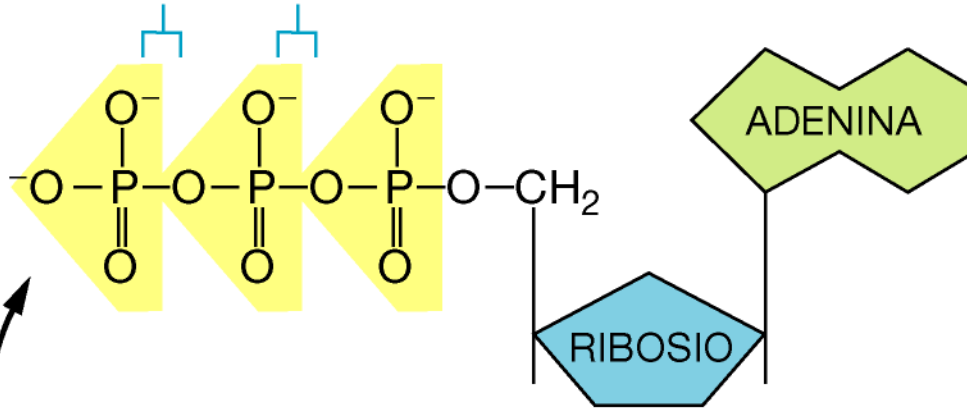


(A)

(B)

Il suo fosfato terminale viene saldato al resto della molecola grazie all'ossidazione degli alimenti e può essere facilmente separato per idrolisi liberando energia

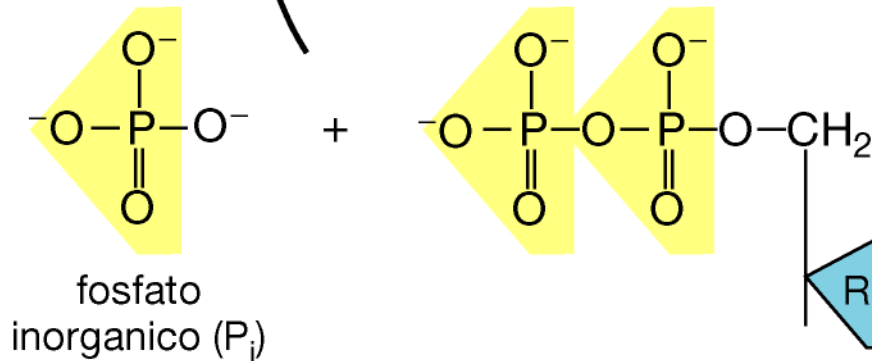
legami fosfoanidrididici



**ATP**

energia  
dalla luce  
solare  
o dal cibo

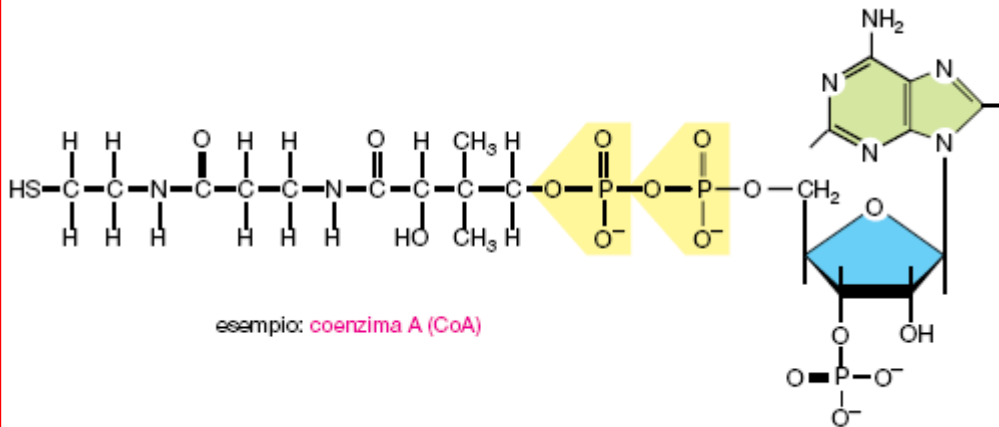
energia  
disponibile  
per il lavoro  
cellulare e la  
sintesi chimica



fosfato  
inorganico ( $\text{P}_i$ )

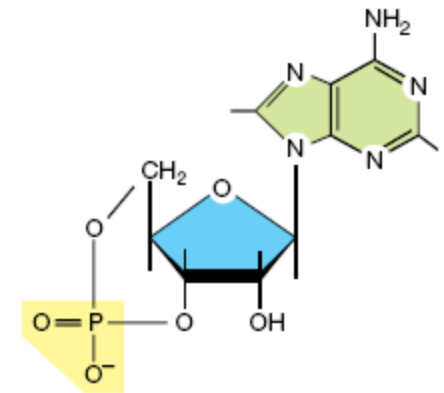
**ADP**

I nucleotidi possono combinarsi con altri gruppi per dare **coenzimi**



I nucleotidi possono essere usati come vettori specifici di **messaggi intracellulari**

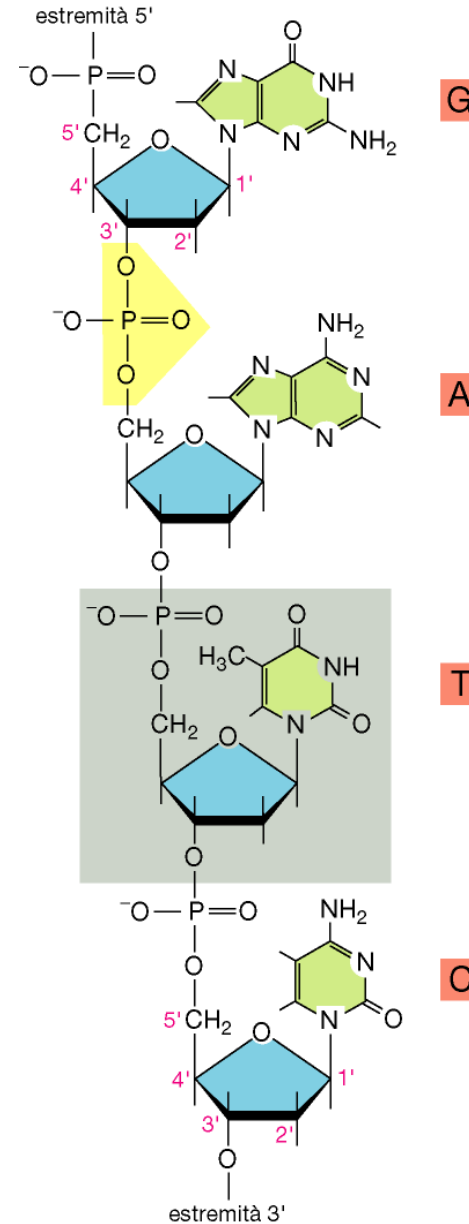
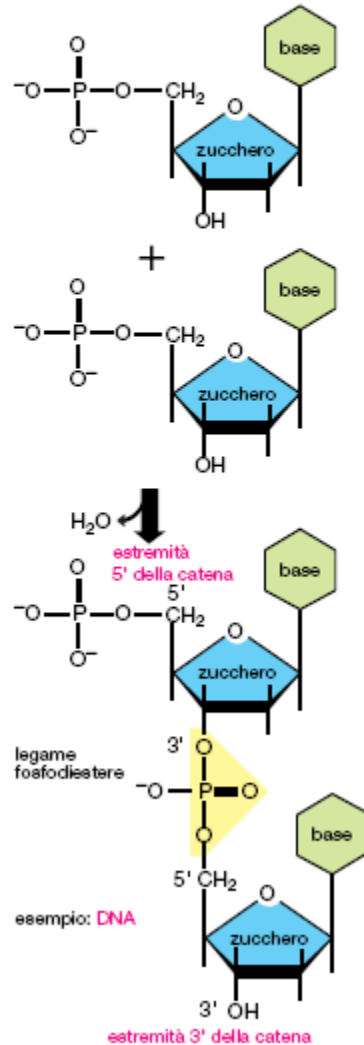
esempio: **AMP ciclico (cAMP)**



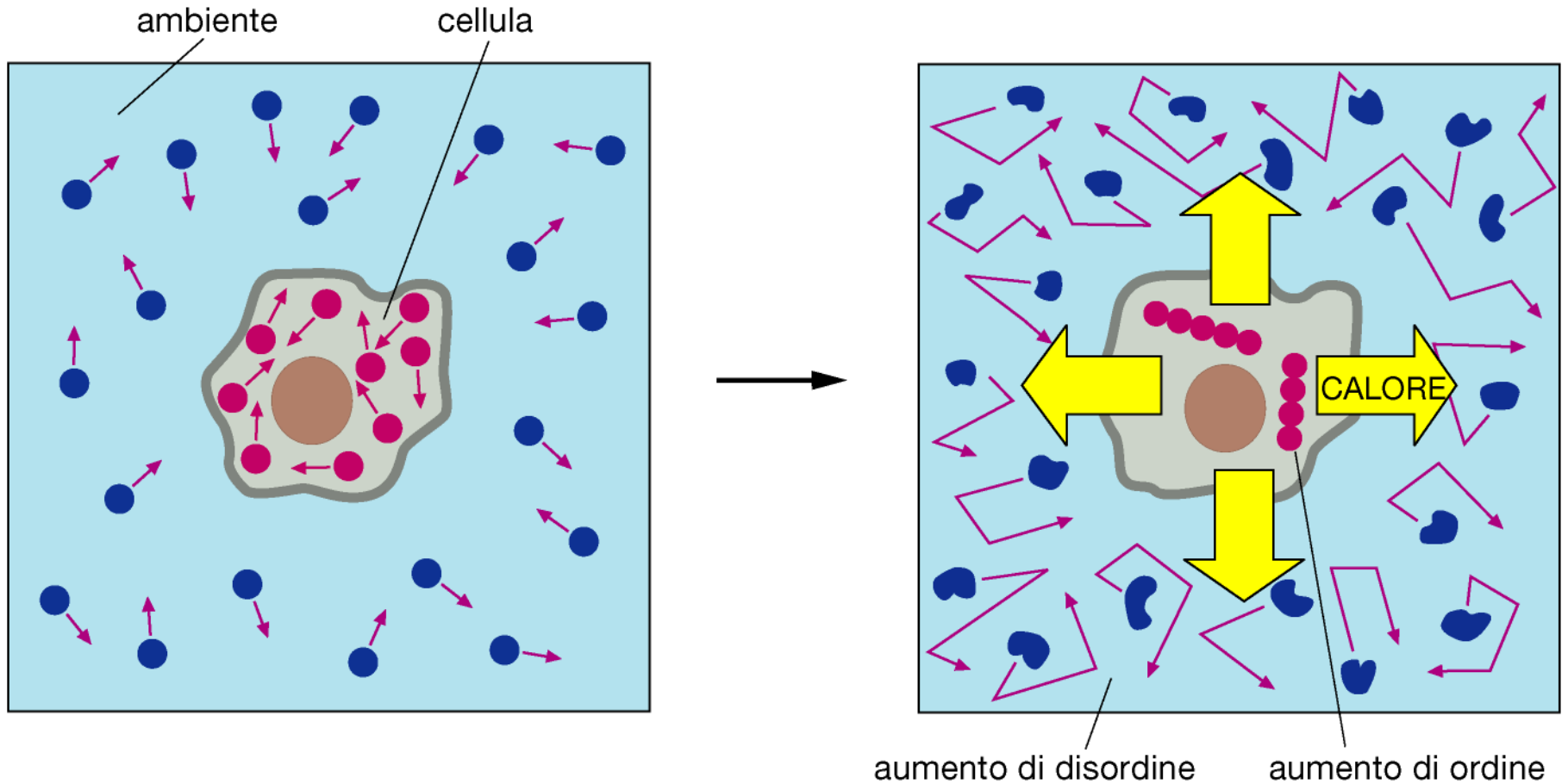
# Acido ribonucleico (RNA) / Acido deossiribonucleico (DNA)

## ACIDI NUCLEICI

I nucleotidi si uniscono tra loro tramite un **legame fosfodiesterico** tra gli atomi di carbonio 3' e 5' a formare gli acidi nucleici. La sequenza lineare dei nucleotidi nella catena di un acido nucleico di solito si indica con codice a lettere singole, come A—G—C—T—T—A—C—A, dove l'estremità 5' della catena è intesa essere quella a sinistra.

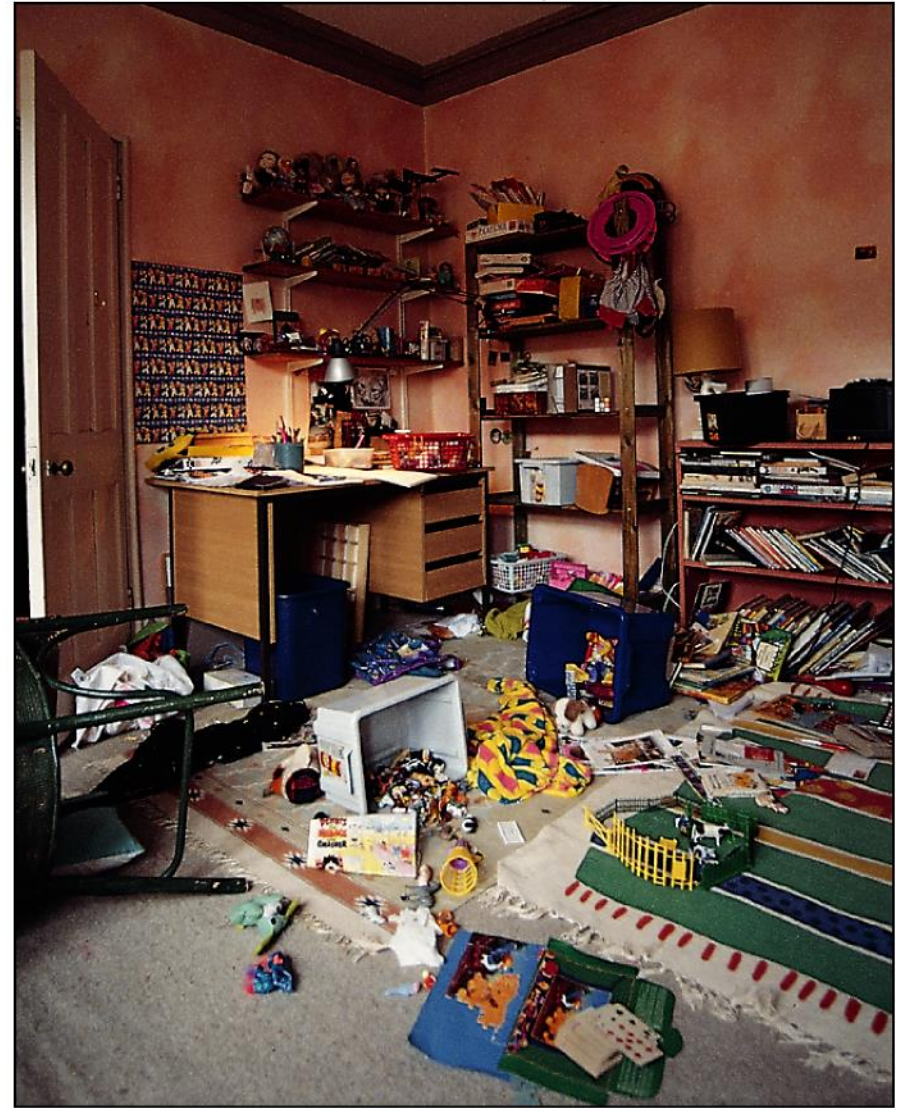


# L'ordine e l'energia biologici



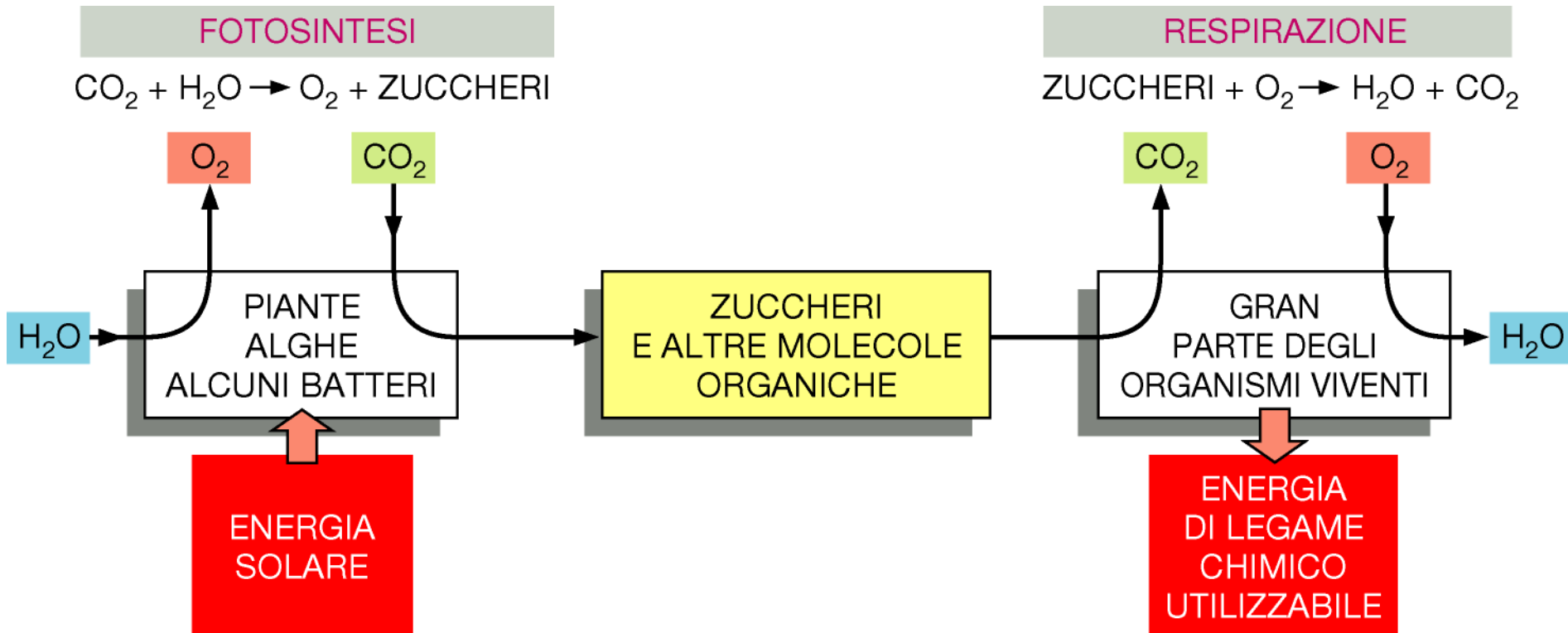
REAZIONE «SPONTANEA»

nel corso del tempo

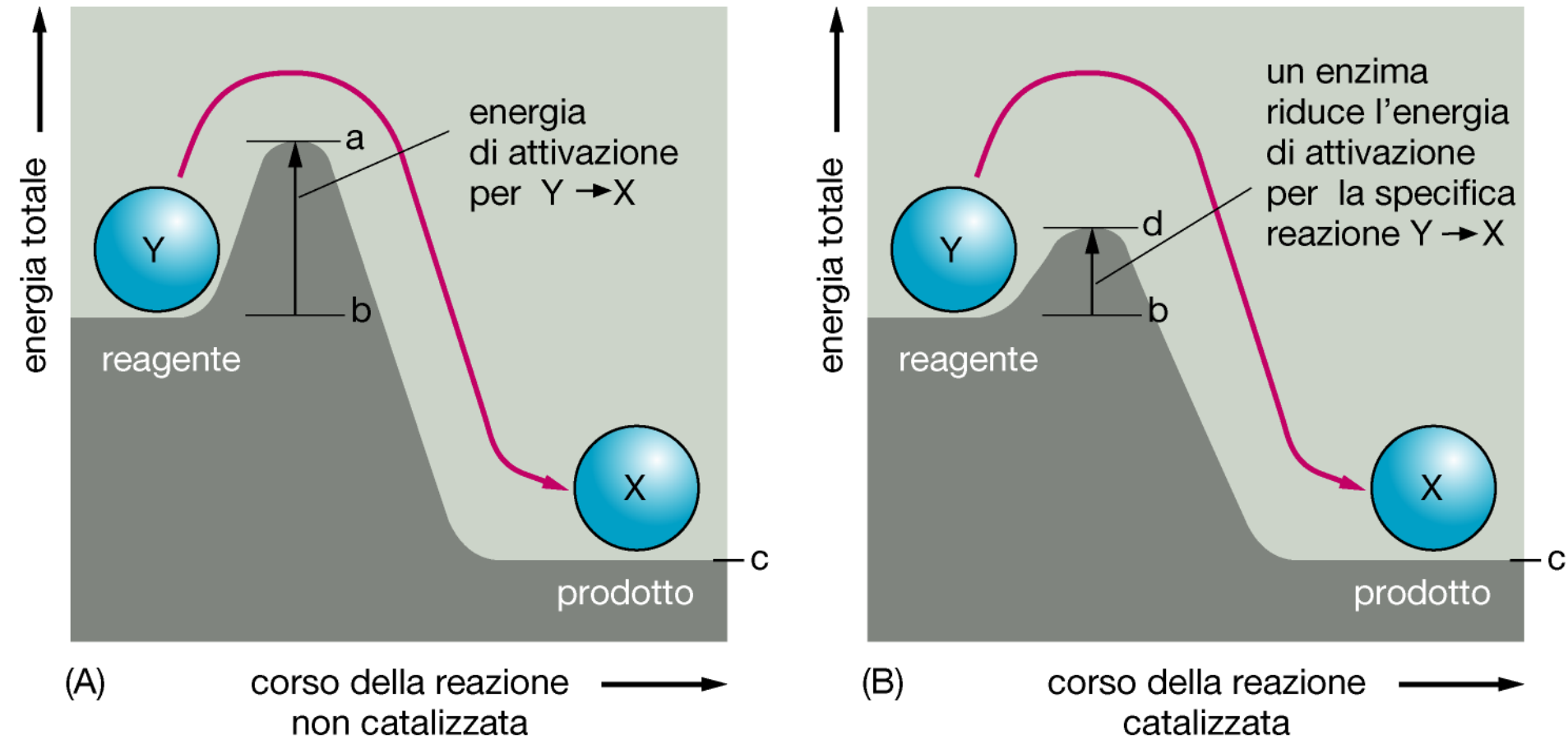


SFORZO ORGANIZZATIVO CHE RICHIEDE UN APPORTO ENERGETICO

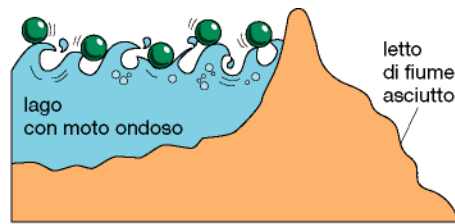
# L'energia chimica si trasferisce dalle piante agli animali



Le reazioni necessarie per passare ad uno stato energetico più favorevole, spesso richiedono un' **energia di attivazione**

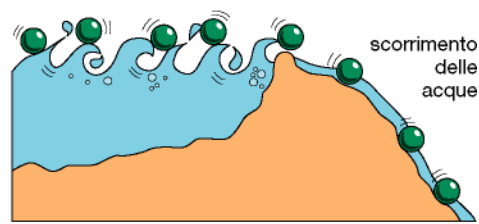


Esistono specifici **catalizzatori proteici**, gli **enzimi**, capaci di ridurre tale energia di attivazione, stabilendo quale dei possibili percorsi alternativi sarà effettivamente imboccato

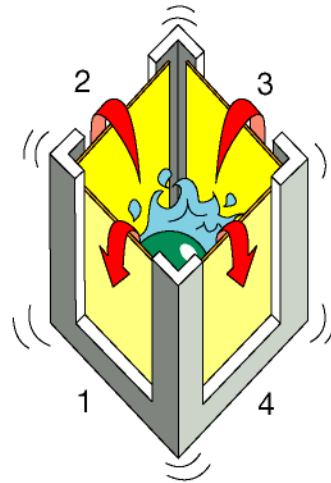


reazione non catalizzata, moto ondoso insufficiente al superamento della barriera

(A)

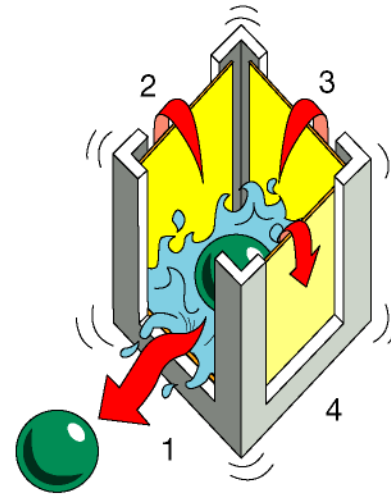


reazione catalizzata, le onde superano spesso la barriera



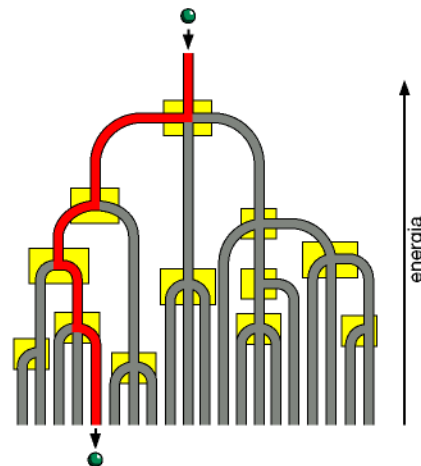
(B)

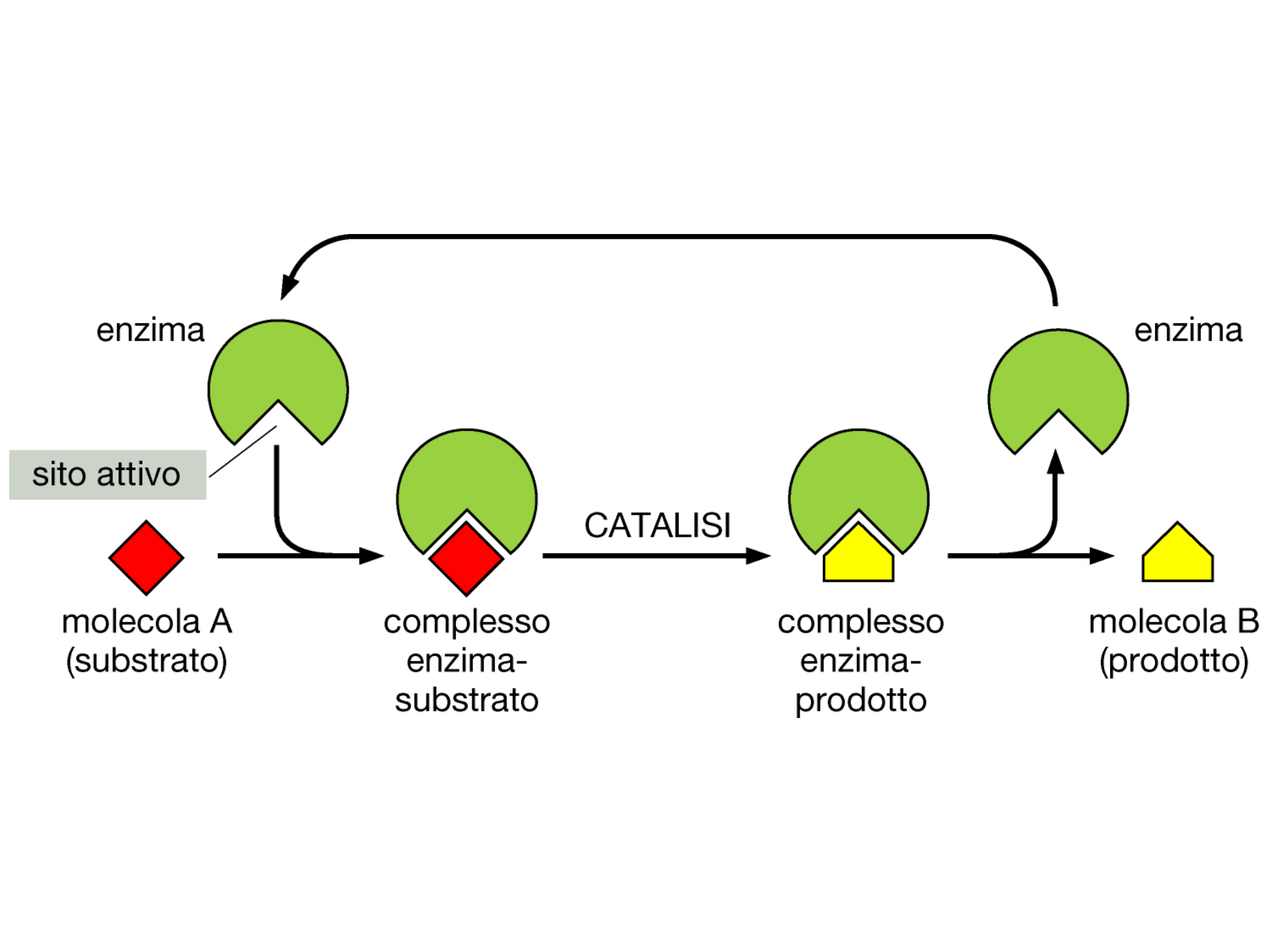
senza catalisi



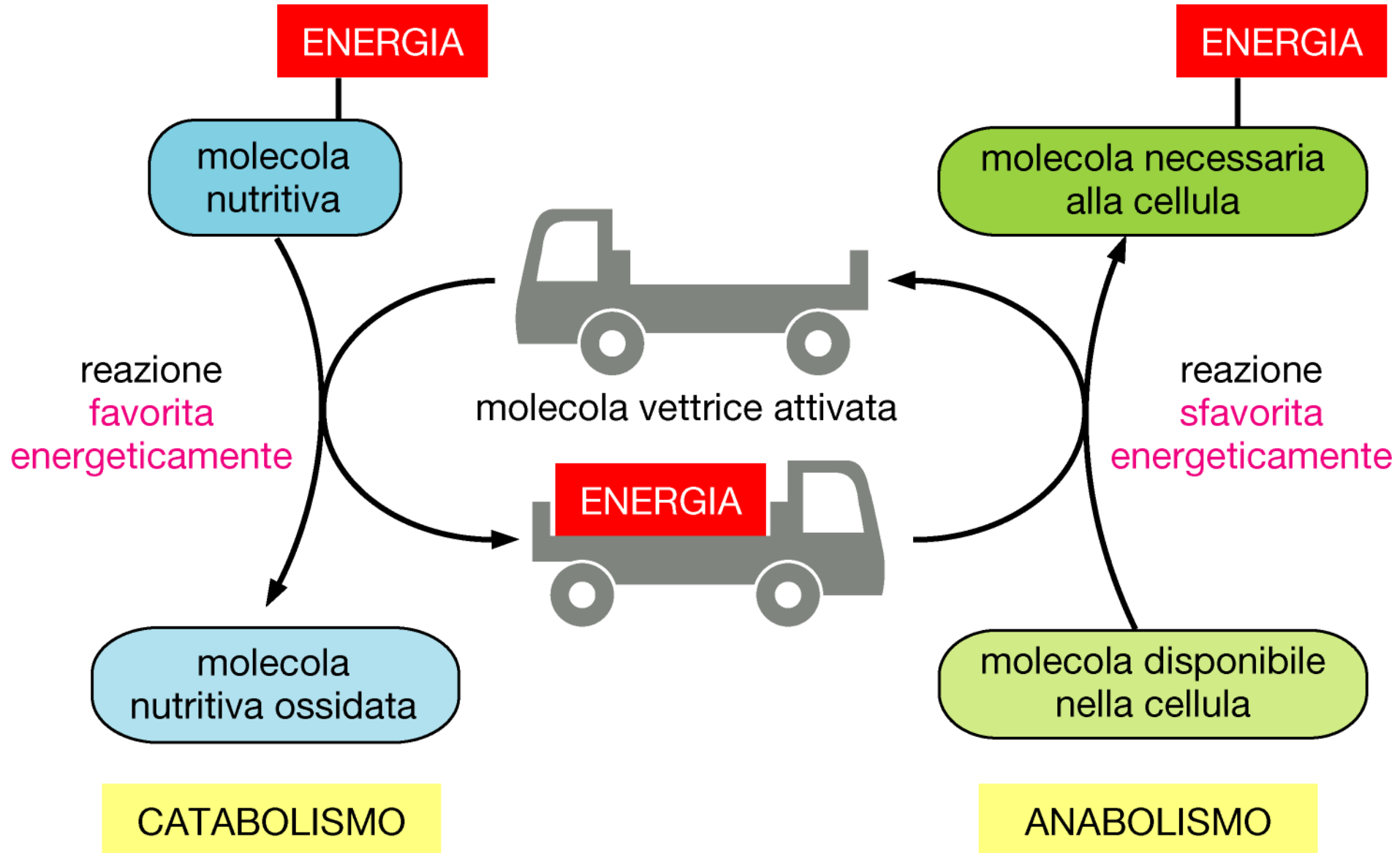
catalisi enzimatica della reazione 1

(C)

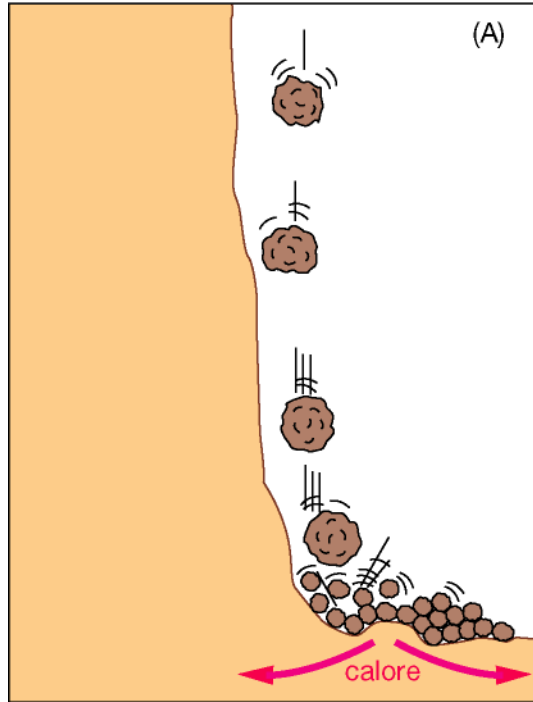




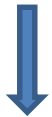
Le **reazioni** chimiche sintetiche o **anaboliche**, che creano ordine biologico, vengono accoppiate con quelle degradative o **cataboliche**, dalle quali si ricava energia



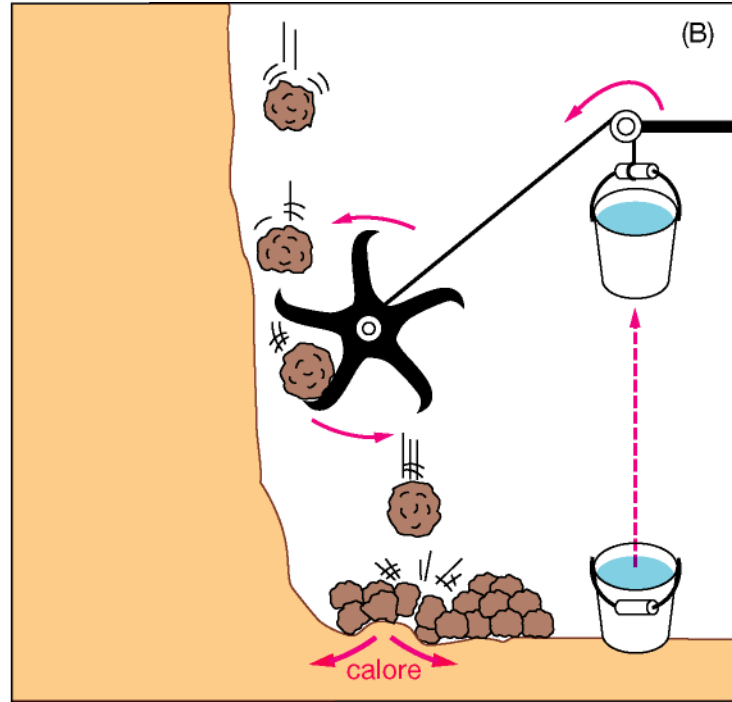
# Ad esempio ...



energia cinetica trasformata soltanto in energia termica



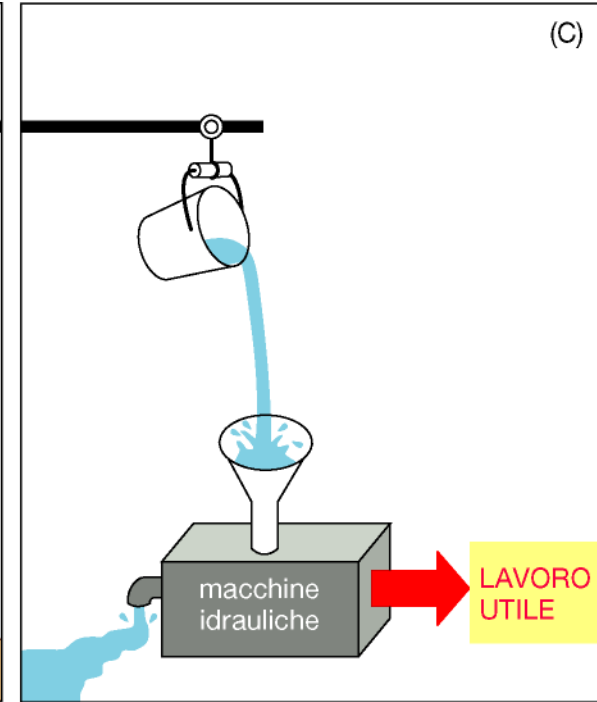
Ossidazione diretta del glucosio a  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ , con sola produzione di calore



una parte dell'energia cinetica viene consumata per sollevare un secchio di acqua, e solo la parte rimasta viene trasformata in calore



Tale reazione è accoppiata con un'altra, ad esempio la sintesi di ATP



l'energia cinetica potenziale immagazzinata nel secchio di acqua sollevato si può impiegare azionando macchine idrauliche che compiono una serie di lavori utili



L'energia più versatile, ATP, può servire a promuovere altri processi cellulari

Ma cosa significa **reazione favorita** o reazione **sfavorita**?

Una reazione può svolgersi spontaneamente solo a patto di risolversi in un **incremento netto del disordine dell'universo**

L'incremento di disordine si manifesta come produzione di **calore**, dissipamento di energia termica, che si misura in termini di:

## **ENERGIA LIBERA (G)**

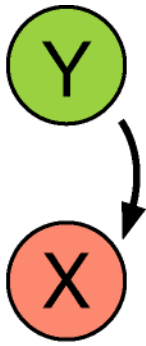
Le molecole di una cellula vivente possiedono energia a causa delle loro vibrazioni, rotazioni e traslazioni e sotto forma di legami tra singoli atomi.



L'**energia libera, G** (in kcal/mole o kj/mole; 1 kilocaloria è uguale a 4,184 kilojoule), misura l'energia di una molecola che, in linea di principio potrebbe essere usata per compiere lavoro utile a temperatura costante (come nella cellula vivente).

Le sue variazioni,  **$\Delta G$** , misurano la quantità di disordine creata nell'universo quando si svolge una reazione

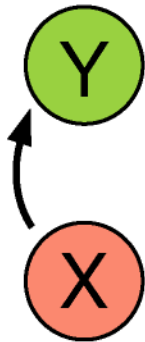
REAZIONE  
FAVORITA  
ENERGETI-  
CAMENTE



L'energia libera di Y è maggiore dell'energia libera di X. Quindi  $\Delta G < 0$  e il disordine dell'universo aumenta durante la reazione

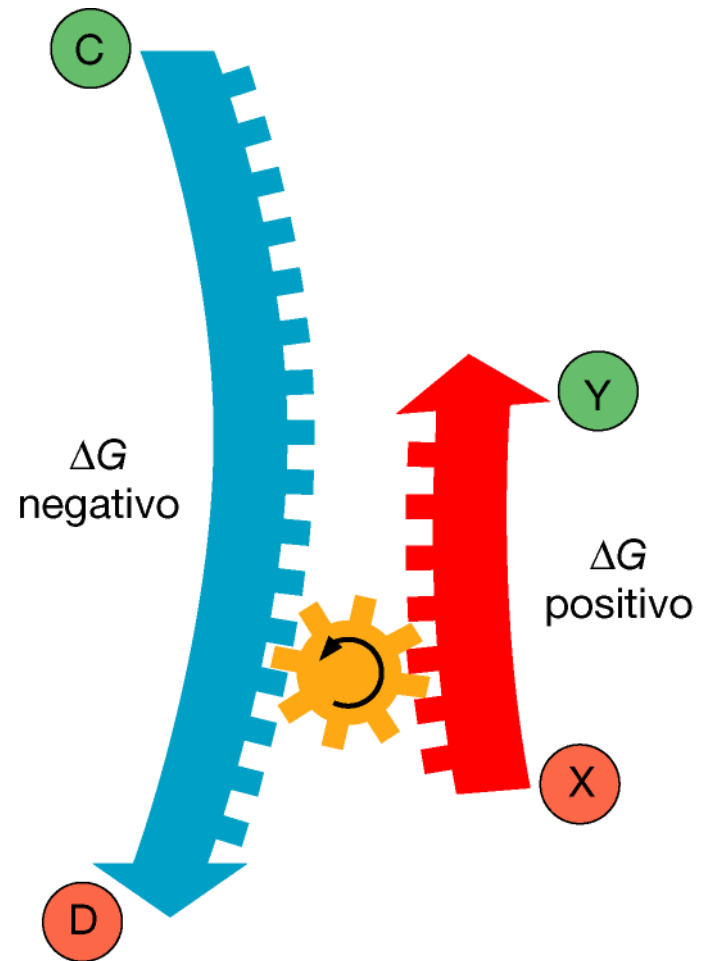
questa reazione può avvenire spontaneamente

REAZIONE  
SFAVORITA  
ENERGETI-  
CAMENTE



Se avvenisse la reazione  $X \rightarrow Y$ ,  $\Delta G$  sarebbe  $> 0$  e l'universo diventerebbe più ordinato

questa reazione può avvenire solo se si accoppia a un'altra che sia favorita energeticamente

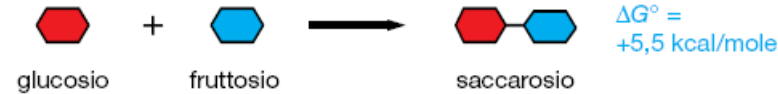


La reazione sfavorita energeticamente  $X \rightarrow Y$  è ingranata con quella favorita energeticamente  $C \rightarrow D$  e viene portata avanti perché la variazione di energia libera per le due reazioni accoppiate è minore di zero.

# REAZIONI ACCOPPIATE

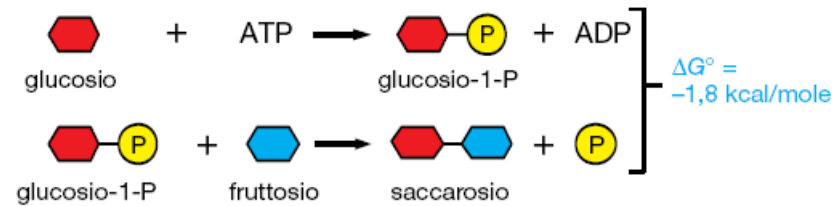
Le reazioni si possono “accoppiare” se hanno uno o più intermedi in comune. In questo caso la variazione di energia libera complessiva è semplicemente la somma dei singoli valori di  $\Delta G^\circ$ . Per questa ragione una reazione sfavorita (con un  $\Delta G^\circ$  positivo) può essere trascinata da una reazione altamente favorita che la segua.

## REAZIONE SINGOLA

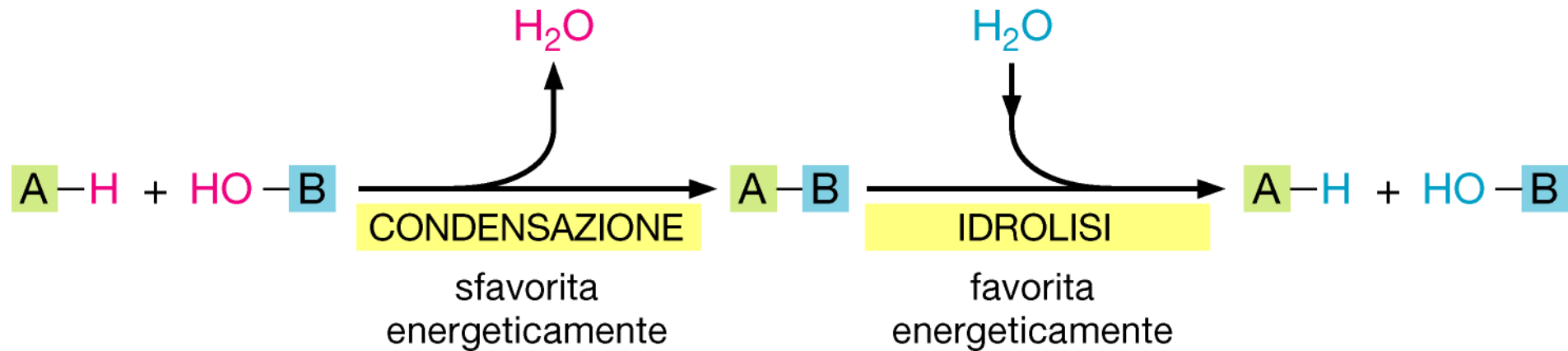


**RISULTATO NETTO:** non avviene!

## REAZIONE ACCOPPIATA

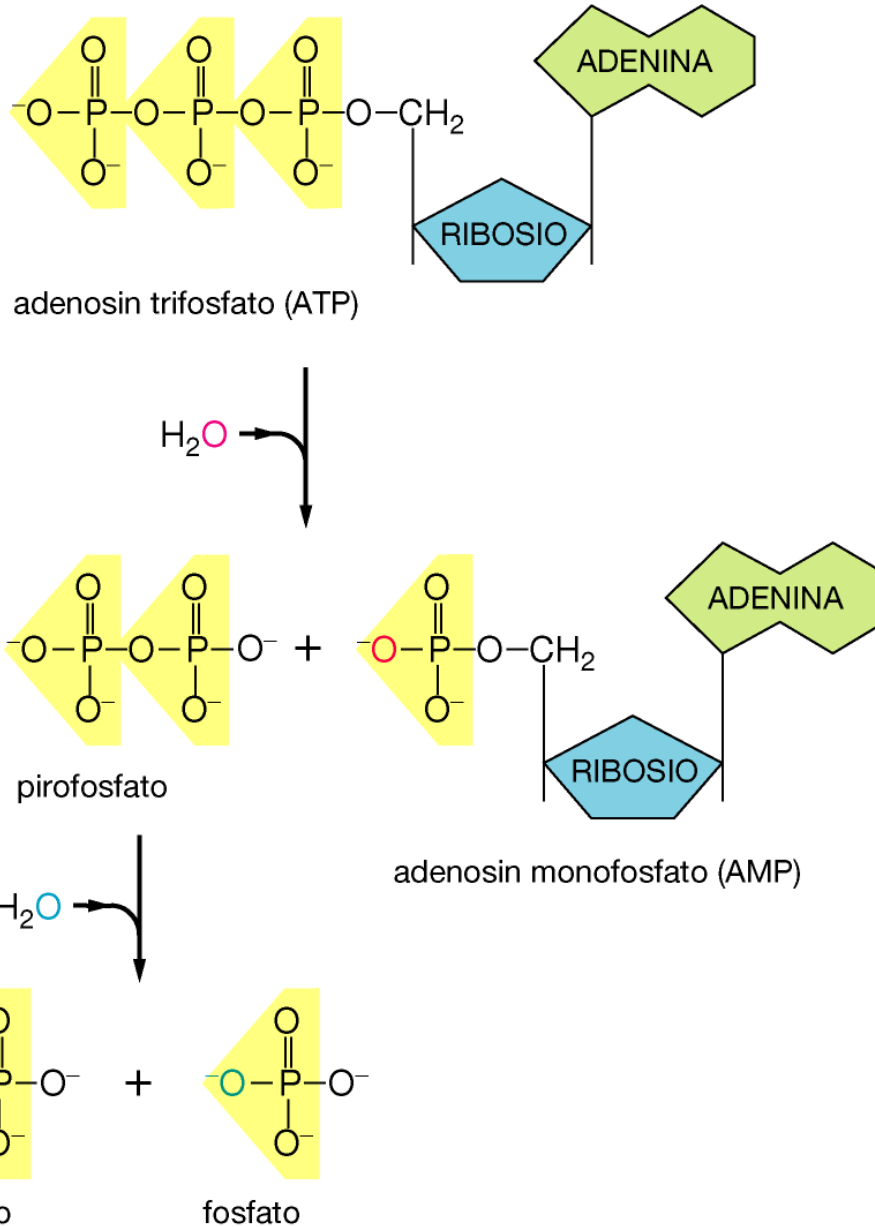


**RISULTATO NETTO:** viene prodotto saccarosio in una reazione alimentata dall'idrolisi di ATP.

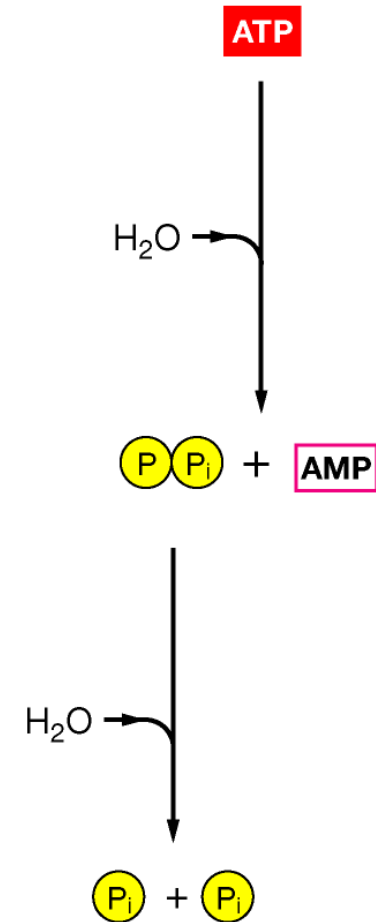


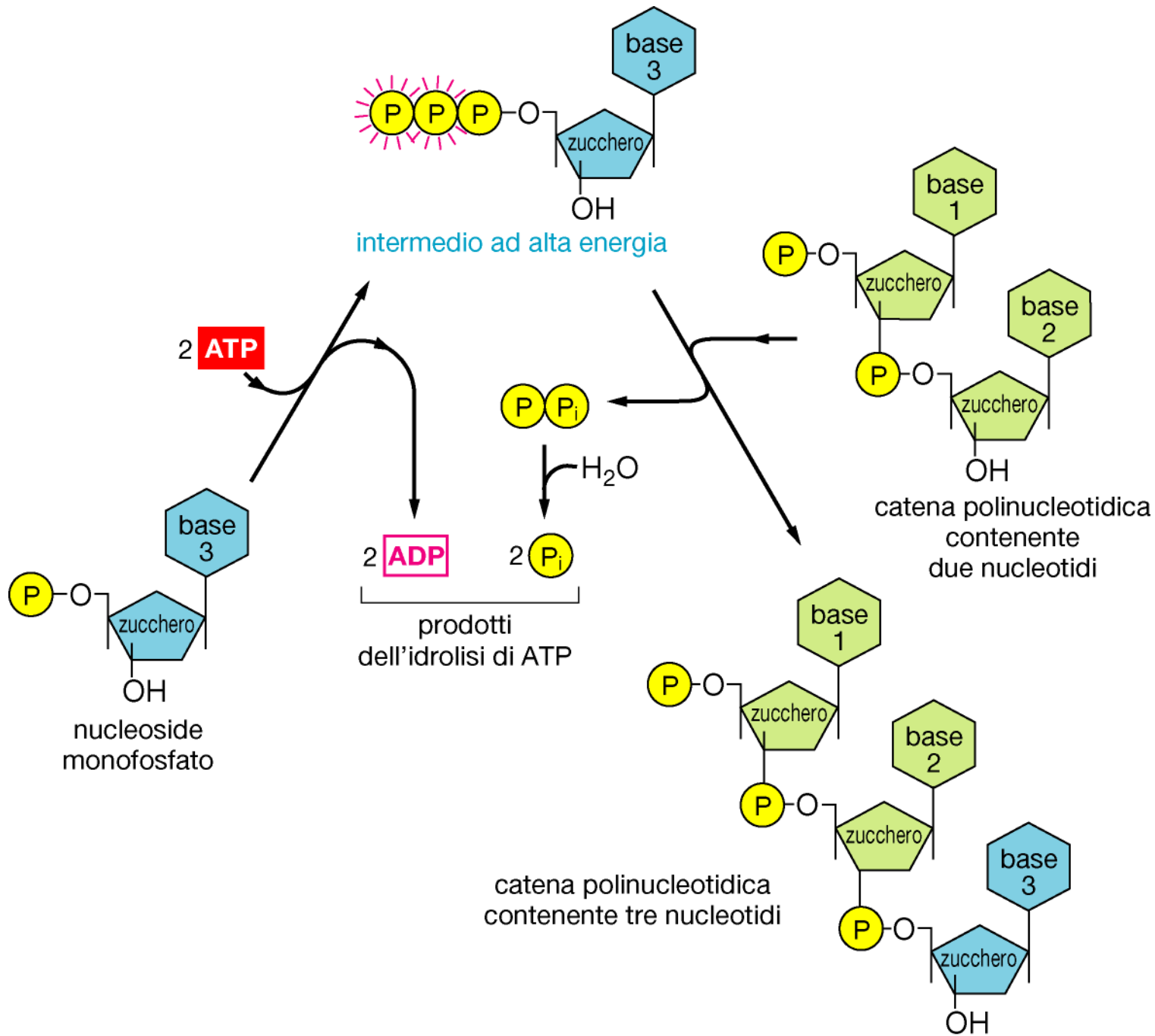
Le reazioni biosintetiche, sfavorite, sono spesso direttamente accoppiate con l'idrolisi dell'ATP, che si accompagna ad un  $\Delta G$  negativo e grande

(A)

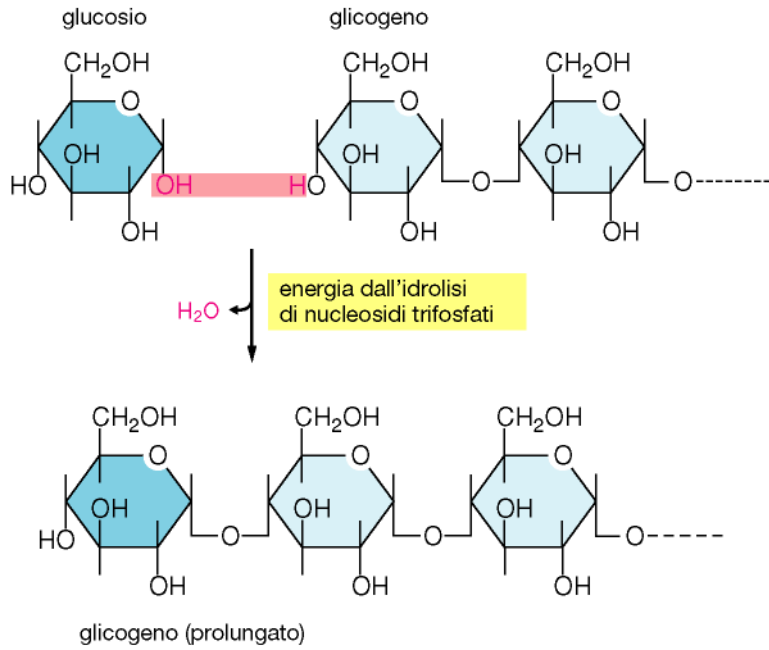


(B)

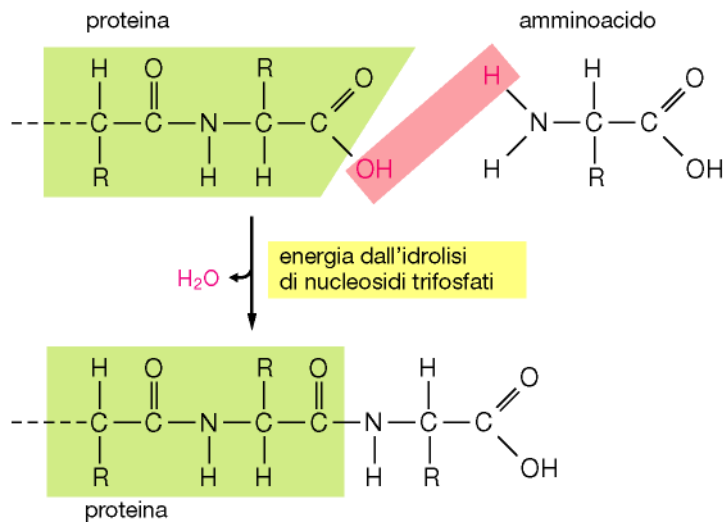




## POLISACCARIDI



## PROTEINE



## ACIDI NUCLEICI

