

Le biomolecole

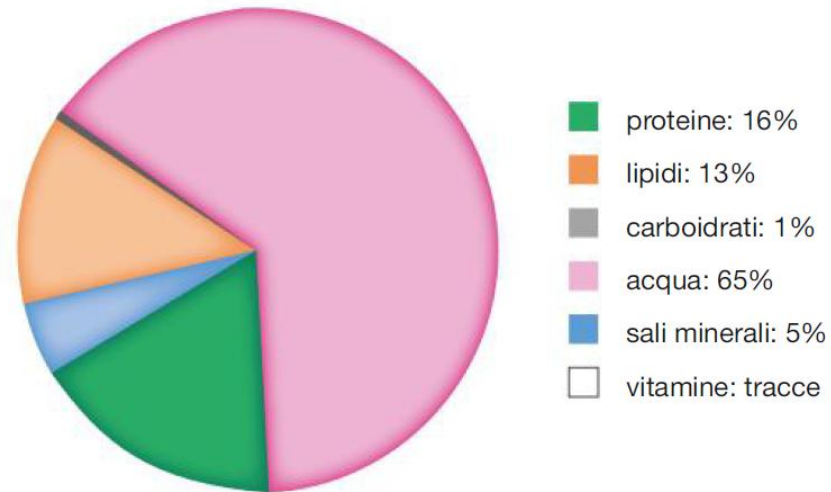
La **biochimica** comprende lo studio delle **biomolecole**, la loro organizzazione, le interazioni e le trasformazioni che subiscono nelle cellule.

In generale le **biomolecole** sono:

- **macromolecole**, molecole complesse che possono contenere migliaia di atomi (principalmente C, H e O)
- **composti polifunzionali**, cioè contengono due o più gruppi funzionali diversi
- in molti casi **polimeri** formati dall'unione di composti organici più piccoli chiamati **monomeri**

Le biomolecole sono suddivise in quattro classi:

- **carboidrati** (funzione energetica e strutturale)
- **lipidi** (funzione energetica e strutturale)
- **proteine** (funzione strutturale e regolatrice)
- **acidi nucleici** (contengono le informazioni biologiche)



Composizione percentuale
dell'organismo umano

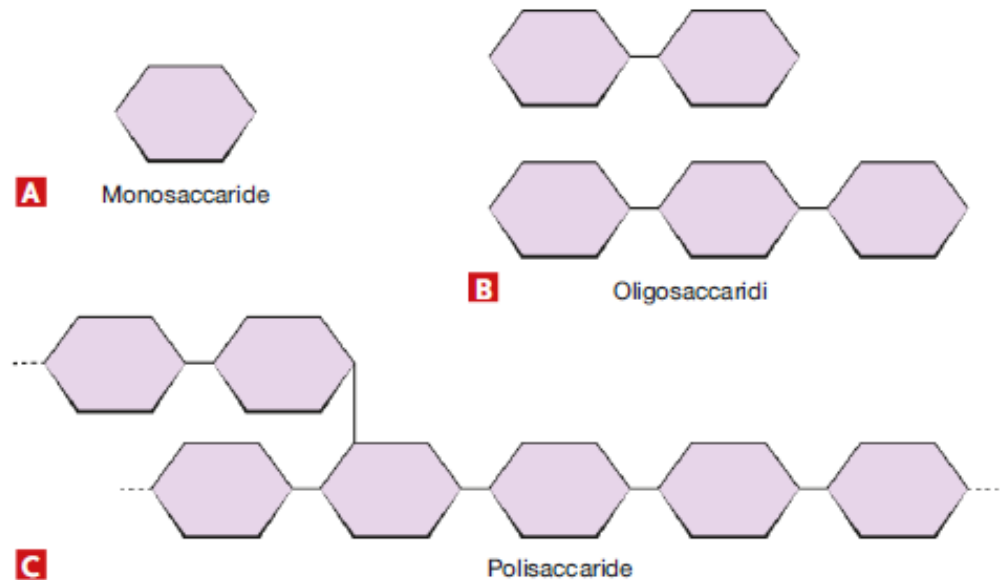
I carboidrati

I **carboidrati** (o **glicidi** o **saccaridi**) sono costituiti generalmente da tre elementi: carbonio, idrogeno, ossigeno.

Svolgono **funzione energetica** (amido, glicogeno) e **funzione strutturale** (cellulosa, chitina).

Si classificano in base alla loro complessità in:

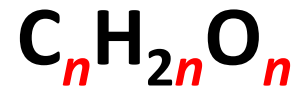
- **monosaccaridi**
- **oligosaccaridi**
- **polisaccaridi**



I monosaccaridi

I **monosaccaridi** sono i carboidrati più semplici.

Sono costituiti da molecole la cui formula molecolare generale è:



n è un numero mai inferiore a tre e spesso non superiore a sei

Si distinguono in base al numero di atomi di carbonio in:

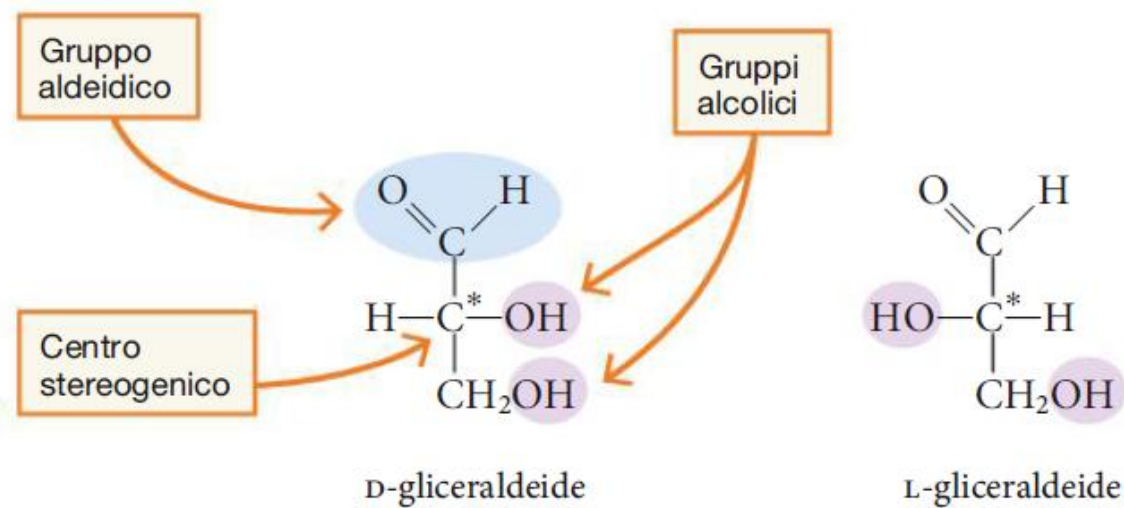
- **triosi**, tre atomi di carbonio
- **tetrosi**, quattro atomi di carbonio
- **pentosi**, cinque atomi di carbonio e così via.

Gli **aldosi** possiedono un gruppo funzionale aldeidico.

I **chetosi** un gruppo chetonico.

I monosaccaridi

L'aldoso più semplice è la **gliceraldeide** $C_3H_6O_3$, della quale esistono due **enantiomeri**:



Le lettere D (destro) e L (levo) si riferiscono alla **posizione del gruppo —OH** sul secondo atomo di carbonio della gliceraldeide (C-2).

I monosaccaridi

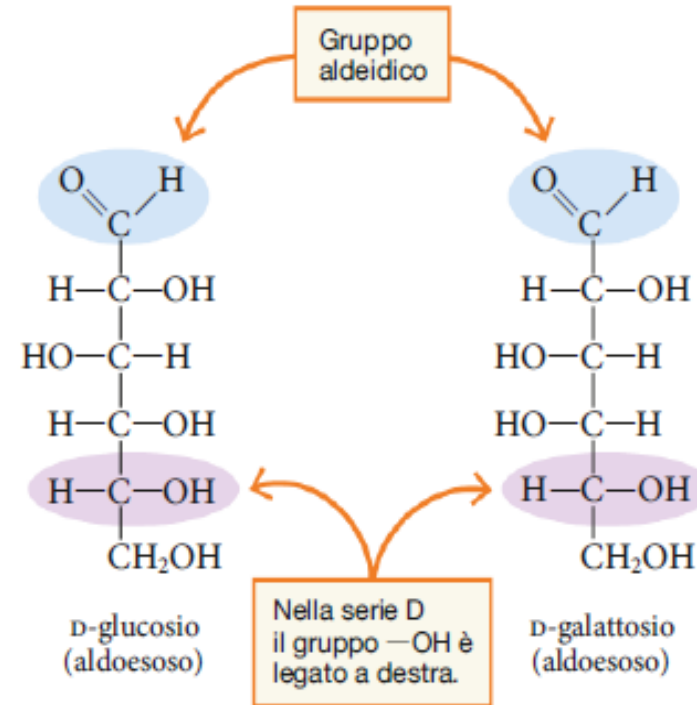
I monosaccaridi della serie D sono quelli biologicamente rilevanti.

Ricordiamo, tra i **D-aldosi**:

- D-glucosio
- D-galattosio
- D-ribosio
- 2-desossiribosio

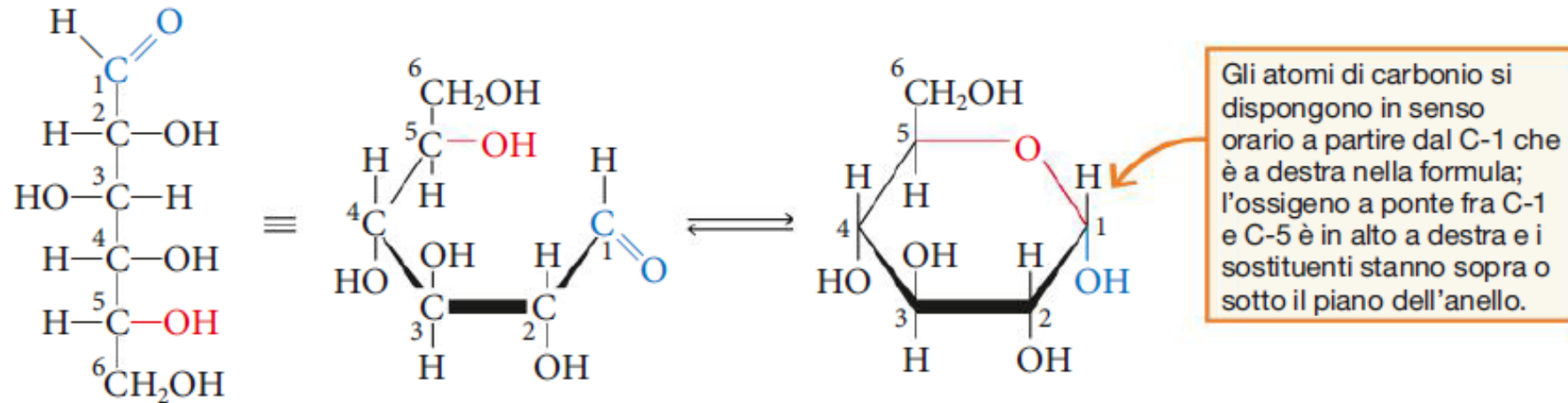
Tra i **D-chetosi**:

- diidrossiacetone
- D-fruttosio



I monosaccaridi

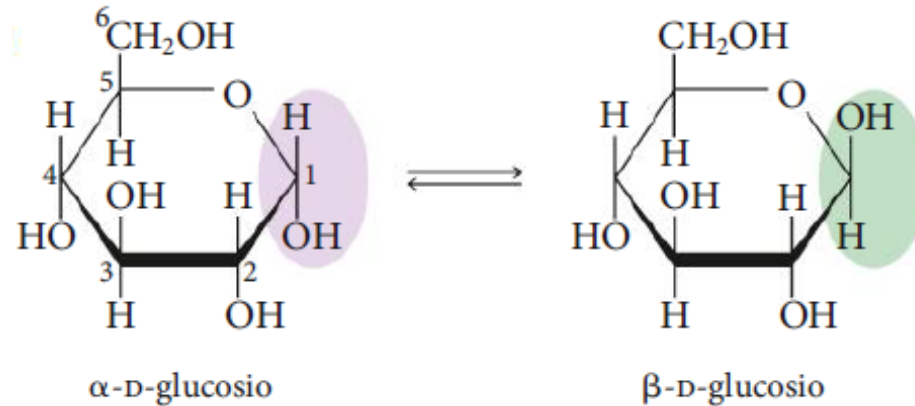
In soluzione acquosa, i monosaccaridi pentosi ed esosi formano in genere **strutture cicliche** chiamate **emiacetali**.



Formule di proiezione di Haworth: gli atomi di carbonio che costituiscono l'anello non sono espressamente indicati con la lettera C. L'atomo di carbonio C-6 è fuori dell'anello.

I monosaccaridi

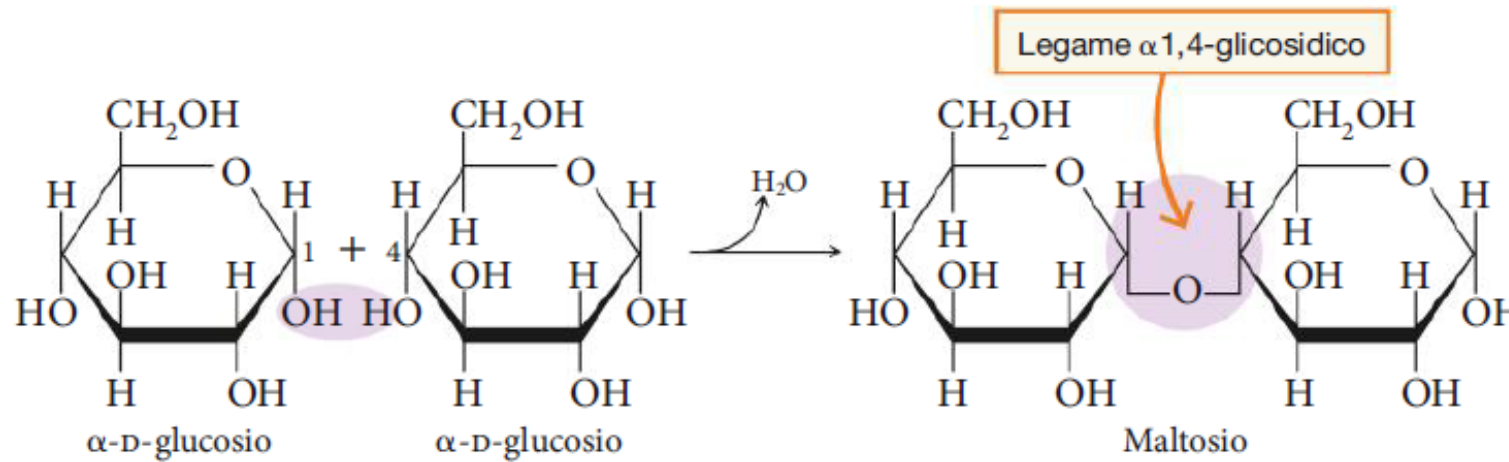
La formazione dell'emiacetale e la chiusura dell'anello danno origine a due nuovi isomeri ottici (**anomeri**), in equilibrio fra loro. Nel caso del D-glucosio:



- **α -d-glucosio** (—OH disposto sotto il piano dell'anello, in *trans* rispetto al gruppo CH_2OH legato al C-5)
- **β -d-glucosio** (—OH disposto sopra il piano dell'anello, in *cis* rispetto al gruppo CH_2OH legato al C-5)

Il legame *O*-glicosidico e i disaccaridi

Un **disaccaride** è un acetale in cui il gruppo —OH anomero è sostituito da un gruppo —OR attraverso una reazione di condensazione (**acetalizzazione**).



Il **legame glicosidico** viene indicato con la posizione degli atomi di carbonio delle due molecole che si uniscono.

POLISACCARIDI

Negli organismi i polisaccaridi hanno varie funzioni:

Deposito dei monosaccaridi:

Amiloso e amilopectina (amido), Glicogeno

Strutturale

Cellulosa, Mucopolisaccaridi

Adesione e riconoscimento

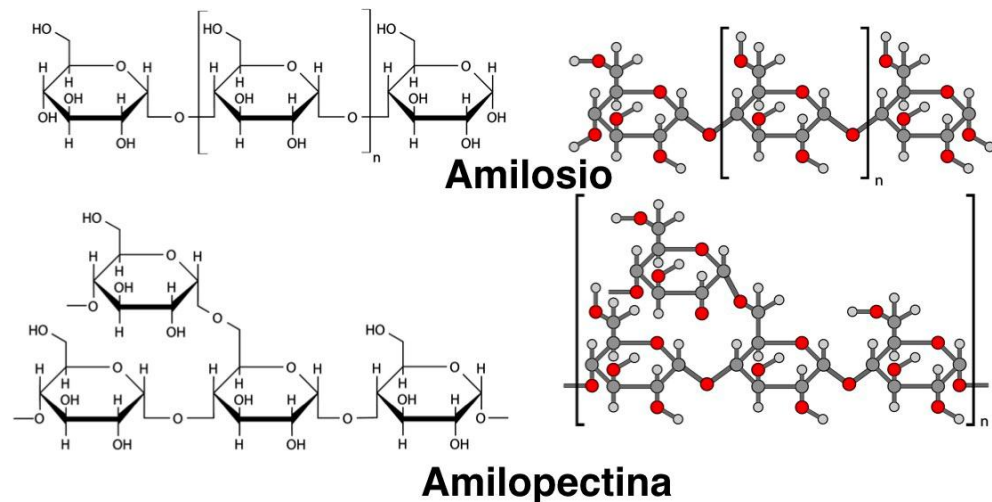
Eparansolfato, eparina

Proteoglicani e glicoproteine

I polisaccaridi con funzione di riserva energetica

L'unione mediante legami glicosidici di numerose molecole di monosaccaridi porta alla formazione dei **polisaccaridi**, classificati in:

- **omopolisaccaridi**, costituiti dalla ripetizione di un solo tipo di monosaccaride
- **eteropolisaccaridi** contengono, invece, due o più tipi diversi di monosaccaride
- polisaccaridi a **catena lineare**
- polisaccaridi a **catena ramificata**



I polisaccaridi con funzione di riserva energetica

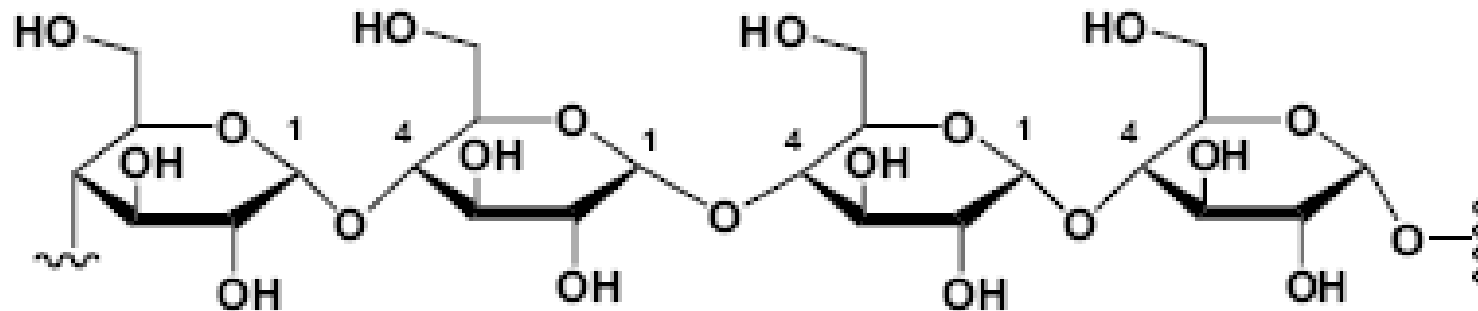
AMILOSIO-AMILOPECTINA-GLICOGENO

Questi tre polisaccaridi hanno molti punti in comune:

- ❖ Sono tutti polimeri del D-glucosio
- ❖ In tutti i casi la catena principale è formata da molecole di glucosio unite con **legami α 1,4-glicosidici** (come nel maltosio)
- ❖ Sono tutti e tre digeribili dall'uomo e quindi trasformabili in glucosio monomero

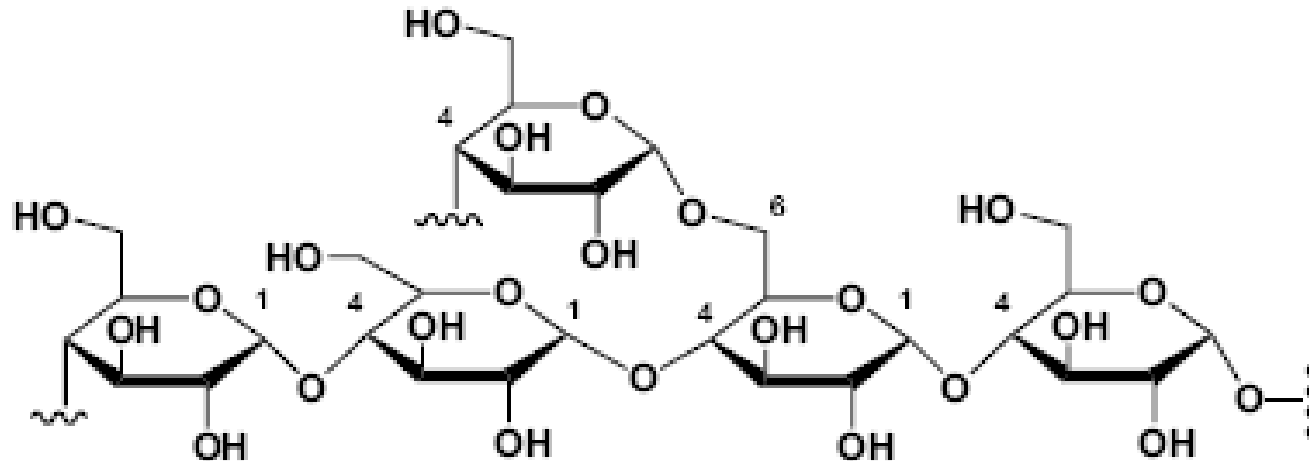
La differenza è la presenza di ramificazioni

L'**amilosio** è un polimero lineare, privo di ramificazioni:



Vi sono fino a 4000 unità di glucosio per ogni molecola di polimero

Nell'**amilopectina** sono invece presenti ramificazioni, ottenute tramite **legami α 1,6-glicosidici**:



Inoltre, l'amilopectina è un polimero più piccolo (meno unità monomeriche).

Il **glicogeno** è ancora più ramificato dell'amilopectina ed ha molecole molto grandi (fino a 100.000 unità di glucosio).

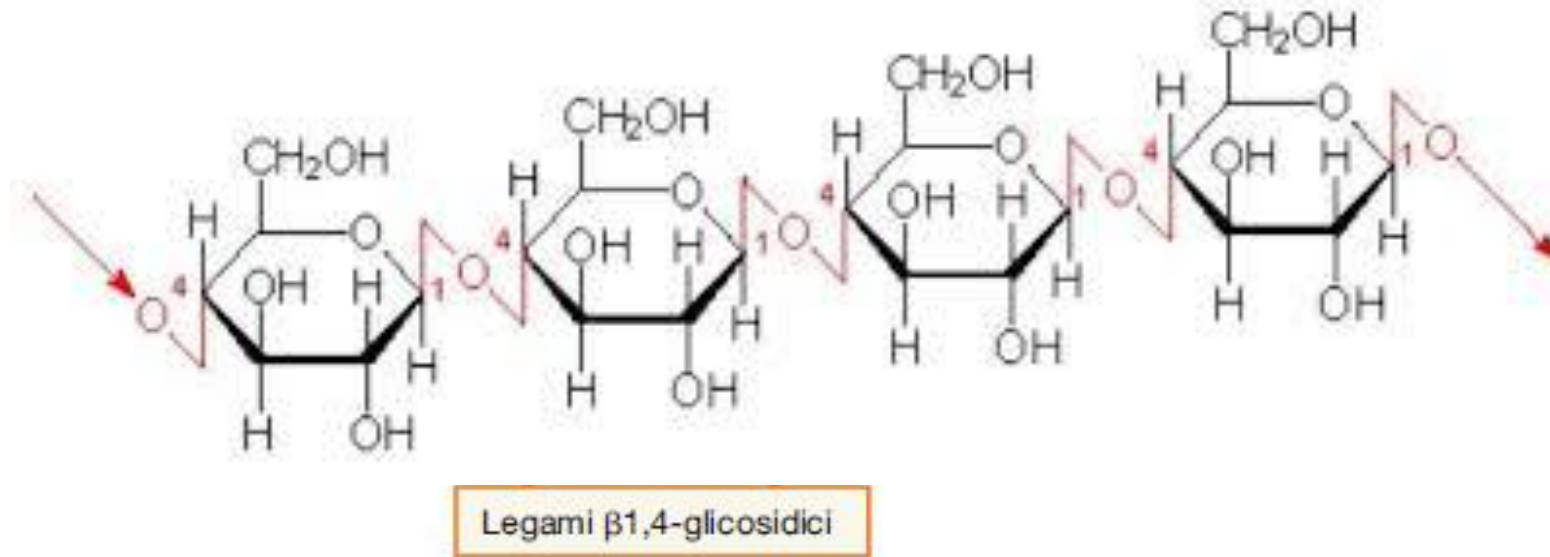
Amilosio (20-25%) e **amilopectina** (75-80%) sono i componenti dell'amido, il principale nutrimento per l'uomo (pane, pasta, riso, patate, polenta etc.).

L'amilosio è insolubile in acqua fredda, ma l'amilopectina è solubile. L'amido solubile è formato esclusivamente da amilopectina.

Il **glicogeno** è la nostra riserva di glucosio (ne abbiamo circa 350 g). E' contenuto per metà nel fegato (che lo idrolizza quando serve mandare glucosio nel sangue e lo sintetizza quando c'è abbondanza di glucosio) e per metà nei muscoli.

I polisaccaridi con funzione strutturale

La **cellulosa** è il principale costituente della parete delle cellule vegetali.

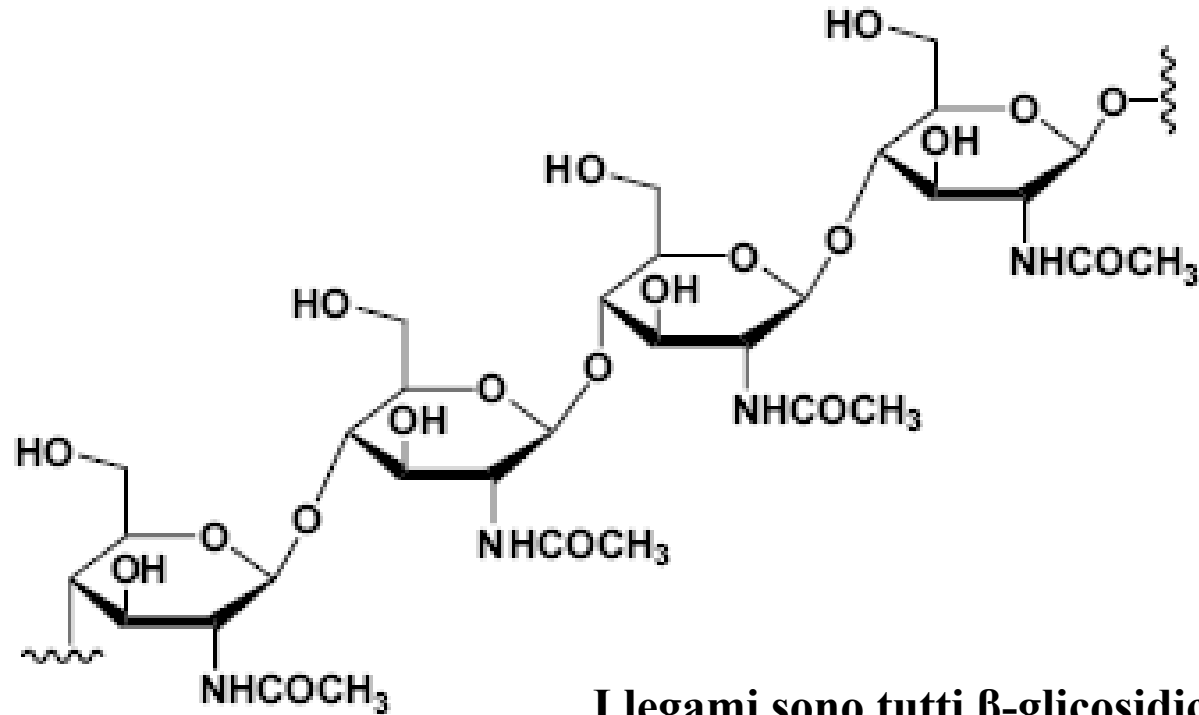


I legami β -glicosidici della cellulosa non possono essere idrolizzati dai succhi digestivi del nostro organismo e il polisaccaride è pertanto indigeribile.

CHITINA

Assomiglia alla cellulosa, ma al posto del glucosio, c'è la **N-acetilglucosammina**.

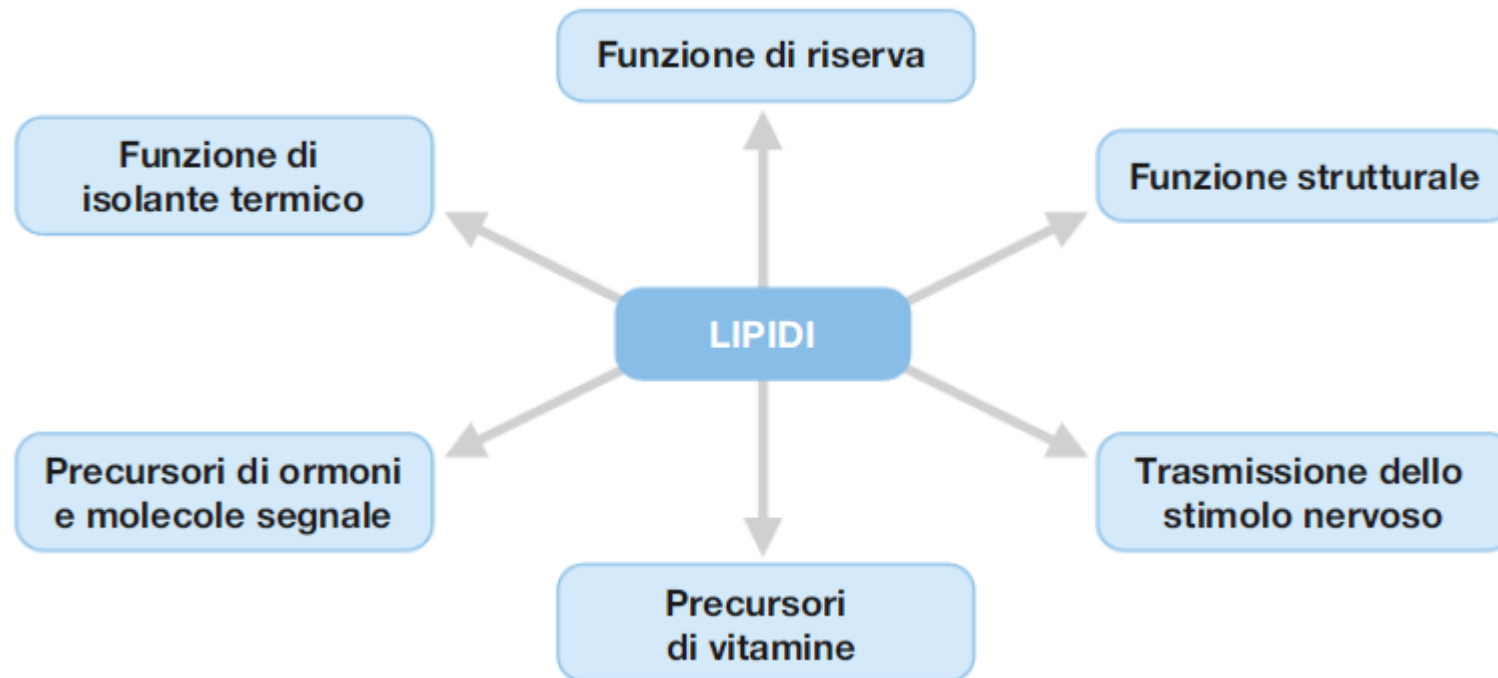
La chitina è ancora più rigida della cellulosa. La chitina è il polisaccaride strutturale del guscio dei crostacei (gamberi, aragoste etc.) e di molti insetti.



I legami sono tutti β -glicosidici

I lipidi

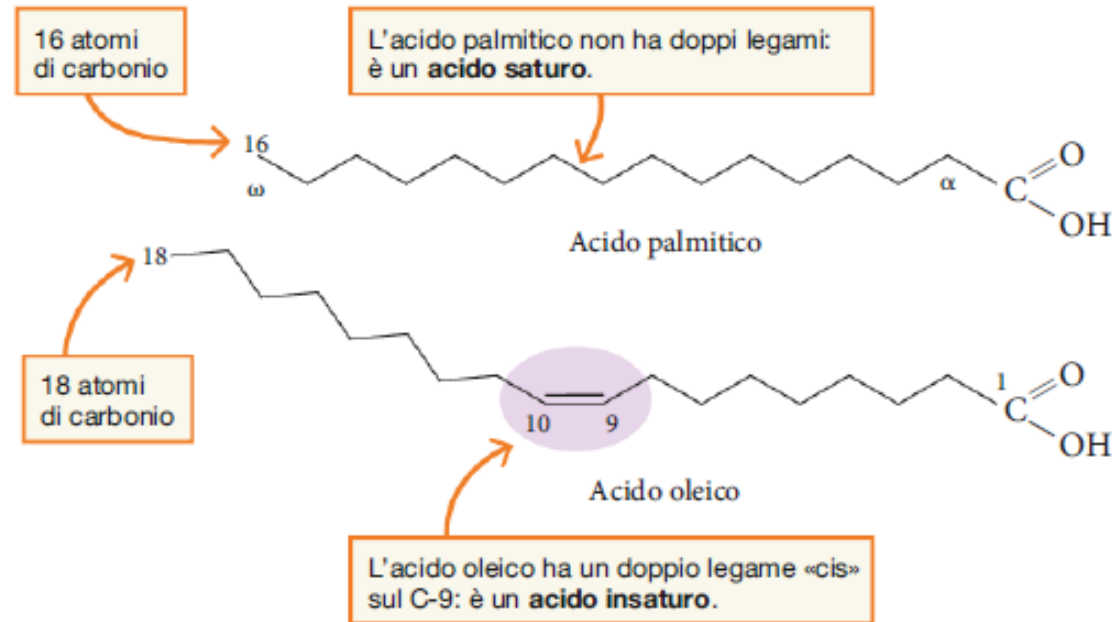
I **lipidi** sono un gruppo eterogeneo di sostanze che hanno in comune la caratteristica di essere **insolubili in acqua** e solubili in solventi organici apolari.



I precursori lipidici: gli acidi grassi

Gli acidi carbossilici che possiedono quattro o più atomi di carbonio sono detti **acidi grassi**. Si dividono in:

- **saturi**, in cui gli atomi di carbonio si legano fra loro mediante legami singoli
- **insaturi**, se contengono uno o più doppi legami



Proprietà fisiche degli acidi grassi

(dipendono dalla lunghezza della catena idrocarburica e dal grado di insaturazione)



Acidi grassi saturi

Molecole completamente estese;
formazione di forze di Van der Waals
tra catene idrocarburiche adiacenti;
impaccamento regolare delle molecole



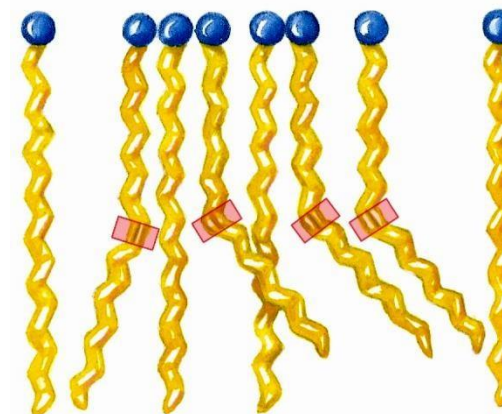
**Consistenza cerosa
a temperatura ambiente**

Acidi grassi insaturi

La presenza dei doppi
legami (isomeri *cis*) non
permette l'impaccamento
regolare delle molecole



**Liquidi oleosi
a temperatura ambiente**

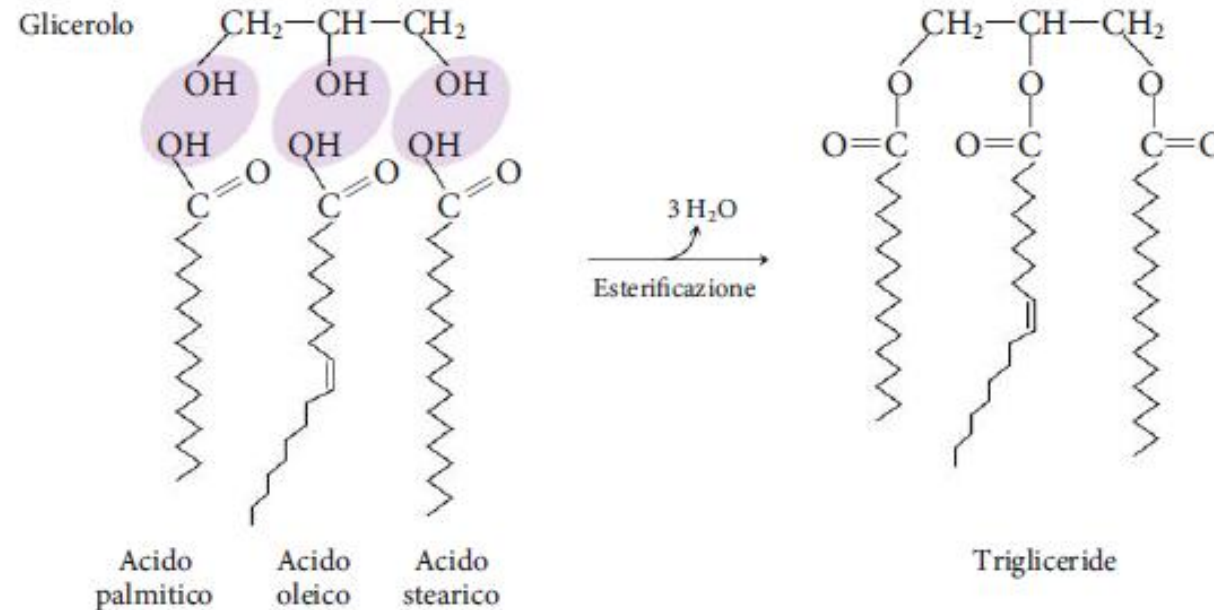


Negli acidi grassi naturali la configurazione del doppio legame è *cis*. Il doppio legame non permette rotazioni e determina un ripiegamento rigido nella coda idrocarburica. Tutti gli altri legami possono ruotare liberamente

I trigliceridi

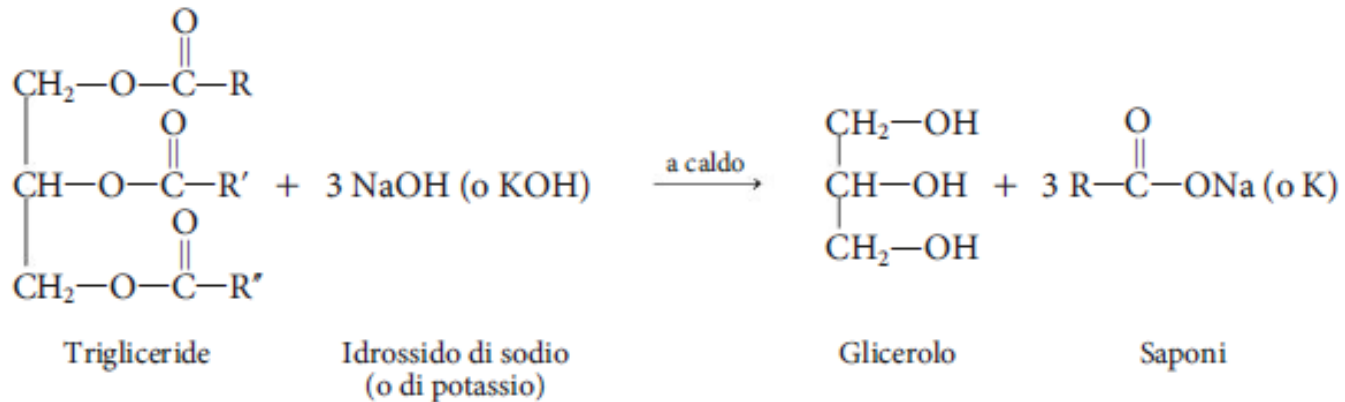
I **trigliceridi** sono la principale riserva energetica degli organismi viventi (grassi negli animali, oli nei vegetali).

Una molecola di glicerolo lega tre molecole di acido grasso attraverso **reazioni di esterificazione** in cui vengono eliminate tre molecole di acqua.



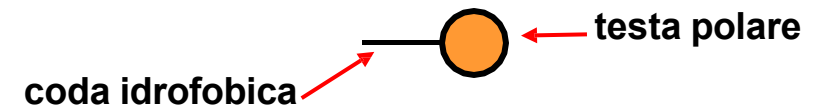
I trigliceridi

Il trattamento a caldo di una miscela di grassi o oli con una soluzione concentrata di NaOH o KOH dà luogo ad una **reazione di saponificazione** in cui si formano saponi.



Gli oli vegetali possono essere trasformati in sostanze solide, dette margarine, attraverso l'aggiunta di atomi di idrogeno ai doppi legami (**reazione di idrogenazione**).

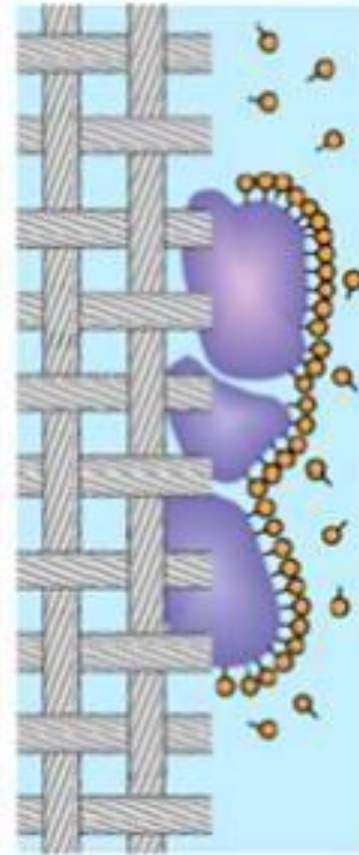
Azione detergente del sapone



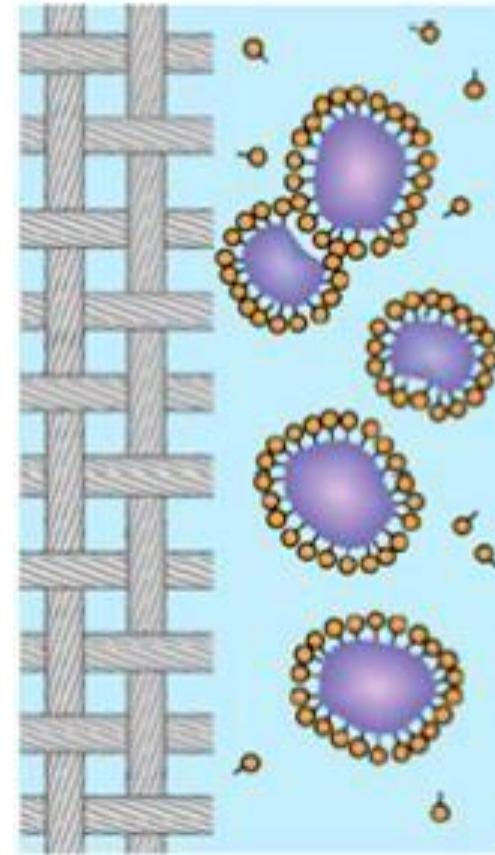
Sporco aderente alla stoffa



Anche nell'acqua lo sporco rimane aderente alla stoffa



Il detergente, legandosi allo sporco, ne diminuisce l'adesione alla stoffa

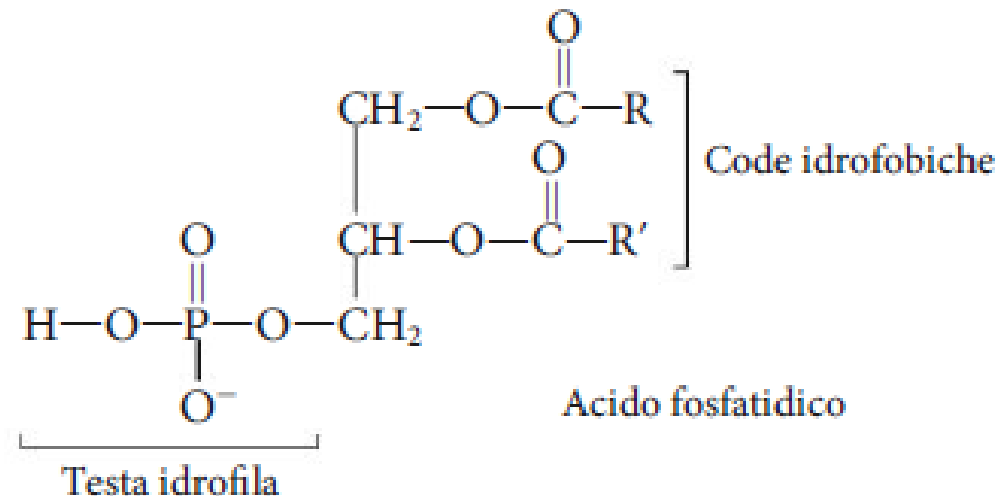


Lo sporco in sospensione viene facilmente rimosso

In acque dure si formano, per la presenza di Ca^{2+} , Mg^{2+} e Fe^{3+} , sali insolubili; sono quindi utilizzati per ovviare a questo inconveniente i **detergenti sintetici a catena non ramificata (biodegradabili)**.

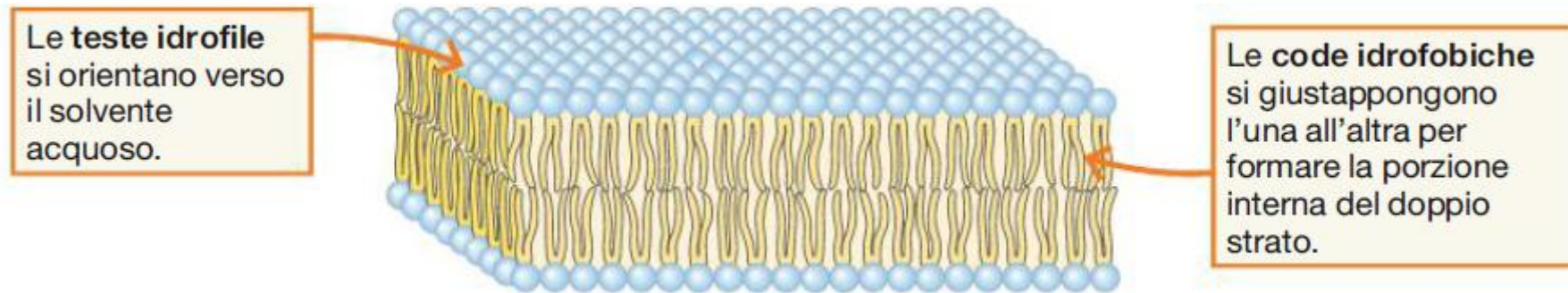
I lipidi con funzione strutturale: i fosfogliceridi

I **fosfogliceridi** sono formati da glicerolo con due molecole di acido grasso esterificate sui primi due atomi di carbonio. Il glicerolo esterifica in terza posizione anche un **gruppo fosfato**, legato a sua volta a un gruppo **X** (di natura ionica o polare).



I lipidi con funzione strutturale: i fosfogliceridi

I fosfogliceridi sono molecole **anfipatiche**, cioè tendono a formare doppi strati quando si trovano a contatto con l'acqua, poiché sono provviste di una porzione **polare** (testa idrofila), in prossimità del gruppo fosfato e del gruppo X, e di una porzione **apolare** (code idrofobiche), in corrispondenza degli acidi grassi.

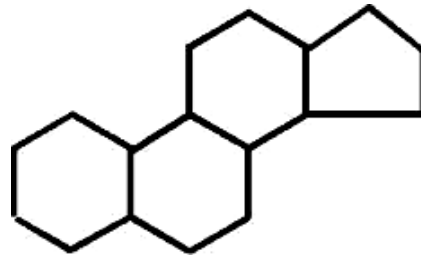


Gli steroli e gli steroidi

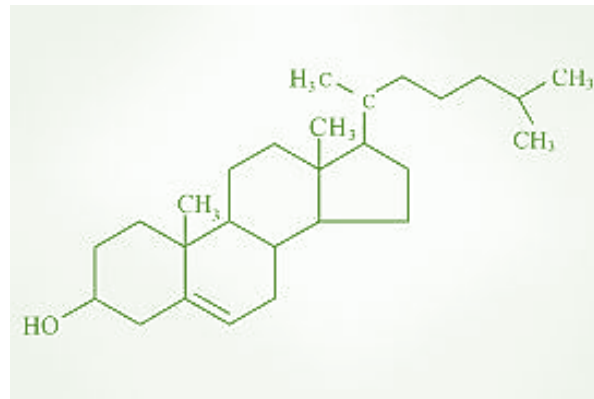
- Gli **steroidi** sono un gruppo di lipidi non saponificabili che presentano la struttura di base dell'idrocarburo policiclico saturo ciclopentanoperidrofenantrene.

Vasta classe di lipidi in cui tutti presentano la stessa struttura base consistente in un sistema anulare tetraciclico, di cui tre anelli sono a 6 atomi di carbonio e uno a 5 atomi di carbonio.

Nucleo steroideo



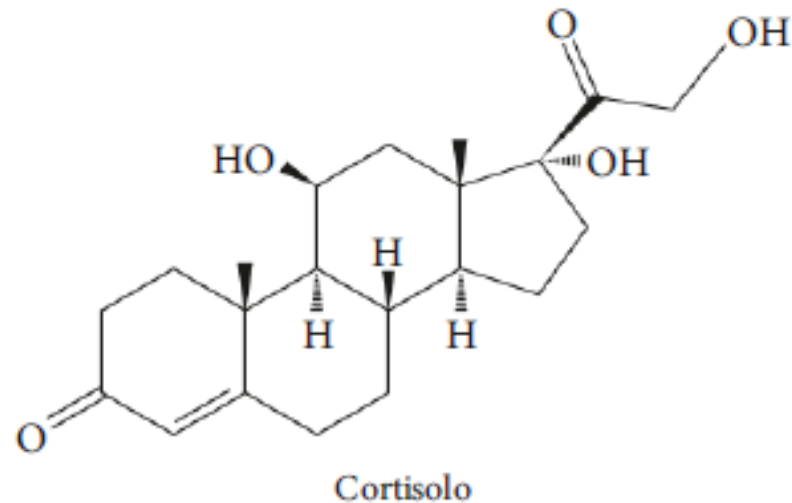
- Lo **sterolo** più abbondante nei tessuti animali è il **colesterolo**. Esso è composto da 27 atomi di carbonio, in cui all'anello D della struttura a quattro anelli è legato una catena alchilica.



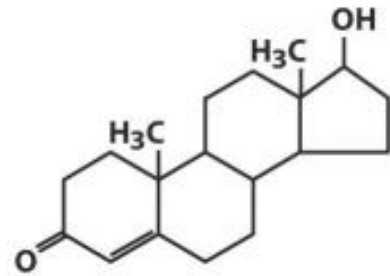
Gli ormoni lipofili

Gli ormoni tiroidei e quelli prodotti dalla corticale del surrene e dalle gonadi che sono molecole lipofile.

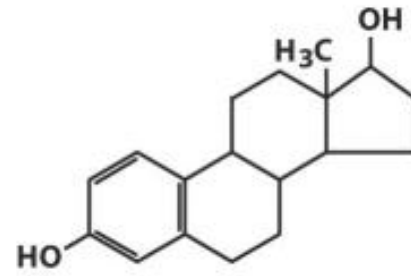
Alcuni di questi ormoni sono derivati del colesterolo e vengono classificati come derivati lipidici (ormoni steroidei). Un esempio di ormone steroideo è il **cortisolo**.



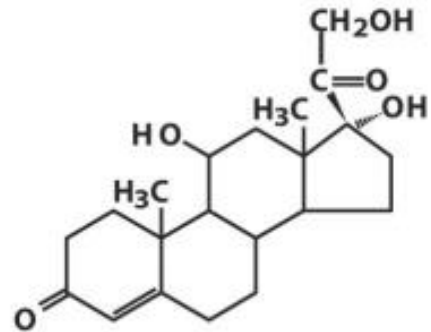
Gli ormoni steroidei



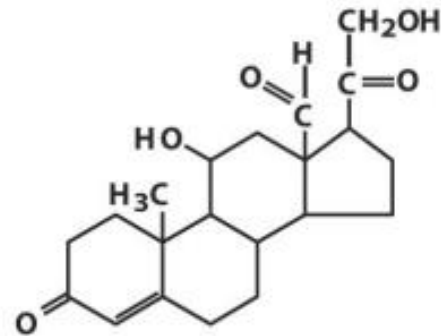
Testosterone



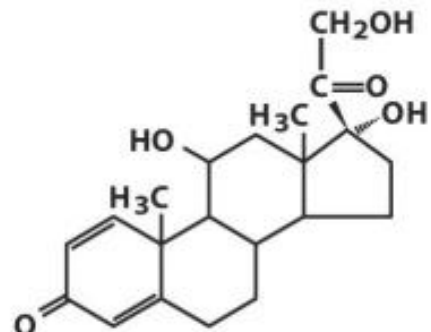
Estradiol



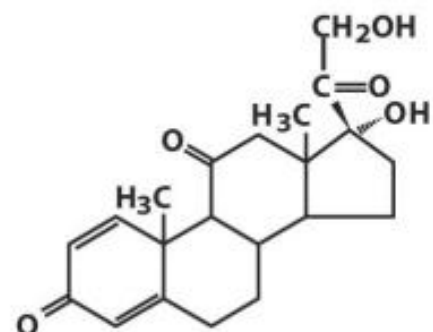
Cortisol



Aldosterone



Prednisolone



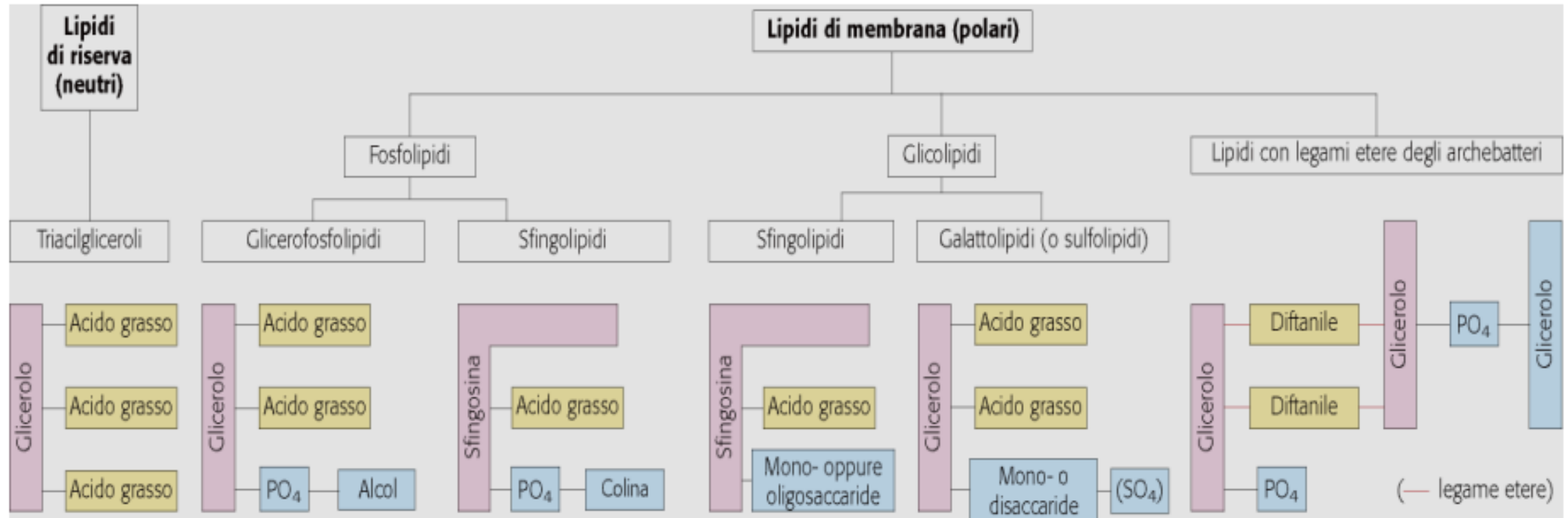
Prednisone

Le vitamine liposolubili

Le vitamine sono classificabili in vitamine idrosolubili e vitamine liposolubili.

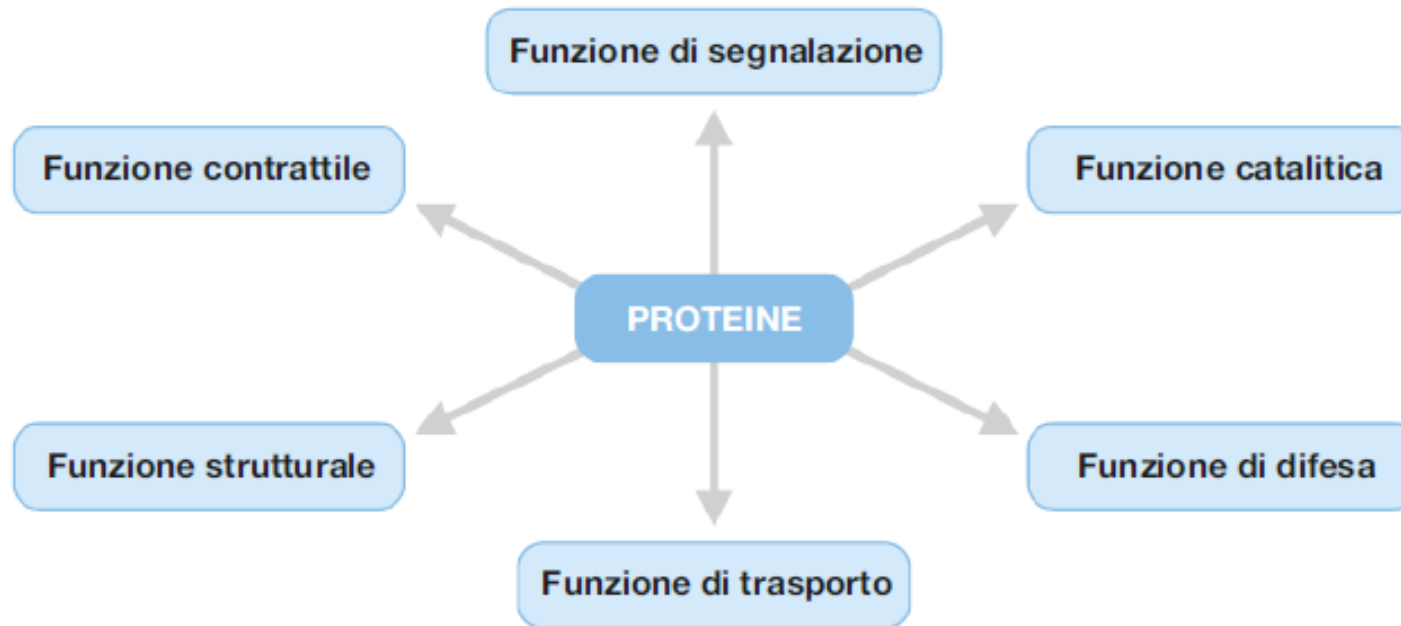
- Le vitamine **idrosolubili** svolgono un ruolo chiave come cofattori nella catalisi enzimatica
- Le vitamine **liposolubili** sono quattro – A, D, E e K – e regolano processi fisiologici fondamentali nell'organismo umano

Le classi principali di lipidi di riserva e di membrana.



Le proteine

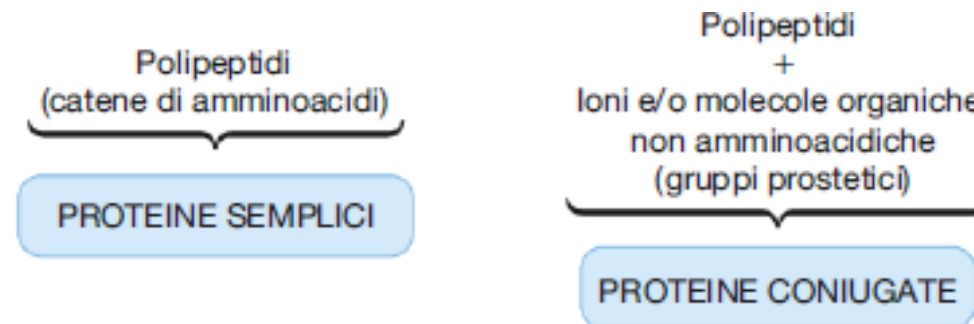
Le **proteine** appartengono a una vasta famiglia di biomolecole diffuse in tutti gli organismi viventi e nei virus.



Le proteine

Le proteine sono costituite da unità strutturali di base chiamate **amminoacidi** che si legano fra loro a formare **catene polipeptidiche**. Possono essere:

- **proteine semplici**, se costituite esclusivamente dalla componente polipeptidica (albumina, cheratina)
- **proteine coniugate**, se sono presenti gruppi prostetici di varia natura (emoglobina)



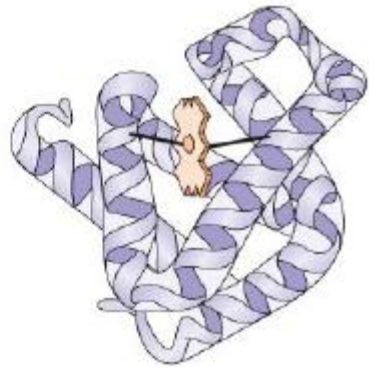
Le proteine

Le proteine sono classificate anche in base alla loro forma, che è ottimizzata per la funzione da svolgere:

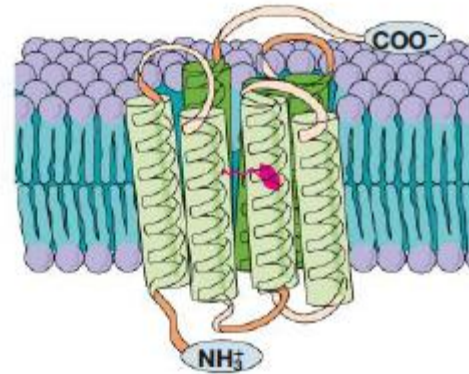
- **proteine fibrose **A****, svolgono funzioni strutturali (cheratina)
- **proteine globulari **B****, svolgono la loro azione in soluzione (mioglobina)
- **proteine di membrana **C****



A



B



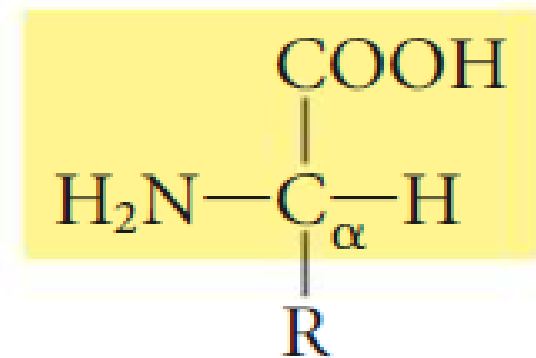
C

Gli amminoacidi

Gli **amminoacidi** sono molecole organiche bifunzionali che presentano un gruppo carbossilico ($-\text{COOH}$) e un gruppo amminico ($-\text{NH}_2$).

Gli amminoacidi che prendono parte alla formazione delle proteine sono venti; i due gruppi funzionali di ciascun amminoacido sono legati allo stesso atomo di carbonio e sono detti **α -amminoacidi**.

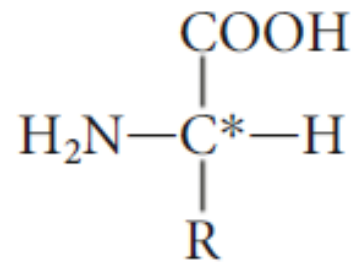
Gli amminoacidi differiscono fra loro per la natura chimica del gruppo R (**catena laterale**).



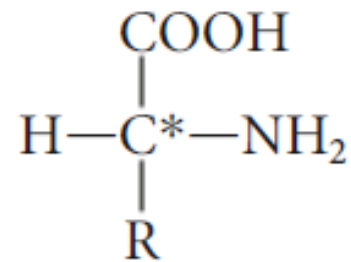
Gli amminoacidi

Tutti gli α -amminoacidi delle proteine (tranne la glicina) mostrano quattro sostituenti diversi legati all'atomo di carbonio α che è quindi un **centro stereogenico**: ogni amminoacido esiste sotto forma di due isomeri ottici diversi (D e L).

Gli α -amminoacidi presenti nelle proteine appartengono sempre alla serie L.



α -L-amminoacido

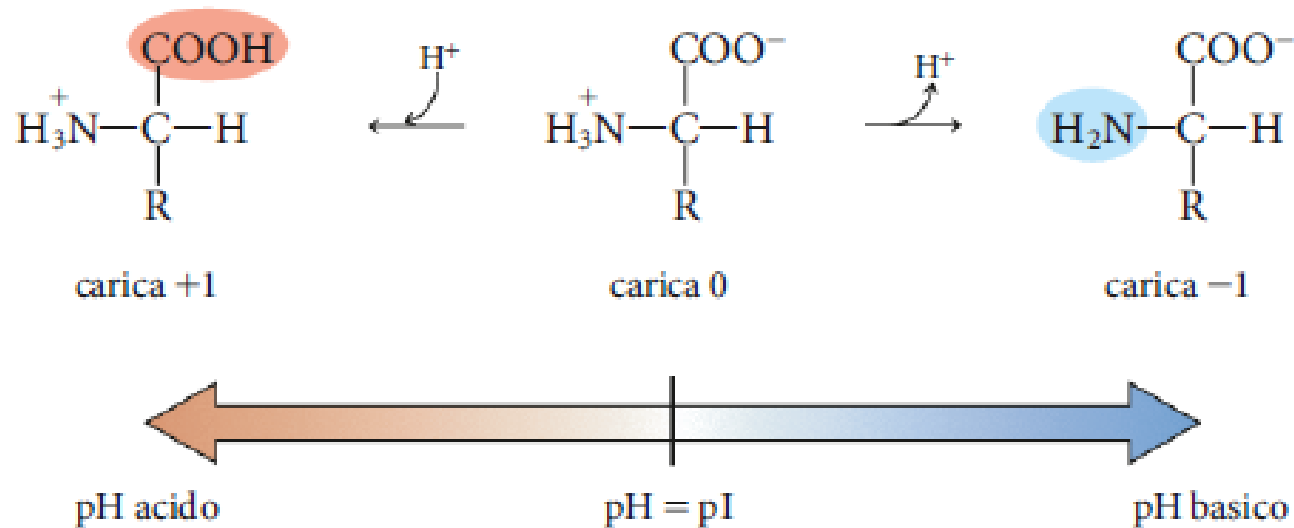


α -D-amminoacido

Gli aminoacidi

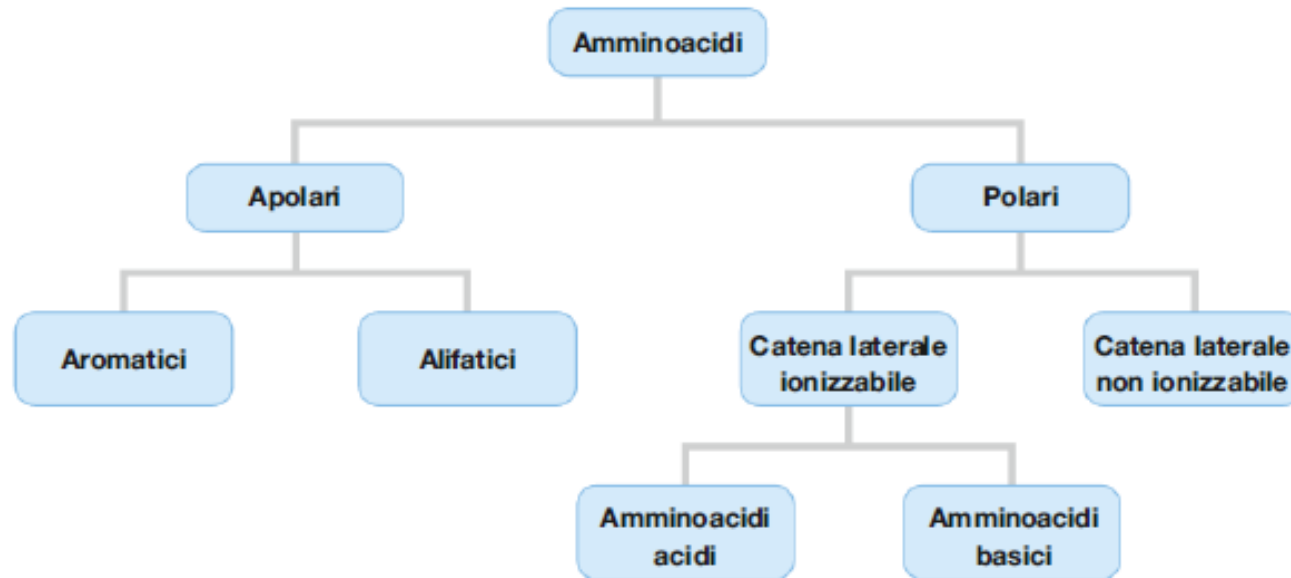
Gli aminoacidi hanno **proprietà acido-base**.

- L'azoto del gruppo amminico può accettare un protone e trasformarsi in —NH_3^+
- Il gruppo carbossilico può cedere un protone e trasformarsi in —COO^-



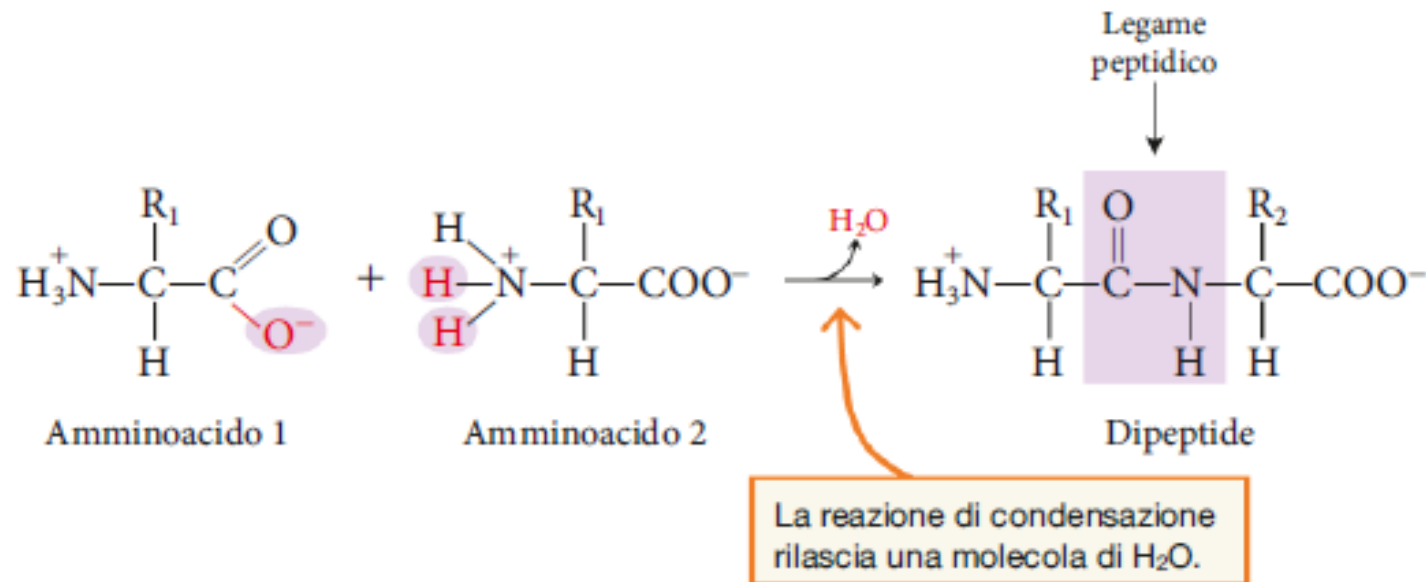
Gli amminoacidi

I venti α -amminoacidi che costituiscono le proteine si classificano in base alle caratteristiche strutturali della loro catena laterale (R) che influenza in particolar modo la polarità della molecola.



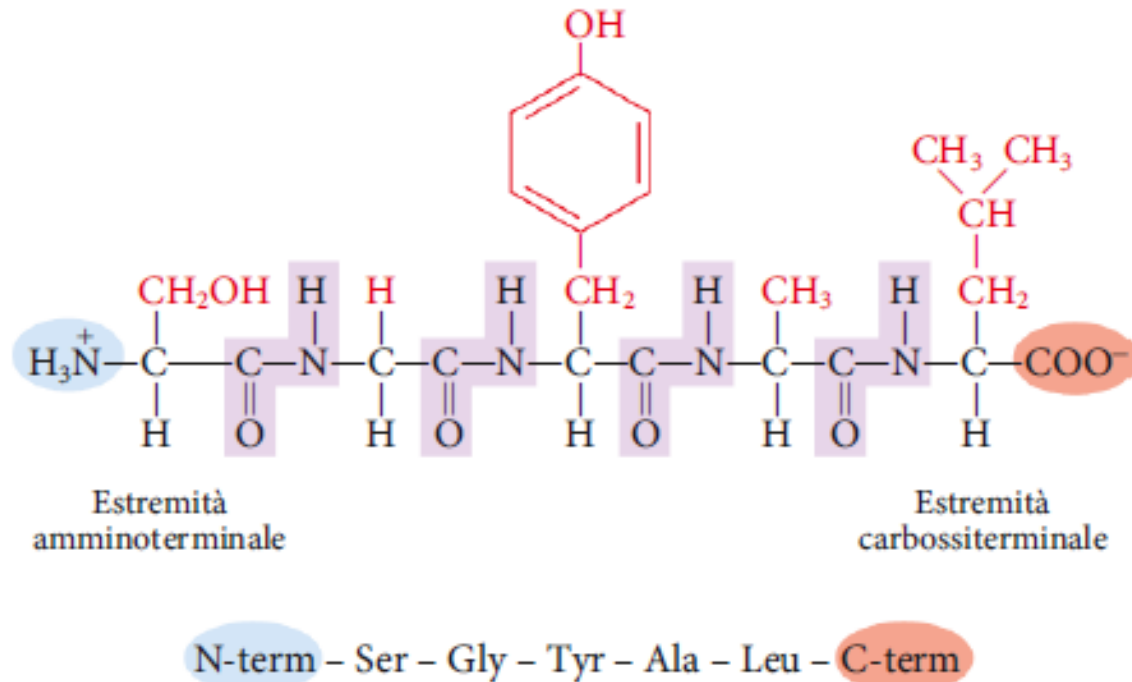
Il legame peptidico

Il gruppo carbossile di un amminoacido può reagire con il gruppo α -ammino di un secondo amminoacido con perdita di una molecola di acqua (**reazione di condensazione**).



Il legame peptidico

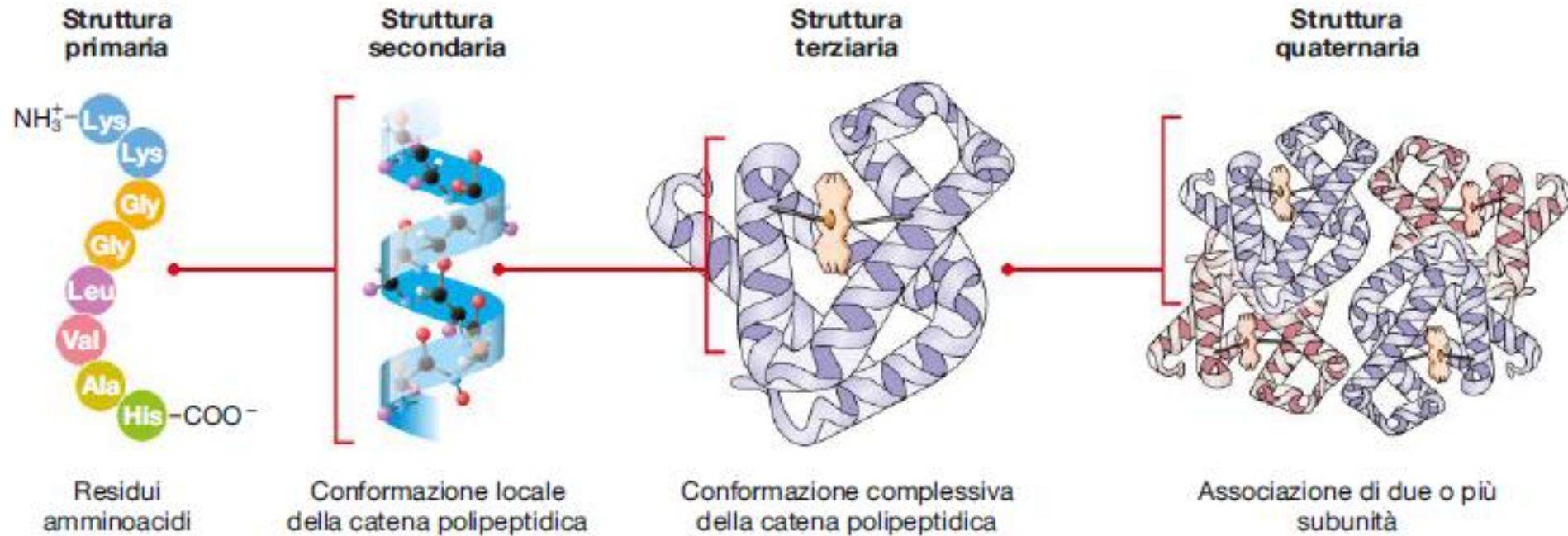
Dipeptidi, tripeptidi e tetrapeptidi sono esempi di **oligopeptidi**, brevi catene formate dall'unione di pochi aminoacidi (al massimo una decina). Quando gli aminoacidi aumentano di numero si parla di **polipeptidi**.



L'ordine con cui gli aminoacidi si legano è determinante.

La struttura delle proteine

Le proteine condividono **quattro livelli** comuni di **organizzazione strutturale**. Queste conformazioni presentano una complessità crescente e prendono il nome di struttura primaria, secondaria, terziaria e quaternaria.

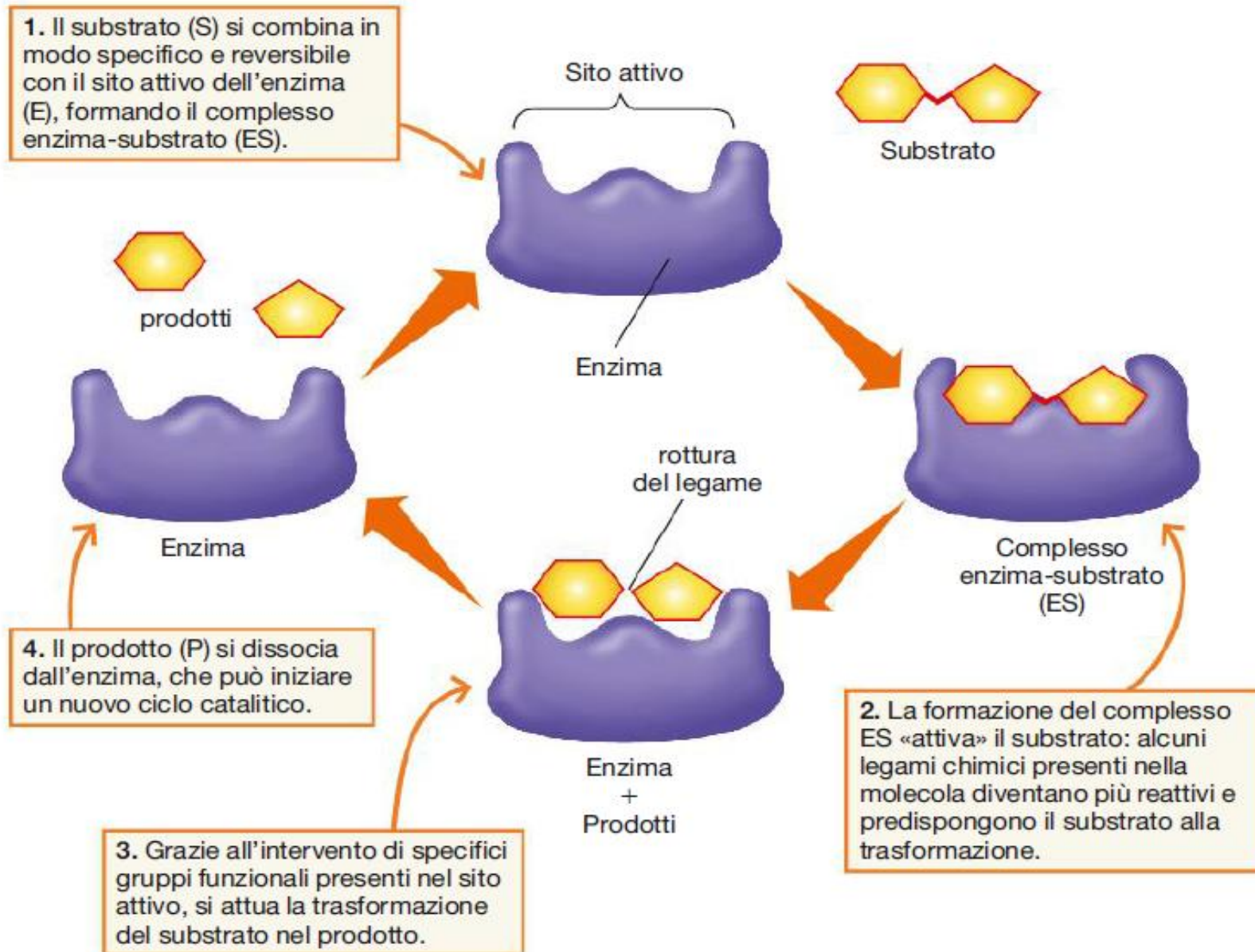


Le proteine che legano l'ossigeno: mioglobina ed emoglobina

Mioglobina ed **emoglobina** sono due esempi di proteine globulari che svolgono il loro ruolo in soluzione.

- La **mioglobina** è una proteina monomerica, relativamente piccola, costituita da 153 amminoacidi, contenuta nelle cellule muscolari. All'interno della proteina trova spazio un gruppo eme
- Negli esseri umani adulti, l'**emoglobina** presenta due catene α (ognuna di 141 amminoacidi) e due catene β (ognuna di 146 amminoacidi). Ciascuna di queste catene lega un gruppo eme

Le proteine a funzione catalitica: gli enzimi



Le vitamine idrosolubili e i coenzimi

- I **cofattori** sono ioni metallici o piccole molecole organiche di natura non proteica necessarie per l'attività catalitica di alcuni enzimi.
Le molecole organiche che agiscono come cofattori vengono anche chiamate **coenzimi**
- Le **vitamine idrosolubili**:
- del **gruppo B** sono trasformate in derivati essenziali per la catalisi enzimatica e implicati in varia misura nei processi metabolici a carico di carboidrati, lipidi e amminoacidi
- La **vitamina C** svolge invece un'importante funzione antiossidante

Acidi nucleici (DNA e RNA)

Bio-polimeri aventi come unità strutturali:

- Ribonucleotidi (Acido ribonucleico-RNA)
- Deossiribonucleotidi (Acido deossiribonucleico -DNA)

Acido ribonucleico (RNA)

Acido deossiribonucleico (DNA)

DNA $\xrightarrow{\text{Trascrizione}}$ RNA $\xrightarrow{\text{Traduzione}}$ proteine



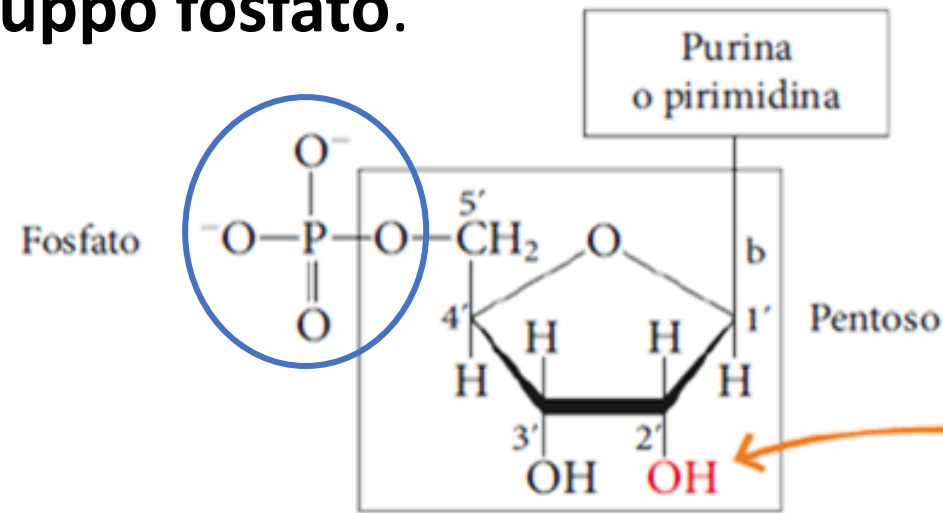
Bio-polimeri

Unità strutturale:

- Nucleotidi (RNA)
- Deossinucleotidi (DNA)

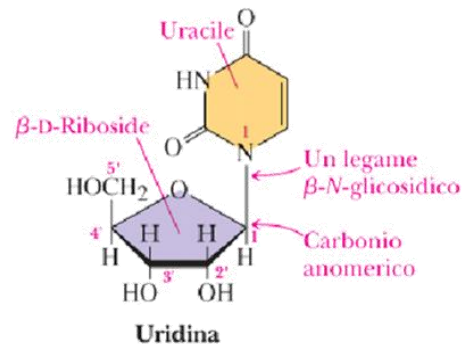
I nucleotidi e nucleosidi

Un **nucleotide** è costituito dall'unione di tre specie chimiche più semplici: una **base azotata**, una molecola di **zucchero** a cinque atomi di carbonio (ribosio o desossiribosio) e un **gruppo fosfato**.



Nei **desossiribonucleotidi**, il gruppo ossidrilico in posizione 2' del ribosio (in rosso) è sostituito da un atomo di idrogeno.

Un **nucleoside** è la molecola costituita da un pentoso e da una base azotata, ma priva del gruppo fosfato.

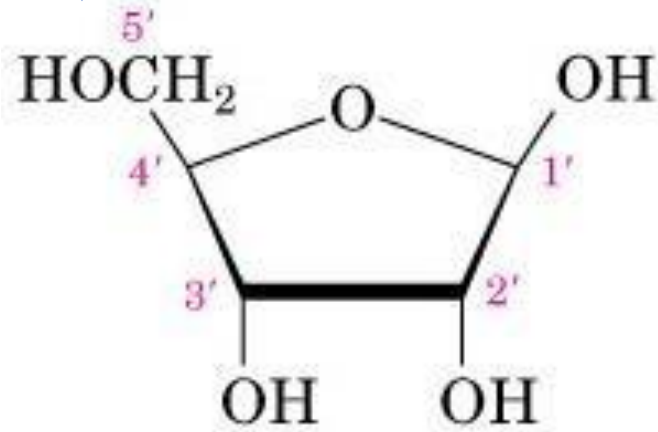
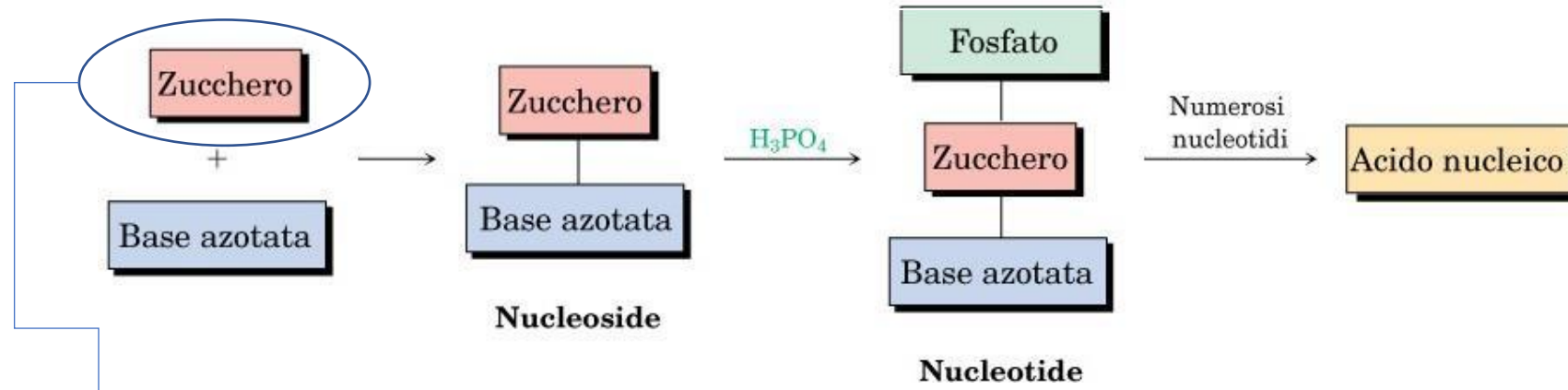


I nucleotidi

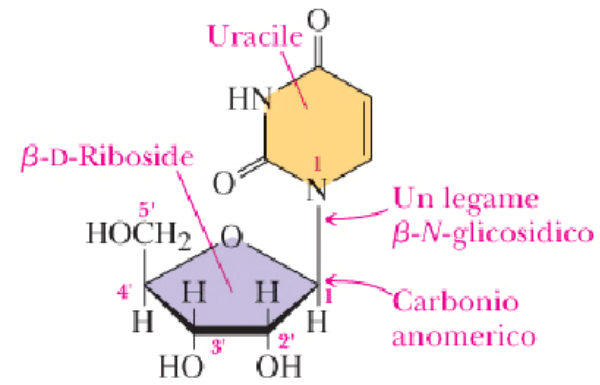
La denominazione dei nucleotidi e dei derivati nucleosidici si basa sull'impiego di sigle a tre lettere:

- la prima lettera indica il tipo di nucleoside presente:
A, adenosina; **G**, guanosina; **C**, citidina; **T**, timidina, **U**, uridina
- la seconda lettera indica il numero di gruppi fosfato: M (*mono-*) quando è presente un solo gruppo; D (*di-*) quando sono presenti due gruppi; T (*tri-*), per tre gruppi
- la terza lettera è sempre P, che sta per «fosfato» (dall'inglese phosphate)

Acido ribonucleico (RNA)



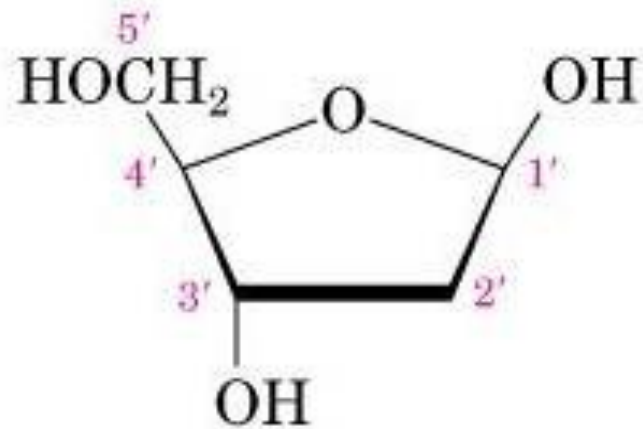
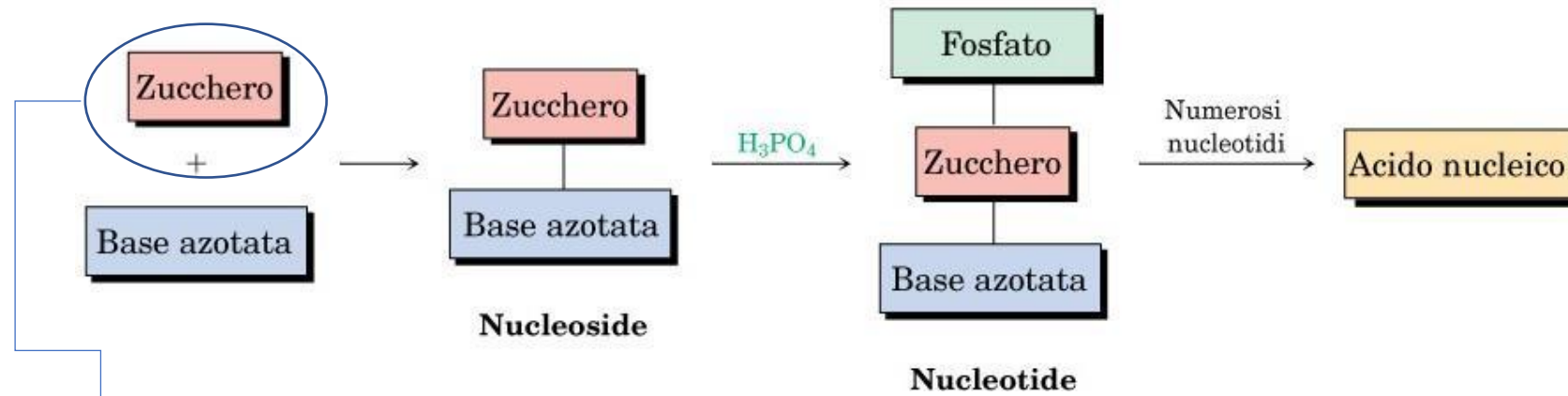
Ribosio



Uridina
Un nucleoside

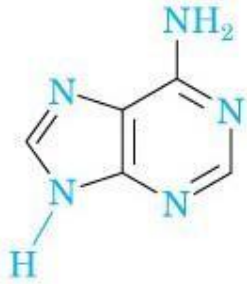
DNA

Unità strutturale: deossinucleotidi



2'-Deossiribosio

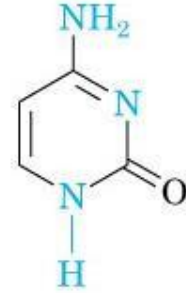
Basi azotate



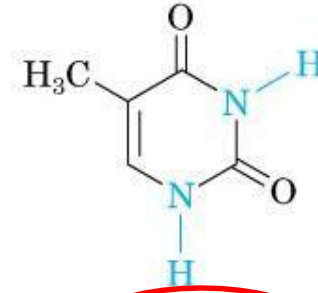
Adenina (A)
DNA
RNA



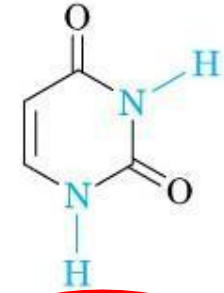
Guanina (G)
DNA
RNA



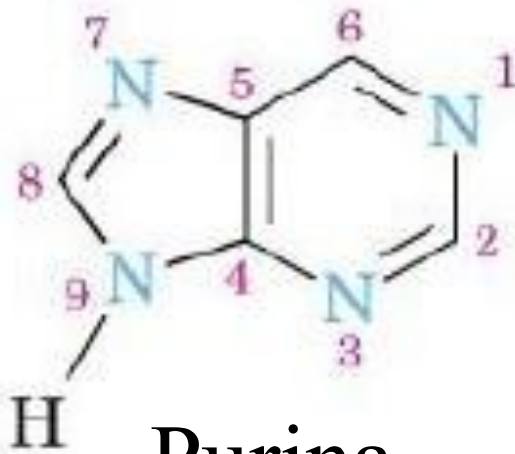
Citosina (C)
DNA
RNA



Timina (T)
DNA



Uracile (U)
RNA

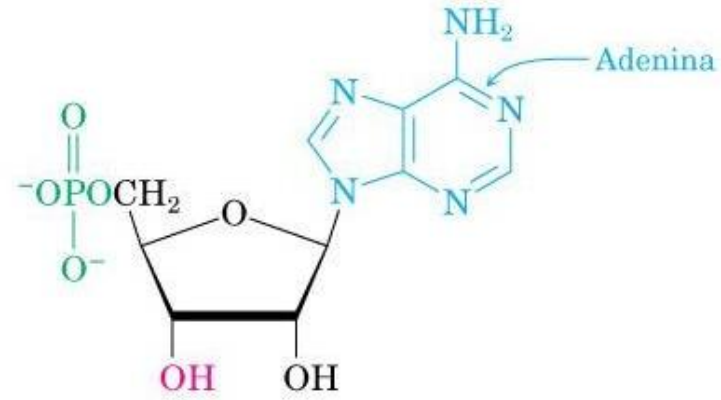


Purina

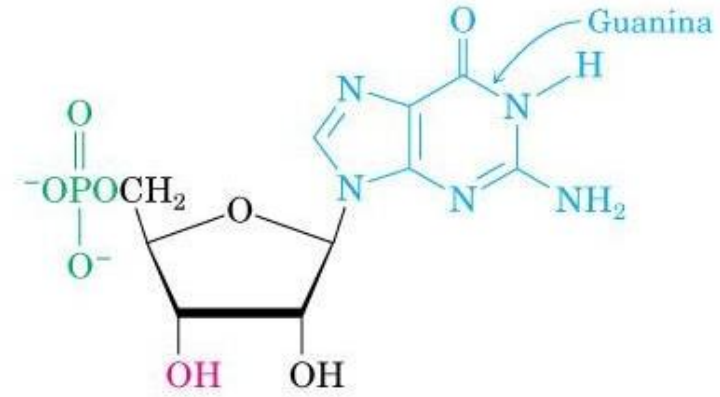


Pirimidina

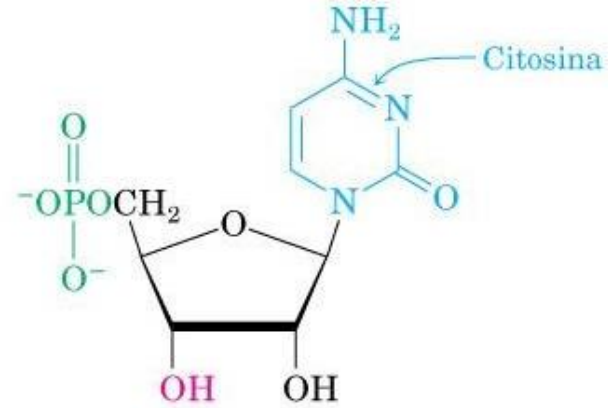
RIBONUCLEOTIDI



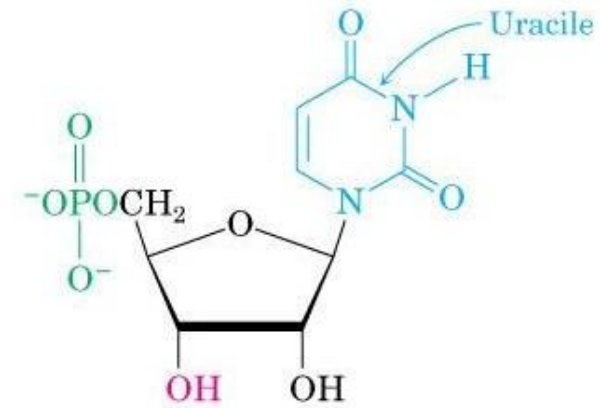
Adenosina 5'-fosfato



Guanosina 5'-fosfato



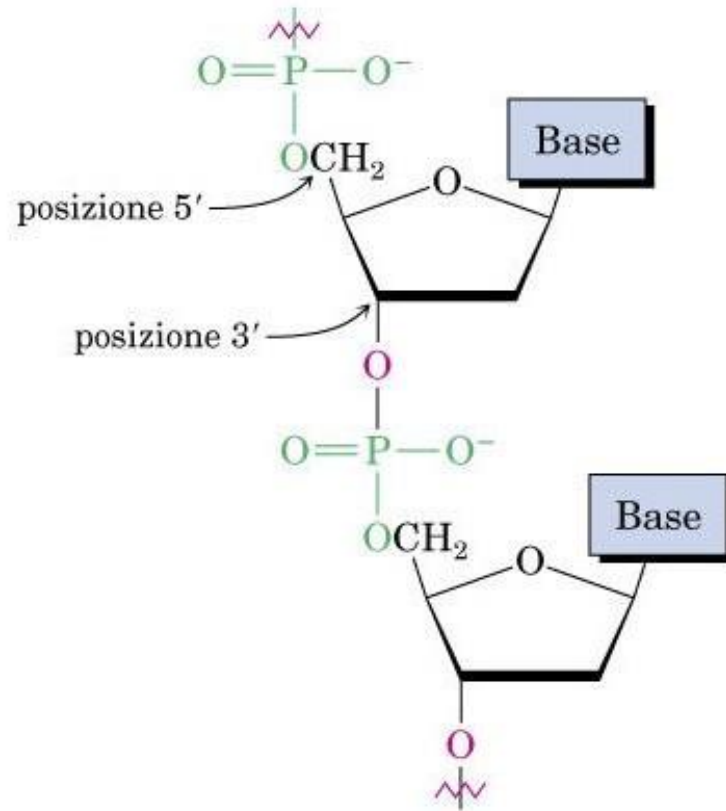
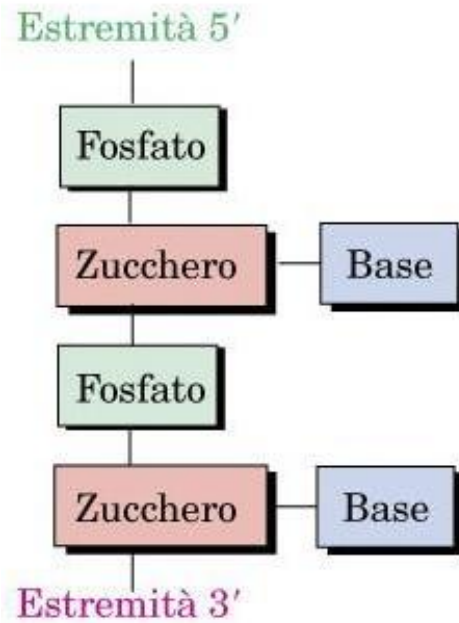
Citidina 5'-fosfato



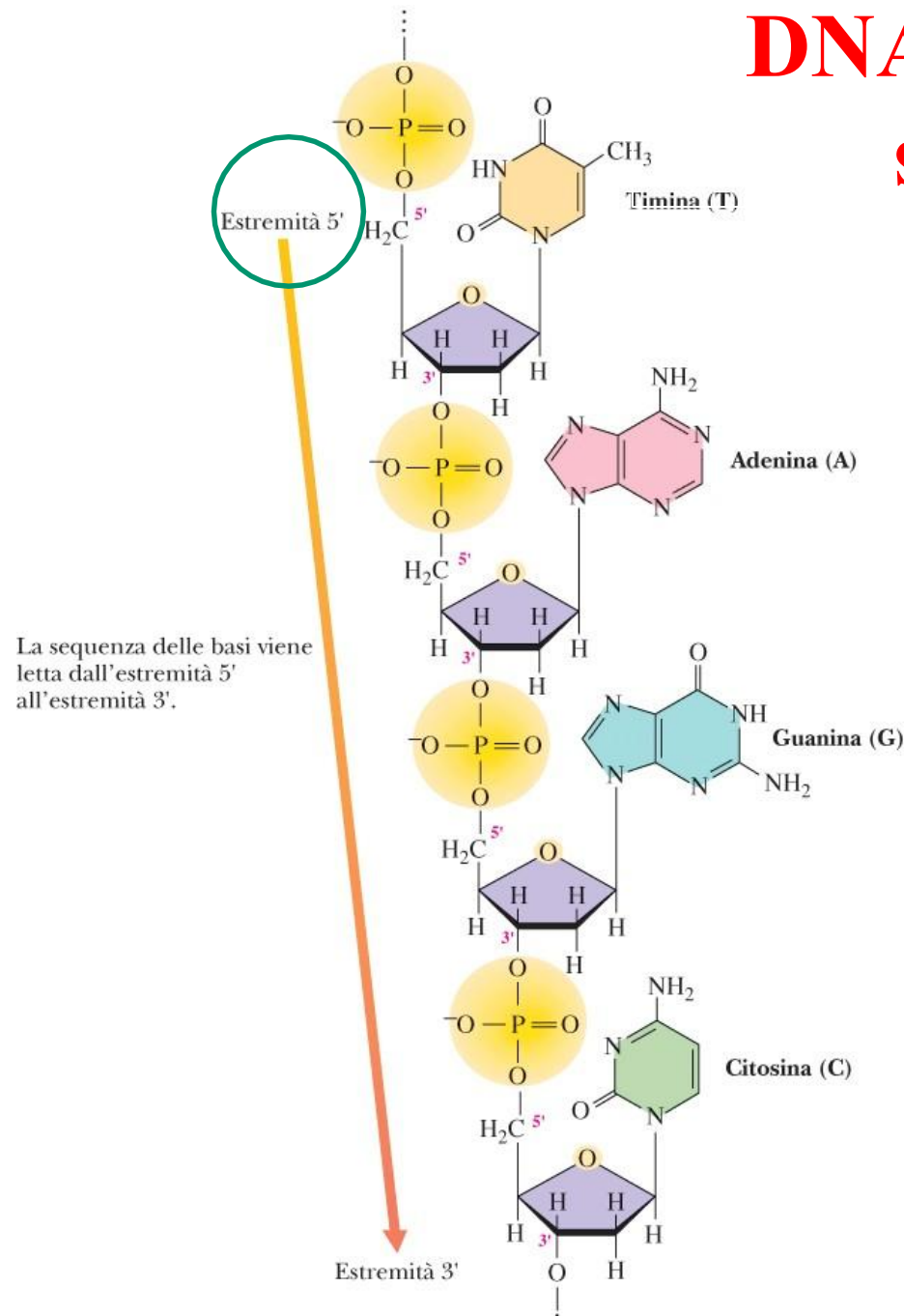
Uridina 5'-fosfato

DNA: elementi strutturali

Come sono collegati i nucleotidi?? → tramite i gruppi fosfati



DNA: come si struttura il singolo filamento



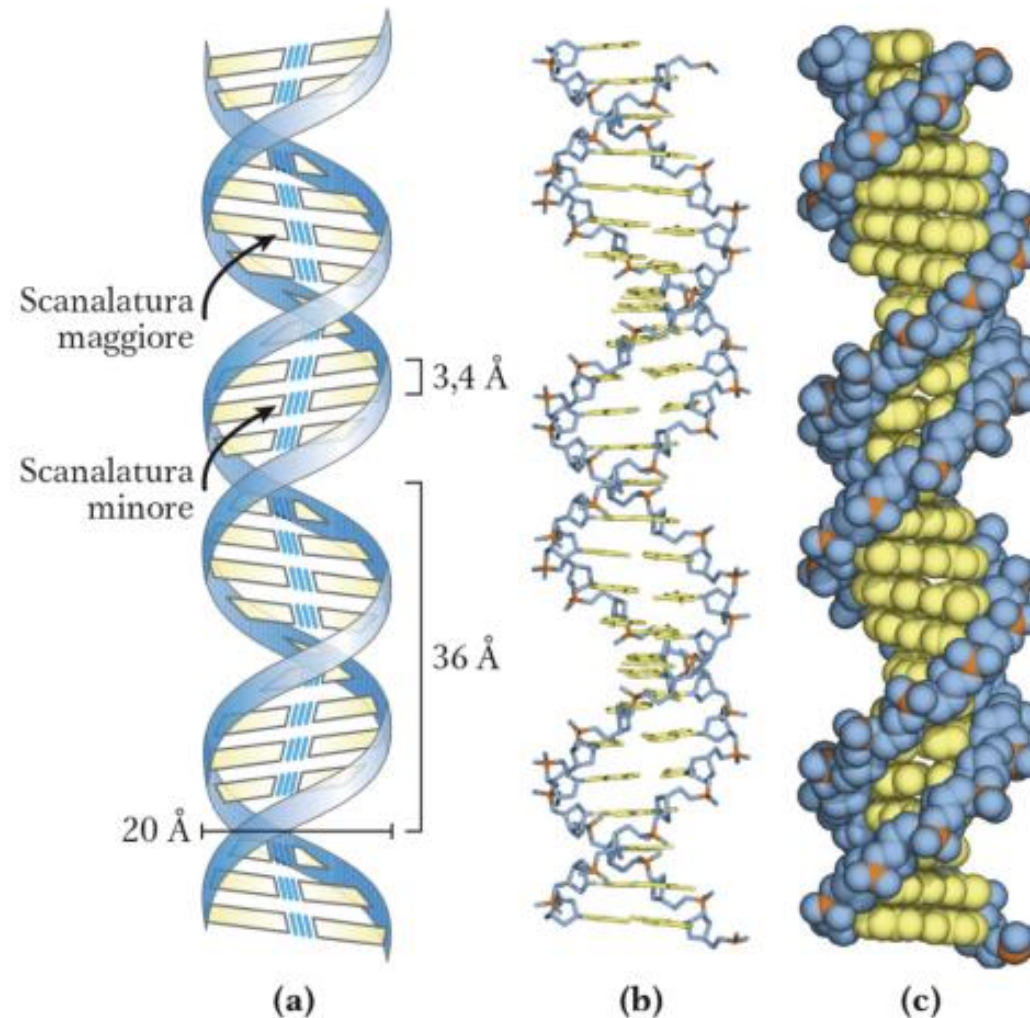
Gli esteri dell'acido fosforico fungono da gruppo funzionale di collegamento tra due zuccheri di 2 nucleotidi

Il modello di Watson e Crick della struttura del DNA (1953)

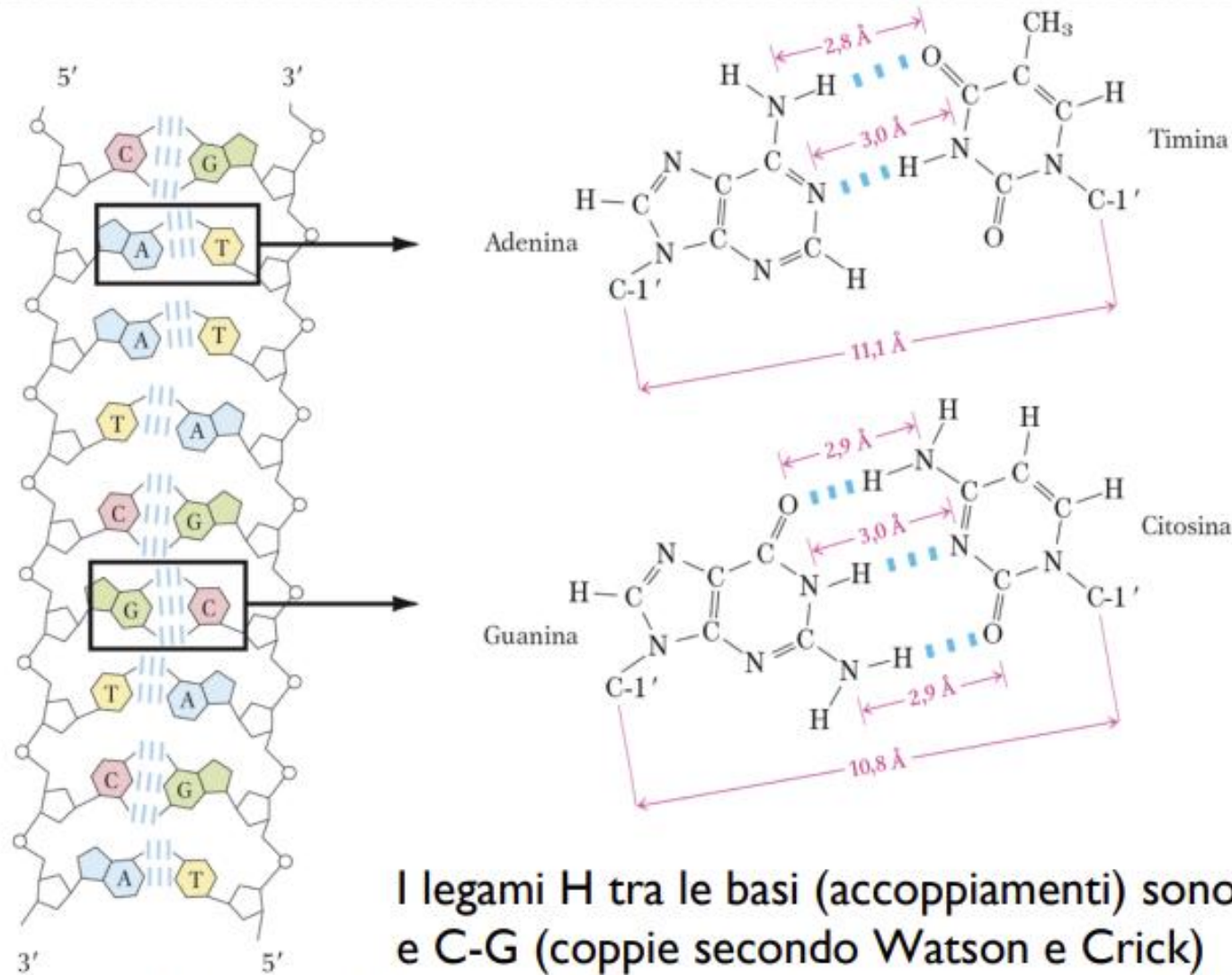
il DNA è formato da due catene che si avvolgono una sull'altra generando una struttura elicoidale regolare.

Lo scheletro idrofilico fosfato-ribosio è all'esterno le basi azotate impilate una sull'altra all'interno.

La forma B è quella più stabile (in figura) e più comune, ma il DNA è una molecola molto flessibile: sono presenti anche altre varianti strutturali.



Il DNA è formato da due catene antiparallele



I legami H tra le basi (accoppiamenti) sono fissi A-T e C-G (coppie secondo Watson e Crick)

Le dimensioni e la forma delle coppie sono uguali e permettono al DNA di formare una struttura regolare