

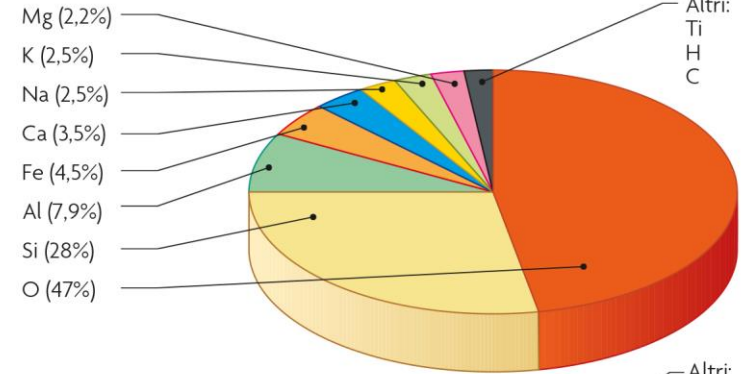
Le biomolecole: i carboidrati

La composizione della materia vivente

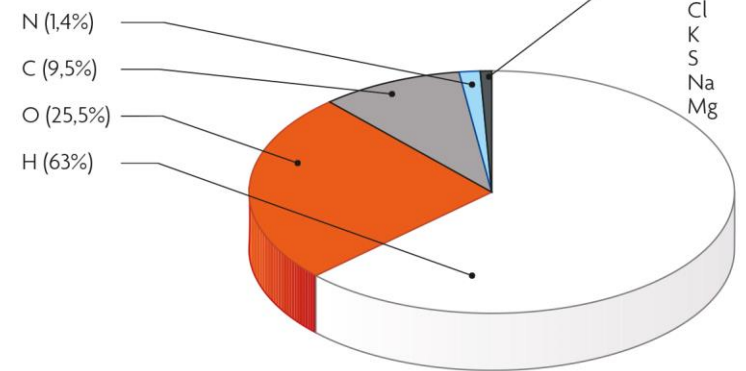
Idrogeno, ossigeno, carbonio e azoto, costituiscono da soli il 99% della massa della maggior parte delle cellule.

Nelle complesse molecole che caratterizzano gli esseri viventi e che sono indicate con il nome di **biomolecole**, particolarmente importante è il ruolo svolto dal **carbonio**.

Crosta terrestre



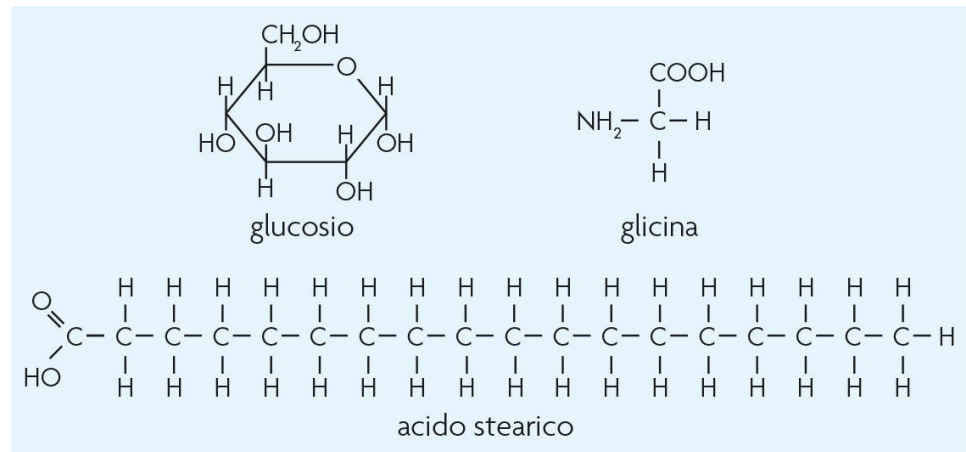
Corpo umano



La composizione della materia vivente

I composti del **carbonio** vengono definiti anche **composti organici**, quelli di interesse biologico appartengono a quattro classi:

- **carboidrati,**
- **lipidi,**
- **proteine,**
- **acidi nucleici.**





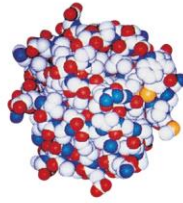
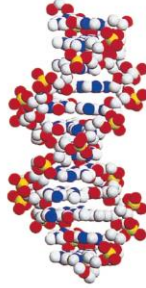


La composizione della materia vivente

Nelle cellule sono presenti le
BIOMOLECOLE:

1. **molecole inorganiche,**
2. **piccole molecole organiche**
3. **macromolecole.**

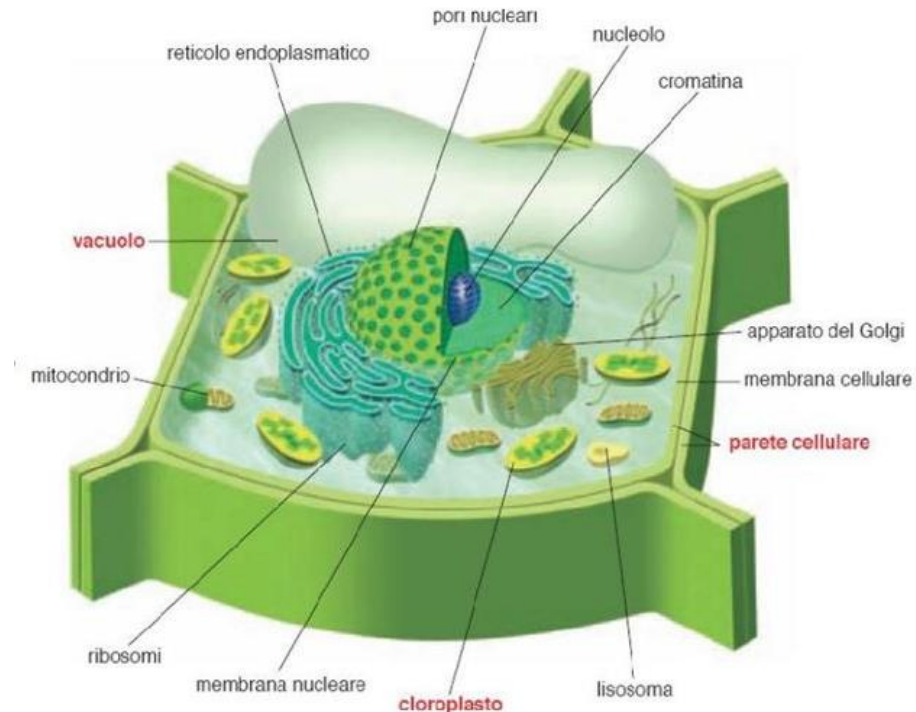
Queste ultime sono molecole di grandi dimensioni (polimeri) derivate dall'unione di piccole molecole organiche (monomeri) come ad esempio gli **acidi nucleici**, le **proteine** e alcuni **carboidrati**.

molecole inorganiche	 acqua	 diossido di carbonio
piccole molecole organiche	 acido stearico (acido grasso)	 glicina (aminoacido)
macromolecole	 proteina globulare	 DNA

I carboidrati

I **carboidrati** o **glicidi** sono composti organici formati da **carbonio**, **idrogeno** e **ossigeno** e sono:

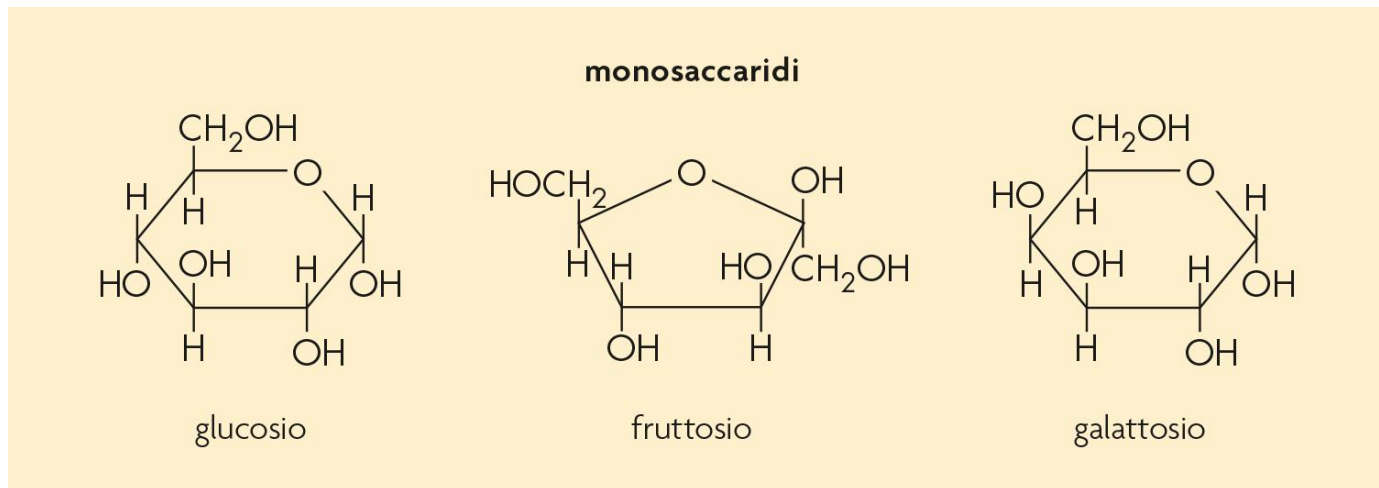
- fonte principale di energia delle cellule;
- sono impiegati per accumulare energia di riserva;
- forniscono scheletri carboniosi che possono essere riorganizzati in nuove molecole;
- costituiscono materiali strutturali per il sostegno e il rivestimento delle cellule vegetali
- vengono sintetizzati grazie alla fotosintesi clorofilliana



I carboidrati

In base al numero dei monomeri (cioè di unità) di cui sono composti, si distinguono in:

- **monosaccaridi** (un monomero);
 - **disaccaridi** (due monomeri);
 - **oligosaccaridi** (da tre a 20 monomeri);
 - **polisaccaridi** (più di 20 monomeri).
- Zuccheri semplici**

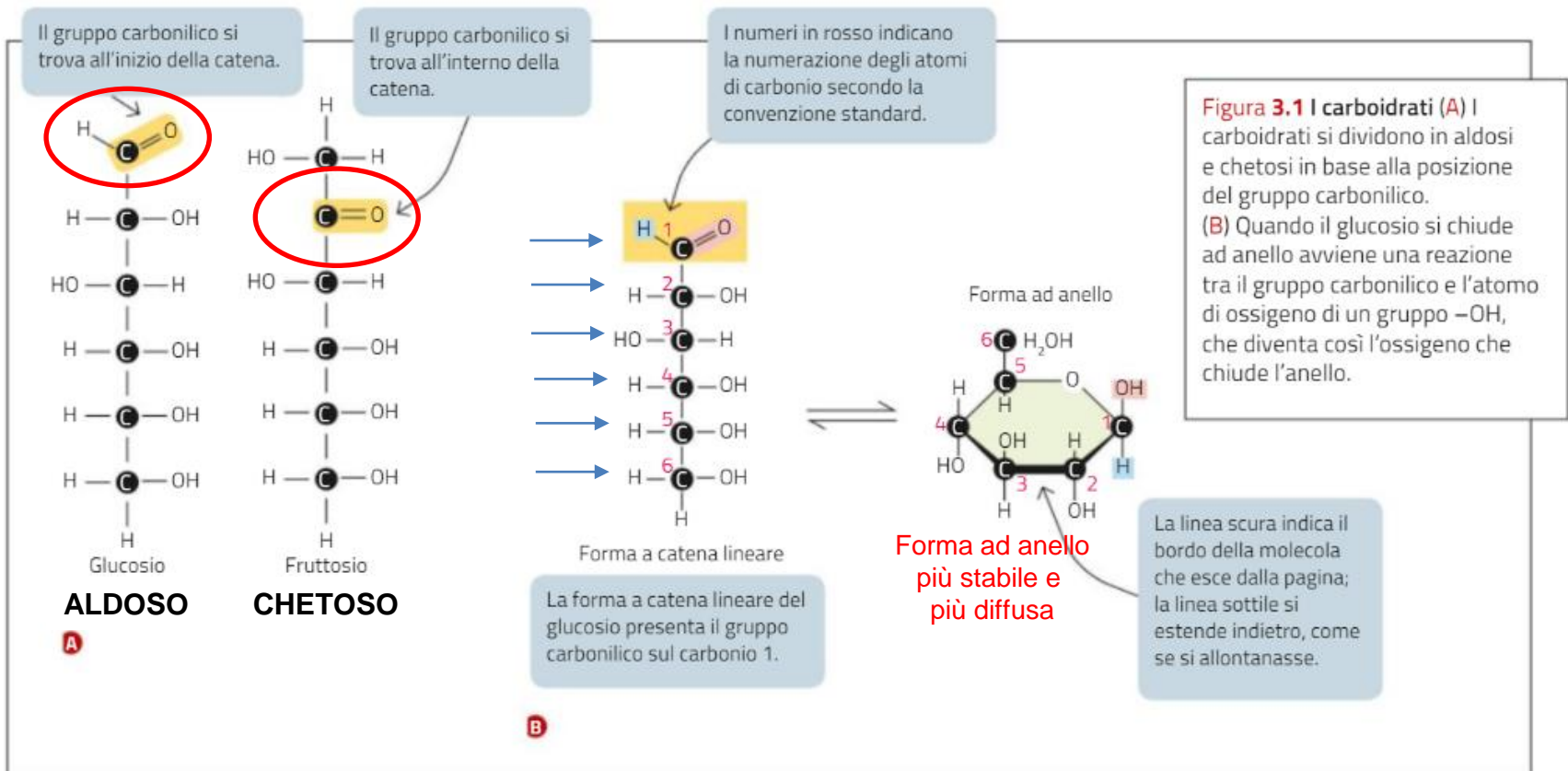


I monosaccaridi

I monosaccaridi (zuccheri semplici), sono prodotti dagli organismi autotrofi attraverso la **fotosintesi**; gli animali assumono poi direttamente o indirettamente tali molecole dalle piante.

I monosaccaridi hanno una composizione e una struttura caratteristiche:

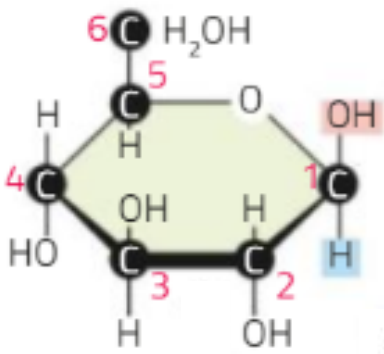
- hanno una catena carboniosa che contiene da 3 a 7 atomi dicarbonio (triosi, tetrosi..);
- un atomo di carbonio porta il gruppo carbonilico (C=O) (**aldosi e chetosi**);
- tutti gli altri atomi di carbonio portano un gruppo ossidrilico(-OH).



I monosaccaridi

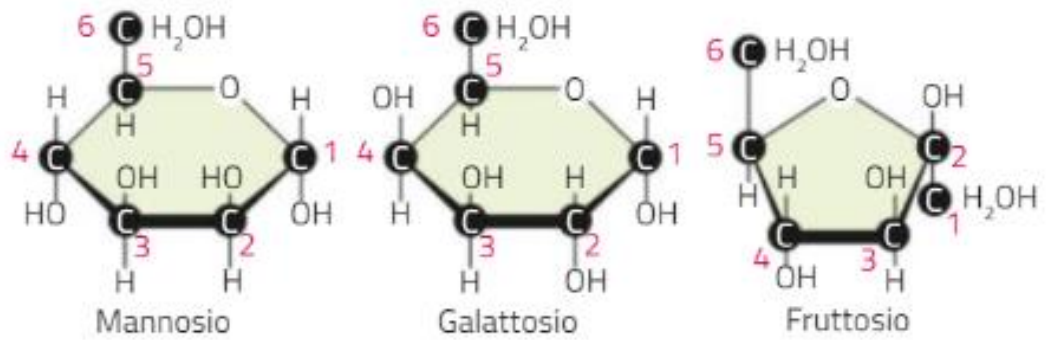
- Sono solubili in acqua
- Hanno aspetto cristallino e colore bianco
- Sono dolci
- Formula generale: $C_6H_{12}O_6$

GLUCOSIO

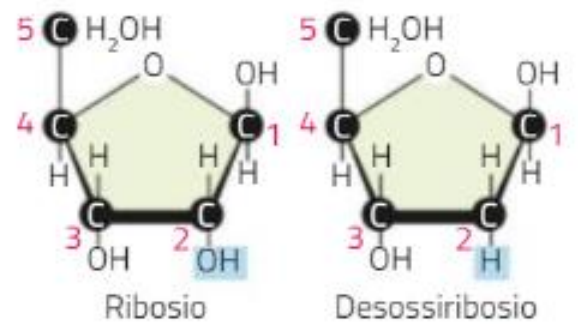


**PRINCIPALE
FONTE DI
ENERGIA**
(respiraz. cellulare)

Zuccheri a sei atomi di carbonio (esosi)



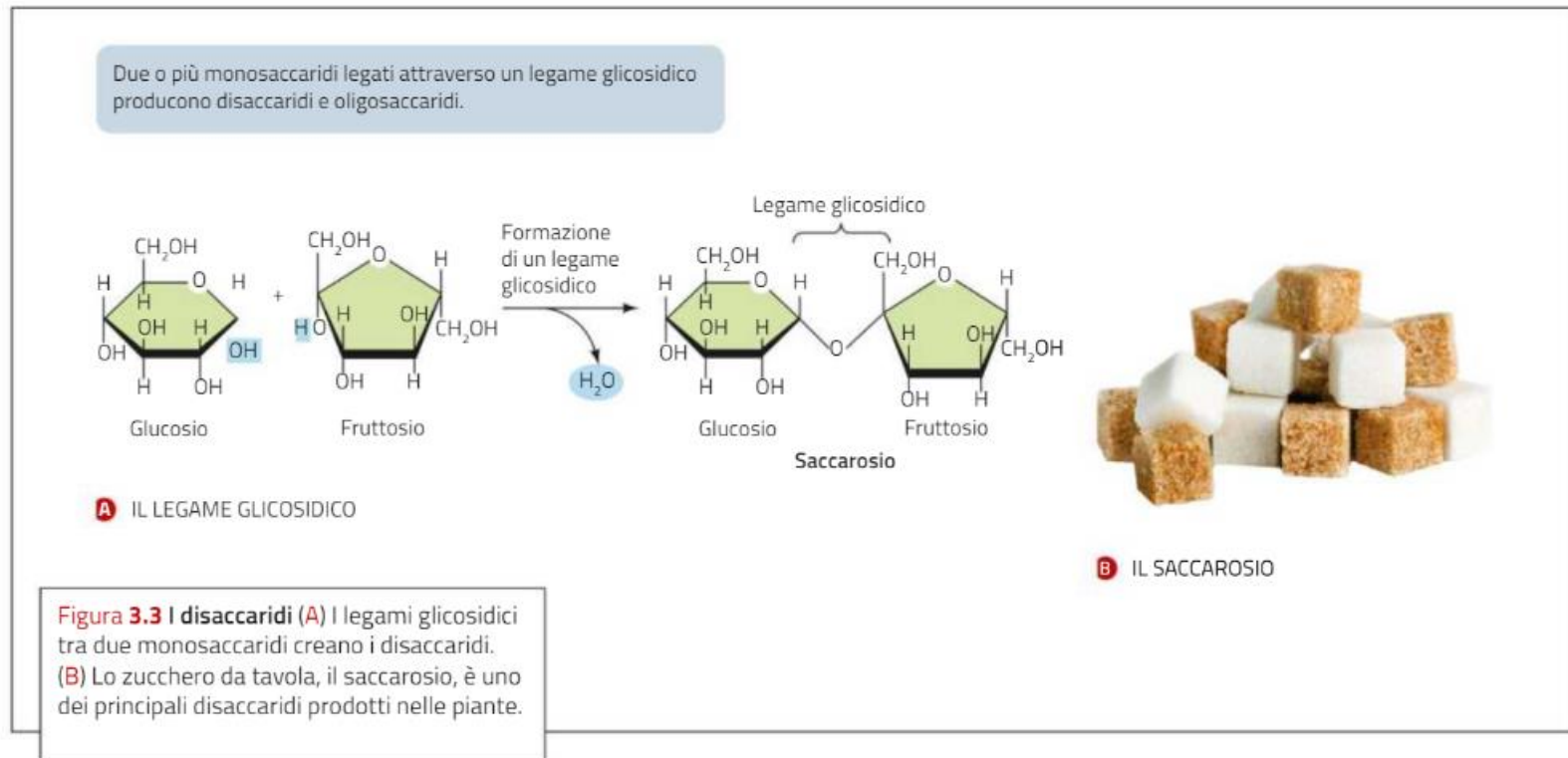
Zuccheri a cinque atomi di carbonio (pentosi)



I carboidrati

Disaccaridi, oligosaccaridi e polisaccaridi derivano tutti da monosaccaridi che, in seguito a condensazione tra gruppi $-OH$, si sono uniti attraverso legami covalenti detti **legami glicosidici**.

Un singolo legame glicosidico tra due monosaccaridi forma un disaccaride.



I disaccaridi

Principali disaccaridi		
Disaccaride	Monomeri costituenti	Tipo di legame
Maltosio	Glucosio	(1 → 4) α-glicosidico
Isomaltosio	Glucosio	(1 → 6) α-glicosidico
Cellobiosio	Glucosio	(1 → 4) β-glicosidico
Lattosio	Glucosio e galattosio	(1 → 4) β-glicosidico
Saccarosio	Glucosio e fruttosio	(1 → 2) α-glicosidico



Beta vulgaris L. var. *saccharifera* L.
(barbabietola da zucchero)



Saccharum officinarum L.
(canna da zucchero)

Gli oligosaccaridi

Gli oligosaccaridi contengono un certo numero di monosaccaridi legati in vari punti da legami glicosidici e comprendono un numero elevato di molecole di vario tipo (li troviamo legati ad alcune proteine e lipidi).

I polisaccaridi

I polisaccaridi sono polimeri di grandi dimensioni, costituiti da centinaia di monosaccaridi connessi da legami glicosidici.

Il glucosio è il monomero di cui sono costituiti i principali polisaccaridi:
amido, glicogeno, cellulosa (tutti polisaccaridi).



I polisaccaridi

L'**amido** e il **glicogeno** costituiscono un'importante riserva di energia rispettivamente nelle cellule delle piante e degli animali.

AMIDO

Particolarmente ricchi di amido sono: frumento, mais, riso, patate;

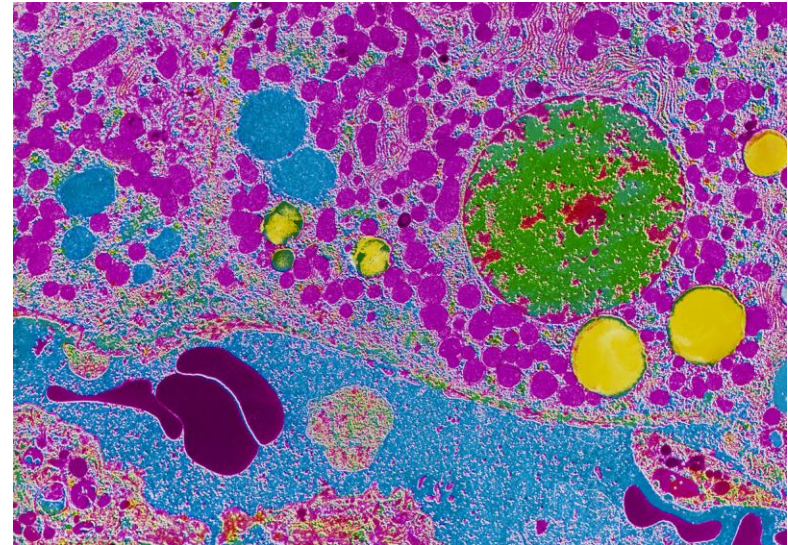
È formato da due polisaccaridi:

amilosio → lineare

amilopectina → ramificato

GLICOGENO

il glicogeno, invece, è presente nei muscoli e nel fegato.



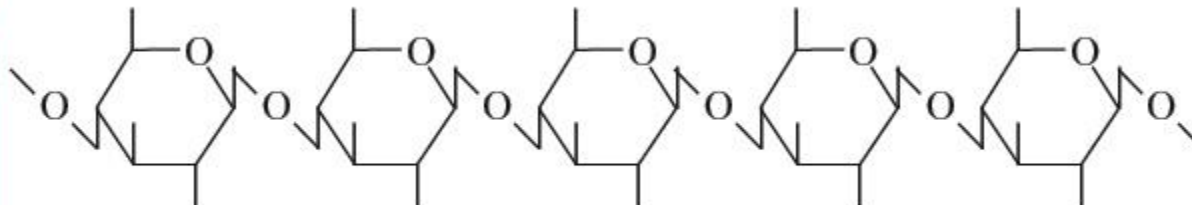
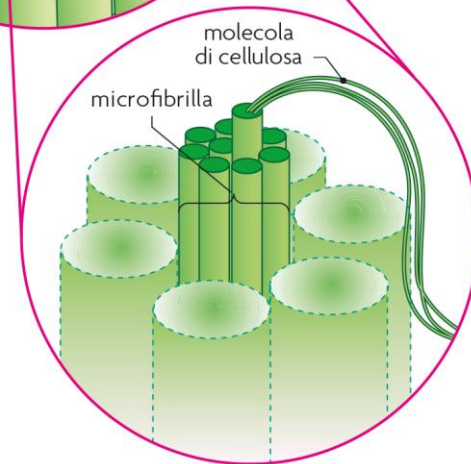
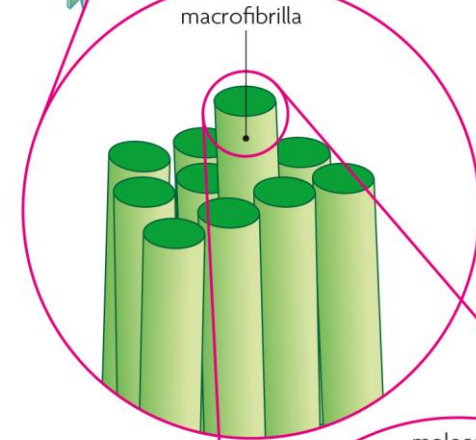
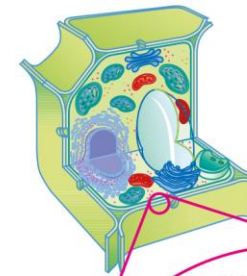
I polisaccaridi

CELLULOSA

Polimero del glucosio con legami β -glucosidici e con funzione strutturale. È infatti la principale componente della parete delle cellule vegetali, un rivestimento assente nelle cellule animali.

Può essere idrolizzata solo da procarioti, protozoi, funghi e pochissimi animali.

Nutrimento per animali e quindi fonte di energia.



Legami β (1 \rightarrow 4)

Le biomolecole:

i lipidi

I lipidi sono biomolecole apolari e insolubili in acqua che contengono prevalentemente atomi di carbonio e idrogeno.

Esistono svariati tipi di lipidi, che svolgono compiti diversi:

- gli oli e i grassi sono riserve di energia;
- i fosfolipidi formano le membrane cellulari;
- i carotenoidi e le clorofille servono alle piante per catturare l'energia luminosa;
- gli steroidi e gli acidi grassi svolgono ruoli di regolazione, come nel caso degli ormoni e delle vitamine;
- il grasso corporeo degli animali si comporta da isolante termico;
- il rivestimento lipidico intorno alle fibre nervose serve da isolante elettrico;
- gli oli o le cere sulla superficie della pelle, della pelliccia dei mammiferi, delle penne degli uccelli e delle foglie hanno funzione idrorepellente e impediscono la disidratazione.

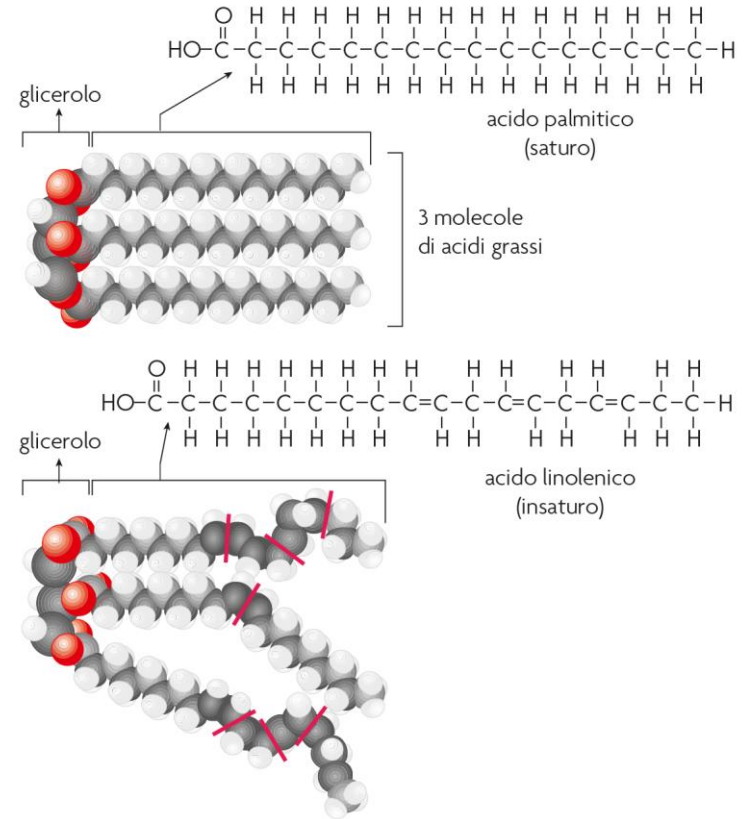
I lipidi

Tre importanti famiglie di lipidi sono:

1 **trigliceridi** (funzione di riserva energetica)

2 **fosfolipidi** (membrana cell.)

3 **colesterolo** e derivati (varie funzioni)



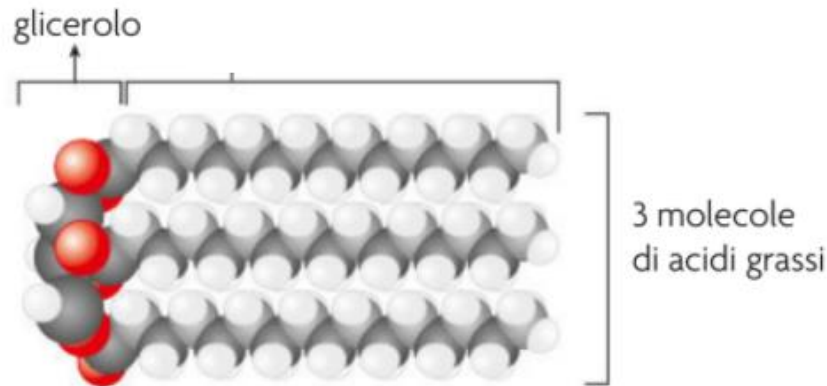
1 Trigliceridi

I lipidi più semplici e più diffusi in natura sono i trigliceridi: se a temperatura ambiente essi sono solidi, vengono chiamati **grassi**, mentre se sono allo stato liquido, sono detti **oli**.

Un trigliceride è formato da una molecola di glicerolo unita a tre molecole di acidi grassi.

Vediamo come si forma:

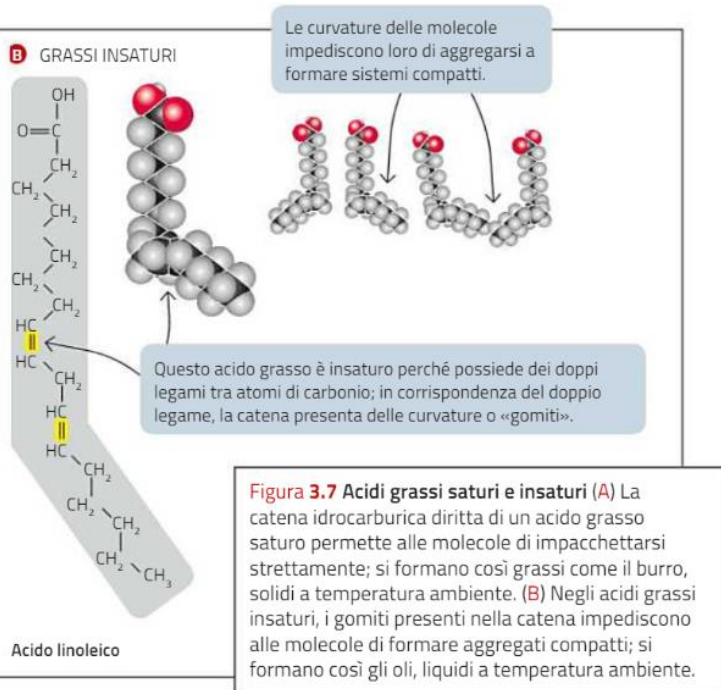
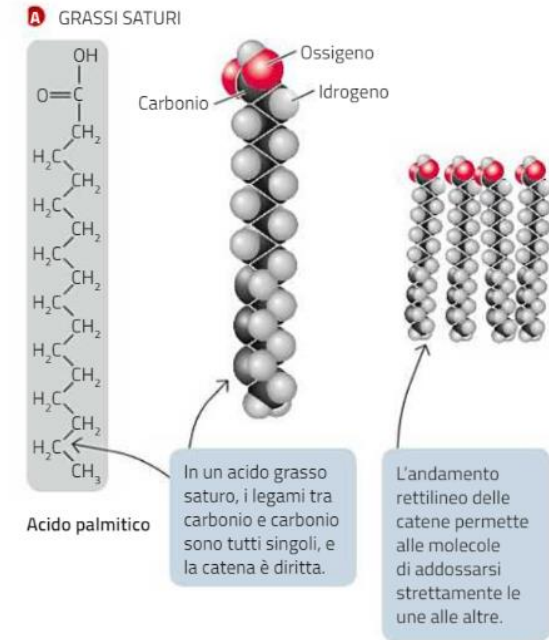
1. Il glicerolo, alcol con tre gruppi ossidrilici (OH), si unisce a tre molecole di acido grasso. Un acido grasso è formato da una lunga catena apolare di atomi di carbonio e idrogeno che termina con un gruppo carbossilico (COOH) che invece è polare (un'estremità idrofila e una lunga coda idrofobica, si definisce **anfipatica**).
2. Dalla fusione si liberano tre molecole d'acqua e si forma una molecola di trigliceride (molecola **idrofobica**).



1 Trigliceridi

Gli acidi grassi possono essere:

- **saturi**, tutti i legami fra gli atomi di carbonio della catena sono legami semplici: non compaiono doppi legami. Le molecole di questi acidi grassi sono rigide e lineari, cosicché tendono ad affiancarsi come le matite in un portamatite. A temperatura ambiente sono solidi e presentano un punto di fusione alto.



- **insaturi**, le catene idrocarburiche contengono uno o più doppi legami che producono pieghe o «gomiti» nella catena. La presenza di questi «gomiti» influenza le proprietà fisiche e quindi la tendenza ad ammassarsi, un punto di fusione basso e di solito a temperatura ambiente sono liquidi.

I trigliceridi costituiscono importanti fonti di energia per le cellule.

La quantità di gomiti nelle molecole degli acidi grassi è importante nel determinare la fluidità e il punto di fusione di un lipide.



trigliceridi dei grassi animali (saturi)

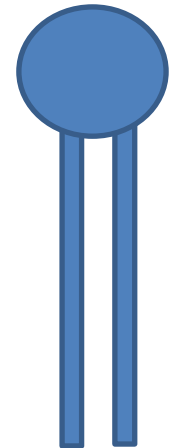
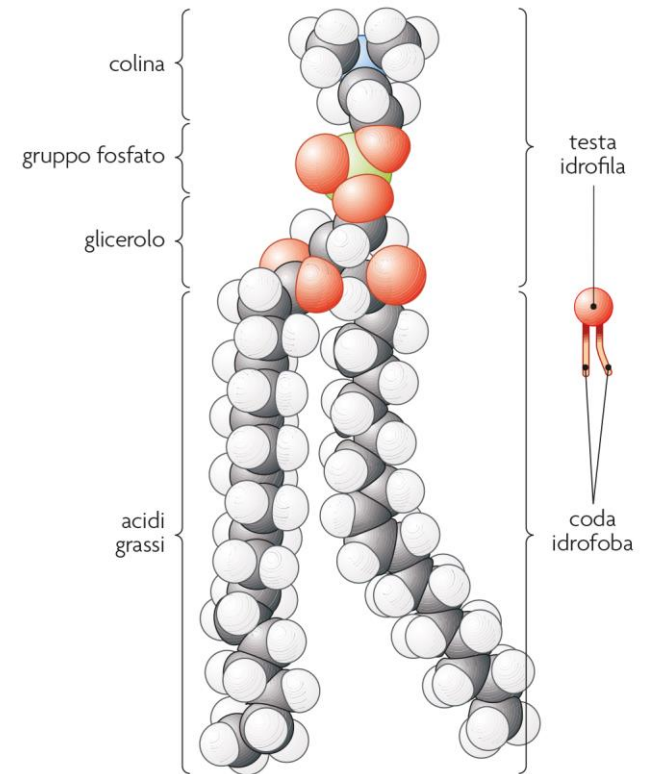


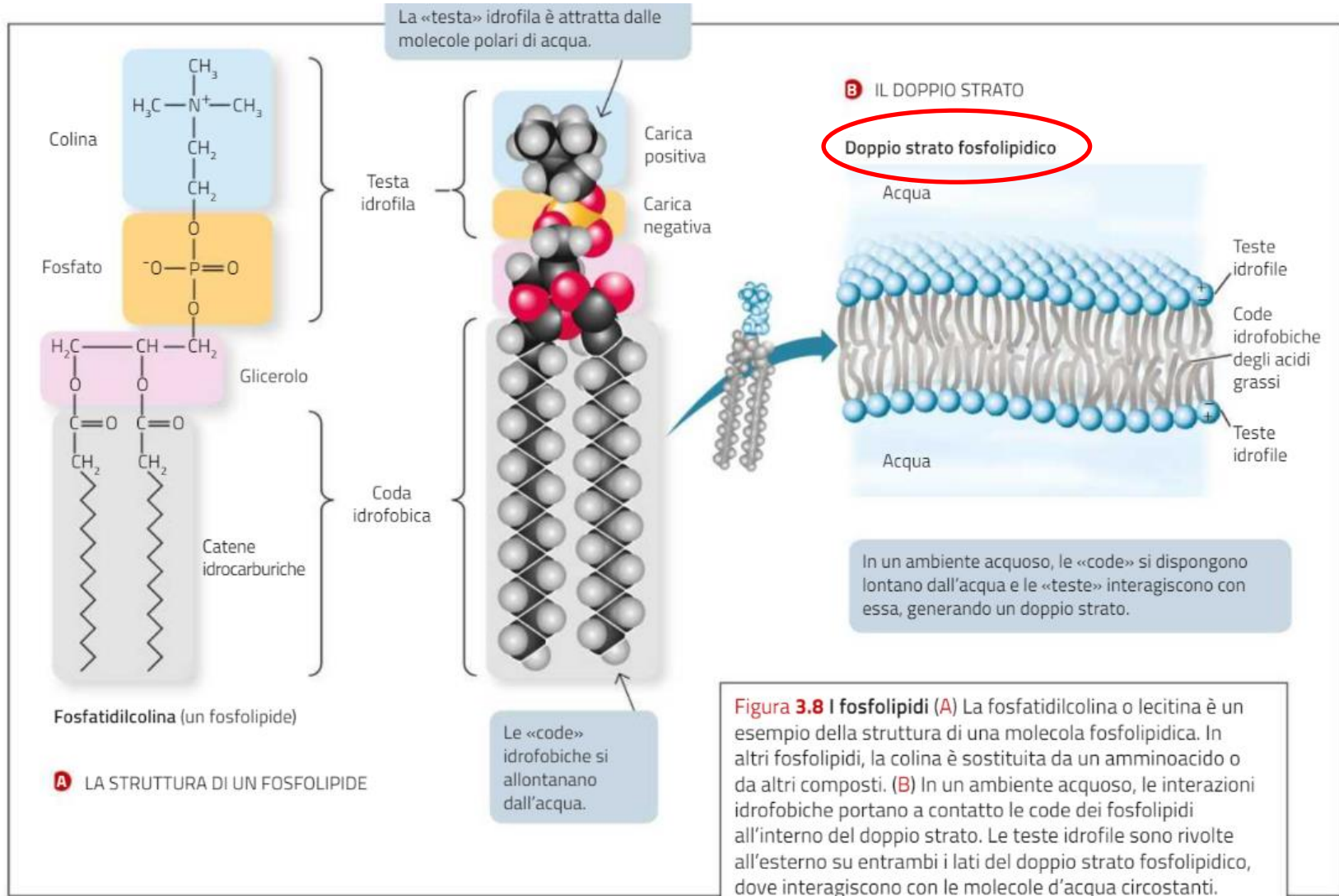
trigliceridi delle piante (acidi grassi insaturi)

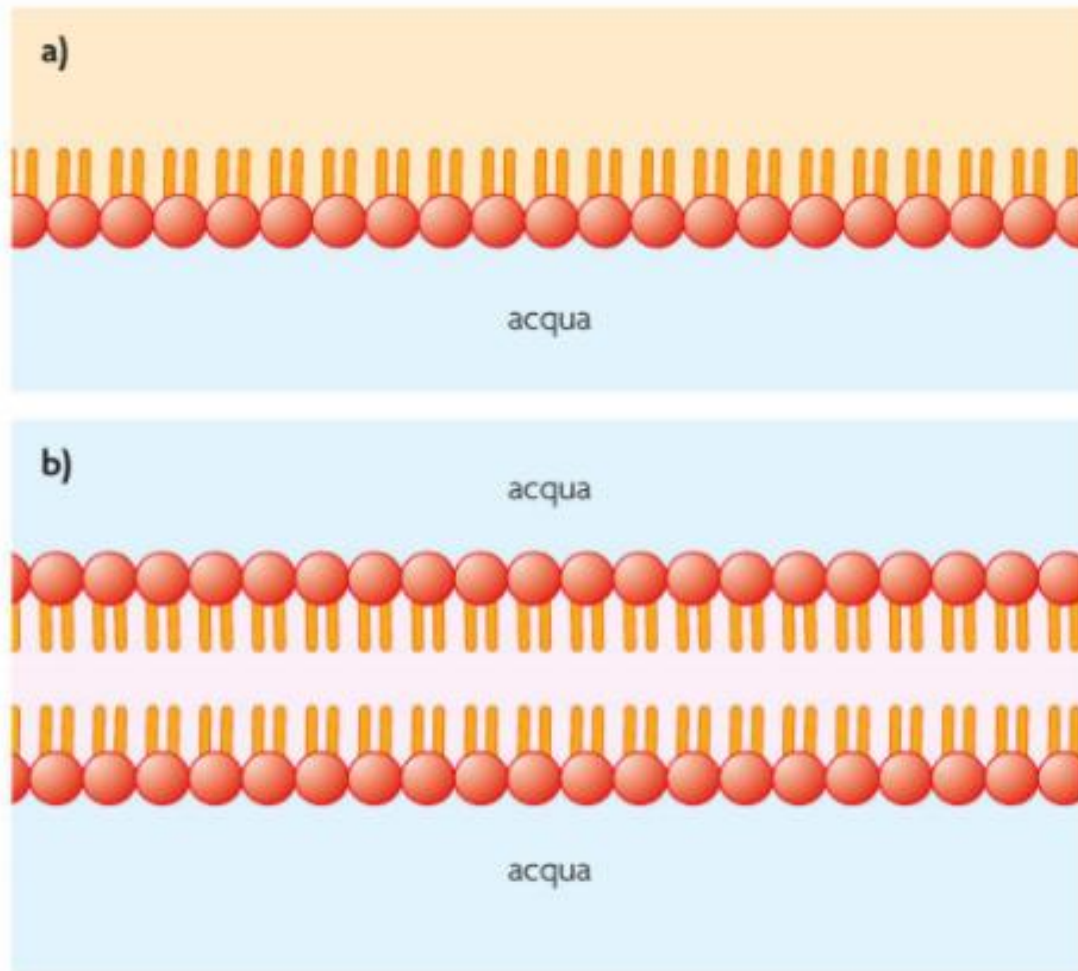
2. Fosfolipidi

I **fosfolipidi** sono molecole di grande interesse biologico in quanto sono costituenti delle **membrane cellulari** (la membrana plasmatica e le membrane che costituiscono gli organuli cellulari).

Come i trigliceridi, anche i fosfolipidi contengono acidi grassi legati al **glicerolo**. Nei fosfolipidi, però, uno degli **acidi grassi** è sostituito da un composto contenente un **gruppo fosfato** che lega un gruppo chimico come la colina (un'ammina) o la serina (un amminoacido)







↑ 3 Il comportamento dei fosfolipidi: (a) a contatto con l'acqua; (b) in un mezzo acquoso.

I lipidi

1 **trigliceridi** (funzione di riserva energetica)

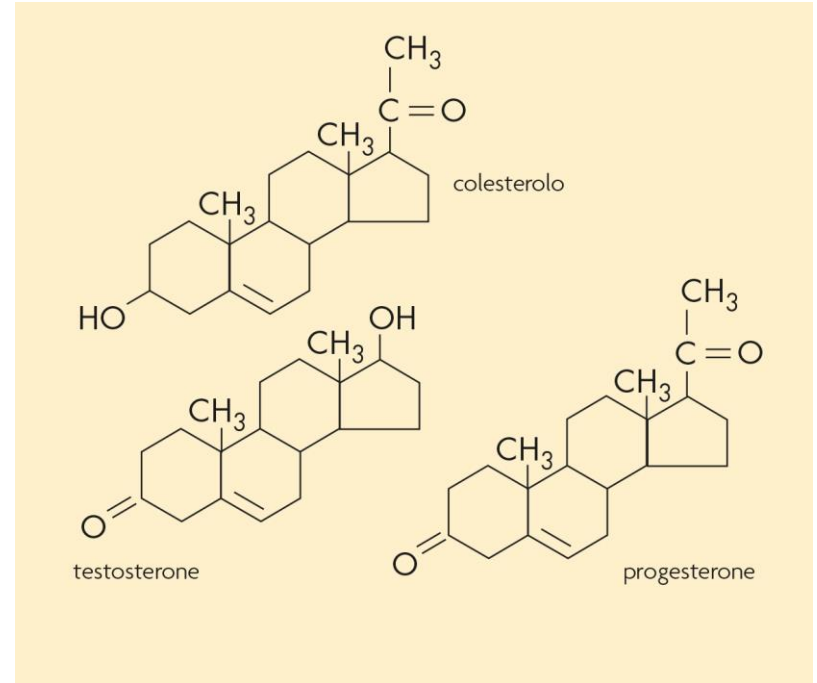
2 **fosfolipidi** (membrana cell.)

3 **colesterolo** e derivati (varie funzioni)

3. Colesterolo e derivati

Il **colesterolo** è un costituente della membrana plasmatica delle cellule animali.

Dal colesterolo, inoltre, derivano alcuni ormoni (segnali chimici), fra cui quelli sessuali.



Un eccesso di colesterolo nel sangue causa malattie cardiovascolari

- I **carotenoidi** sono pigmenti capaci di assorbire la luce, presenti nelle piante e negli animali (β -carotene precursore della vitamina A). I carotenoidi sono responsabili del colore delle carote, dei pomodori, delle zucche e del tuorlo d'uovo.
- Le **vitamine** sono piccole molecole che il corpo umano non è capace di sintetizzare e che quindi devono essere assunte con gli alimenti. Sono lipidi anche le vitamine D, E e K.
- Le **cere** sono molecole molto lunghe, contenenti da 40 a 60 atomi di carbonio. Questa struttura fortemente apolare spiega perché la cera è impermeabile all'acqua (es. penne degli uccelli acquatici, alveari delle api, ghiandole cutanee nell'uomo).

I carotenoidi, gli steroidi, le vitamine e le cere sono lipidi che svolgono compiti di conversione di energia, regolazione e protezione.



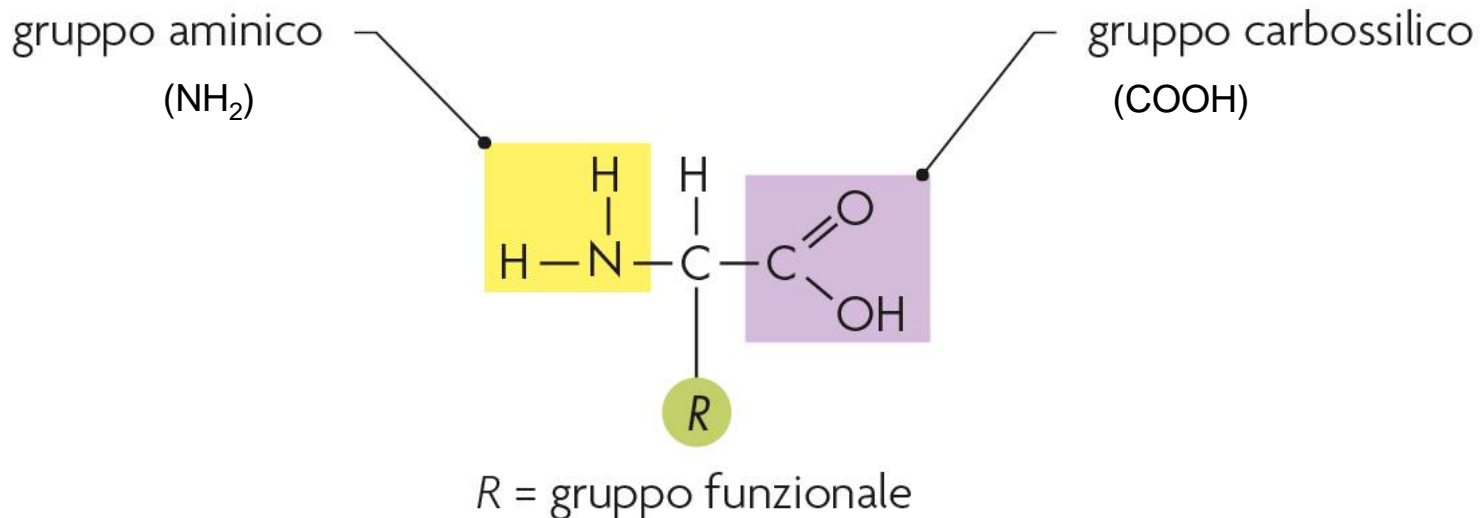
Le biomolecole:

le proteine

Le proteine

Le **proteine** sono **macromolecole** di rilevante importanza biologica; presentano una struttura variabile che permette loro di partecipare a un grande numero di funzioni.

Sono formate assemblando in vario modo e in diverso numero soltanto 20 diverse piccole molecole organiche: gli **aminoacidi**.



Gli **amminoacidi** sono composti organici che presentano due gruppi funzionali, un **gruppo amminico** (NH_3^+) e **carbossilico** (COO^-), legati a uno stesso atomo di carbonio detto «carbonio α » (alfa). Legati all'atomo di carbonio α ci sono anche un **atomo di idrogeno** e una **catena laterale**, detta gruppo radicale e indicata con la lettera R.



I gruppi R sono diversi in ciascun amminoacido e contengono gruppi funzionali dai quali dipendono la struttura tridimensionale e le proprietà chimiche dell'intera molecola.

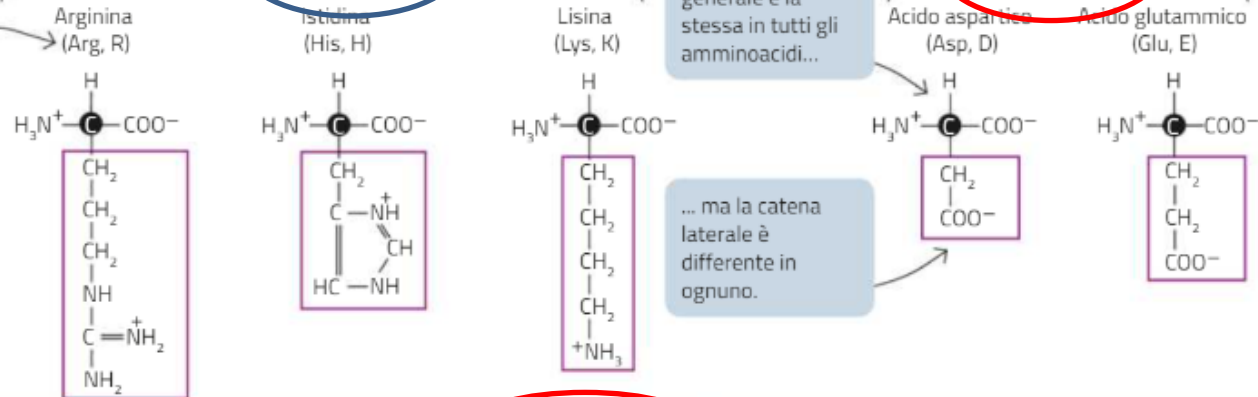
AMMINOACIDI CON CATENE LATERALI IDROFILICHE E DOTATE DI CARICA ELETTRICA

Carica positiva +

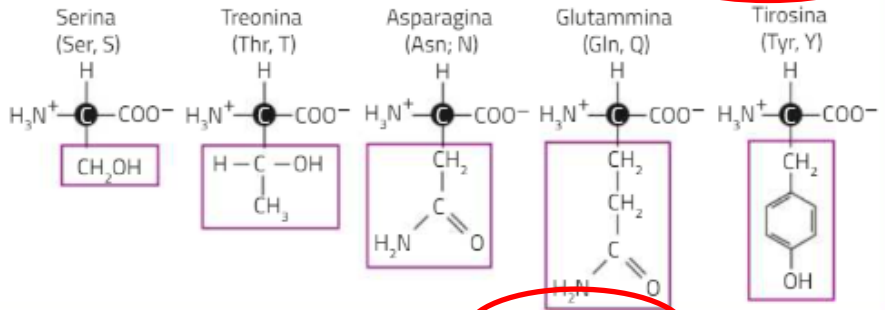
Carica negativa -

La struttura generale è la stessa in tutti gli amminoacidi...
... ma la catena laterale è differente in ognuno.

Gli amminoacidi sono indicati sia dall'abbreviazione a tre lettere sia da quella a lettera singola.



AMMINOACIDI CON CATENE LATERALI POLARI MA PRIVE DI CARICA (IDROFILICHE)



CASI SPECIALI

<p>Cisteina (Cys, C)</p> <chem>NC(=O)CS</chem>	<p>Glicina (Gly, G)</p> <chem>NC(=O)C</chem>	<p>Prolina (Pro, P)</p> <chem>C1CCNC1C(=O)O</chem>
--	--	--

AMMINOACIDI CON CATENE LATERALI APOLARI IDROFOBICHE

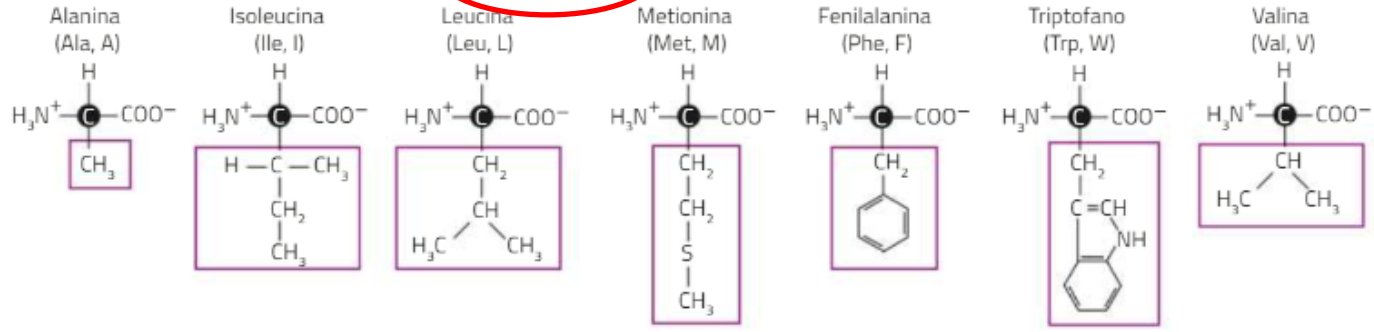
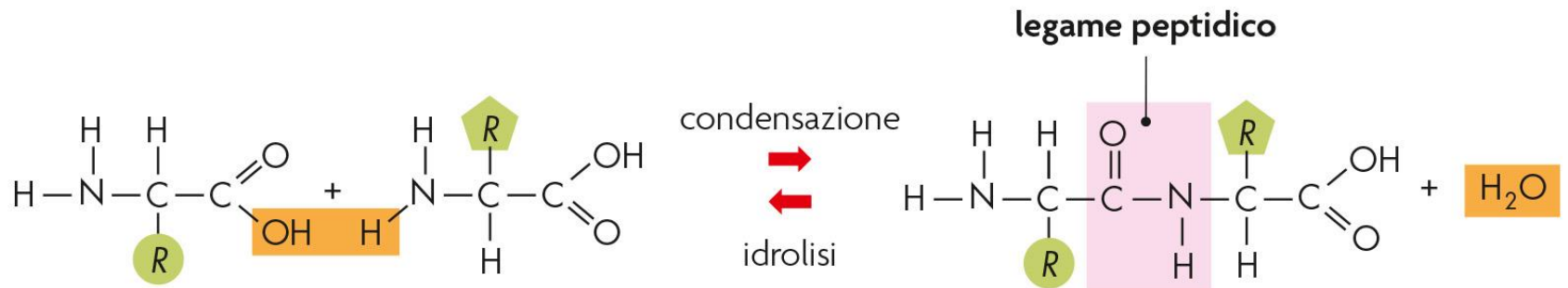


Figura 3.13 La struttura degli amminoacidi. I venti amminoacidi che si trovano nelle cellule si possono raggruppare e distinguere in base ai loro gruppi R.

Le proteine

I gruppi amminico (NH_3^+) e carbossilico (COO^-) sono i gruppi funzionali che, reagendo, legano fra loro i singoli aminoacidi per formare le proteine. Questo importante legame è detto **legame peptidico**.

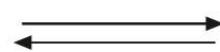


aminoacido

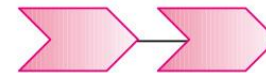


+

aminoacido



dipeptide



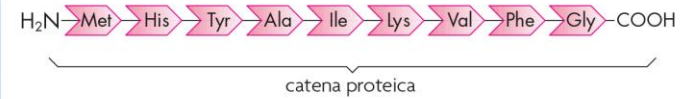
+ acqua

CATENA POLIPETDICA

La struttura delle proteine

Le proteine sono generalmente formate da una o più catene di aminoacidi.

Nella struttura delle **proteine** si riconoscono quattro livelli di crescente complessità: **la struttura primaria, secondaria, terziaria e quaternaria.**

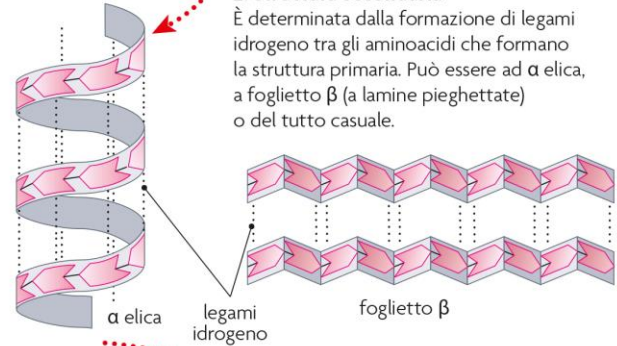


1. struttura primaria

È data dalla sequenza degli aminoacidi di cui è costituita la catena proteica. Da questa sequenza dipende l'intera struttura della proteina.

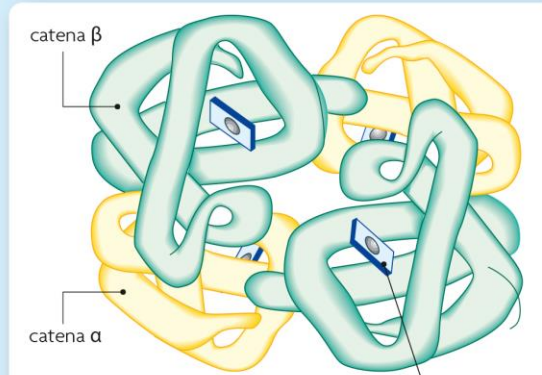
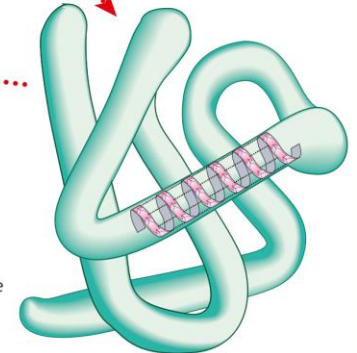
2. struttura secondaria

È determinata dalla formazione di legami idrogeno tra gli aminoacidi che formano la struttura primaria. Può essere ad α elica, a foglietto β (a lamine pieghettate) o del tutto casuale.



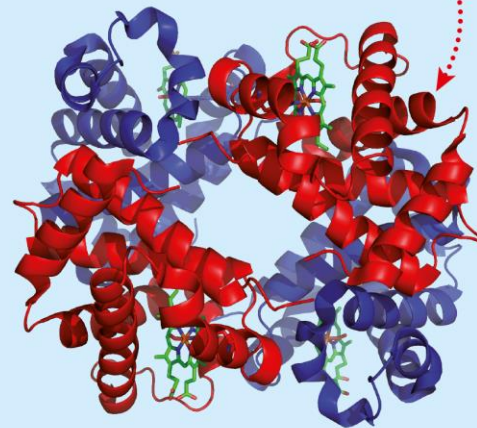
3. struttura terziaria

È la forma complessiva della proteina. È determinata da deboli legami tra i gruppi R dei vari aminoacidi. È presente nelle proteine globulari.



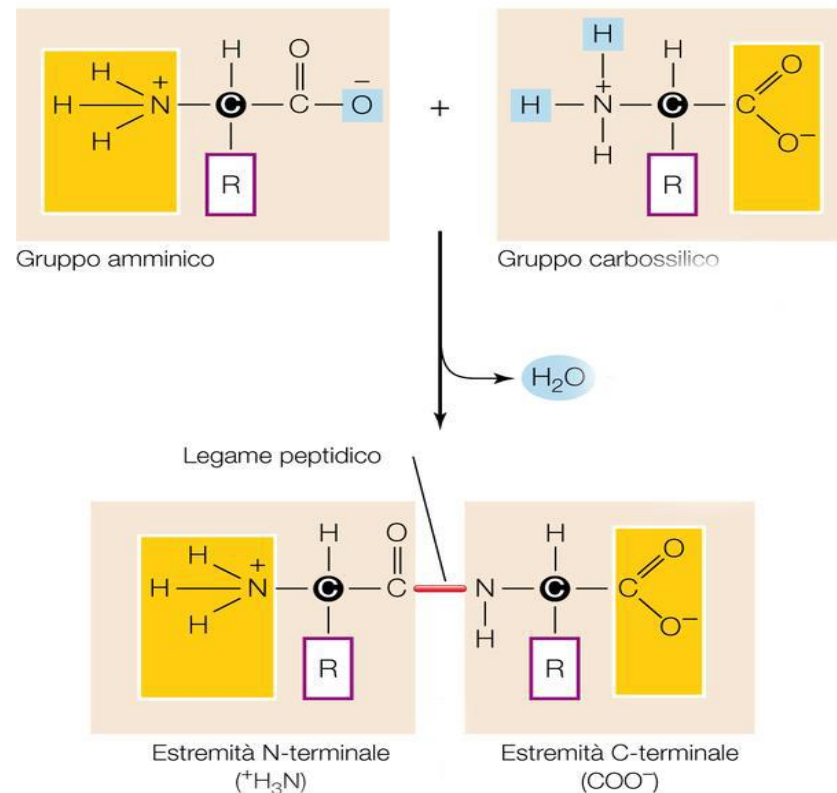
4. struttura quaternaria

Si ha quando una proteina è costituita da più catene. Nel caso dell'emoglobina, la proteina contenuta nei globuli rossi e responsabile del trasporto dell'ossigeno, le catene proteiche sono quattro, a due a due uguali. I gruppi eme, legati alle quattro catene proteiche, sono composti non proteici contenenti ognuno un atomo di ferro a cui si lega l'ossigeno. Il modello qui sotto mette in evidenza la struttura ad α elica delle catene proteiche.



La struttura primaria

La sequenza di amminoacidi nella catena polipeptidica costituisce la **struttura primaria** di una proteina.

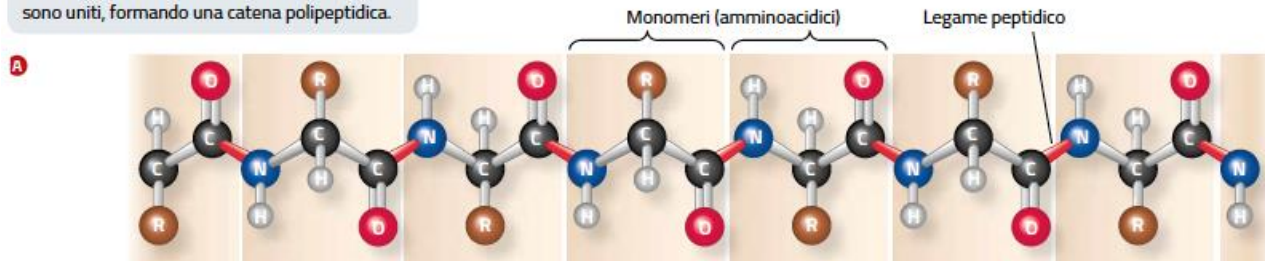


I gruppi funzionali di due amminoacidi reagiscono tra loro dando origine a un legame peptidico.

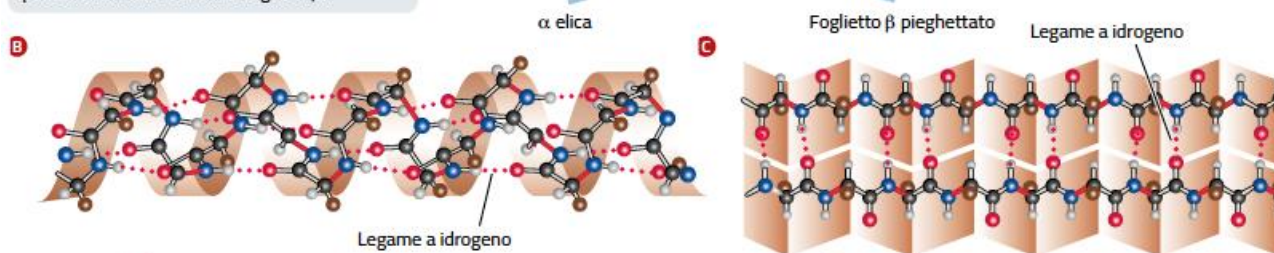
L'ossatura di una catena polipeptidica è formata dalla successione regolare di $-\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{N}-$.

La struttura secondaria

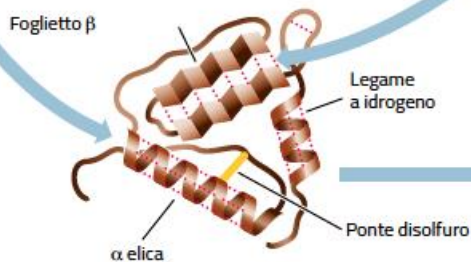
Struttura primaria. I monomeri amminoacidici sono uniti, formando una catena polipeptidica.



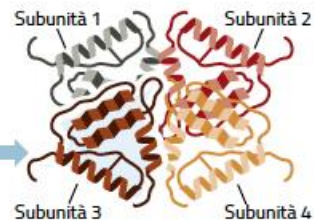
Struttura secondaria. Le catene polipeptidiche possono formare α eliche e foglietti β .



Struttura terziaria. Il polipeptide si ripiega, generando una specifica forma tridimensionale. I ripiegamenti sono stabilizzati da legami, tra cui legami a idrogeno e ponti disolfuro.



Struttura quaternaria. Due o più polipeptidi si associano a formare molecole proteiche più grandi. La molecola ipotetica qui raffigurata è un tetramero costituito da quattro subunità polipeptidiche.



D

E

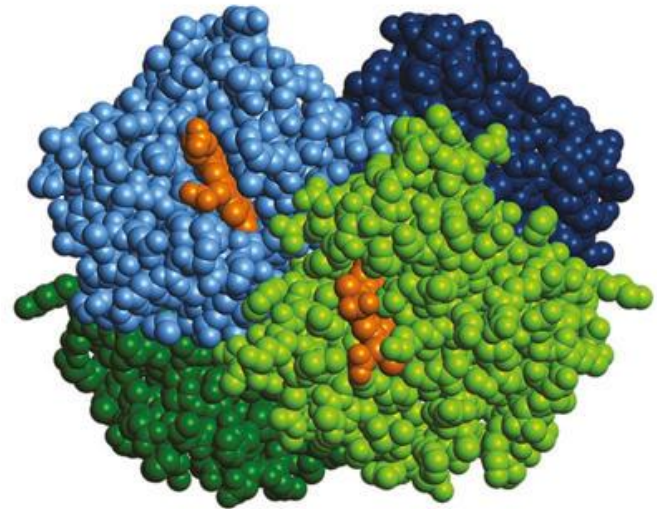
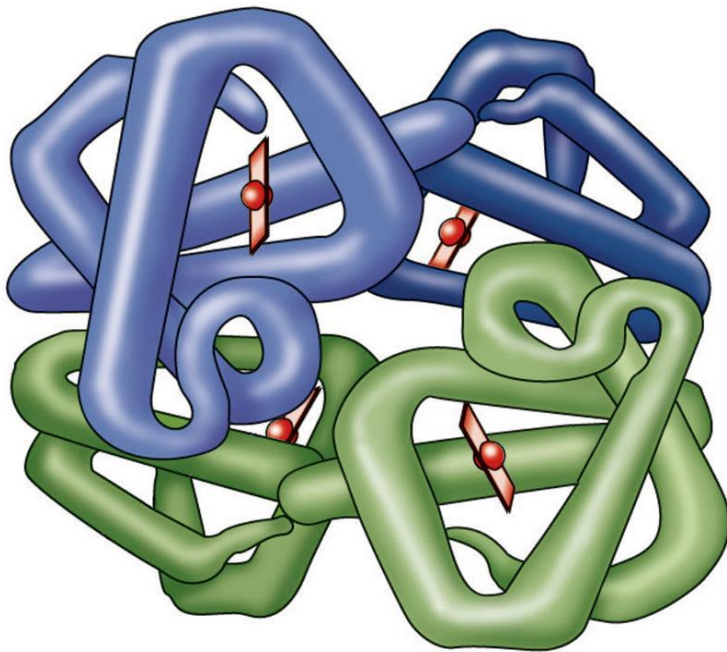
La struttura terziaria

La **struttura terziaria** produce una macromolecola con una precisa forma tridimensionale, la cui superficie esterna presenta gruppi funzionali capaci di svolgere particolari reazioni chimiche con altre molecole specifiche.

I responsabili della struttura terziaria sono le interazioni tra i gruppi R.

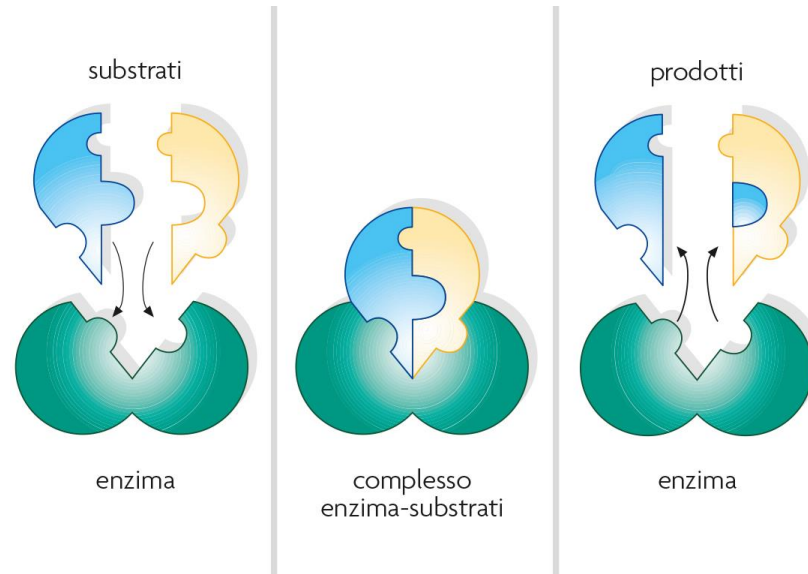
La struttura quaternaria

La **struttura quaternaria** è il risultato del modo in cui le subunità polipeptidiche si legano insieme e interagiscono fra loro.



Ogni tipo di proteina svolge un compito preciso e non può essere sostituita da altre. La specificità di azione delle proteine dipende da due proprietà generali:

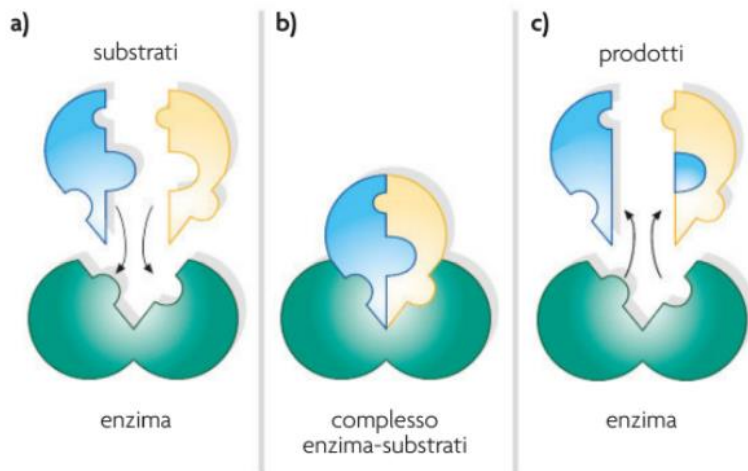
- **la forma**: le proteine interagiscono seguendo un meccanismo ad incastro (es. chiave e serratura)



L'insieme di tutte le reazioni chimiche che avvengono in una cellula (ma anche in un organismo pluricellulare) prende il nome di **metabolismo**.

Queste sono possibili grazie alla presenza di particolari proteine, gli **enzimi**, che sono catalizzatori e agiscono abbassando l'energia di attivazione delle reazioni chimiche.

- Gli enzimi sono altamente specifici, infatti catalizzano, SOLO una determinata reazione



↑ 11 **Il meccanismo di azione degli enzimi** In seguito all'ingresso dei substrati nel sito attivo (a) si forma un complesso enzima-substrati e i substrati vengono trasformati nei prodotti (b). La liberazione dei prodotti rende nuovamente pronto il sito attivo dell'enzima per una nuova reazione (c).

- Il nome dell'enzima ci aiuta spesso a capire in quale reazione interviene

Es. saccarasi → scinde il saccarosio

- Gli enzimi hanno un **sito attivo** e affinità con un solo **substrato**

- Gli enzimi li possiamo trovare all'interno delle membrane cellulari, nel citoplasma, in determinati organuli cellulari.

Ogni tipo di proteina svolge un compito preciso e non può essere sostituita da altre. La specificità di azione delle proteine dipende da due proprietà generali:

- **le proprietà chimiche dei gruppi esposti in superficie:**

I gruppi funzionali posti sulla superficie di una proteina favoriscono interazioni chimiche con altre sostanze. Questi gruppi sono le catene laterali degli amminoacidi rivolti all'esterno, e rappresentano quindi una proprietà legata alla struttura primaria della proteina.

La forma e le proprietà chimiche delle proteine determinano la loro funzione.

Le condizioni ambientali influenzano la struttura di una proteina

La struttura tridimensionale di una proteina dipende da:

1. interazioni deboli che si instaurano tra gli amminoacidi;
2. condizioni ambientali: temperatura e acidità.

(Riscaldando una proteina, il calore romperà i legami deboli responsabili della struttura secondaria e quella terziaria, modificando la forma e la funzione della molecola, **proteina denaturata**).

L'alterazione della struttura tridimensionale di una proteina è detta denaturazione ed è spesso accompagnata dalla perdita della sua normale funzionalità biologica

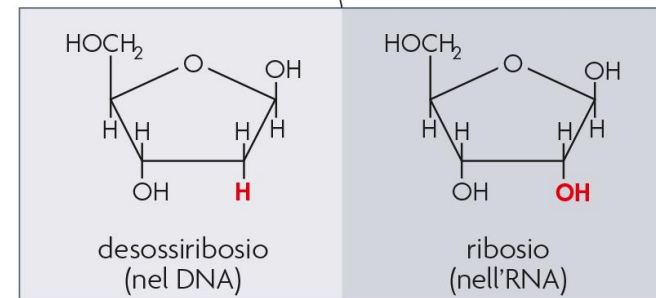
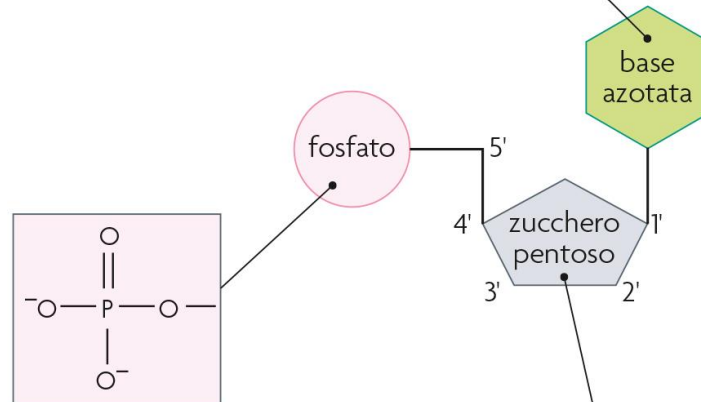
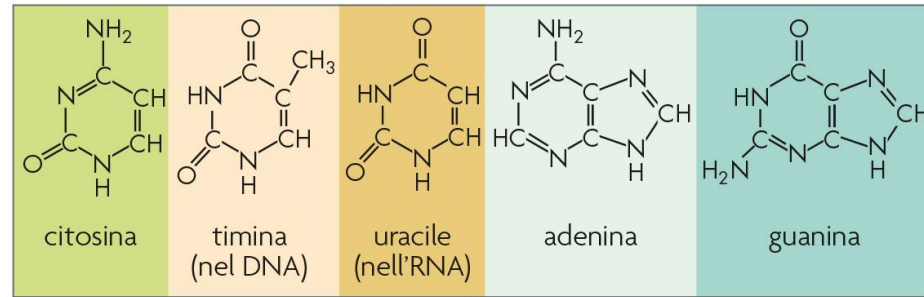


Le biomolecole: gli acidi nucleici

Acidi nucleici

DNA e RNA sono macromolecole composte da monomeri detti **nucleotidi**, ciascuno dei quali è formato da tre elementi:

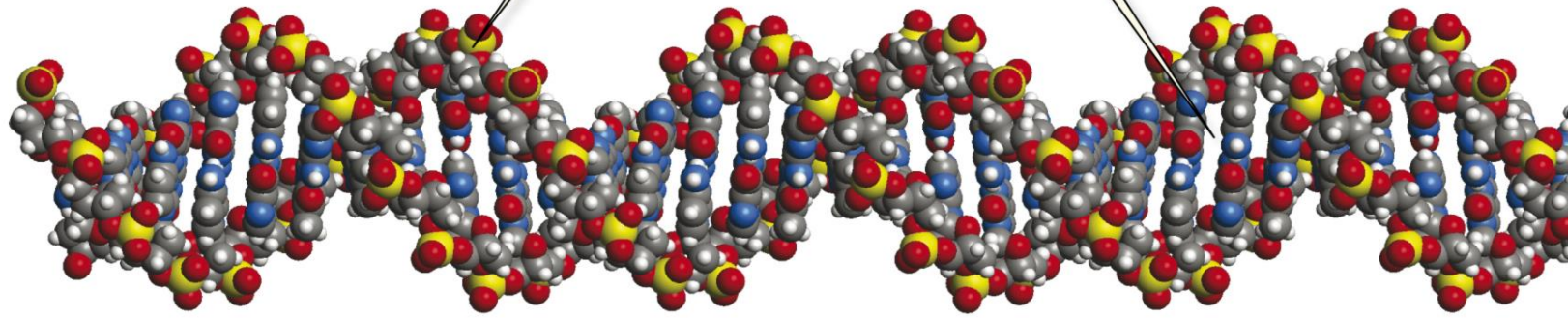
1. un gruppo fosfato
2. uno zucchero pentoso
3. una base azotata



Gli acidi nucleici: cosa sono

Gli atomi gialli di fosforo e gli atomi rossi di ossigeno a essi legati, assieme alle molecole di desossiribosio, formano le impalcature delle due eliche.

Le basi appaiate sono impilate al centro dell'elica (gli atomi blu di azoto e gli atomi grigi di carbonio).



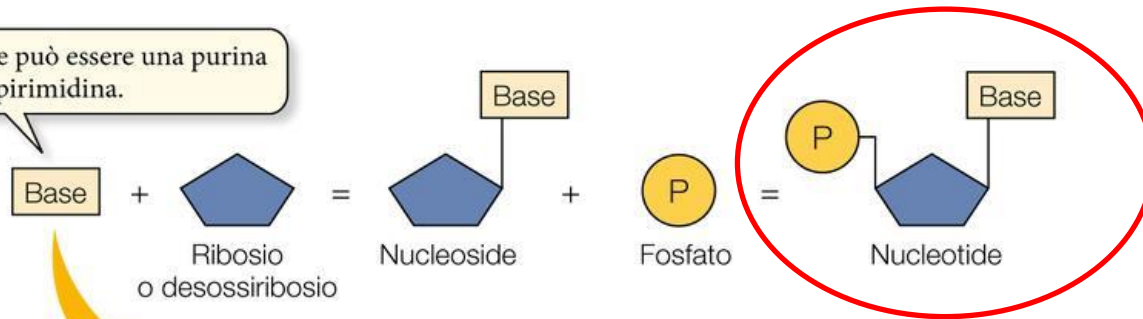
Gli acidi nucleici sono polimeri formati da **nucleotidi**.

Esistono due tipi di acidi nucleici: il **DNA** e l'**RNA**.

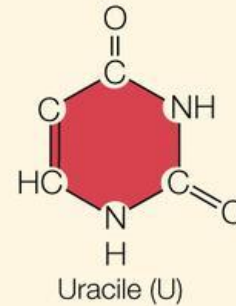
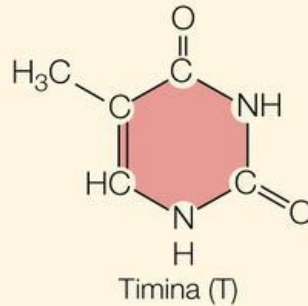
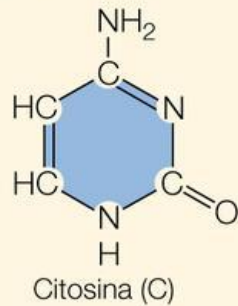
L'informazione genetica contenuta nel DNA risiede nella sequenza dei nucleotidi che costituiscono la doppia elica.

I monomeri: le basi azotate

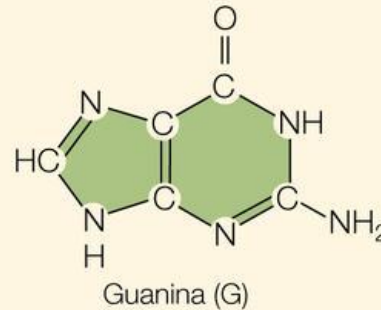
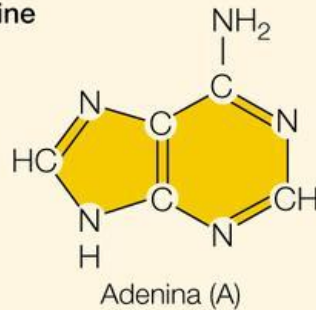
La base può essere una purina o una pirimidina.



Pirimidine



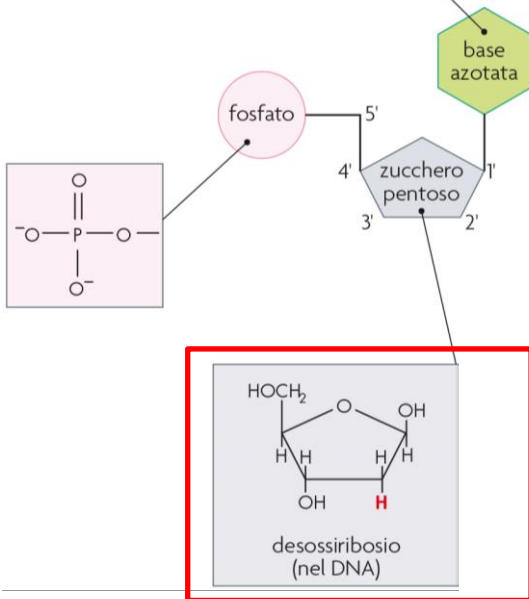
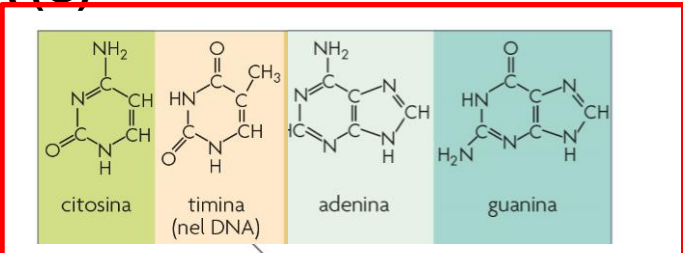
Purine



A doppio anello

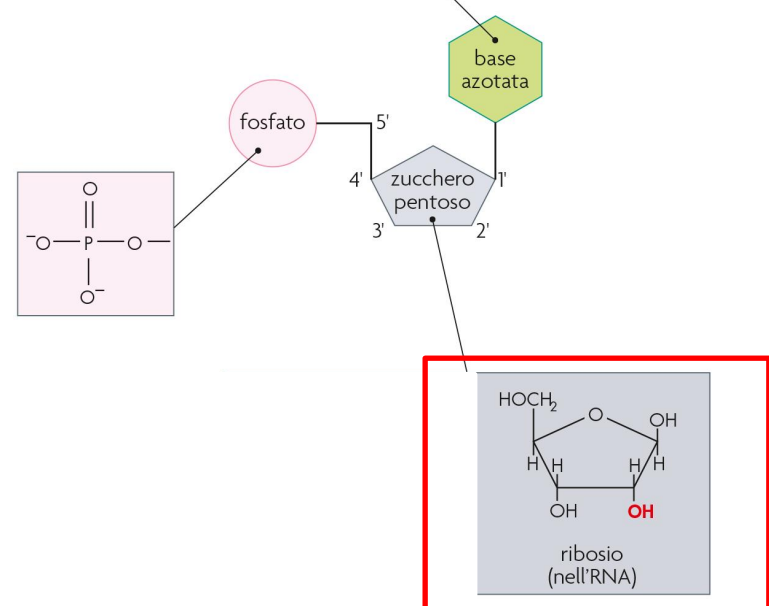
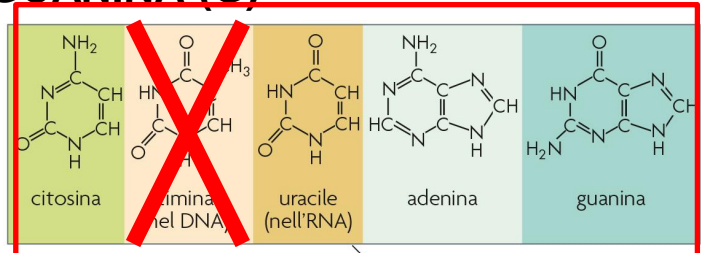
CITOSINA (C)
TIMINA (T)
ADENINA(A)
GUANINA (G)

DNA



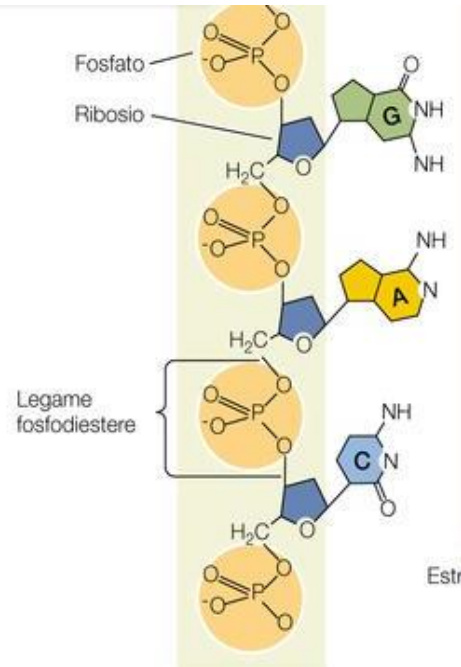
CITOSINA (C)
URACILE (U)
ADENINA (A)
GUANINA (G)

RNA



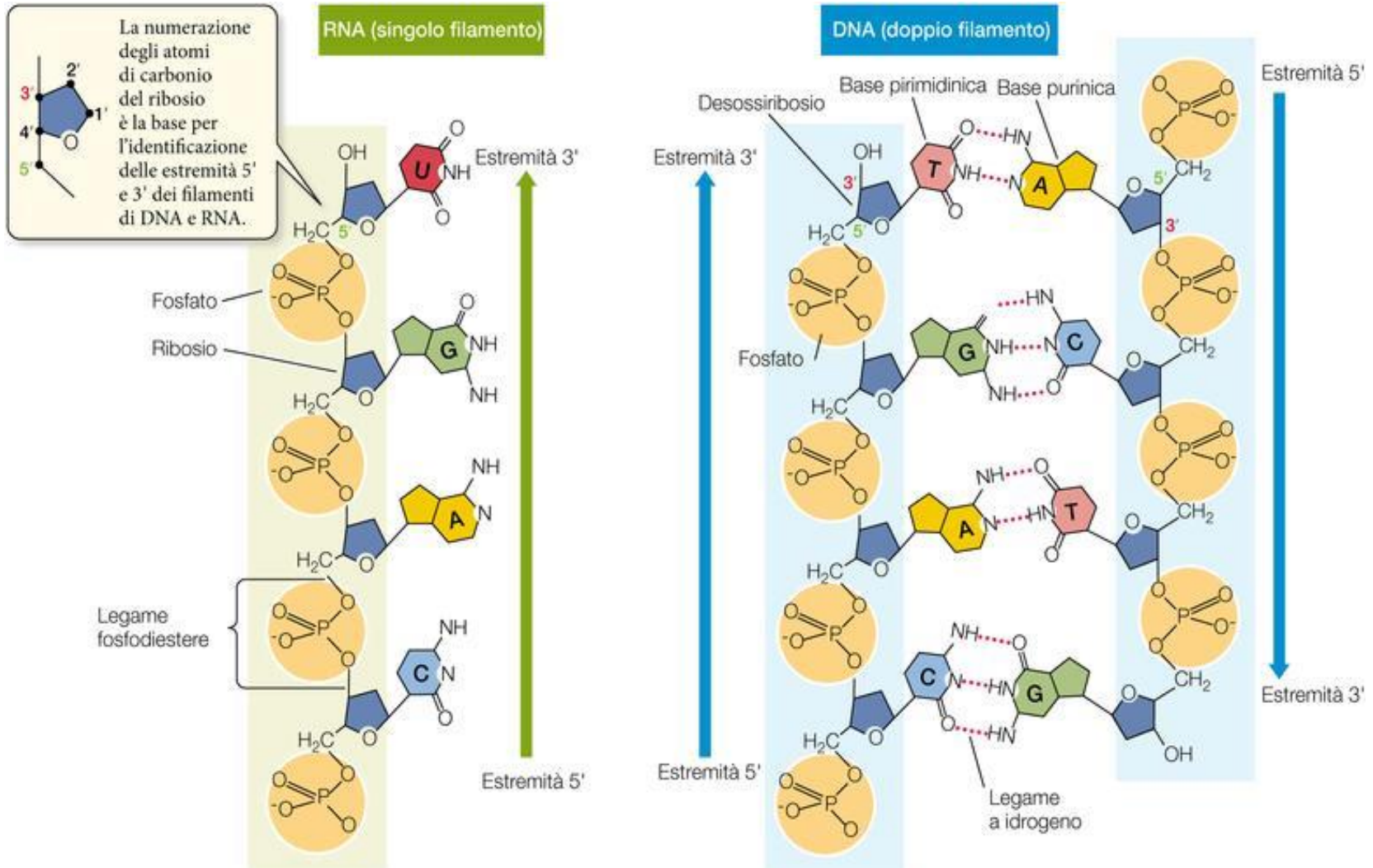
mRNA (RNA messaggero)
rRNA (ribosomi)
tRNA (RNA di trasporto)

La struttura del DNA e dell'RNA consiste in una catena di nucleotidi uniti da legami covalenti tra lo zucchero di un nucleotide e il fosfato di quello successivo.



Lo **scheletro** della catena risulta quindi formato da zuccheri e gruppi fosfato alternati. Le basi sono attaccate allo zucchero e sporgono rispetto alla catena polinucleotidica. Mentre le molecole di RNA sono per lo più formate da un'unica catena polinucleotidica, il DNA è di solito a doppio filamento; le sue due catene polinucleotidiche sono tenute insieme da legami a idrogeno fra le rispettive basi azotate.

I polimeri: DNA e RNA

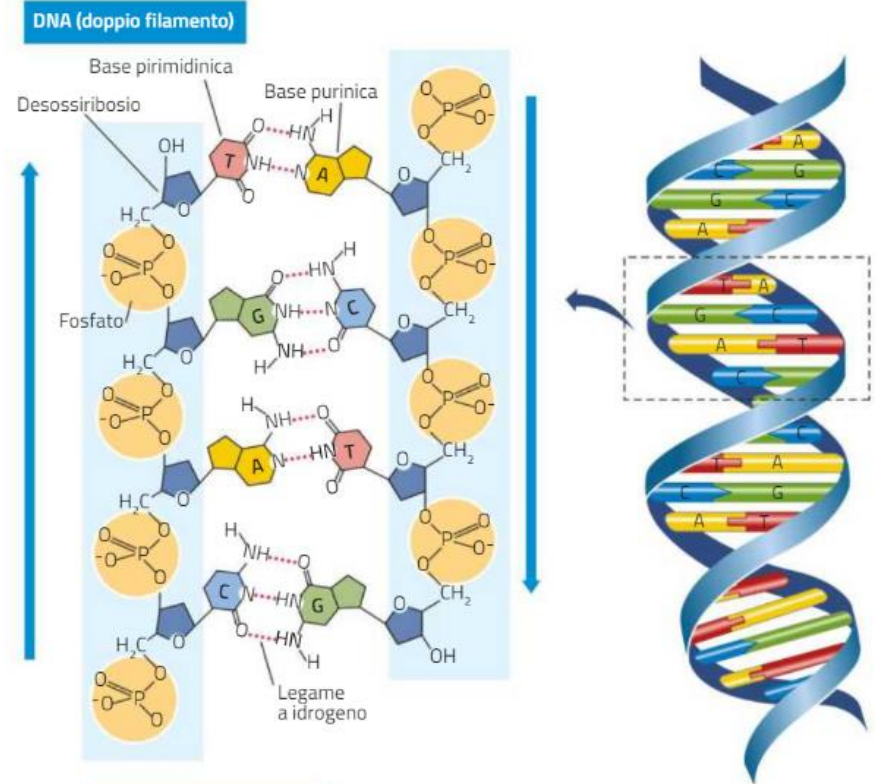


- L'appaiamento delle basi avviene grazie alla formazione di legami a idrogeno e non è casuale:

A \rightleftharpoons T (2 legami H)

C \rightleftharpoons G (3 legami H)

- I due filamenti corrono in direzioni opposte; tale orientamento antiparallelo permette loro di adattarsi l'uno all'altro nello spazio.



Nel DNA, le basi sono legate al desossiribosio e la base timina (T) sostituisce l'uracile. I legami a idrogeno tra purine e pirimidine mantengono uniti i due filamenti di DNA.

Figura 3.19 Le caratteristiche del DNA e dell'RNA L'RNA di solito è a singolo filamento, mentre il DNA consiste di due filamenti che corrono in direzioni opposte (sono cioè antiparalleli).

Il DNA è una molecola informazionale: essa contiene infatti le informazioni per costruire correttamente tutte le catene polipeptidiche da cui derivano le proteine di un organismo.

L'informazione del DNA è codificata nella sequenza delle basi azotate, che formano i suoi filamenti. L'informazione non dipende solo dal numero e tipo di basi azotate, ma anche dall'ordine in cui sono disposte: per esempio, l'informazione codificata nella sequenza TCAG è diversa da quella della sequenza CCAG.

L'RNA ha un ruolo diverso: esso infatti interviene nella **traduzione** delle informazioni contenute nella molecola di DNA, cioè permette l'effettiva costruzione delle proteine.

Per stabilire la struttura del DNA, biofisici e biochimici utilizzarono la cristallografa a raggi X.