

LE BIOMOLECOLE

L'ordinata organizzazione
macromolecolare caratterizza il
mondo dei viventi

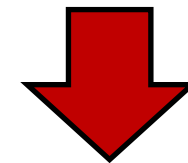
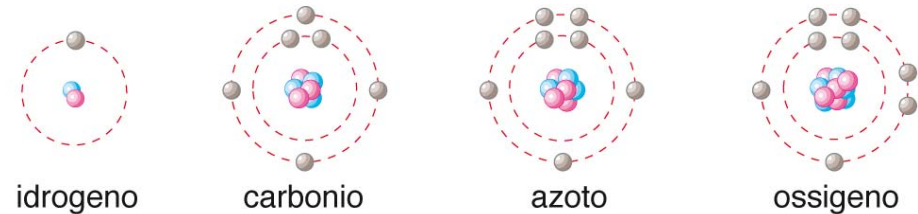
A.M. Bruno e C. Mazzocchi
Liceo Leonardo Brescia

La materia vivente

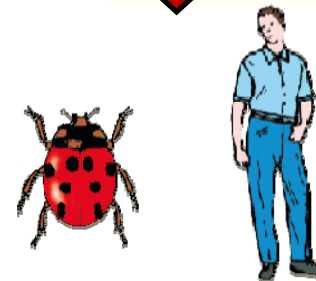
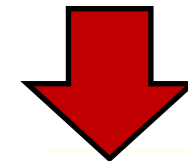
Tutti gli organismi viventi sono costituiti dagli stessi elementi: carbonio, idrogeno e ossigeno, insieme ad azoto, zolfo e fosforo si combinano per formare molti tipi diversi di biomolecole, come carboidrati, lipidi, proteine ed acidi nucleici.

Ha luogo quindi una “costruzione” dagli atomi a molecole (monomeri) caratteristiche dell'intero mondo naturale, che legandosi in lunghe catene formano le macromolecole (polimeri), tra cui proteine e acidi nucleici, prerogativa dei soli organismi *viventi*.

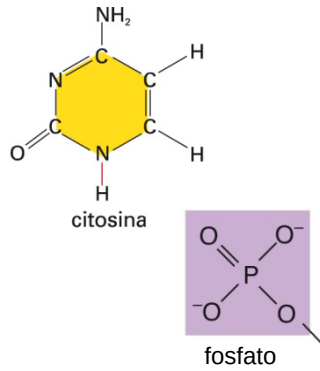
Tutti gli organismi viventi utilizzano gli stessi tipi di biomolecole.



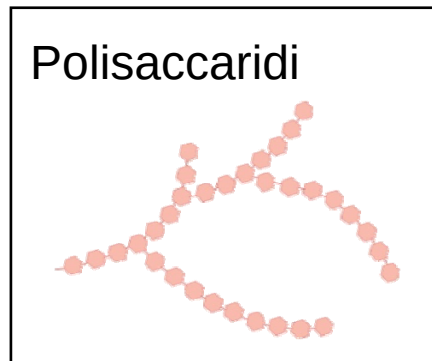
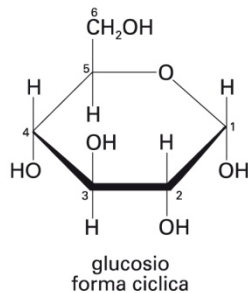
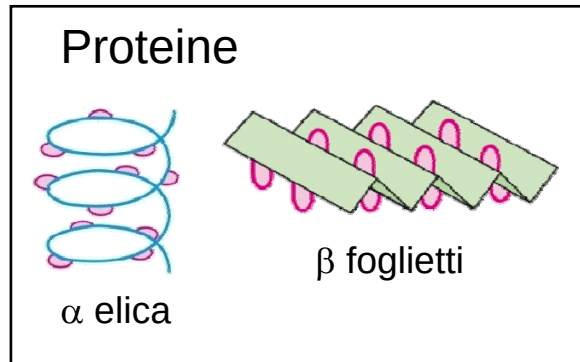
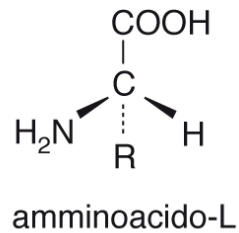
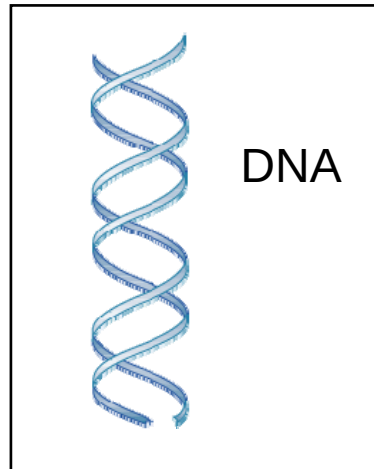
BIOMOLECOLE



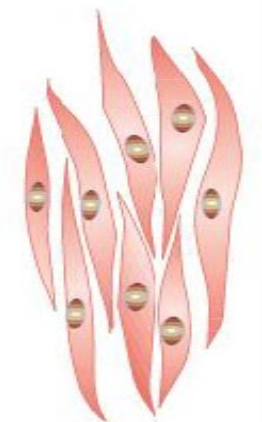
Biomolecole



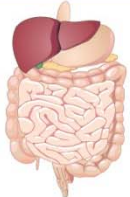
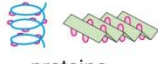
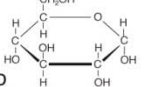
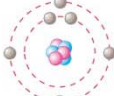
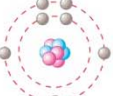
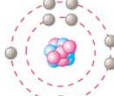
Macromolecole biologiche



L'unità base della vita, la cellula, è costituita da una specifica membrana lipoproteica che racchiude (bio)molecole che interagiscono tra loro secondo rapporti complessi e finemente regolati.



Cellule

Livello di organizzazione	ORGANISMO PLURICELLULARE	essere vivente costituito da più cellule	un cinghiale 
	APPARATO O SISTEMA	insieme di organi che cooperano nell'esecuzione di determinate funzioni del corpo	 apparato digerente
	ORGANO	struttura formata da più tipi di tessuti, deputata a svolgere funzioni specifiche	stomaco 
	TESSUTO	insieme di cellule tra loro simili che svolgono una funzione specifica	 cellule muscolari
	CELLULA	la più piccola unità vivente	 globuli bianchi
	ORGANULO CELLULARE	struttura contenuta in una cellula che svolge una funzione particolare	cloroplasto  mitocondrio  centriolo 
	MACROMOLECOLA	grosso raggruppamento di atomi	proteine  polisaccaridi  DNA 
	MOLECOLA	raggruppamento di atomi	acqua  glucosio  anidride carbonica 
	ATOMO	la più piccola parte di un elemento che ne conserva le caratteristiche chimiche e fisiche	idrogeno  carbonio  azoto  ossigeno 
	PARTICELLA SUBATOMICA	particella costituente l'atomo	protone  elettrone  neutrone 

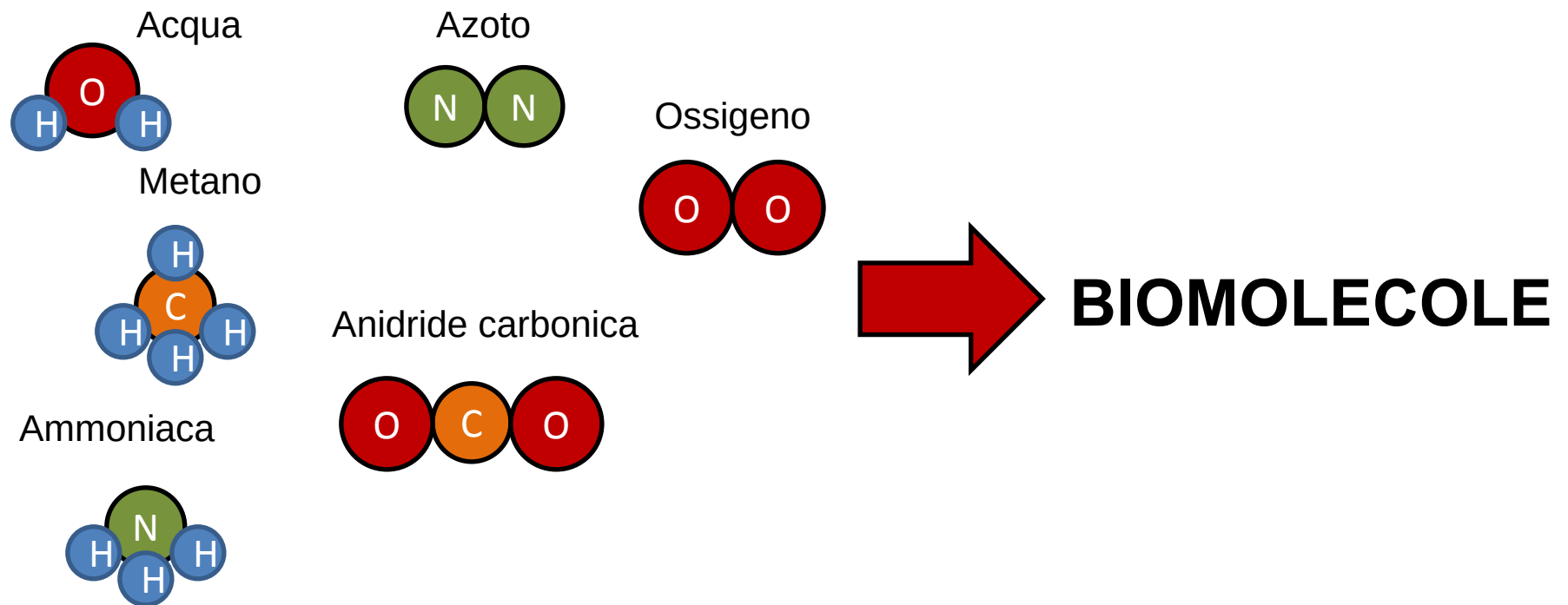
Le cellule, nelle quali le macromolecole formano anche organuli adibiti a specifiche funzioni, nei viventi pluricellulari si organizzano in tessuti, che formano organi, funzionalmente compresi in apparati, i quali garantiscono le funzioni vitali all'organismo.

Origine delle biomolecole

Dal momento che le biomolecole sono i costituenti fondamentali di ogni essere vivente, considerare le modalità con cui esse sono comparse sulla terra durante l'evoluzione, coincide con lo studio dell'origine della vita.

Il biochimico russo Aleksandr I. **Oparin** (1894-1980) formulò l'ipotesi dell'origine della vita in questi termini: “La comparsa della vita fu preceduta da un lungo periodo in cui si formarono e cominciarono ad accumularsi le molecole organiche complesse, un processo chiamato evoluzione chimica.”

Acqua, metano, ammoniaca, anidride carbonica, azoto, ossigeno sono le molecole INORGANICHE da cui, secondo la teoria di Oparin, si sono originate le biomolecole, e di conseguenza la vita.



Teoria dell'origine della vita – Oparin

Dalla materia inorganica si formarono molecole organiche poi raccolte nei mari e nei laghi del pianeta, dando origine ad un **“brodo primordiale”**



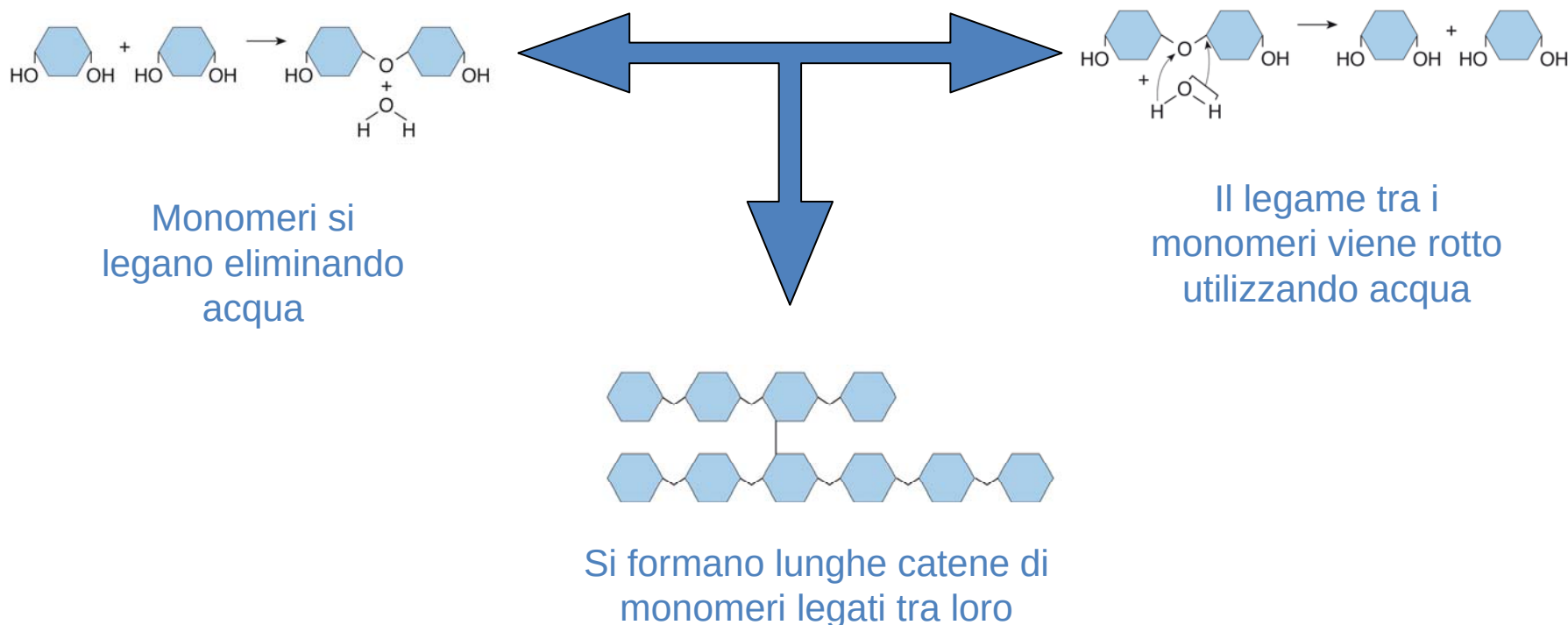
L'assenza di ossigeno fece sì che tali sostanze non subissero trasformazioni.
L'ossigeno tende a reagire con le molecole organiche degradandole in sostanze semplici come l'anidride carbonica e l'acqua.



In certi luoghi, alcune molecole avrebbero potuto facilmente concentrarsi e per il prosciugamento di un lago o all'adesione delle molecole a superfici solide quali le particelle di argilla, ebbero luogo le reazioni chimiche che produssero le biomolecole più semplici.

Con la diffrazione dei raggi X, tecnologia utilizzata nei primi anni del XX secolo, è stata determinata la struttura complessa delle proteine e degli acidi nucleici.

Si è scoperto che ciascuna macromolecola è formata da unità più piccole, omogenee chimicamente (**monomeri**), che si legano tra loro eliminando una molecola di acqua ad ogni legame formando **polimeri** di condensazione; questi polimeri vengono facilmente demoliti nei rispettivi monomeri mediante una reazione di idrolisi.



Le biomolecole che si trovano in natura sono molte ed eterogenee; tutte sono indispensabili per la vita e vengono chimicamente classificate in quattro gruppi principali.

4 CLASSI DI BIOMOLECOLE

ZUCCHERI

LIPIDI

PROTEINE

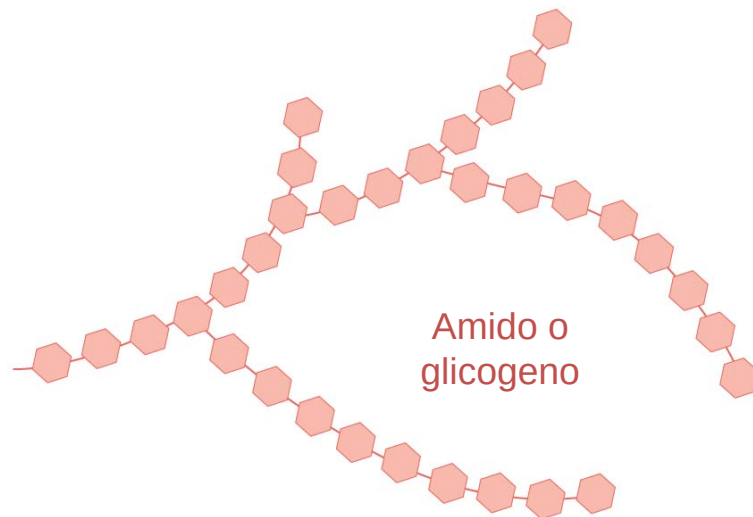
ACIDI
NUCLEICI

ZUCCHERI

- ❖ Gli *zuccheri*, o *carboidrati*, o *glucidi*, o *saccaridi* sono indispensabili per le funzioni vitali soprattutto perchè usati come fonte, riserva e trasferimento di energia.
- ❖ Gli organismi eterotrofi hanno bisogno di glucidi da assumere con l'alimentazione, poiché non sono in grado di provvedere alla loro biosintesi a partire da molecole inorganiche; gli organismi autotrofi (piante), invece, sono in grado di “organicare” l'anidride carbonica CO_2 a carboidrati (glucosio), ossia utilizzare una molecola inorganica per formarne una organica. Le piante fanno questo nel processo della fotosintesi.



- ❖ I carboidrati, come suggerisce il loro nome, hanno una struttura chimica in cui gli elementi più rappresentati sono H, O, C: **idrati di carbonio** $[C_n(H_2O)_n]$.
- ❖ Possono formare polimeri e in questa forma servono come elementi strutturali (per esempio la cellulosa nelle piante e la cartilagine negli animali) o come riserva energetica (amido e glicogeno).
- ❖ Dal loro catabolismo si ottiene l'energia che sostiene la vita.
- ❖ Si legano covalentemente ad una grande varietà di molecole (proteine → glico-proteine; lipidi → glico-lipidi; fosfato inorganico e base azotata → nucleotide); in questo modo contribuiscono a diversi processi biologici (fertilizzazione, risposta immunitaria).
- ❖ Sono coinvolti nel processo di riconoscimento cellulare (cellula-cellula, cellula-batteri/virus: *molti microrganismi usano i carboidrati presenti sulla superficie della cellula per "attaccarsi" ad essa e attuare il processo infettivo*).



Le singole unità di carboidrati vengono chiamate monosaccaridi. Ogni monosaccaride può essere costituito da un numero variabile di atomi di carbonio (sempre $>$ di 3). Possiamo dunque distinguere zuccheri triosi, tetrosi, pentosi, esosi, ecc.. I più rappresentati in natura sono esosi e pentosi.

I carboidrati vengono classificati in quattro classi
in base alla loro struttura sopramolecolare

MONOSACCARIDI

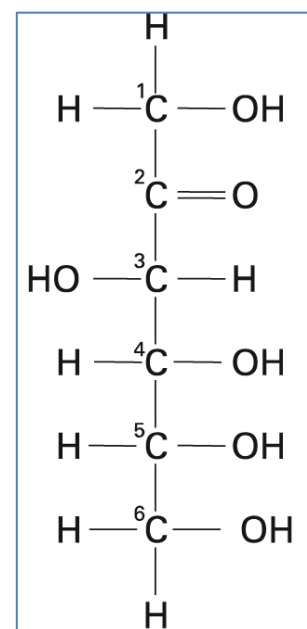
DISACCARIDI

OLIGOSACCARIDI

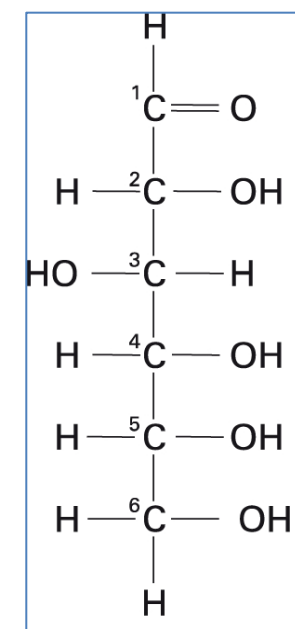
POLISACCARIDI

Monosaccaridi

- ❖ I monosaccaridi sono costituiti da catene carboniose in cui ogni atomo di carbonio è legato ad un atomo di H e ad un gruppo alcolico (OH) tranne uno che è legato ad un gruppo carbonilico (C=O), che può essere interno alla molecola (chetone) o terminale (aldeide). Perciò distinguiamo gli zuccheri chetosi, da quelli aldosi.
- ❖ Sono considerati dei poli-alcoli. I gruppi alcolici sono altamente suscettibili di reagire, portando ad una modificazione della molecola.
- ❖ Possono assumere una forma lineare aperta o ciclica chiusa. Possono formare polimeri, unendosi tra loro, mediante legami detti glicosidici.
- ❖ Possono instaurare legami ad idrogeno con l'acqua nella quale si sciolgono.
- ❖ Sono solidi, bianchi, di sapore più o meno dolce.



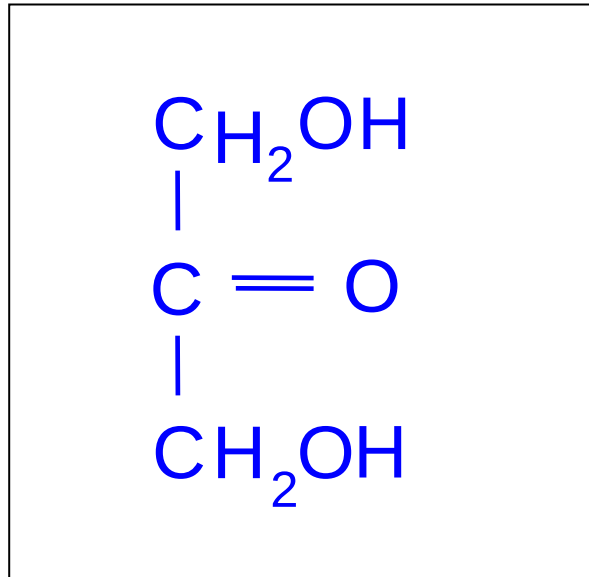
fruttosio:
chetoesoso



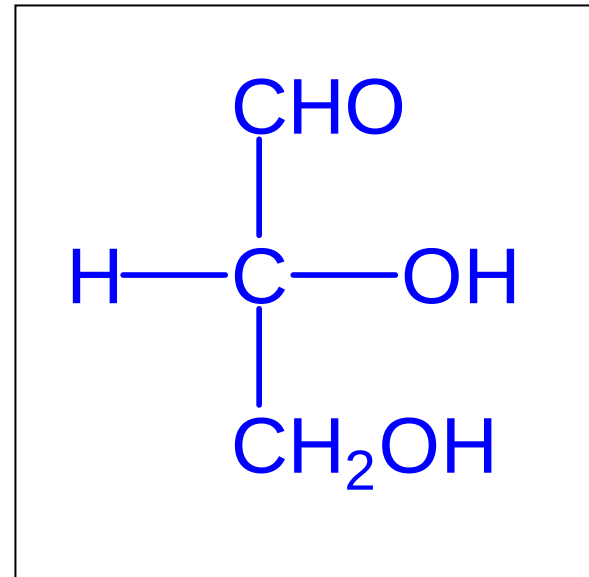
glucosio:
aldoesoso

Famiglie di monosaccaridi

Il chetoso più semplice è
il diidrossiacetone

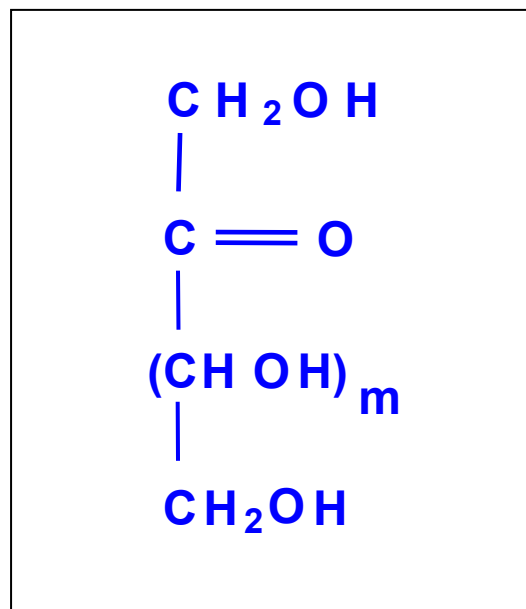
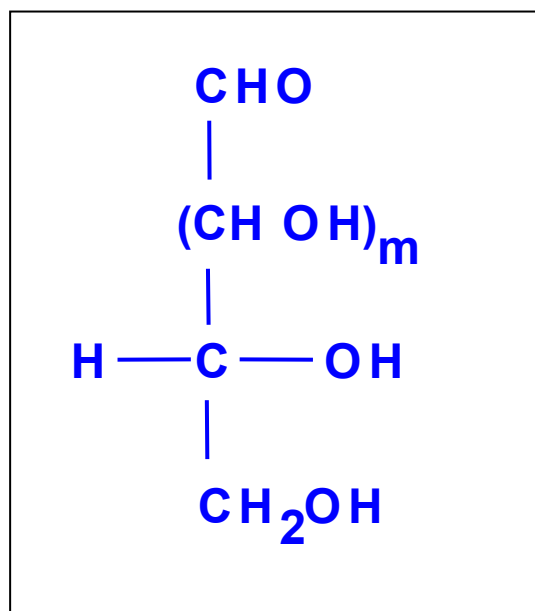


L'aldoso più semplice è la
gliceraldeide



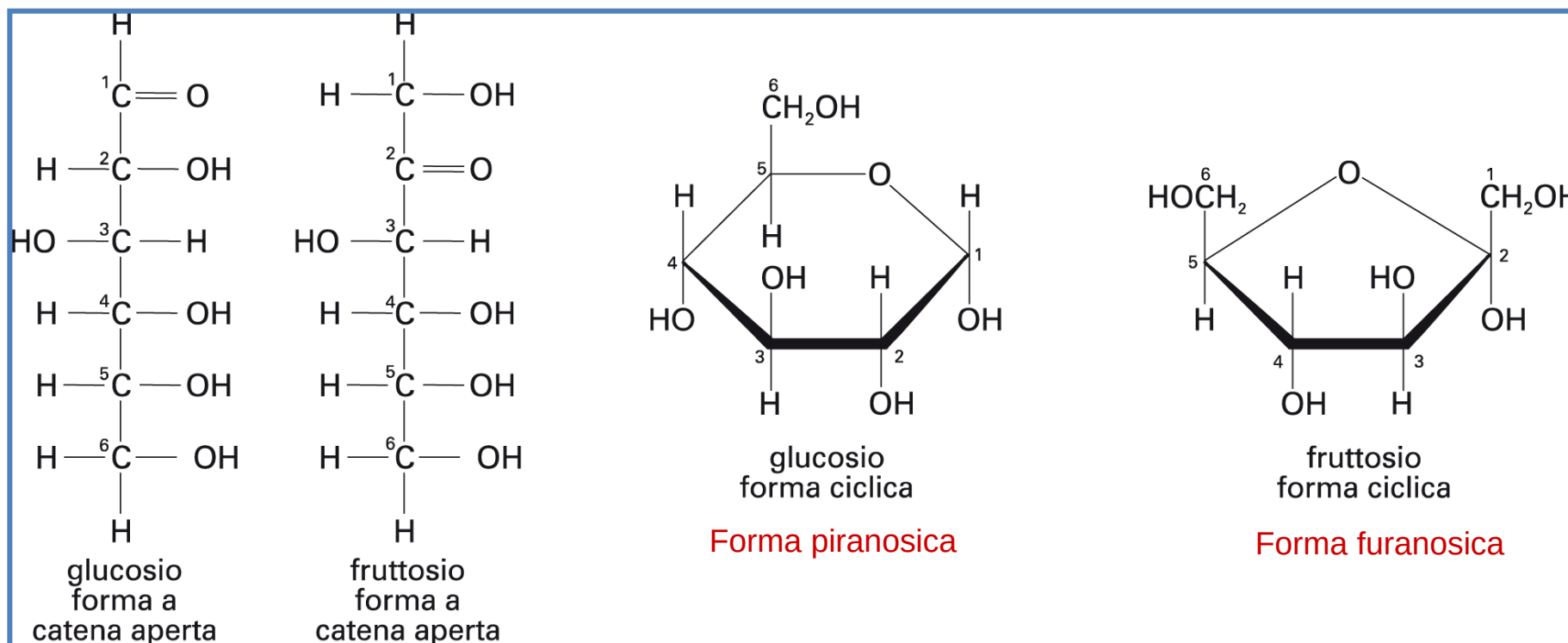
Entrambi sono triosi

Tutti gli zuccheri si possono considerare derivati del diidrossiacetone e della gliceraldeide, per graduale aggiunta di CHOH, tra il C1 e il C2 della gliceraldeide e il C2 e il C3 del diidrossiacetone.

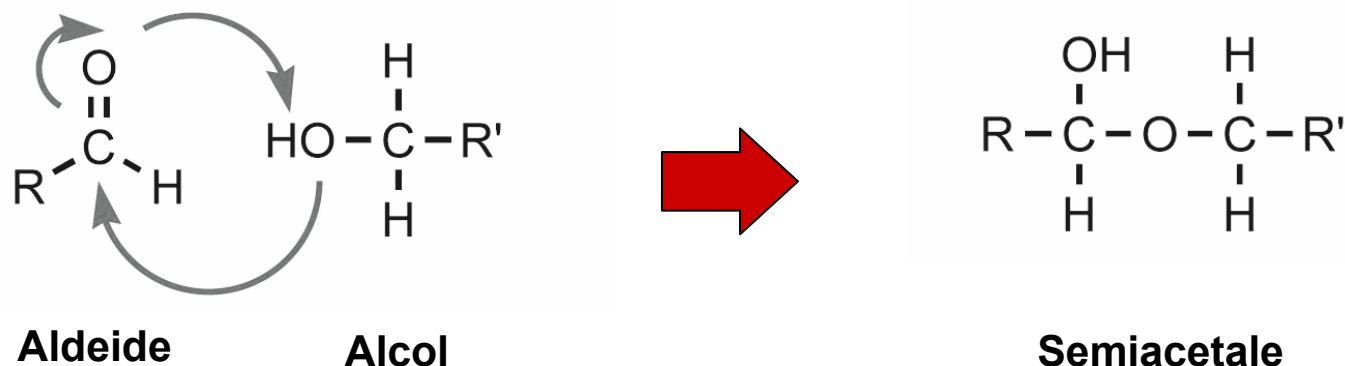


Formule di struttura di monosaccaridi

I monosaccaridi in soluzione acquosa esistono in due forme, aperta o chiusa ad anello

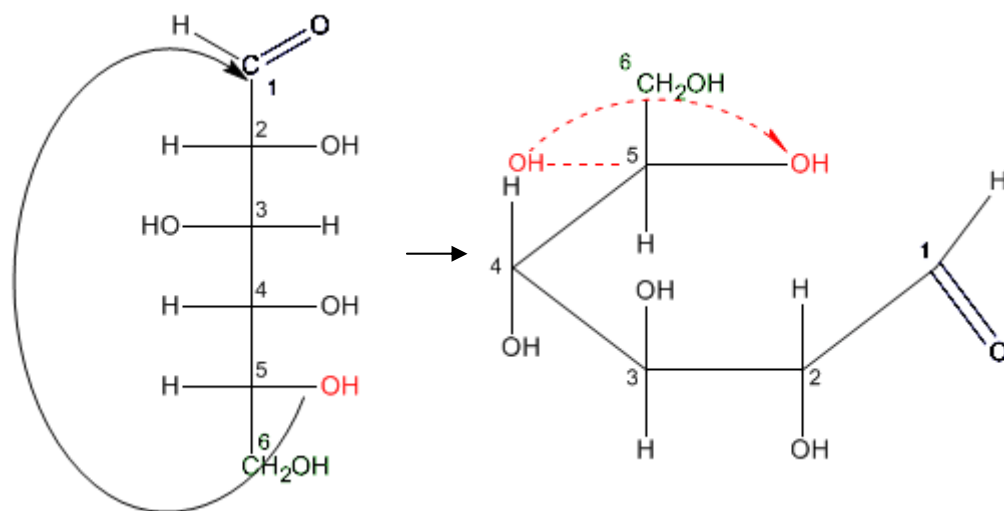


La costituzione della forma ciclica dei monosaccaridi implica la formazione di un legame interno alla molecola tra il carbonio con il carbonile e il gruppo alcolico di un altro atomo di carbonio della catena (quello che in soluzione, in seguito alla forma tridimensionale dello zucchero lineare, si trova vicino alla funzione aldeidica/chetonica).

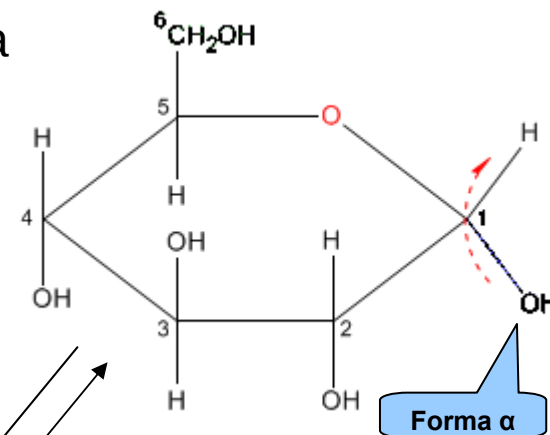


Struttura ad anello

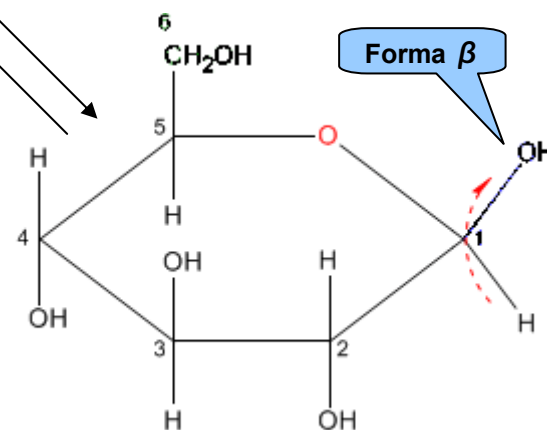
La costituzione della forma ciclica dei monosaccaridi implica la formazione di un legame interno alla molecola tra il carbonio con il carbonile e il gruppo alcolico di un altro atomo di carbonio della catena (quello che in soluzione, in seguito alla forma tridimensionale dello zucchero lineare, si trova vicino alla funzione aldeidica/chetonica).



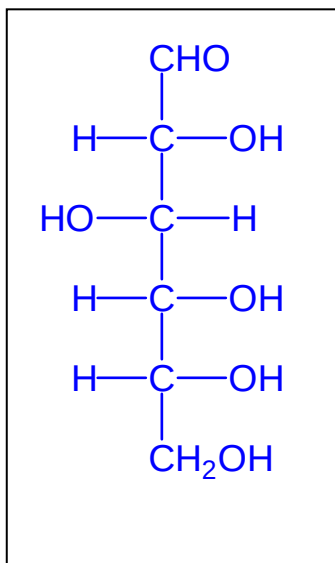
In soluzione acquosa la molecola si chiude ad anello



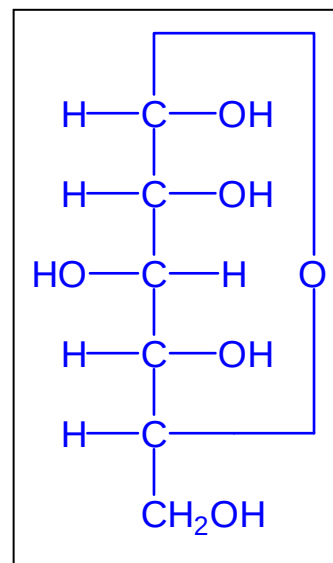
La molecola chiusa ad anello esiste in due forme, a seconda della posizione dell'OH legato al C che aveva =O, e può riaprirsi e richiudersi



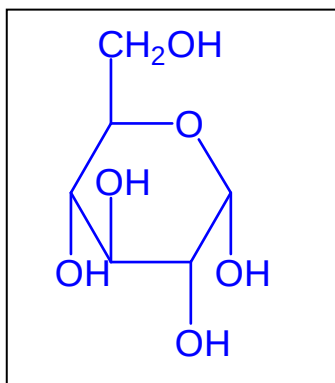
Ci sono diversi modi per rappresentare i monosaccaridi (glucosio)



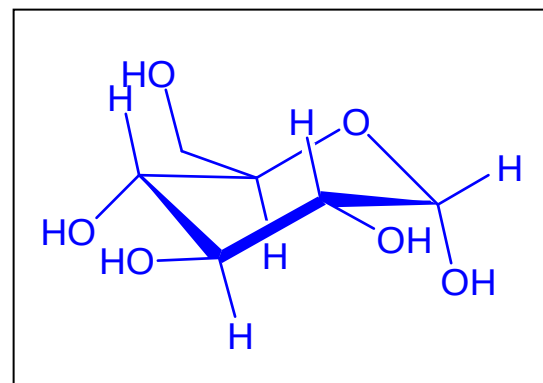
Forma aperta,
rappresentazione
convenzionale di
Fisher



Forma *semiacetalica*,
rappresentazione di
Tollens (poco usata)



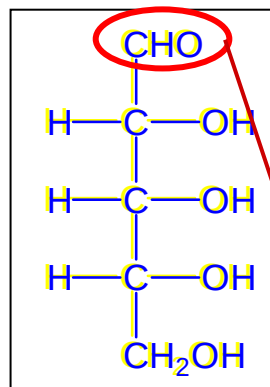
Forma *semiacetalica*,
rappresentazione
convenzionale di
Haworth



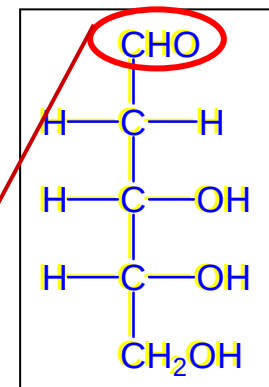
Forma
semiacetalica,
rappresentazione
quasi reale a
sedia

Principali monosaccaridi naturali

Pentosi (5 atomi di C)

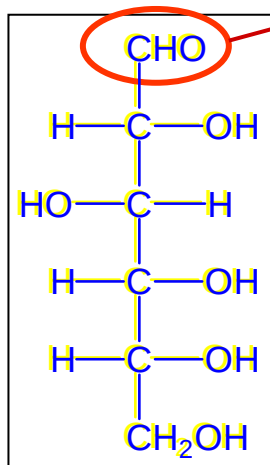


D-ribosio

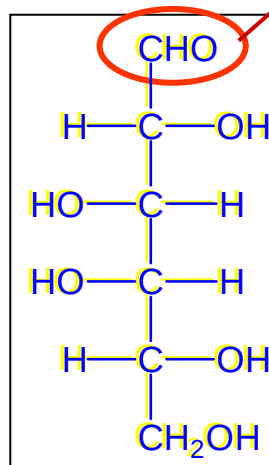


2-desossi D-ribosio

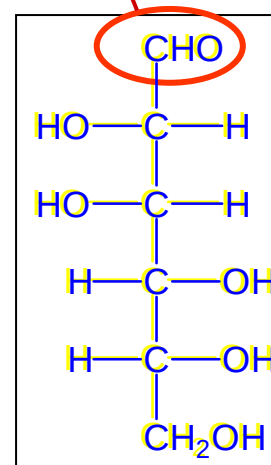
Esosi (6 atomi di C)



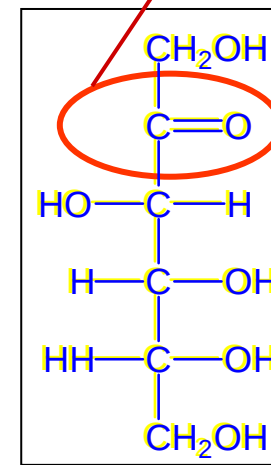
D-glucosio



D-galattosio



D-mannosio



D-fruttosio

aldo

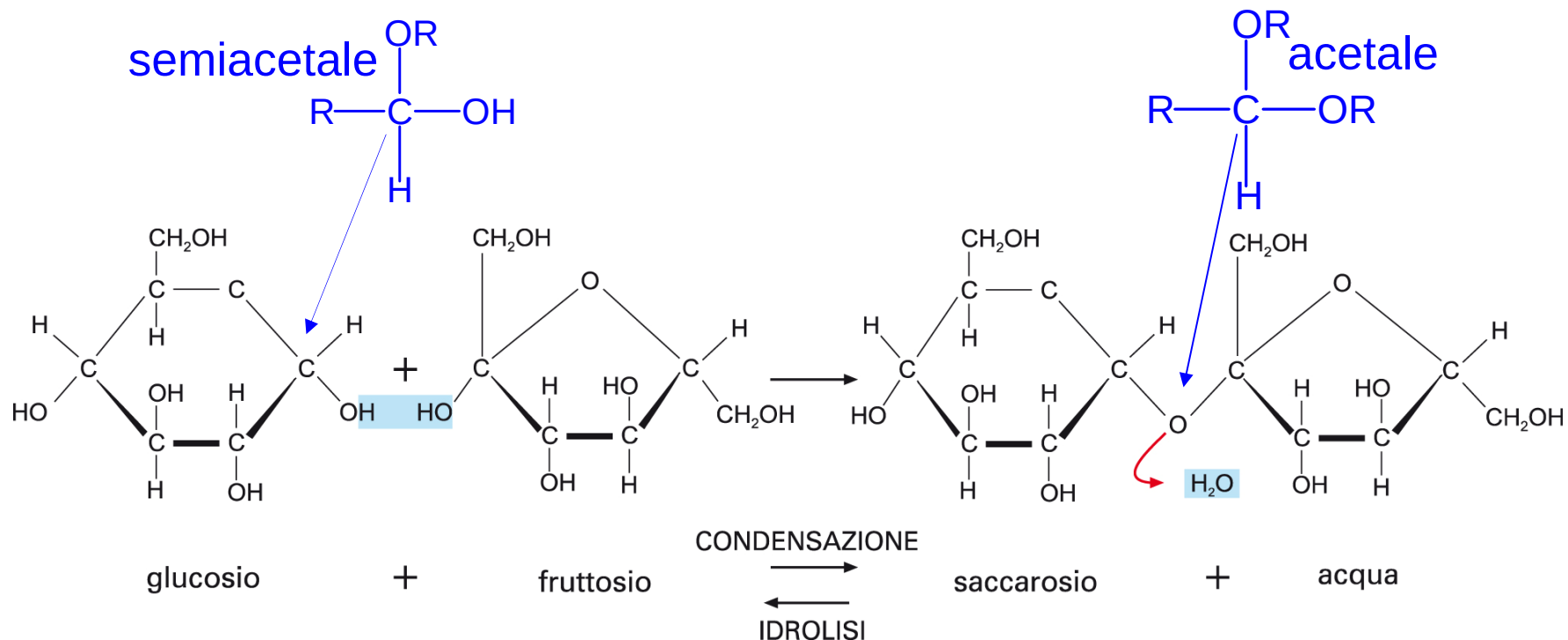
cheto

I monosaccaridi sono poli-alcoli, come tutti gli zuccheri, e possono andare incontro a reazione che ne comportano una modificazione.

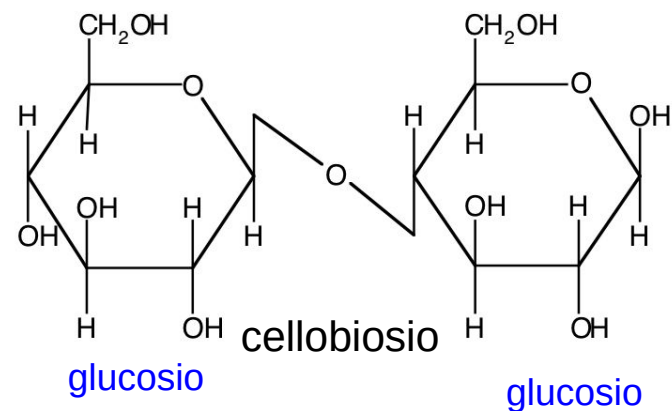
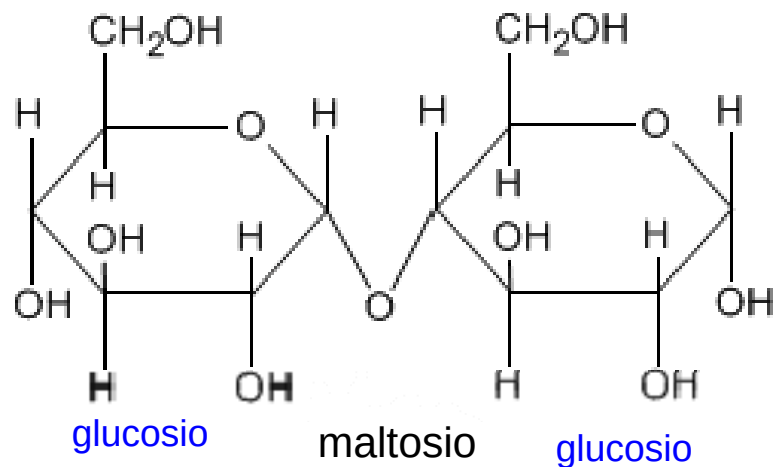
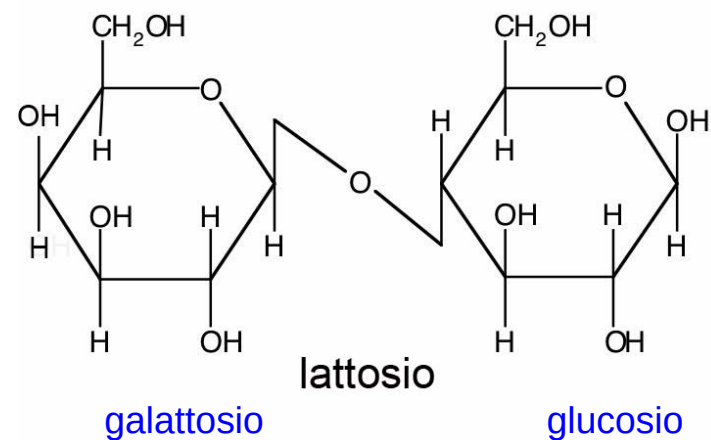
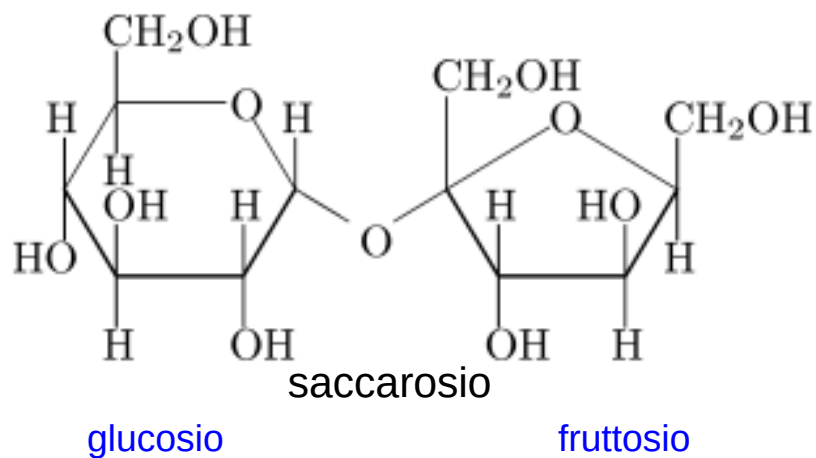
- ❖ Possono essere modificati mediante l'aggiunta di un gruppo amminico, poi ulteriormente acetilato, costituendo gli zuccheri N-acetilati: N-acetil glucosamina, N-acetil galattosamina, che entrano a far parte di strutture saccaridiche complesse, importanti costituenti della matrice extracellulare (acido ialuronico).
- ❖ Possono essere modificati a livello del carbonio in posizione 6 e, attraverso una reazione di ossidazione, consentire la produzione dei derivati acidi (il carbonio 6 diventa un gruppo carbossilico), (acido glucuronico).
- ❖ Possono essere aggiunti alle proteine, in particolari siti amminoacidici, suscettibili di glicosilazione per costituire glicoproteine.
- ❖ Possono essere inseriti nei nucleotidi, con la formazione di legami esterei.

Di, oligo, poli - saccaridi

I monosaccaridi sono molecole semiacetaliche, quando nella forma ciclica, ed hanno una reattività lievemente maggiore degli alcoli; tendono quindi a reagire con un'altra funzione alcolica e formare degli acetali. La reazione comporta l'eliminazione di una molecola di acqua e la formazione del legame glicosidico, essenziale per la polimerizzazione dei monosaccaridi con formazione di disaccaridi, oligosaccaridi, polisaccaridi.



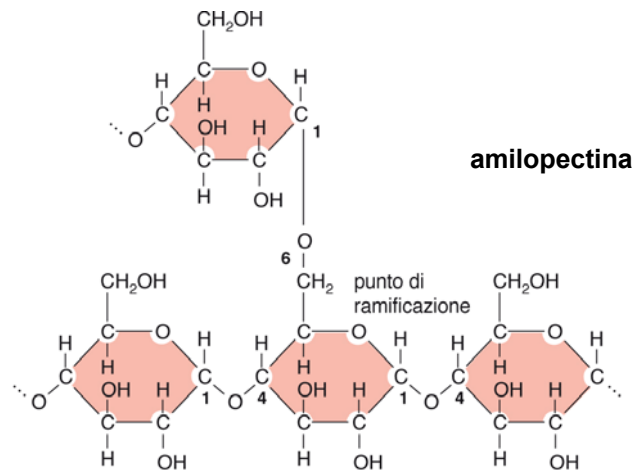
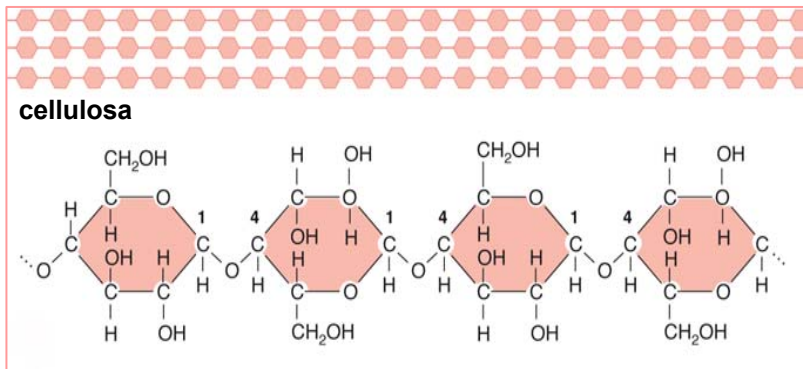
Disaccaridi naturali



Oligo e polisaccaridi

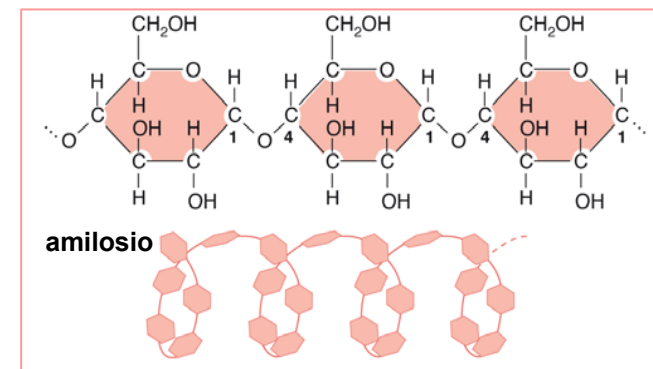
Se il legame glicosidico si forma tra più residui monosaccaridici, si formano polimeri: oligosaccaridi se le catene sono corte, polisaccaridi se lunghe. Esistono diversi polisaccaridi del glucosio di importanza biologica, lineari o ramificati.

❖ La cellulosa, polisaccaride lineare, che svolge un ruolo strutturale nelle piante.



❖ L' amido esiste in due forme, lineare (amilosio) senza ramificazioni laterali, o ramificato (amilopectina).

❖ Il glicogeno, detto amido animale, è un polimero molto ramificato, prodotto dalle cellule, in condizioni di eccesso di glucosio, che viene così accumulato come "*riserva di energia*".



Tutti i polisaccaridi naturali sono polimeri del glucosio, li differenzia il modo nel quale si realizza il legame glucosidico; in particolare nell'amido e nel glicogeno ogni glucosio utilizza un OH del C1 dell'anello nella forma α per legarsi al C4 dell'altra molecola, mentre nella cellulosa l'OH del C1 è dell'anello nella forma β .

Questo fatto rende la cellulosa non idrolizzabile dai nostri enzimi digestivi.



LIPIDI

Lipidi da LIPOS = GRASSO

Sostanze organiche di diversa natura con una caratteristica comune: sono insolubili in acqua

Importanti costituenti dei tessuti
vegetali e animali

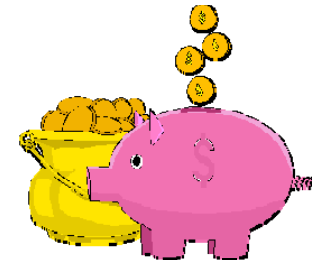


I lipidi nell'alimentazione:

- ❖ Danno **energia**
- ❖ Trasportano le vitamine **liposolubili**
- ❖ Forniscono **AGE** (Acidi Grassi Essenziali)
- ❖ Danno senso di **sazietà** e **appetibilità** ai cibi

I lipidi nell'organismo umano:

- ❖ **Deposito** di **energia** (trigliceridi)
- ❖ Struttura delle **membrane cellulari** (fosfolipidi)
- ❖ Funzione **regolatrice** (ormoni-prostaglandine)



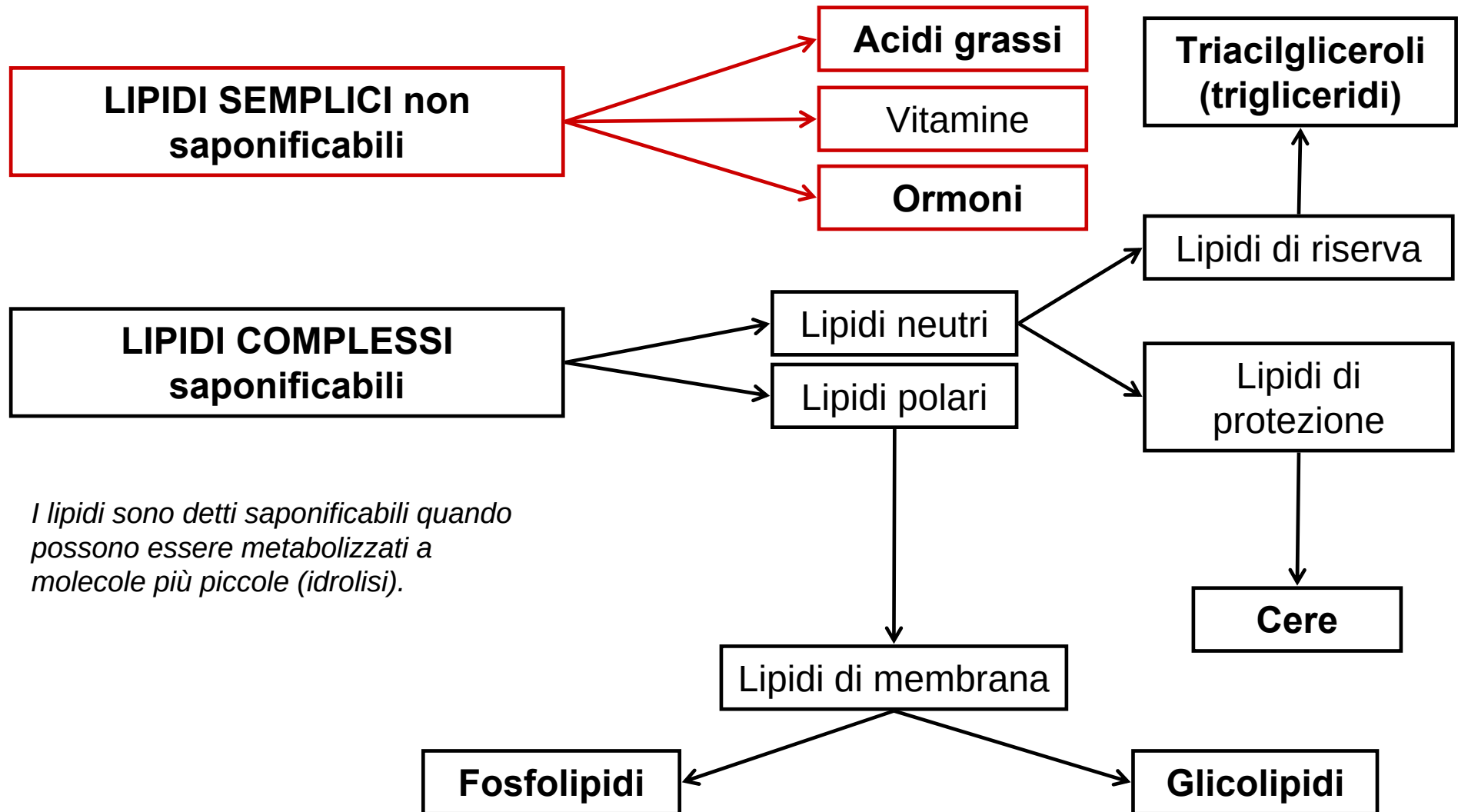
I lipidi sono composti essenzialmente
dagli elementi chimici:

IDROGENO

CARBONIO

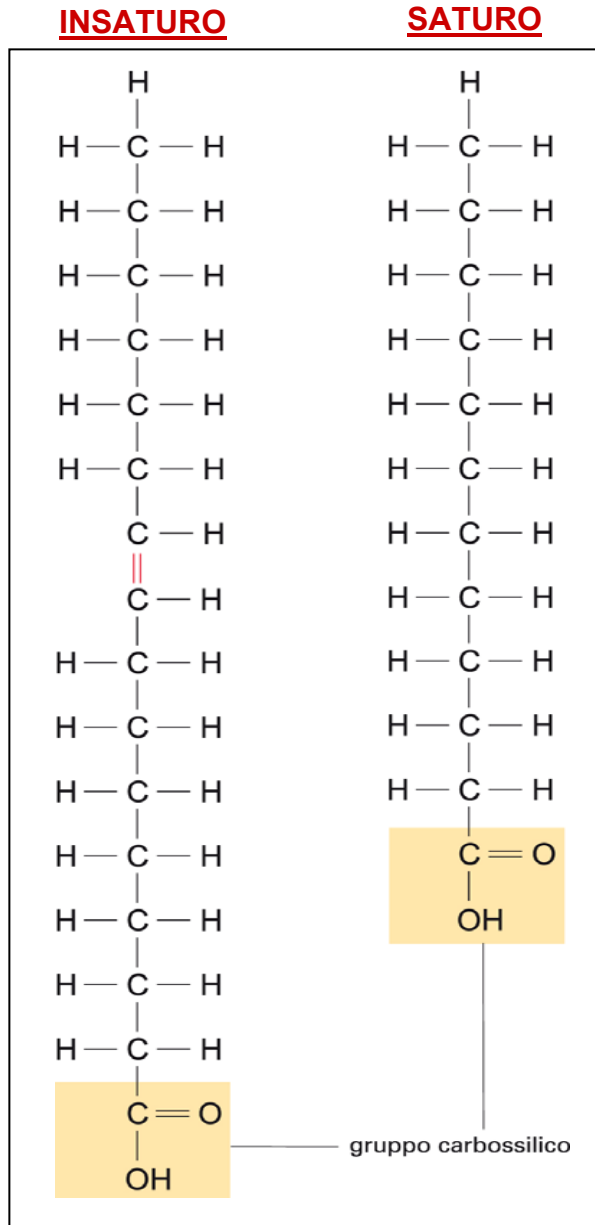
OSSIGENO

I lipidi si classificano in due grandi gruppi:



I lipidi sono detti saponificabili quando possono essere metabolizzati a molecole più piccole (idrolisi).

Acidi grassi



Gli acidi grassi sono lipidi non saponificabili, che si associano a molecole di diversa natura per costituire i lipidi saponificabili, conferendo loro determinate proprietà chimico-fisiche.

Gli **acidi grassi naturali** sono costituiti da catene alifatiche, con un gruppo carbossilico terminale, in cui gli atomi di carbonio sono presenti in numero *pari*. La catena degli acidi grassi naturali *non è ramificata*; essi si distinguono tra loro per la lunghezza della catena carboniosa da 14 a 20 atomi di carbonio. Gli acidi grassi possono essere **INSATURI** o **SATURI**, in base alla presenza o meno nella loro struttura di doppi legami.

- ❖ *Grassi*, acidi grassi saturi, presentano solo legami semplici. Essi sono contenuti nel latte, nella carne e nei loro derivati.
- ❖ *Oli*, acidi grassi insaturi, le cui catene presentano legami semplici e legami doppi. Gli **Oli** sono lipidi allo stato liquido il cui punto di fusione è nettamente diverso a quello dei **grassi**; esso è legato alla lunghezza della catena degli acidi grassi: aumenta con l'allungarsi della catena alifatica, e si abbassa con la presenza di doppi legami.



L'uomo non è in grado di produrre alcuni tipi di acidi grassi, che tuttavia sono essenziali per il suo metabolismo; questi vengono chiamati acidi grassi essenziali (**AGE**), e devono essere assunti con la dieta. Essi sono:

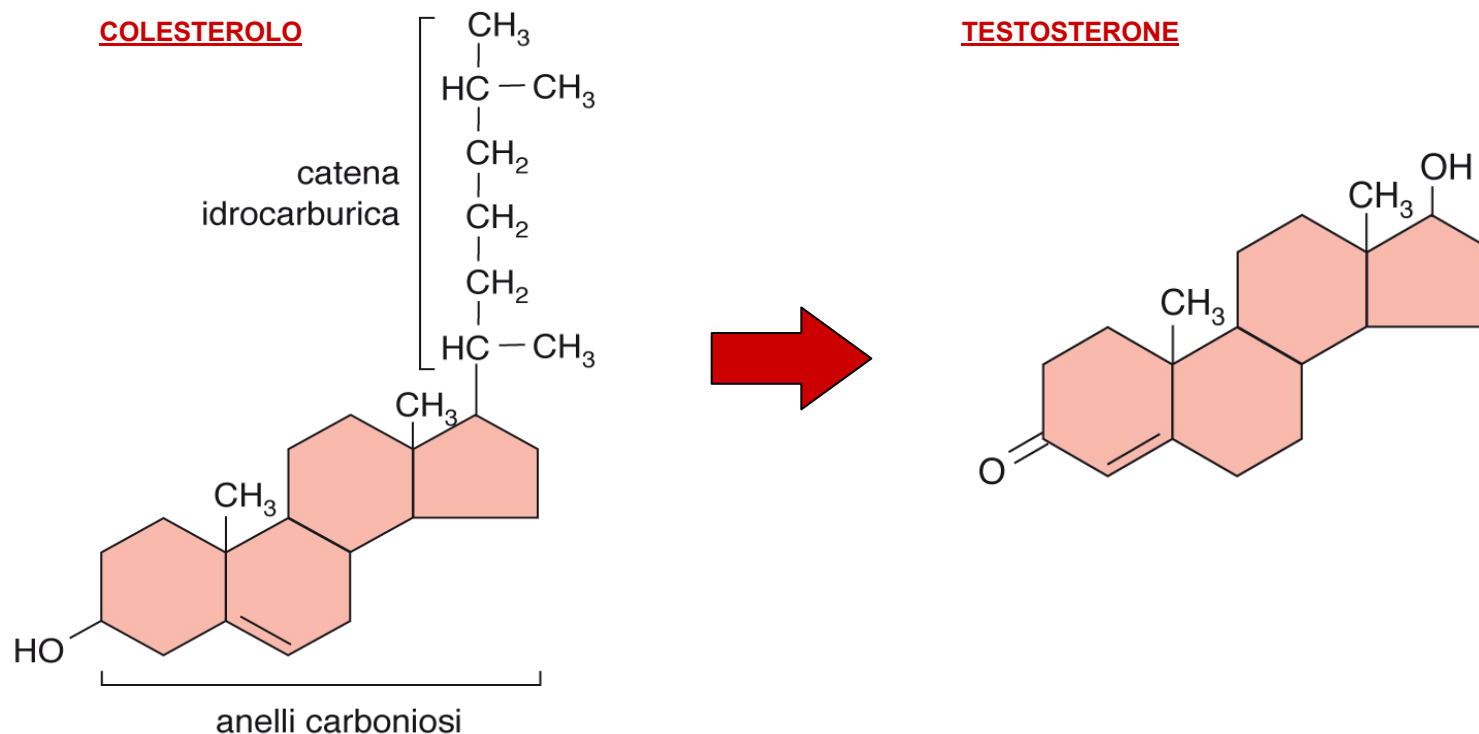
❖ **Linoleico** (18 C e 2 doppi legami)
serie omega 6

❖ **α linolenico** (18 C e 3 doppi legami)
serie omega 3

Steroidi

Gli steroidi sono lipidi la cui struttura contiene quattro anelli di carbonio fusi tra loro (**policicloalifatici**). Questi anelli carboniosi si rintracciano in diverse molecole dell'organismo umano con diverse funzioni (colesterolo, testosterone). Gli steroidi si distinguono tra loro sulla base della presenza o meno di una catena alifatica aggiuntiva (acido grasso), e della presenza di gruppi funzionali sulla struttura policicloalifatica.

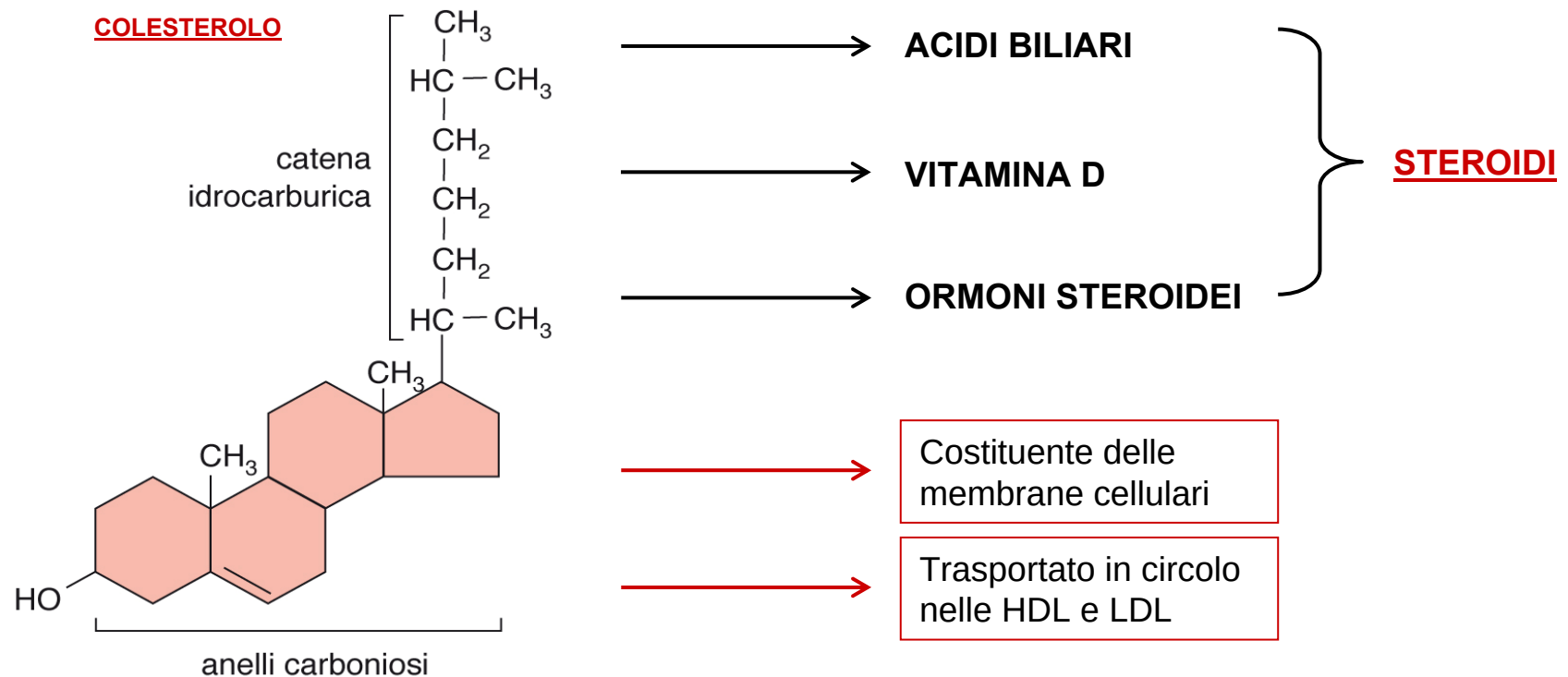
Il colesterolo è un alcol steroideo (ster-olo), ed è il precursore di molti steroidi, tra cui gli ormoni sessuali.



Colesterolo

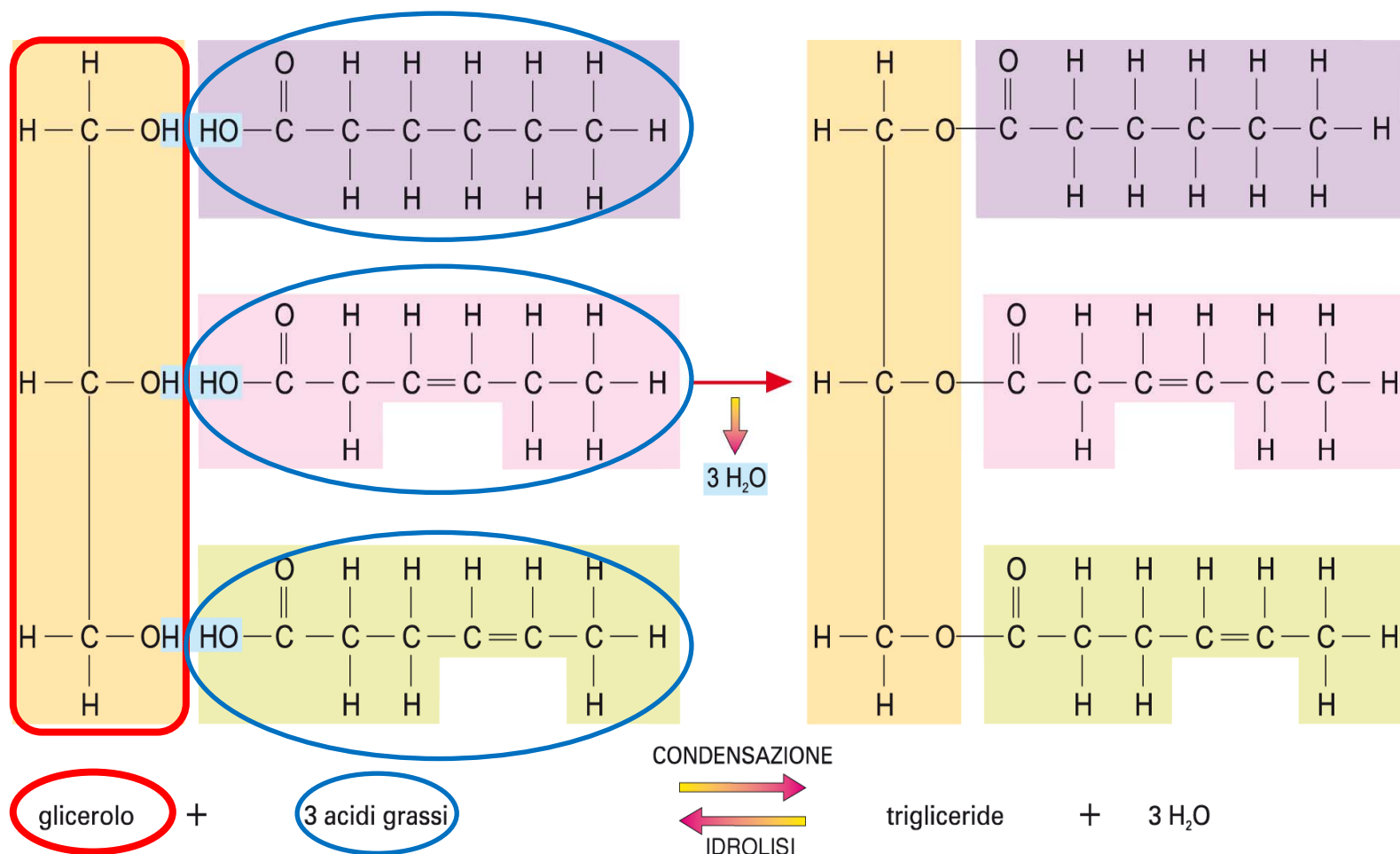
Il colesterolo è il principale **sterolo** di origine animale. Alimenti ricchi di colesterolo sono i grassi animali (lardo, burro, tuorlo d'uovo). Il colesterolo si ritrova nelle membrane cellulari (essendo un lipide con una testa polare – il gruppo alcolico), ed è abbondante nelle particelle lipoproteiche circolanti nel torrente ematico (hanno la funzione di trasportare i lipidi, altrimenti insolubili in ambiente acquoso) HDL e LDL.

Il colesterolo è il precursore degli acidi biliari, della vitamina D, e degli ormoni steroidei: aldosterone, testosterone, estradiolo. Tutte le molecole citate appartengono alla classe degli **steroidi**, e hanno in comune la struttura **policicloalifatica**.



Trigliceridi

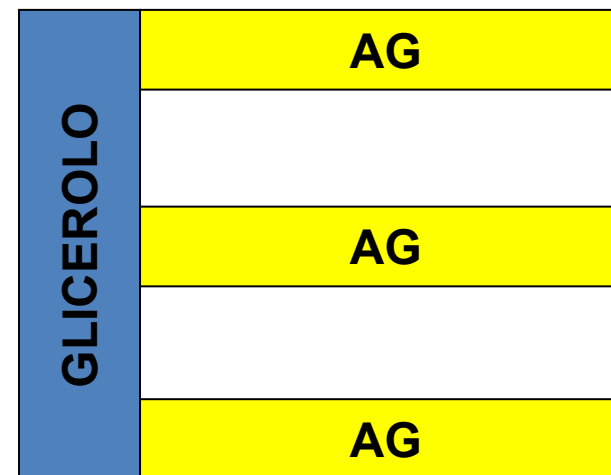
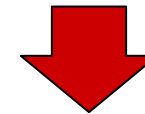
La formazione di un *trigliceride* comporta la condensazione di tre molecole di acidi grassi con una di glicerolo e l'eliminazione di tre molecole di acqua. I tre gruppi alcolici del glicerolo sono stati sostituiti mediante reazione di [esterificazione](#) da radicali di acidi grassi. Si dividono in semplici (costituiti da tre a. grassi uguali) e misti (in cui gli a. grassi sono diversi tra loro).



Caratteristiche dei trigliceridi:

- ❖ Solidi cerosi o liquidi a seconda degli acidi grassi contenuti
- ❖ Inodori, insapori, incolori se puri
- ❖ Principali componenti del tessuto adiposo (riserva)
- ❖ Isolanti termici
- ❖ Costituiscono il 95% dei grassi presenti negli alimenti

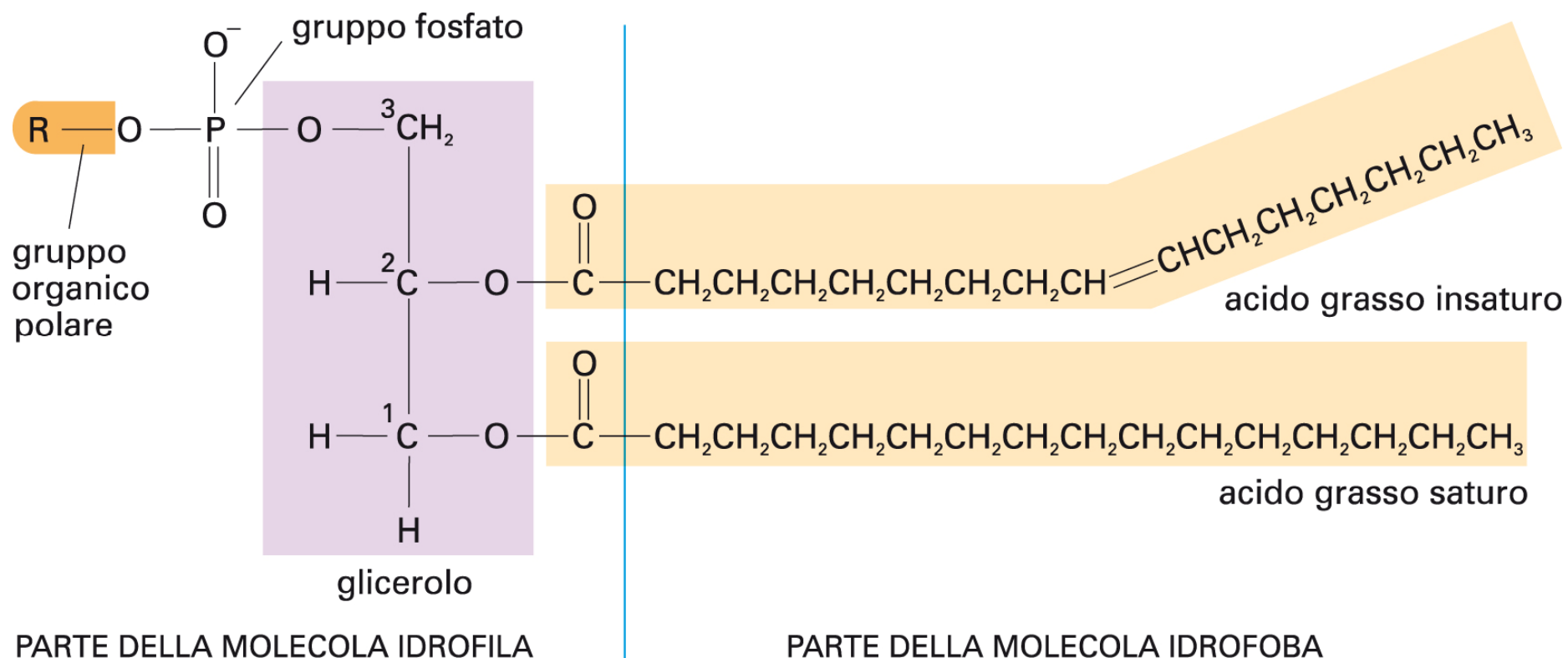
La struttura dei trigliceridi può essere così schematizzata:



Fosfolipidi

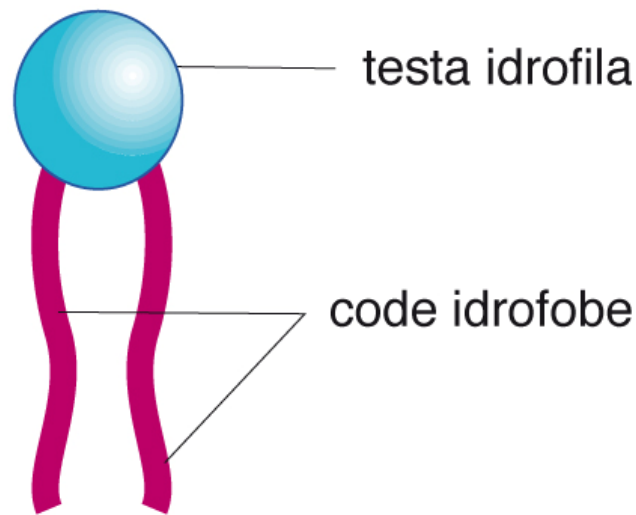
I fosfolipidi sono lipidi molto simili ai trigliceridi, nella cui struttura compare un gruppo fosfato.

La struttura di un fosfolipide presenta una parte idrofila (il **fosfato** e il gruppo polare) e una parte idrofoba (le due molecole di acido grasso)

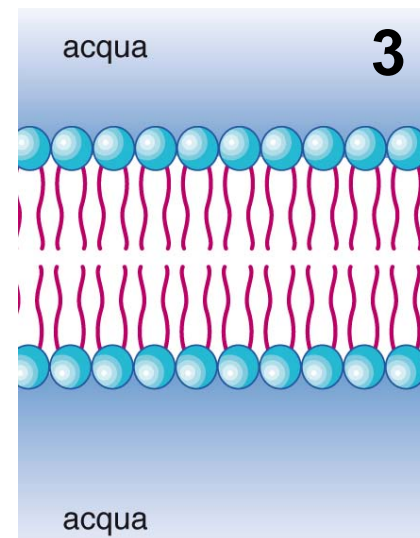
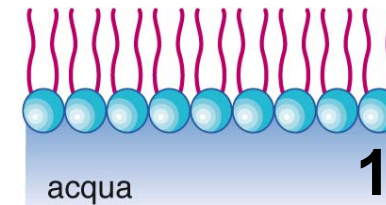
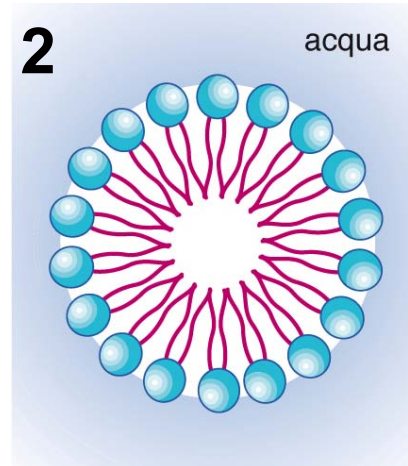
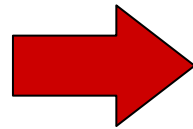
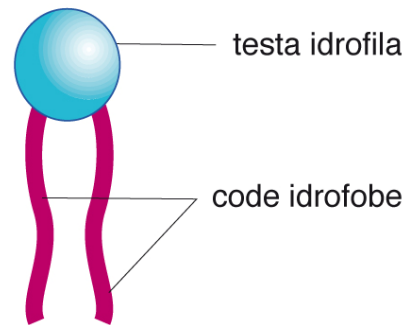


I fosfolipidi sono molecole ANFIPATICHE a causa della coesistenza nella stessa struttura di parti dotate di proprietà chimico-fisiche diverse: una parte idrofilica e una idrofobica.

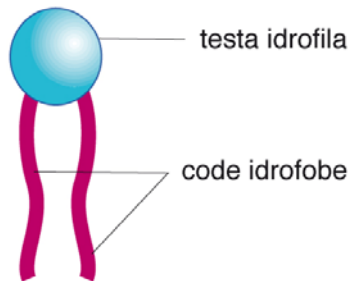
Pertanto si dice che i fosfolipidi sono dotati di una TESTA (costituita dal gruppo fosfato, sede di cariche elettriche unitarie o parziali) che nella molecola rappresenta una regione polare ed idrofila e di una CODA (costituita dalle catene idrocarboniose – acidi grassi) apolare ed idrofoba.



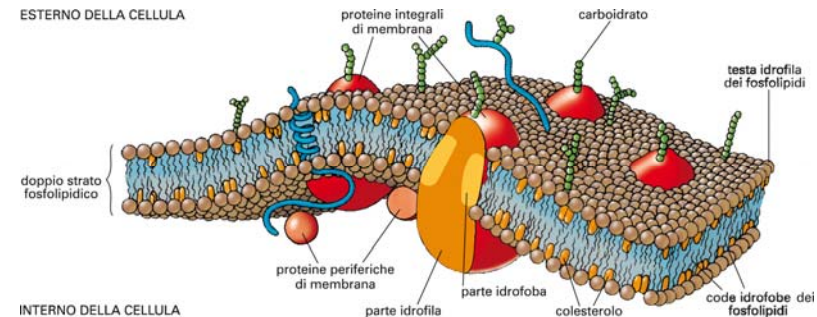
Le caratteristiche dei fosfolipidi conferiscono loro la capacità di organizzarsi in strutture sopramolecolari, quando messi in ambiente acquoso: pellicole superficiali (1), micelle (2) e doppi strati (3).



STRUTTURA



FUNZIONE

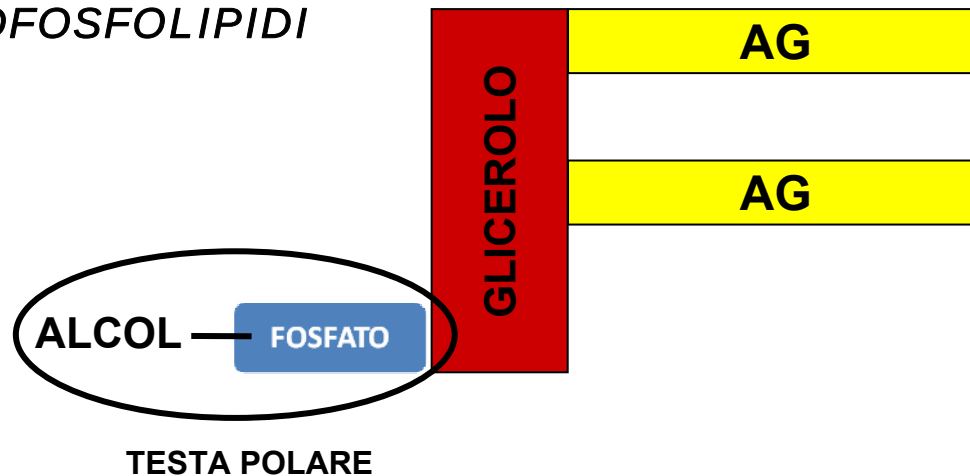


La capacità dei fosfolipidi di organizzarsi nella struttura sopramolecolare di doppio strato fosfolipidico li rende adatti a costituire la membrana che delimita ogni cellula del nostro organismo. Tale membrana ha infatti la funzione di isolare una porzione di ambiente acquoso dal resto dell'acqua circostante.

Una membrana formata unicamente da un doppio strato fosfolipidico risulta permeabile a molecole apolari-lipofile (ormoni steroidei) ed impermeabile a molte molecole polari, se non di piccolissima dimensione (H_2O , O_2 , CO_2). La presenza quindi nel doppio strato fosfolipidico di proteine-canale (consentendo il passaggio anche di molecole polari di più grande dimensione) consente alla membrana cellulare di svolgere la sua funzione di filtro selettivo, finemente regolata.

I fosfolipidi sono classificati, in base all'alcol contenuto nella loro struttura, in glicerofosfolipidi (glicerolo) e sfingolipidi (sfingosina).

GLICEROFOSFOLIPIDI



I glicero-fosfolipidi possono avere 2 acidi grassi saturi o insaturi, oppure 1 acido grasso e 1 alcol a lunga catena. Prevalentemente presenti nelle membrane cellulari.

SFINGOFOSFOLIPIDI

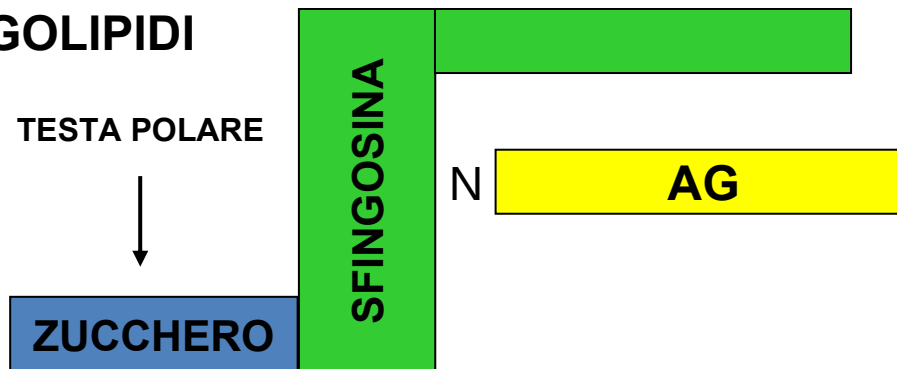


Gli sfingo-fosfolipidi contengono al posto del glicerolo un amino-alcol a lunga catena: la sfingosina. Prevalentemente presenti nelle strutture nervose.

Glicolipidi

Alcuni lipidi possono andare incontro a glicosilazione, ossia aggiunta di catene oligo/poli-saccaridiche per svolgere la loro funzione biologica; questo è il caso di alcuni glicerolipidi (glicoglicerolipidi) e sfingolipidi (glicosfingolipidi). Alcuni di questi ultimi sono molto abbondanti nel sistema nervoso centrale, e la loro glicosilazione è essenziale per la funzione.

GLICO-SFINGOLIPIDI



I Glicosfingolipidi sono lipidi di membrana la cui porzione oligosaccaridica sporge verso l'esterno della cellula. Essi sono il target di alcuni batteri e virus che infettano le cellule umane (tossina del batterio del Colera)



PROTEINE

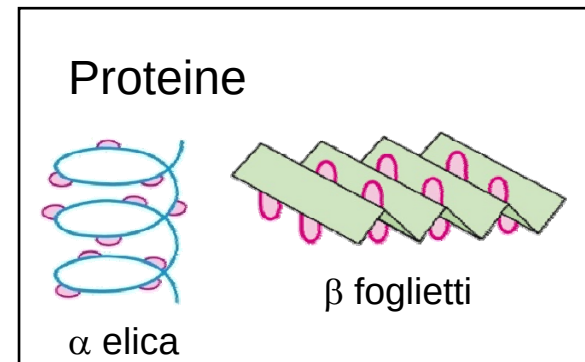
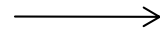
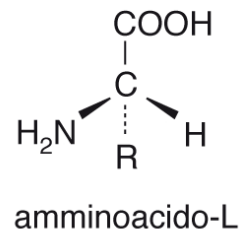
Le proteine hanno un ruolo fondamentale in tutti i processi biologici e sono le molecole più diffuse.

Sono **polimeri** di amminoacidi in cui ogni **monomero** è unito a quello vicino da uno specifico legame covalente, legame “peptidico”.

Tutte le proteine sono costituite dagli stessi 20 amminoacidi, legati tra loro in modo covalente in caratteristiche sequenze lineari.

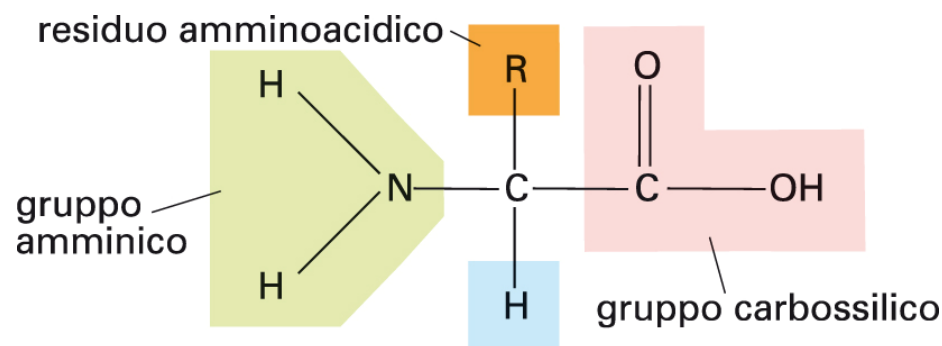
Le cellule possono produrre proteine con proprietà e attività diverse solo legando tra loro gli stessi 20 amminoacidi, in combinazioni e in sequenze diverse.

Le proteine vengono sintetizzate dalle cellule a partire dalle informazioni contenute nel DNA: la sequenza degli amminoacidi nella proteina dipende dalla sequenza di basi azotate della molecola del DNA.



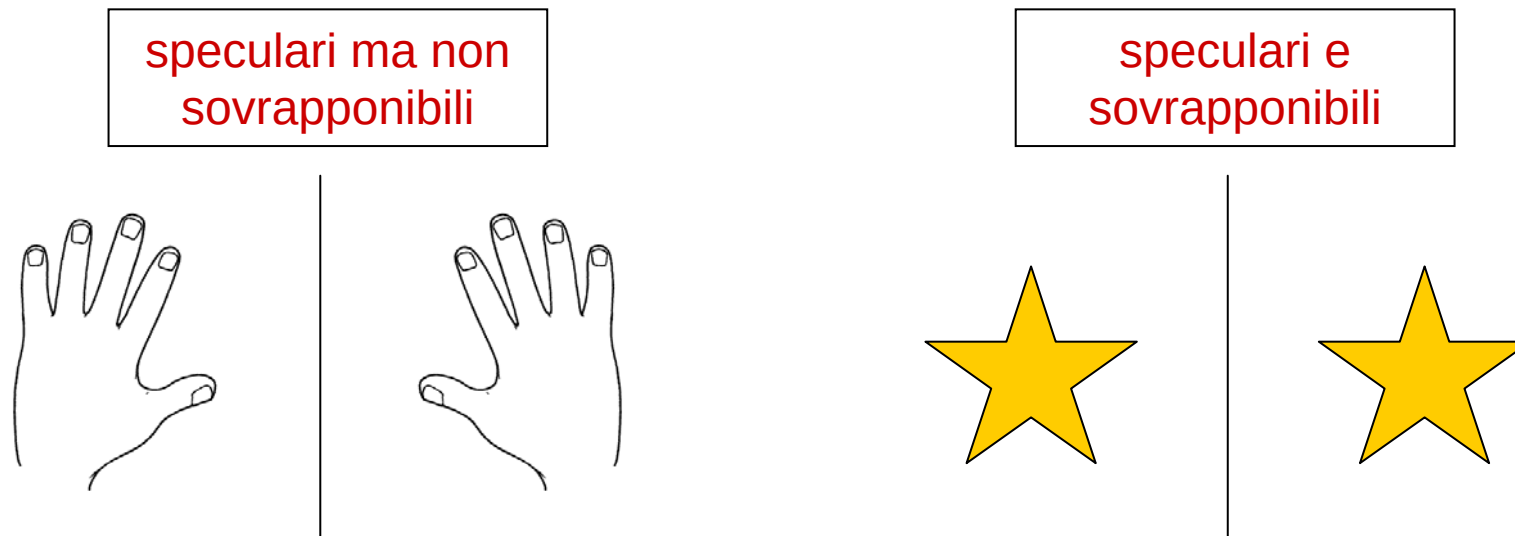
Aminoacidi

Gli aminoacidi hanno proprietà strutturali comuni

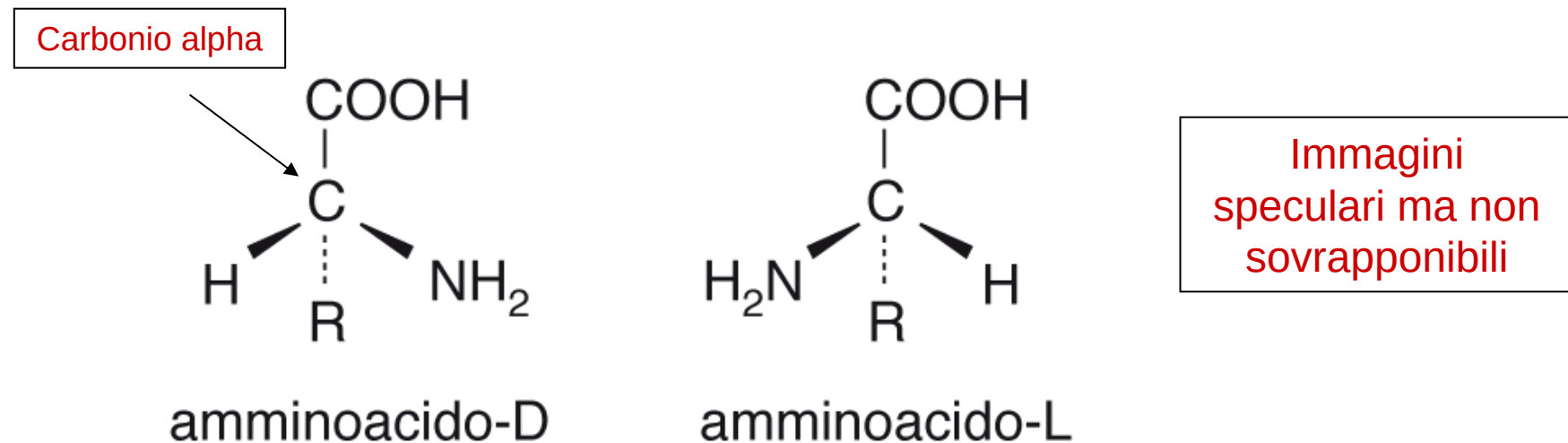


- ❖ Il primo aminoacido ad essere scoperto fu l'asparagina, nel 1806; l'ultimo dei 20 aminoacidi ad essere identificato è stato la treonina, nel 1938.
- ❖ Tutti gli aminoacidi hanno nomi comuni, in alcuni casi derivati dalla fonte da cui sono stati isolati la prima volta (ad esempio la glicina ha assunto questo nome per il suo sapore dolce).
- ❖ Una delle proprietà più importanti di questi composti è la loro conformazione tridimensionale, o **stereochimica**.
- ❖ Tutti i 20 aminoacidi presenti nelle proteine hanno un gruppo carbossilico e un gruppo amminico legati allo stesso atomo di carbonio, e differiscono l'uno dall'altro per la catena laterale, o **gruppo R**, che ha struttura, dimensioni e carica diverse e che influenza la solubilità dell'amminoacido nell'acqua.

- ❖ Ogni oggetto ha una immagine speculare.
- ❖ Molte coppie di oggetti che sono immagini speculari possono essere sovrapposte le une sulle altre in quanto sono uguali. In alcuni casi, le immagini speculari degli oggetti non possono essere sovrapposte le une sulle altre in quanto diverse, ma sono tra loro correlate, come la mano destra e la sinistra.
- ❖ Molecole speculari e non sovrapponibili sono dette **chirali**.
- ❖ Molte delle biomolecole, tra cui gli amminoacidi, sono **chirali**.



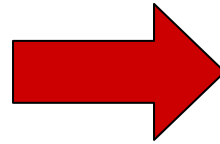
Quando la biomolecola ha un atomo di carbonio con legati quattro gruppi differenti essa ha proprietà chirali. Il carbonio alpha di tutti gli amminoacidi (tranne la glicina in cui il carbonio alpha ha due sostituenti uguali, due H) è quindi un **centro chirale**. Ciascun amminoacido può quindi esistere in due forme, definite **stereoisomeri**, in grado di ruotare il piano della luce polarizzata l'una a sinistra e l'altra a destra. Alle due forme si assegna la configurazione L o D seguendo regole di rappresentazione spaziale: gli amminoacidi presenti in natura, come costituenti delle proteine sono in genere nella forma L.



Gli amminoacidi si classificano in base a diversi criteri, tra cui:

1 – Natura polare o non polare della catena laterale

2 – Presenza di un gruppo acido o basico nella catena laterale



Amminoacidi polari

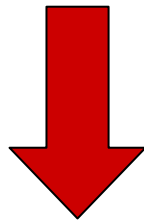
Alifatici: serina, treonina, cisteina, prolina, asparagina, glutammina

Aromatici: tirosina

Amminoacidi apolari

Alifatici: glicina, valina, alanina, leucina, metionina, isoleucina

Aromatici: fenilalanina, triptofano

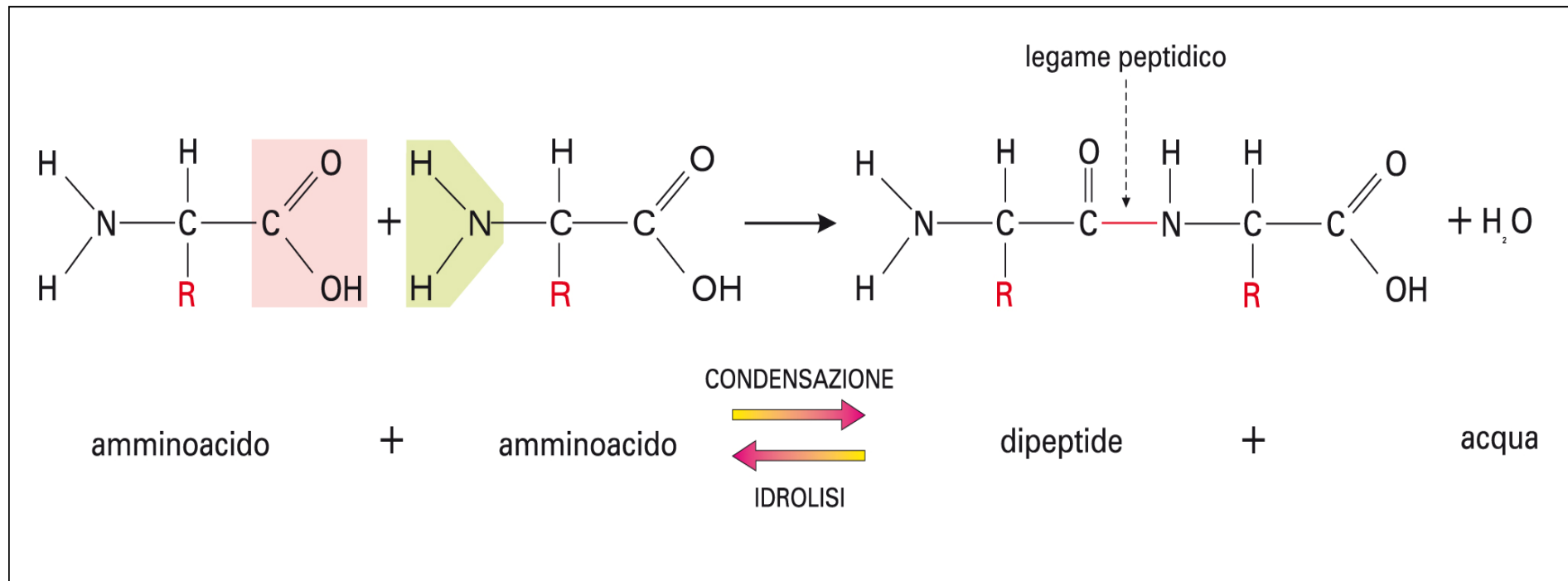


Carichi negativamente, acidi:
aspartato, glutammato.

Carichi positivamente, basici:
lisina, arginina, istidina.

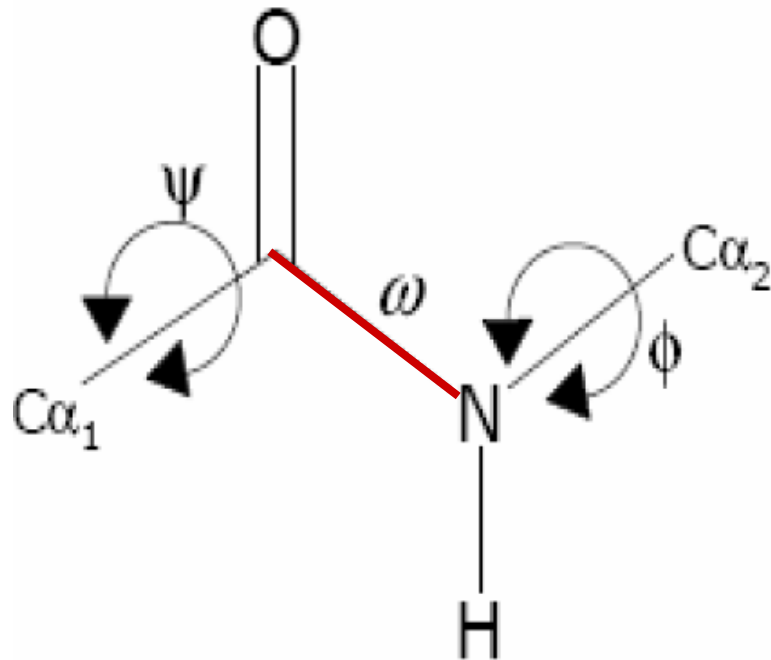
Legame peptidico

Il legame peptidico si forma tra il gruppo carbossilico di un aminoacido ed il gruppo amminico dell'amminoacido successivo, attraverso una reazione di condensazione, con perdita di una molecola d'acqua.



I polipeptidi sono quindi catene lineari di amminoacidi, “con una direzione” dall'estremità NH₂ libera, all'estremità COOH libera.

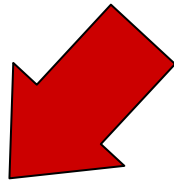
Geometria del legame peptidico



Il legame peptidico ha le seguenti proprietà geometriche:

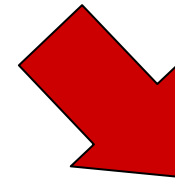
- E' planare, per la configurazione del carbonio del gruppo carbossilico (COOH) che partecipa alla formazione del legame.
- Non è permessa libera rotazione attorno ad esso (C – N).

Le proteine in quanto polipeptidi sono omogenee per **struttura**, ma eterogenee per **funzione**



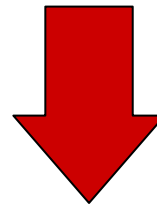
Proteine strutturali

Muscolo, lente dell'occhio,
piume degli uccelli, corno del
rinoceronte



Proteine funzionali

Enzimi, anticorpi, ormoni,
trasportatori

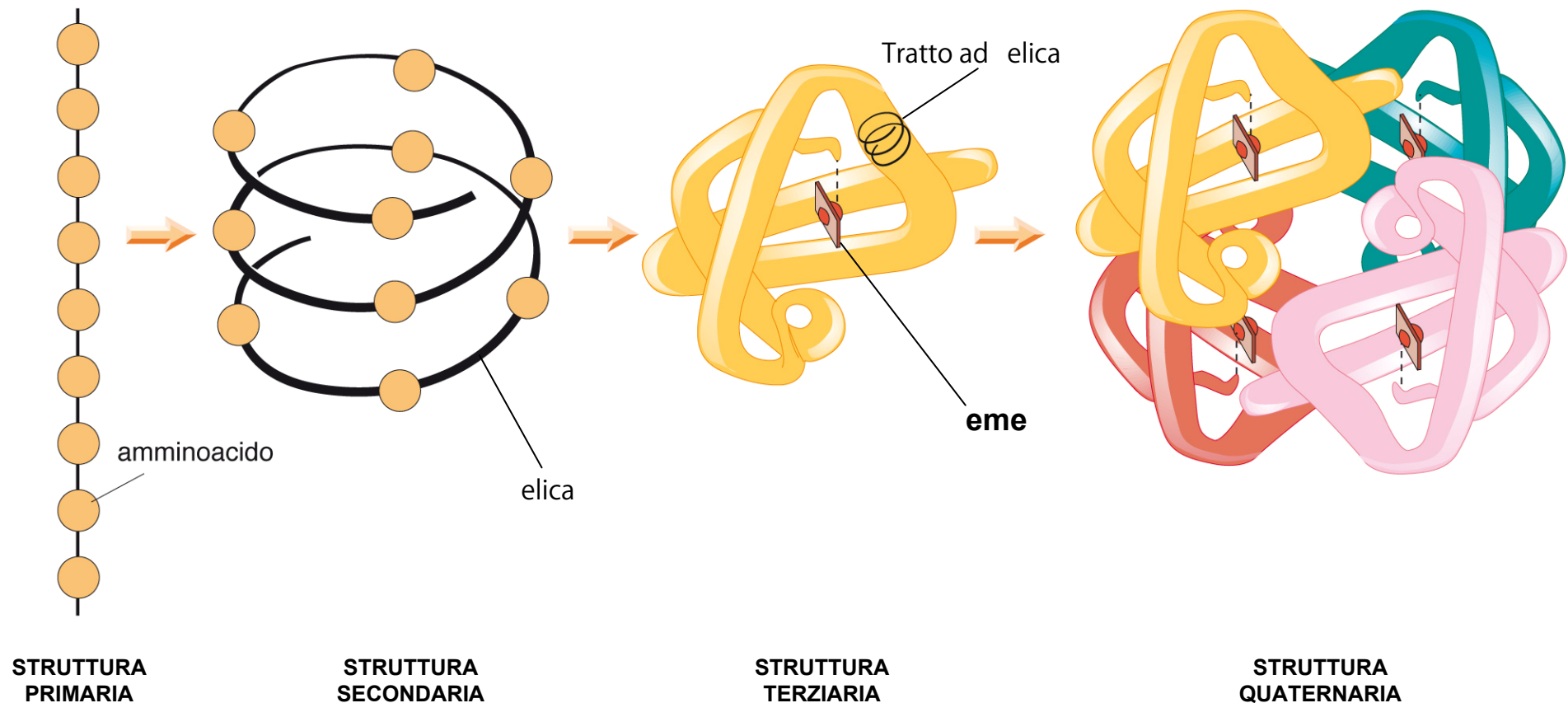


Altre proteine

Tela del ragno, proteine del
latte

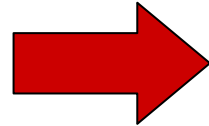
Struttura delle proteine

Le proteine hanno 4 livelli di organizzazione strutturale ben individuabili nell'esempio della proteina emoglobina, essenziale per il trasporto di ossigeno, che ha anche una componente non proteica, il gruppo eme con legato uno ione ferro.

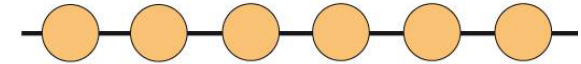


Strutture primaria e secondaria

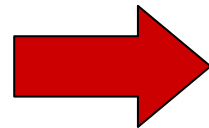
STRUTTURA PRIMARIA



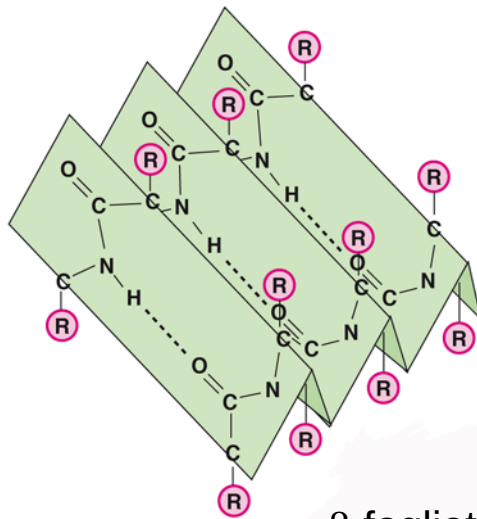
Sequenza amminoacidi,
stabilizzata dai legami peptidici



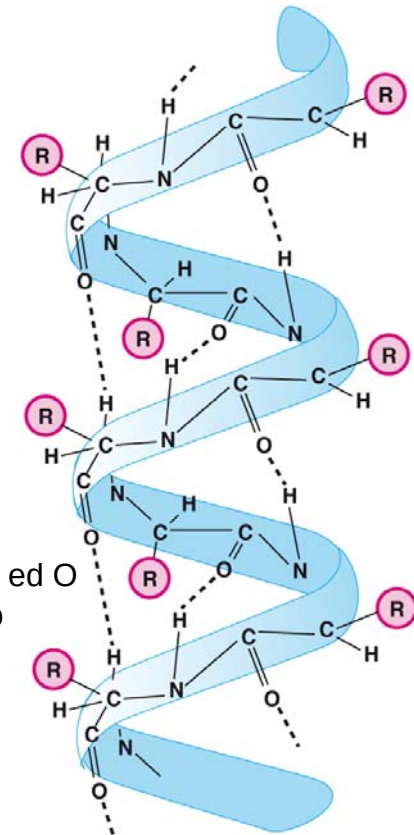
STRUTTURA SECONDARIA



Conformazione 3D che assume
la catena polipeptidica,
*stabilizzata da legami idrogeno che
si formano tra O ed H vicini dello
scheletro polipeptidico*



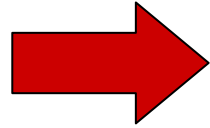
β foglietto: legami tra H ed O
di filamenti paralleli



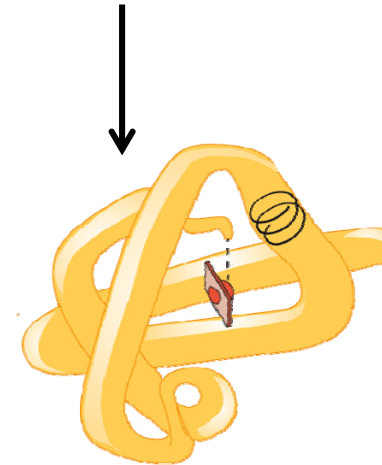
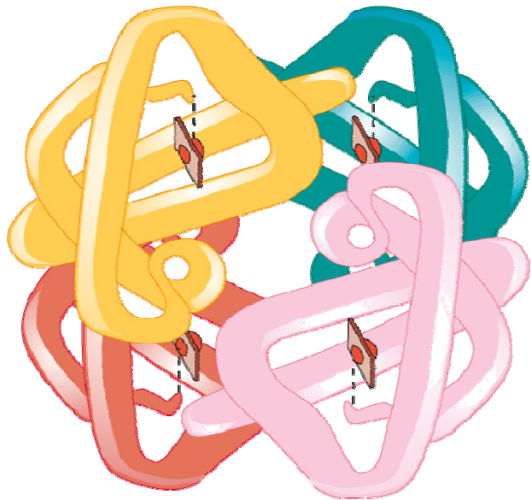
α elica: legami tra H ed O
di uno stesso filamento

Strutture terziaria e quaternaria

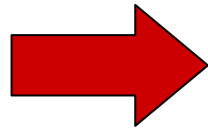
STRUTTURA TERZIARIA



Ultrastruttura 3D in cui α eliche e β foglietti si organizzano, *stabilizzata dalla formazione di legami deboli e ponti disolfuro tra le catene laterali di residui di cisteine della catena polipeptidica*



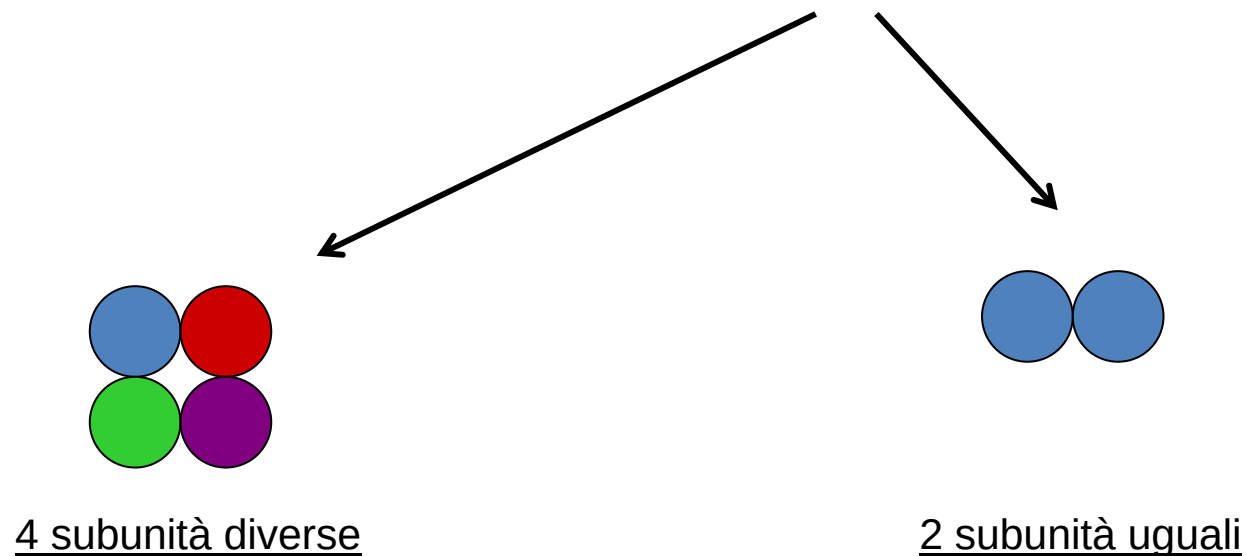
STRUTTURA QUATERNARIA



Formazione di un complesso sopramolecolare da parte di più strutture terziarie, essendo ciascuna una proteina chiamata subunità, *stabilizzato da interazioni deboli tra catene laterali di amminoacidi di diverse catene polipeptidiche*

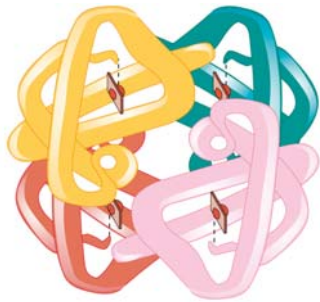
Le proteine possono dunque essere attive in forma monomerica (un'unica catena polipeptidica), oppure essere composte da più subunità proteiche, costituendo complessi sopramolecolari (proteine multimeriche; più catene polipeptidiche).

I complessi sopramolecolari, o proteine con struttura quaternaria, possono essere composti da subunità uguali tra loro (omo-multimeriche), o diverse tra loro (etero-multimeriche).



Le proteine, nella loro struttura quaternaria, possono essere caratterizzate da:

1. Subunità con struttura terziaria che si associano tra loro a formare proteine **GLOBULARI**



FORMA APPROSSIMATIVAMENTE SFERICA

SOLUBILI IN ACQUA

2. Subunità con struttura secondaria che si associano tra loro a formare proteine **FIBROSE** (prevalentemente proteine strutturali: collagene, actina, tubulina)



STRUTTURE LINEARI, SEMPLICI, REGOLARI

INSOLUBILI IN ACQUA O IN SOLUZIONI SALINE DILUITE

Le proteine sono le attrici della “*funzione biologica*” e possono svolgere molteplici ruoli: ognuna ha la struttura che la predispone ad un ruolo specifico.

Possono essere coinvolte nel mantenimento della struttura di una cellula (tubulina), possono essere invece coinvolte nella sintesi di mRNA (RNA polimerasi), possono catalizzare la degradazione dei “*rifiuti*” cellulari (idrolasi), possono regolare l’adesione di cellule a cellule adiacenti (caderine).

Esistono proteine in grado di recepire sulla superficie cellulare un “*messaggio*” (sempre trasportato da proteine), e trasmetterlo all’interno della cellula; altre proteine vengono secrete dalle cellule per comunicare con cellule a distanza. I fattori della coagulazione sono di natura proteica, come sono proteine le molecole che mediano parte del reclutamento delle cellule immunitarie verso il sito di infiammazione.

Abbiamo comunque distinto 3 classi di proteine: gli enzimi, che catalizzano delle reazioni chimiche; le proteine strutturali, che contribuiscono alla costituzione dei tessuti, e degli organi (muscoli), e una terza classe di proteine, come le proteine del latte e della tela del ragno.



ACIDI NUCLEICI

Gli acidi nucleici sono **polimeri** di nucleotidi, molecole dalla struttura complessa, legati tra loro in sequenza variabile.

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

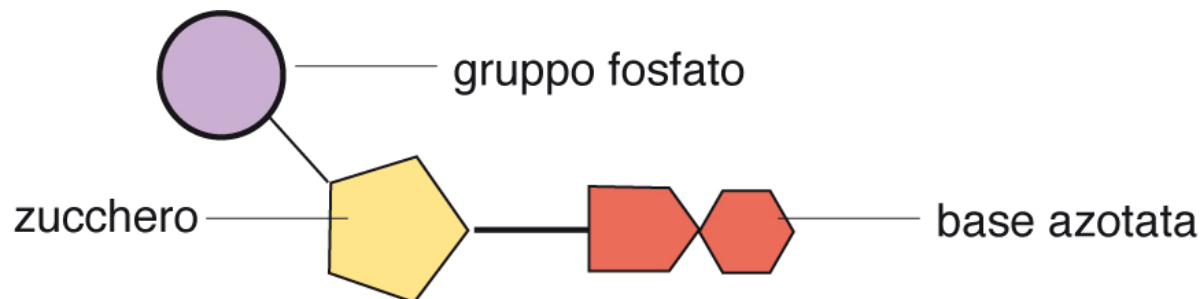
Essi si distinguono per la loro struttura (i monomeri che li compongono sono diversi, il DNA è a doppio filamento, l'RNA invece a singolo filamento), ma soprattutto per la loro funzione: il DNA è quello che dirige la vita della cellula, con le informazioni immagazzinate in esso e trasmesse da una generazione all'altra; l'RNA invece è un mediatore che consente di decodificare il messaggio in codice presente sul DNA, e produrre, secondo le modalità dettate dal DNA stesso, le proteine, attrici di tutte le funzioni biologiche.

Nucleotidi

I nucleotidi sono formati da:

- ❖ Uno zucchero a cinque atomi di carbonio, che può essere il ribosio (ribonucleotidi del RNA) o il desossiribosio (deossiribonucleotidi del DNA), quest'ultimo ha un atomo di ossigeno in meno rispetto al primo.
- ❖ Un gruppo fosfato (PO_4^{3-}), ione dell'acido fosforico che conferisce il carattere acido agli acidi nucleici.
- ❖ Una base azotata, cioè una molecola con proprietà basiche, contenente azoto.

Allo zucchero sono legati il fosfato al C_5 e la base azotata al C_1 .



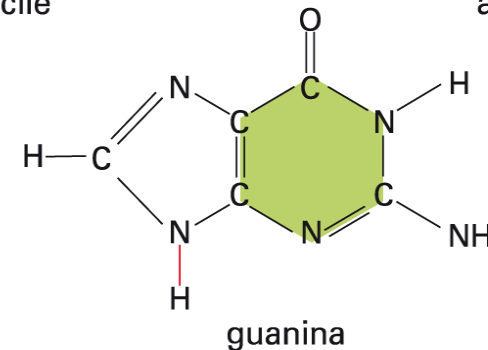
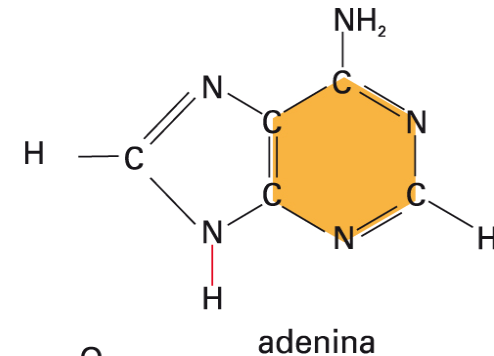
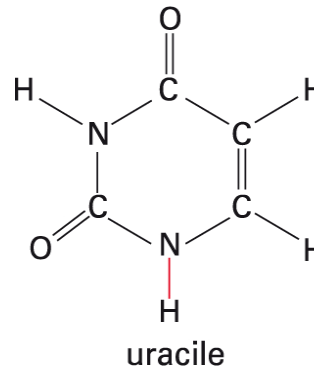
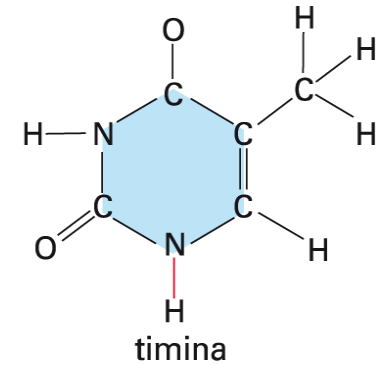
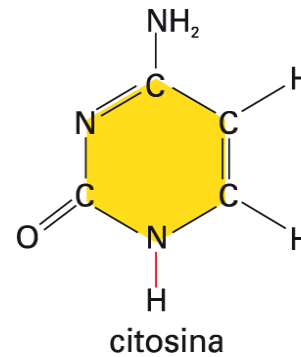
Basi azotate

Le basi azotate possono essere di due tipi, a seconda del numero di anelli presenti nella loro struttura.

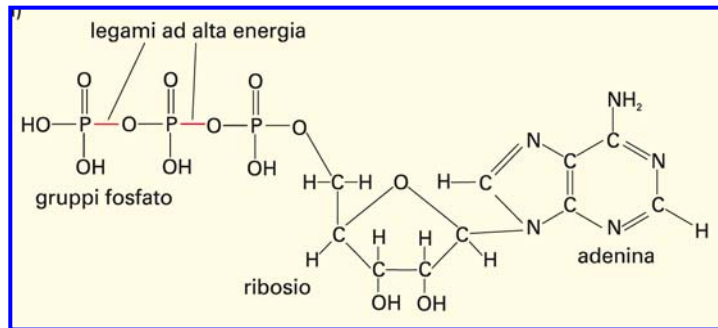
❖ Le basi **pirimidiniche** sono costituite da un solo anello e gli acidi nucleici ne contengono tre tipi: la citosina (C), la timina (T) presente solo nel DNA, e l'uracile (U) presente solo nell'RNA.

❖ Le basi **puriniche** sono formate da due anelli e quelle contenute negli acidi nucleici sono la guanina (G) e l'adenina (A).

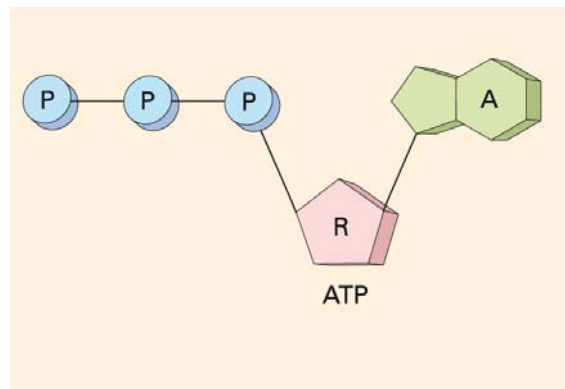
Esistono quindi solo 4 tipi di nucleotidi per il DNA (con C, G, A e T) e 4 per l'RNA (con C, G, A e U).



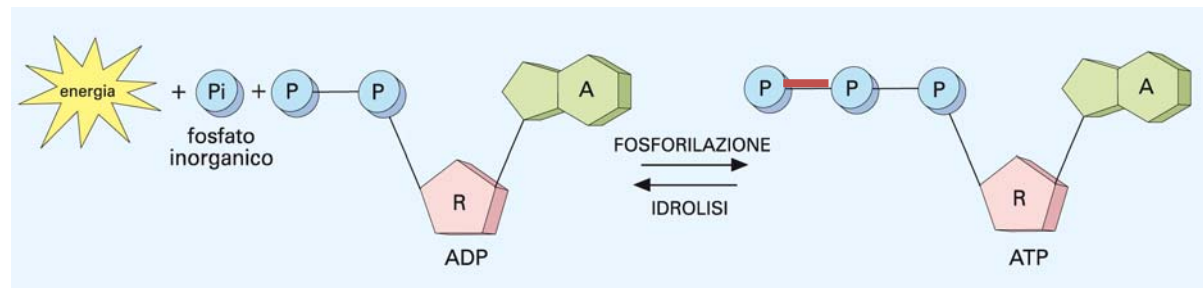
ATP: adenosintrifosfato



L'ATP è il ribonucleotide più importante e diffuso in natura. Infatti nei suoi legami altamente energetici viene trasferita l'energia chimica utilizzata da tutti i viventi.



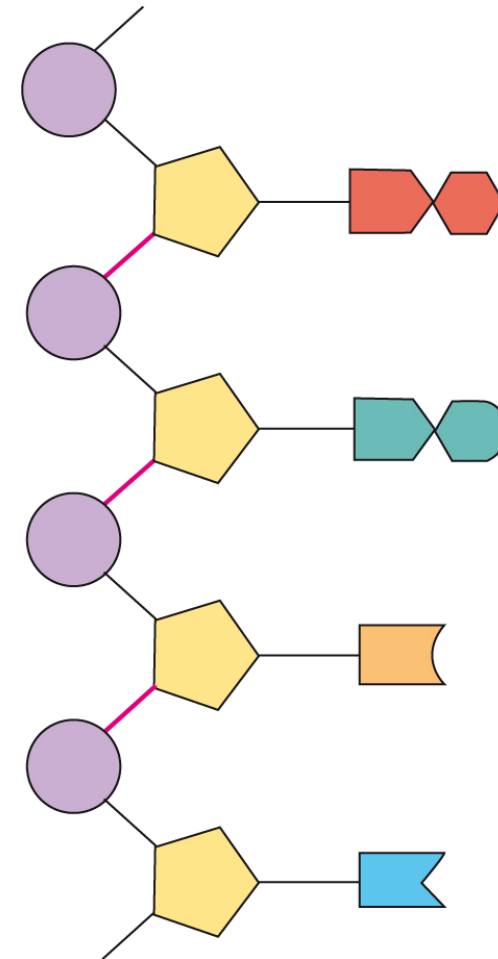
Quando si rende disponibile energia nelle cellule, questa viene utilizzata nel legame tra un fosfato ed una molecola di ADP; quando la cellula necessita di energia, rompe il legame del terzo fosfato, ricostituendo ADP e fosfato.



Polinucleotidi

Due o più nucleotidi possono unirsi tramite un legame covalente (**fosfo-di-estereo**) che si forma tra il fosfato di un nucleotide e lo zucchero di un altro con eliminazione di una molecola di acqua. Si viene così a creare un **catena polinucleotidica** ove le basi azotate sporgono libere.

La catena polinucleotidica così formata ha una “*direzione*”, ossia ha un orientamento; ad una estremità ha libero l'ossidrile in 3' dello zucchero pentoso, all'altra estremità invece è disponibile per il legame il gruppo fosfato legato al carbonio in 5' dello zucchero.



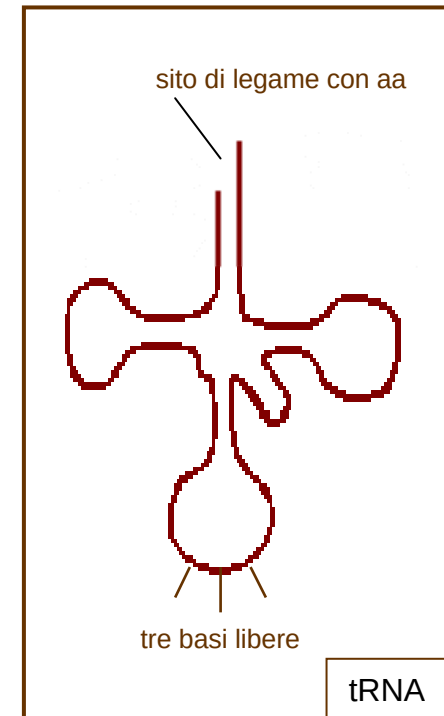
RNA

L'RNA è un filamento di ribonucleotidi. Nella cellula esistono tre tipi di RNA con strutture e funzioni diverse, tutti sintetizzati nel nucleo sullo stampo del DNA.

mRNA: è l'RNA messaggero ed è l'intermedio tra il DNA e le proteine. Viene prodotto, copiando l'informazione contenuta nel DNA, e, come lungo filamento di ribonucleotidi, viene letto e decodificato nei ribosomi, organelli deputati alla sintesi delle proteine.

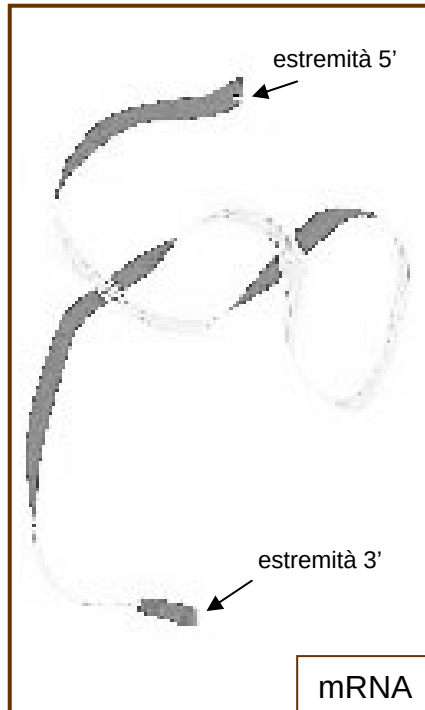
tRNA: è l'RNA transfer ed assume, avvolgendosi su se stesso, una conformazione particolare, a “trifoglio”. Dopo essere stato prodotto nel nucleo, va nel citoplasma, dove lega in modo specifico un amminoacido, e lo porta al ribosoma per la sintesi proteica.

rRNA: è l'RNA ribosomiale; è una componente strutturale dei ribosomi, deputati alla sintesi proteica. Viene sintetizzato nel nucleo, a livello del nucleolo, e qui assemblato insieme alla proteine ribosomiali a formare le due subunità dei ribosomi. Il ribosoma nel citoplasma svolge la sua funzione di organizzatore della traduzione del messaggio per la sintesi delle proteine.



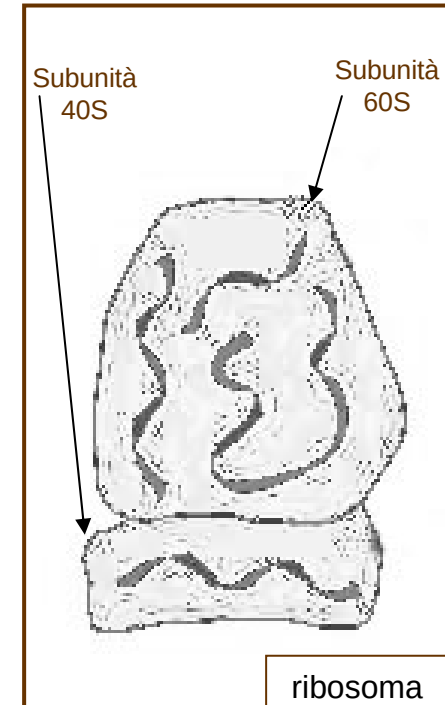
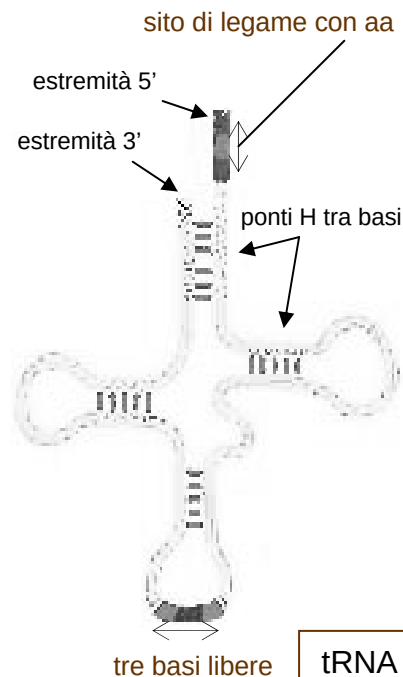
Possiamo quindi affermare che l'RNA, nelle sue diverse forme, contribuisce in modo sostanziale alle varie fasi della sintesi proteica a partire dall'informazione presente sull'RNA messaggero.

Gli RNA



L'RNA messaggero (mRNA) è una lunga molecola filamentosa prodotta dalla trascrizione del DNA, che porta il codice genetico sul sito della sintesi proteica. Le due estremità sono diverse perché sia riconoscibile il corretto senso di lettura.

L'RNA transfer (tRNA) è un corto filamento che si avvolge a forma di trifoglio, con una estremità predisposta per legare un amminoacido ed un'ansa con esposte tre basi, detta anticodone e specifica per ogni amminoacido, che corrisponde ad una specifica tripletta di basi del mRNA (codone).

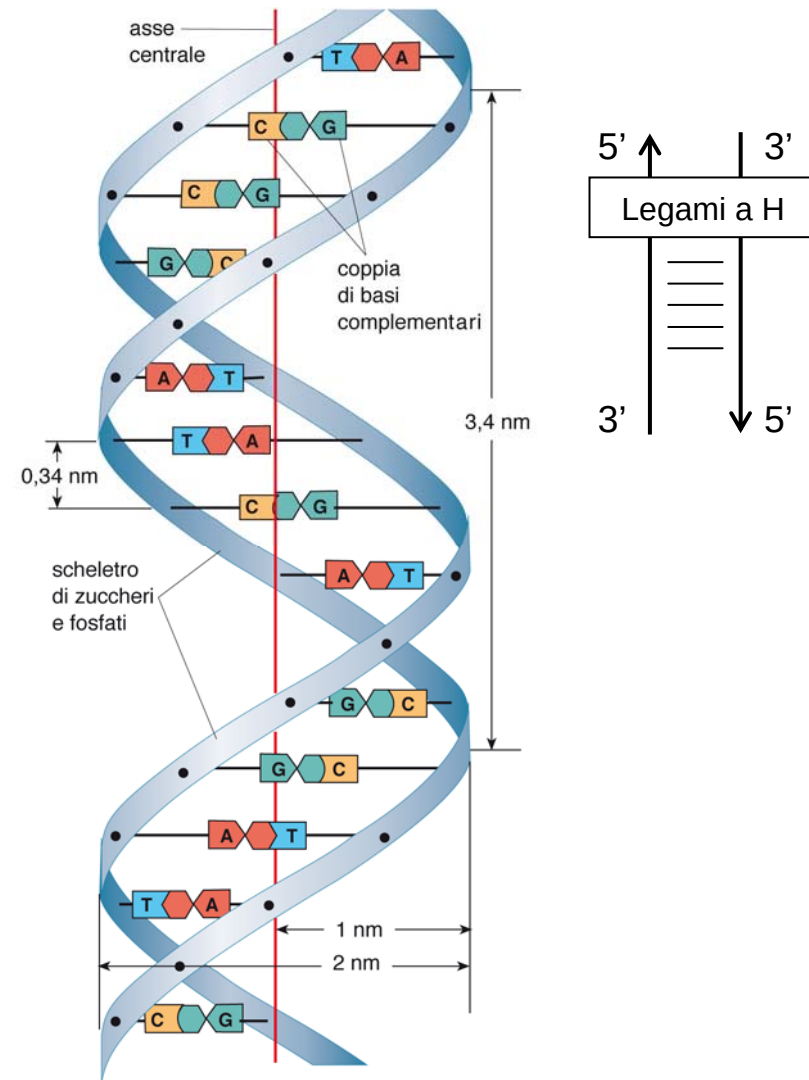


Nell'RNA ribosomiale (rRNA) il filamento si associa con proteine a costruire le due subunità che compongono i ribosomi, organuli cellulari su cui avviene la sintesi proteica.

DNA

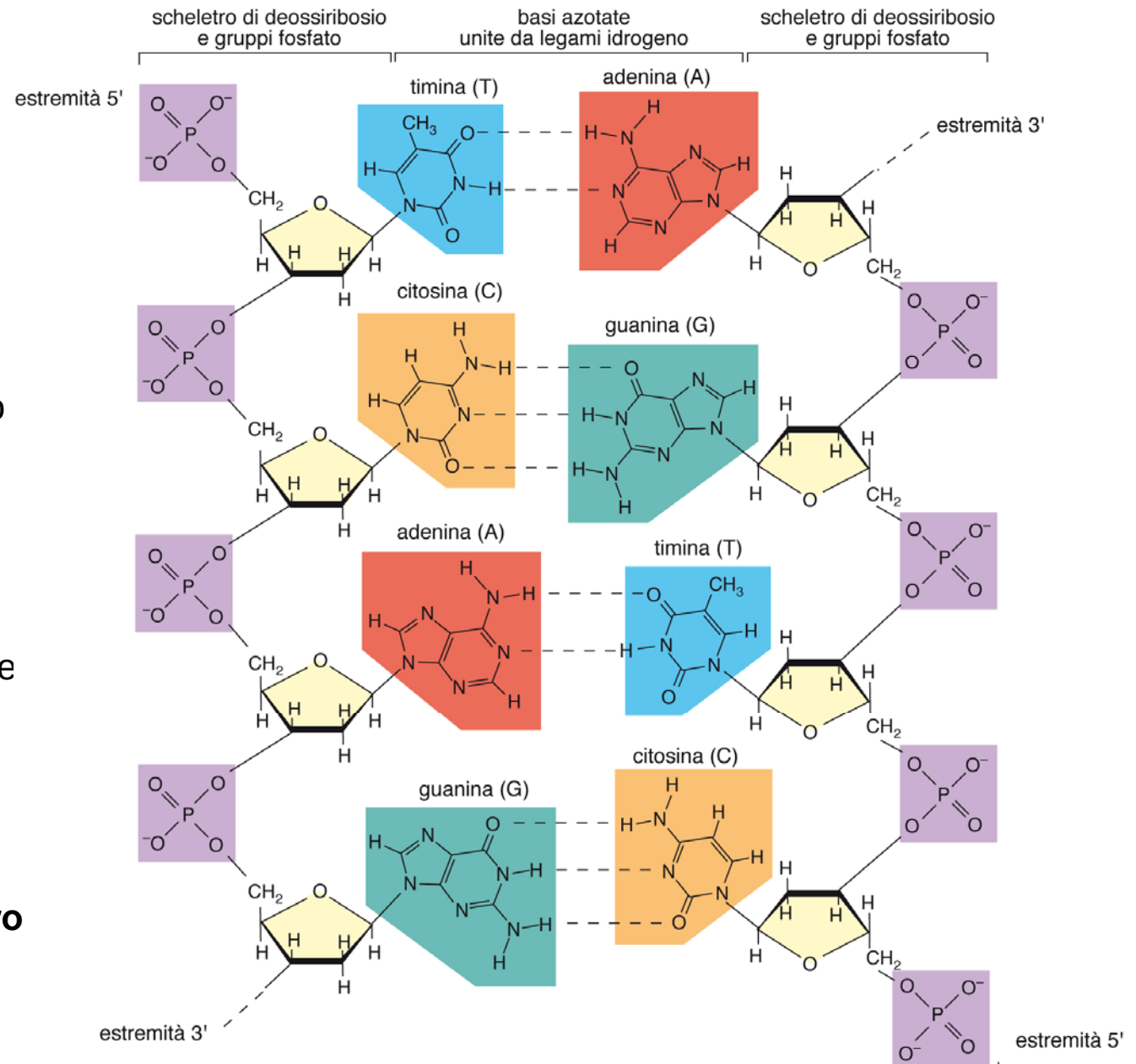
Il DNA è un polimero costituito dalla ripetizione di nucleotidi legati tra loro da legami fosfo-di-esterei.

Due filamenti polinucleotidici si associano in modo antiparallelo (in “direzione” opposta l’uno rispetto all’altro), a formare una struttura a doppio filamento (simile ad una scala a pioli), che si avvolge nella forma di elica. Questa struttura è stabilizzata da legami ad idrogeno che si instaurano tra le basi azotate (i pioli della scala) secondo un appaiamento fisso: Adenina – Timina (Uracile nell’RNA); Citosina – Guanina. Il fatto che siano possibili solo questi appaiamenti è in parte dovuto all’ingombro delle basi azotate. Una pirimidina (1 anello) si appaierà con una purina (2 anelli) e viceversa, per mantenere costante la distanza tra i due filamenti.



I gruppi fosfato, con le cariche negative, conferiscono il carattere acido ai filamenti di DNA, che tenderebbero a respingersi se non fossero stabilizzati da legami ad idrogeno; i gruppi fosfato carichi, inoltre, sono disposti in modo tale da essere più lontani possibile, per minimizzarne la repulsione.

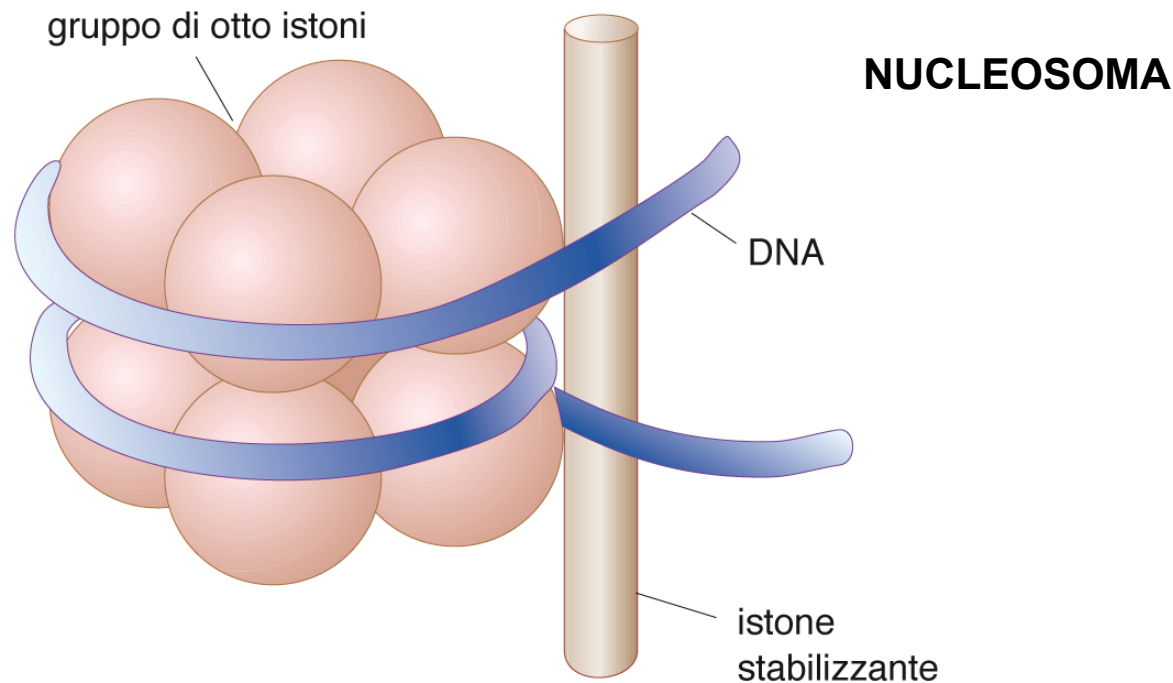
1953: James Watson e Francis Crick descrissero la struttura del DNA



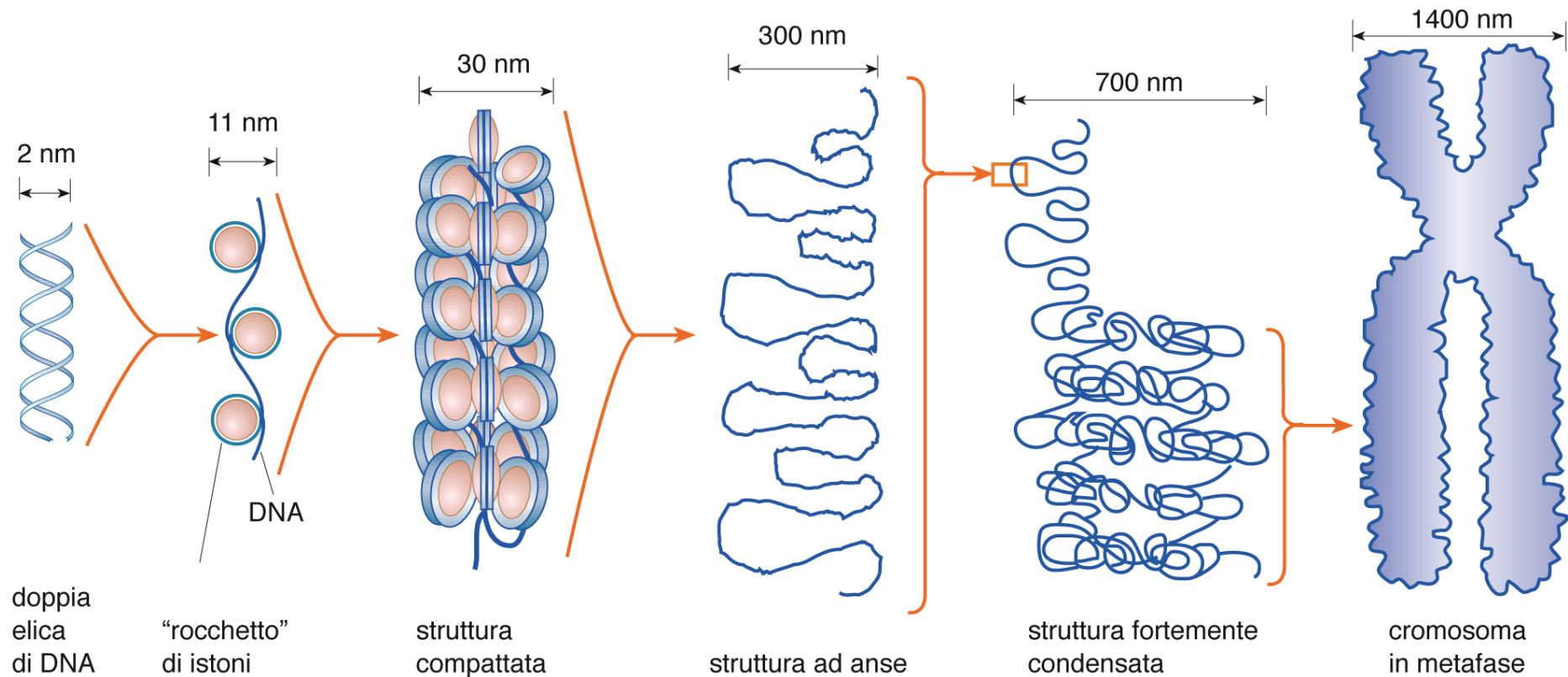
Il DNA si trova nel nucleo di ogni cellula e rappresenta la molecola depositaria dell'informazione genetica, ossia di tutte le caratteristiche ereditarie.

Gli eucarioti hanno un DNA lineare lungo circa 2 metri (circa 5000 volte la dimensione di una cellula); esso quindi necessita di impacchettamento.

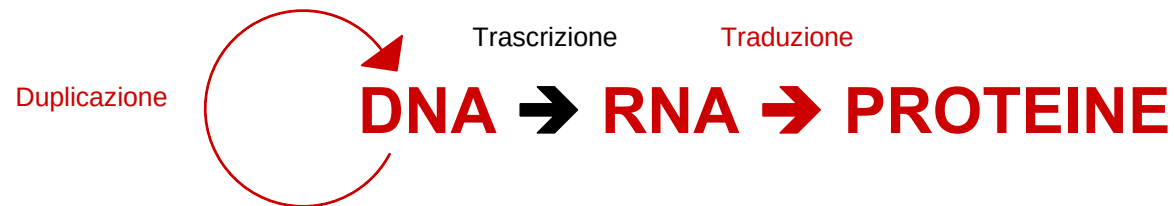
L'impacchettamento è possibile grazie agli ISTONI: proteine cariche positivamente che contengono amminoacidi basici, e quindi si associano al DNA, formando i **NUCLEOSOMI**.



Il DNA si avvolge attorno agli istoni, come un filo attorno al rocchetto, e assume quindi un primo grado di impacchettamento; la condensazione del DNA procede fino a raggiungere il massimo grado, con la formazione dei cromosomi, visibili solo durante la replicazione cellulare. Il DNA deve essere condensato per diverse ragioni: in primo luogo non può essere contenuto nel nucleo di una cellula, se non condensato, in secondo luogo una condensazione del DNA consente di limitare le perdite di informazione genetica, nel passaggio da una generazione all'altra.



Il DNA tuttavia, per svolgere la sua funzione biologica (secondo il dogma centrale della biologia), e dirigere la produzione di proteine, deve essere accessibile all'apparato di trascrizione, processo che consente di trasferire l'informazione nel DNA all' RNA, che poi media e dirige direttamente la sintesi delle proteine. Quindi, quelle parti di DNA di una cellula che vengono attivamente “trascritte”, ossia copiate ad RNA, sono “srotolate” rispetto a tutto il resto della sequenza di DNA.



Il DNA, costituito da una sequenza di nucleotidi, conservata tra i diversi individui della stessa specie (quella parte di DNA che ci distingue l'uno dall'altro è solo una percentuale molto ridotta dell'intera sequenza), è organizzato in unità funzionali, che contengono l'informazione per la produzione di proteine (**geni** – unità di base dell'ereditarietà negli organismi viventi). L'espressione di un gene (ossia la sua trascrizione ad RNA) è regolata finemente e comporta la produzione di una proteina.

Altra funzione biologica del DNA, secondo il dogma centrale della biologia, è la trasmissione ereditaria delle informazioni in esso contenute; questo avviene attraverso la sua replicazione, che si verifica ogni qualvolta una cellula deve dividersi (mitosi o meiosi). Anche per la replicazione il DNA deve essere accessibile all'apparato enzimatico e quindi srotolato; una volta copiato integralmente, le due molecole di DNA vanno incontro alla condensazione che comporta la formazione dei cromosomi, per evitare perdita di materiale genetico durante la divisione cellulare.

