

Università degli Studi di Ferrara
✓ **Corso di Laurea in Infermieristica**
✓ **Corso di Laurea Ostetricia**
A.A. 2019/20

Corso integrato di *Basi molecolari e funzionali della vita*

- Modulo di Biologia applicata (Prof.ssa Paola Rizzo)
- Testo di riferimento:
Stefani, Taddei: Chimica, Biochimica e Biologia Applicata. Seconda Edizione.
Zanichelli
- Esame scritto: 20 domande con risposta multipla (5-una risposta corretta)
0 punti per domanda senza risposta o risposta sbagliata
(1 ora insieme a Genetica Medica)

La Biologia è lo studio della vita

Caratteristiche esseri viventi:

- **Riproduzione**

Capacità di dare origine ad esseri simili a sé stessi

- **Crescita e sviluppo**

- Aumento delle dimensioni
- Cambiamento (da uovo ad organismo adulto)

- **Regolazione dei processi metabolici:**

- Produrre energia per lo svolgimento delle funzioni vitali
- In grado di mantenere omeostasi (esempio i livelli di glucosio circolanti devono essere mantenuti costanti)

Per metabolismo si intende l'insieme delle reazioni che avvengono all'interno di un organismo

- **Risposta a stimoli/movimento**

- **Le popolazioni si adattano all'ambiente:**

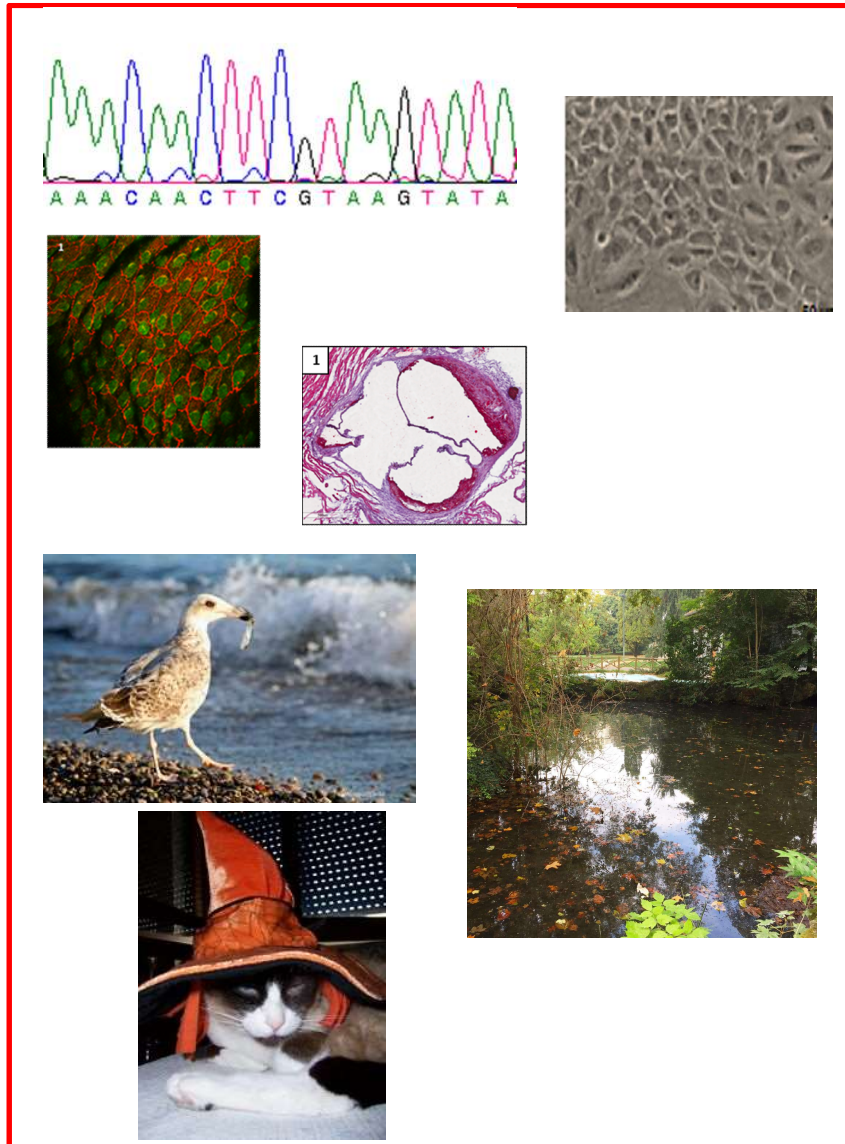
Evoluzione

- **Composti da cellule**

La maggior parte degli organismi viventi è costituita da singole cellule; altri come noi sono multicellulari. Ma in tutti i casi l'intero organismo è stato generato da divisioni cellulari di una singola cellula. **Cellula = unità fondamentale della vita**



Lo studio della biologia può essere condotto a vari livelli

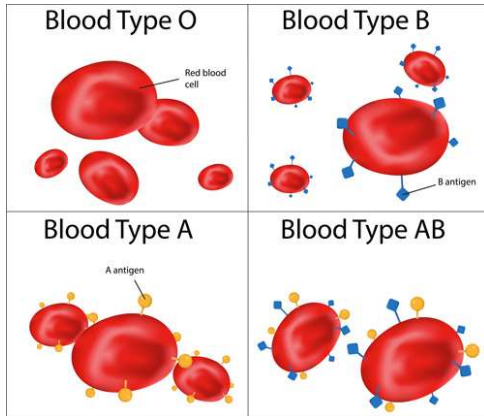


- Molecolare
- Cellulare
- Tessuti
- Organismi
- Ecosistemi

METODO SCIENTIFICO

- 1) Formulazione di ipotesi
- 2) Conduzione di esperimenti per stabilire la validità o l'invalidità

Perché a voi interessa la biologia?



STO MORENDO
NON E' UN TUO PROBLEMA?



SENZA IMPOLLINAZIONE NON C'E' CIBO
E SENZA CIBO TU MUORI!
ORA E' UN TUO PROBLEMA?



Trust me, I'm a "Biologist" ha aggiunto una nuova foto.
8 ore · €

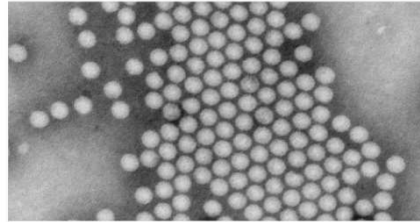


Malattie genetiche

Patologie causate da virus

TS The Scientist
Ieri alle 22:30 · €

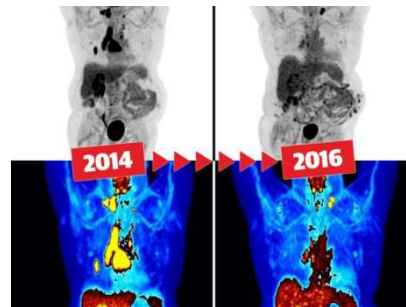
Update: The WHO has issued a statement announcing three laboratory-confirmed cases of wild poliovirus type 1 in Borno State.



Polio Reemerges in Nigeria
Prior to last week's announcement of newly confirmed c...
the-scientist.com



...alla base dell'amore



...e contro il cancro

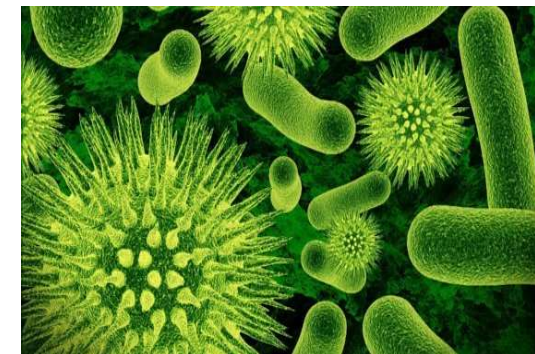
NIH National Institutes of Health (NIH)
5 ore · €

From NIH Research Matters: Researchers found that a fast-acting insulin from the cone snail can bind and activate the human insulin receptor. The 3-D structure and other findings from the study provide insights for designing rapid-acting insulins to better manage diabetes. Keep reading -->



Cone snail venom reveals insulin insights
A study of a fast-acting insulin from the cone snail provi...
nih.gov

Nuovi farmaci contro il diabete



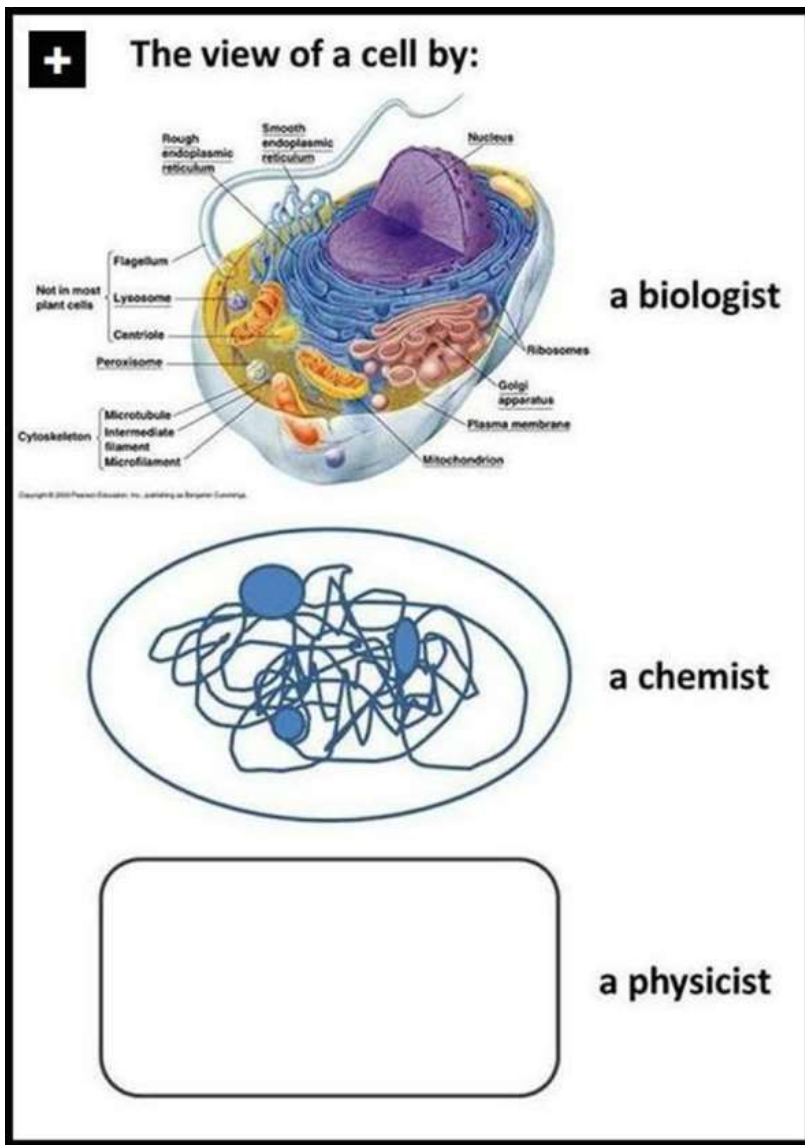
I batteri amici e nemici

Organizzazione del corso

- Basi chimiche e organizzazione molecolare della vita-
definizione di macromolecole
- Flusso informazione- dal DNA a RNA alle proteine
- La cellula (eucarioti e procarioti)
- Comunicazione tra cellule e traffico intracellulare
- Ciclo cellulare- Mitosi- Meiosi
- Cellula trasformata – morte cellulare (apoptosi)

Per lo studente (compito a casa)

- Spero che questo corso.....
- Spero che questo corso non.....



BASI CHIMICHE E ORGANIZZAZIONE MOLECOLARE DELLA “VITA”

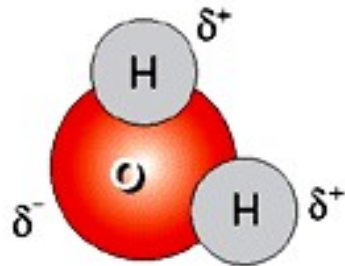
La composizione molecolare delle cellule

Composizione chimica approssimativa di un batterio tipico e di una cellula tipica di mammifero

Componente	Percentuale del peso cellulare totale	
	batterio E. coli	cellula di mammifero
H ₂ O	70	70
Ioni inorganici (Na ⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ , Ca ²⁺ , Cl ⁻ , HPO ₄ ²⁻ , HCO ₃ ⁻)	1	1
Zuccheri, amminoacidi, nucleotidi, acidi grassi (e precursori) e altre piccole molecole	3	3
Fosfolipidi	2	3
Altri lipidi	-	2
Polisaccaridi	2	2
MACROMOLECOLE		
RNA	6	1,1
DNA	1	0,25
Proteine	15	18
Volume cellulare totale	2 x 10 ⁻¹² cm ³	4 x 10 ⁻⁹ cm ³
Volume cellulare relativo	1	2000

} Molecole contenenti carbonio
(molecole organiche)

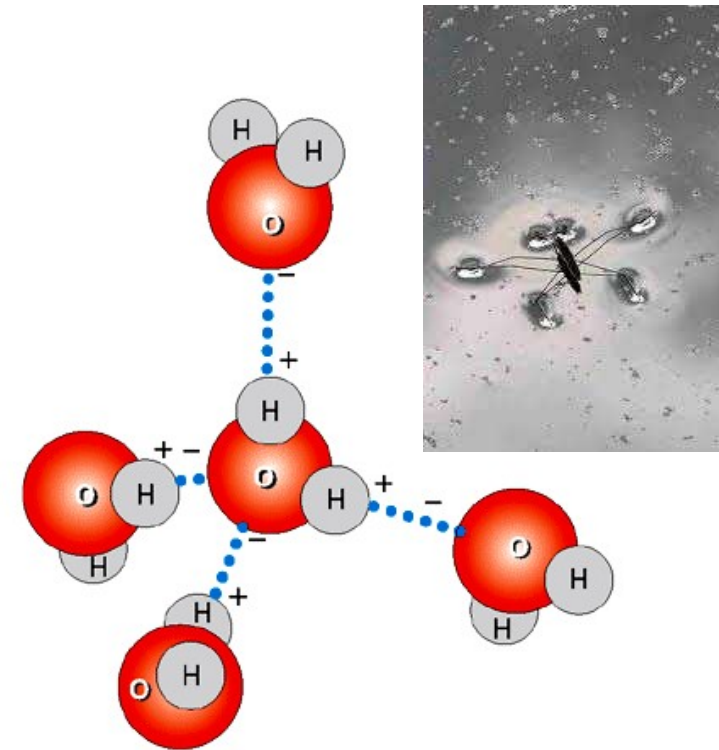
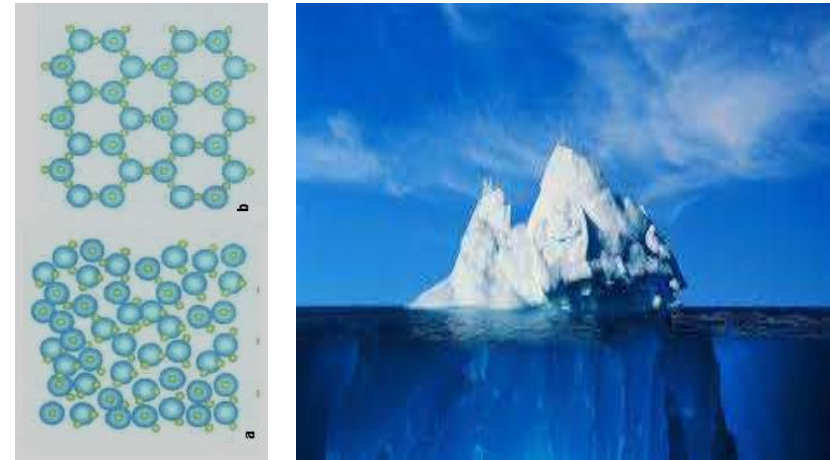
Proteine, polisaccaridi, DNA e RNA sono macromolecole. I lipidi non sono generalmente classificati come macromolecole.



■ **Figura 1.1** La molecola dell'acqua (H₂O).

Caratteristiche dell'H₂O

(A) **L'H₂O è una molecola polare** con una carica leggermente negativa (δ^-) in corrispondenza dell'atomo di ossigeno e una carica leggermente positiva (δ^+) in corrispondenza dell'atomo di idrogeno. A causa della loro polarità le molecole di H₂O possono formare **legami idrogeno** (linee tratteggiate).

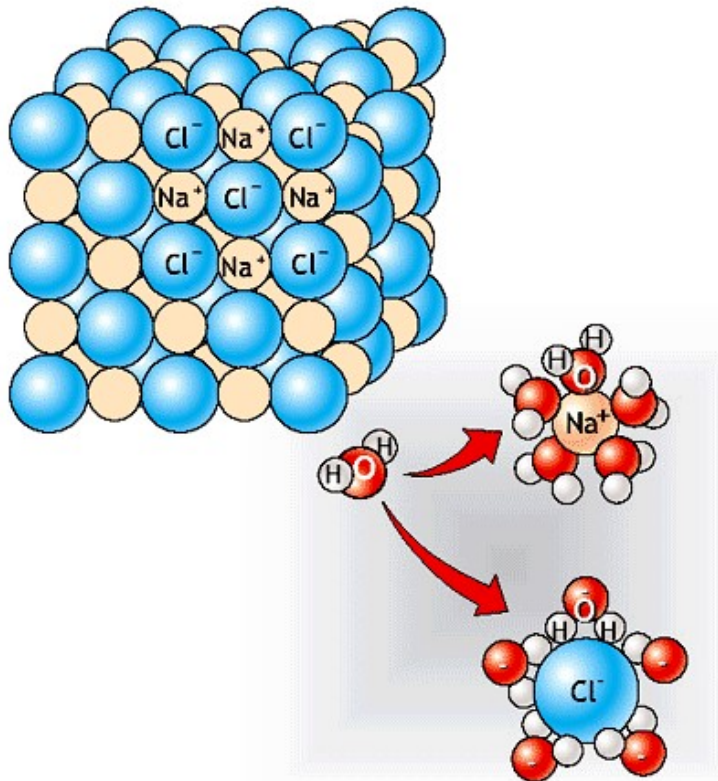


■ **Figura 1.2** I quattro legami idrogeno che possono essere formati da una molecola d'acqua. Lo schema non rispetta la reale disposizione spaziale, tetraedrica, essendo l'ossigeno in ibridazione sp^3 .

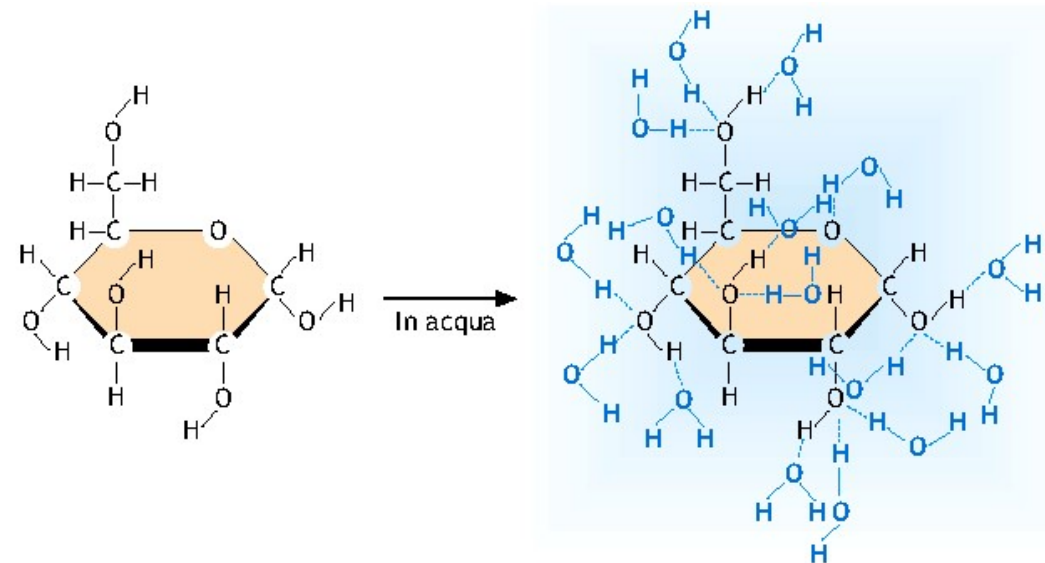
A causa della loro polarità le molecole di H_2O possono formare legami idrogeno anche con **altre molecole polari** e possono interagire con **ioni carichi**.



Come risultato di tali interazioni, ioni e molecole polari sono facilmente solubili in H_2O : **IDROFILICHE**

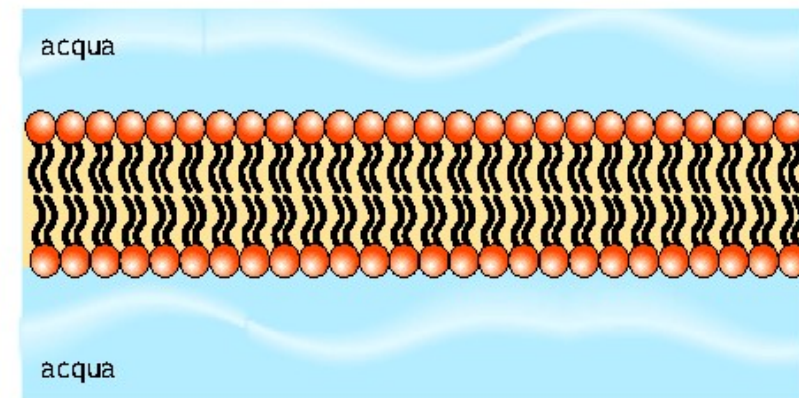
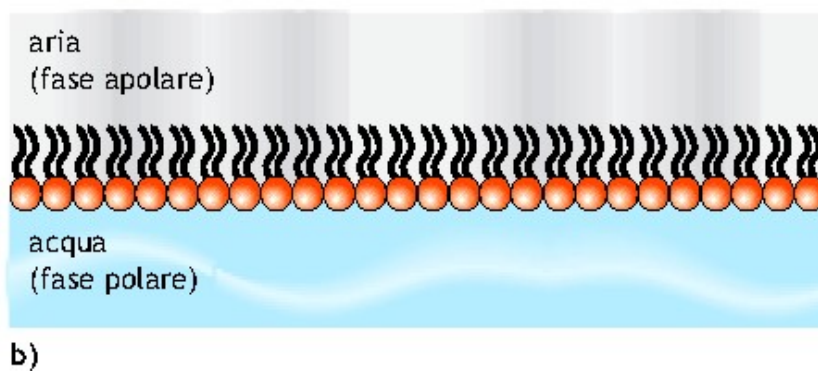
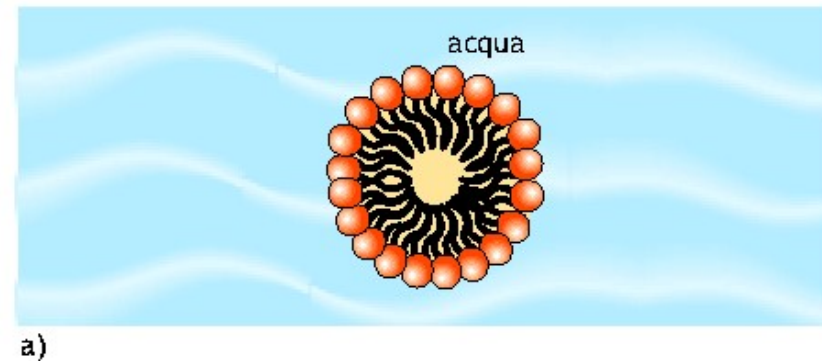
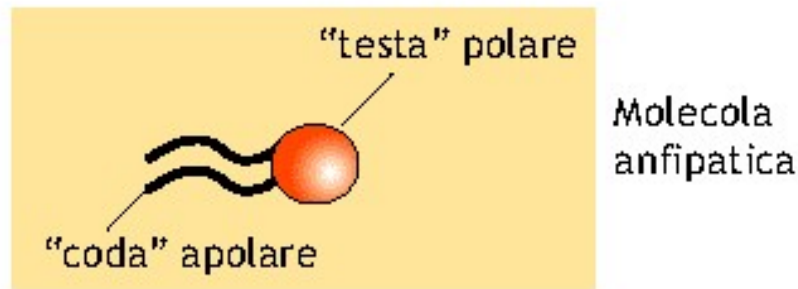


■ **Figura 1.7** Reazione di solvatazione del cloruro di sodio. È stato indicato un numero arbitrario di molecole di acqua intorno a ciascun ione.



■ **Figura 1.8** Reazione di solvatazione del glucosio. Sono i gruppi alcolici (OH) che possono formare legami idrogeno con le molecole di acqua.

Al contrario, molecole non polari, che non possono interagire con l'H₂O, sono poco solubili in un ambiente acquoso: **IDROFOBICHE**. Conseguentemente, le molecole non polari tendono a minimizzare il loro contatto con l'H₂O, associandosi, invece, strettamente tra loro.



La composizione molecolare delle cellule

Composizione chimica approssimativa di un batterio tipico e di una cellula tipica di mammifero

Componente	Percentuale del peso cellulare totale	
	batterio E. coli	cellula di mammifero
H ₂ O	70	70
Ioni inorganici (Na ⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ , Ca ²⁺ , Cl ⁻ , HPO ₄ ²⁻ , HCO ₃ ⁻)	1	1
Zuccheri, a.a., nucleotidi, acidi grassi (e precursori) e altre piccole molecole	3	3
Fosfolipidi	2	3
Altri lipidi	-	2
Polisaccaridi	2	2
RNA	6	1,1
DNA	1	0,25
Proteine	15	18
Volume cellulare totale	2 x 10 ⁻¹² cm ³	4 x 10 ⁻⁹ cm ³
Volume cellulare relativo	1	2000

MACROMOLECOLE

80-90% del peso secco

Molecole contenenti carbonio
(molecole organiche)

Proteine, polisaccaridi, DNA e RNA sono macromolecole. **I lipidi non sono classificati come macromolecole.**

Funzione delle proteine

proteios = di primaria importanza

1. **Enzimi:** catalizzatori che accelerano la velocità delle reazioni chimiche (es. DNA polimerasi)
2. **Proteine strutturali:** proteine del citoscheletro, collagene, elastina, cheratina ecc.
3. **Proteine canale:** proteine inserite nella membrana citoplasmatica che consentono il passaggio di molecole e ioni.
4. **Proteine contrattili:** assicurano la motilità delle cellule e degli organismi.
5. **Ormoni proteici (es. insulina)**
6. **Proteine di trasporto:** es emoglobina del sangue.
7. **Anticorpi:** principale sistema di difesa degli organismi.
8. **Proteine di deposito:** deposito di materia o di energia (es., ovalbumina, caseina del latte) o di particolari sostanze (la ferritina, deposito di ferro).
9. **Tossine**

Le proteine sono polimeri di aminoacidi

Ciascun aminoacido consiste di un atomo di carbonio (detto carbonio α) legato ad un gruppo carbossilico (COO^-), ad un gruppo amminico (NH_3^+), ad un atomo di H e ad una variabile catena laterale (R).

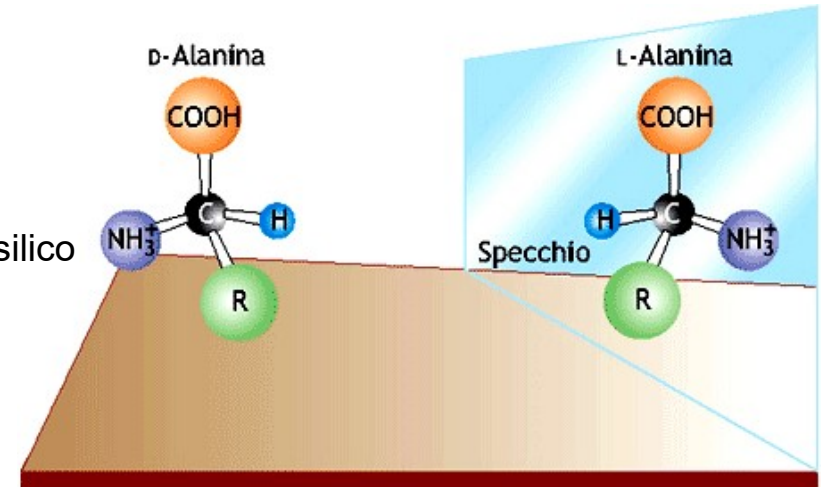
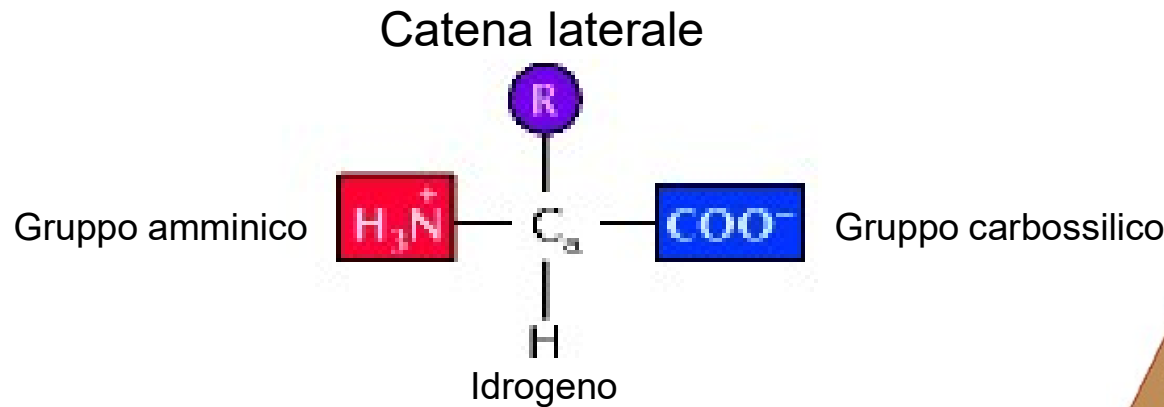


Figura 1.30 Stereochimica degli aminoacidi.

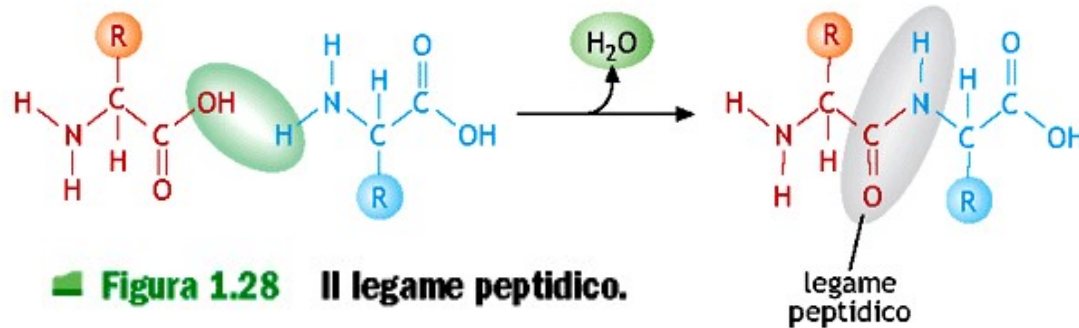
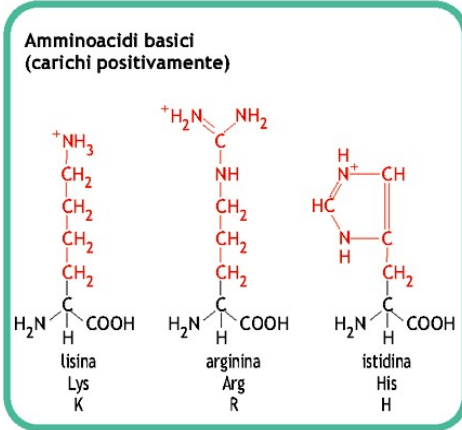
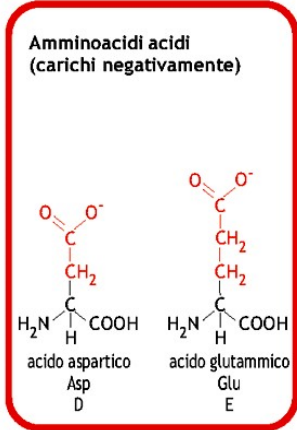
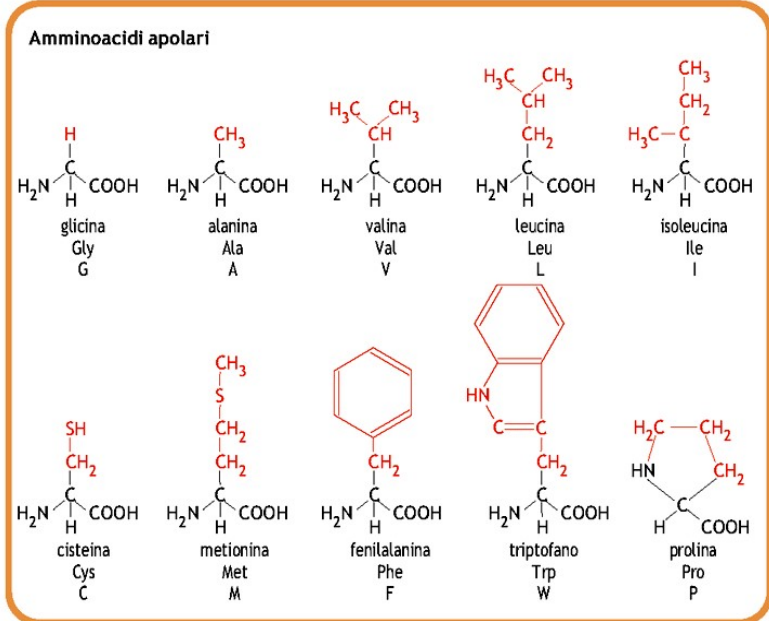
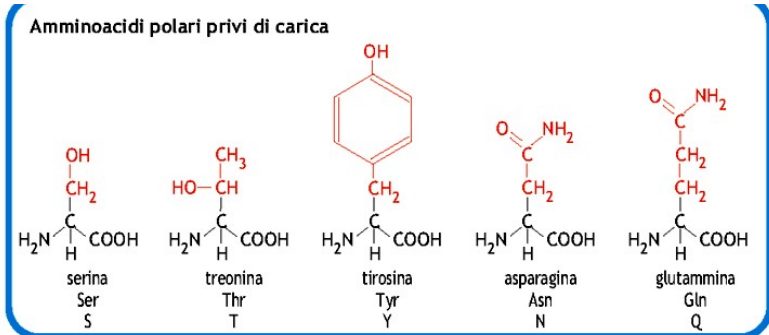


Figura 1.28 Il legame peptidico.

L-aminoacidi nelle proteine

A pH fisiologico, sia il gruppo carbossilico che quello amminico sono ionizzati

I 20 aminoacidi

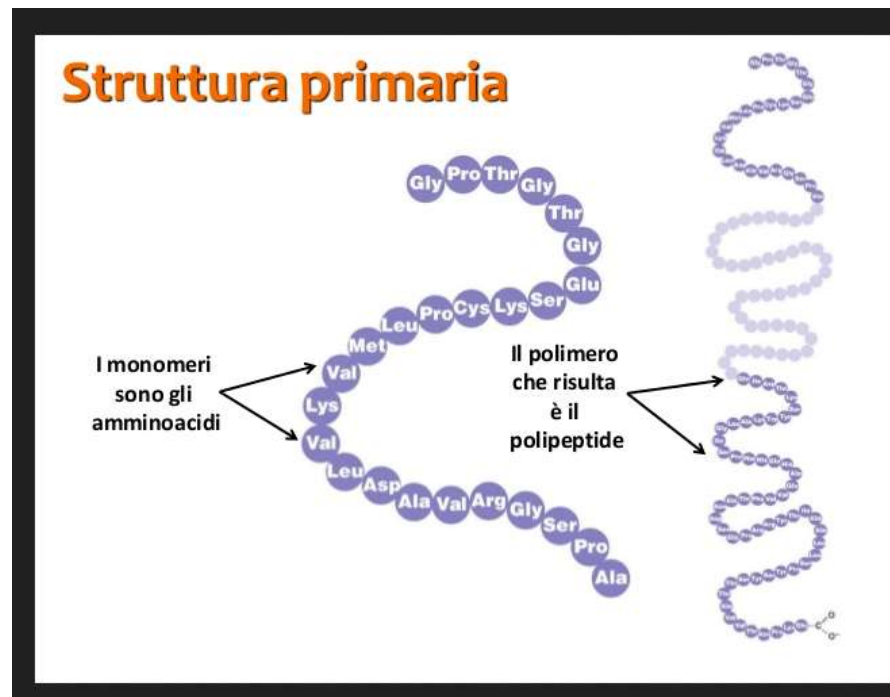


Scoperti di recente!

**Selenocisteina,
Pirrolisina**

Le specifiche proprietà chimiche delle differenti catene laterali degli a.a. determinano il ruolo di ciascuno di essi nella struttura e funzione della proteina.

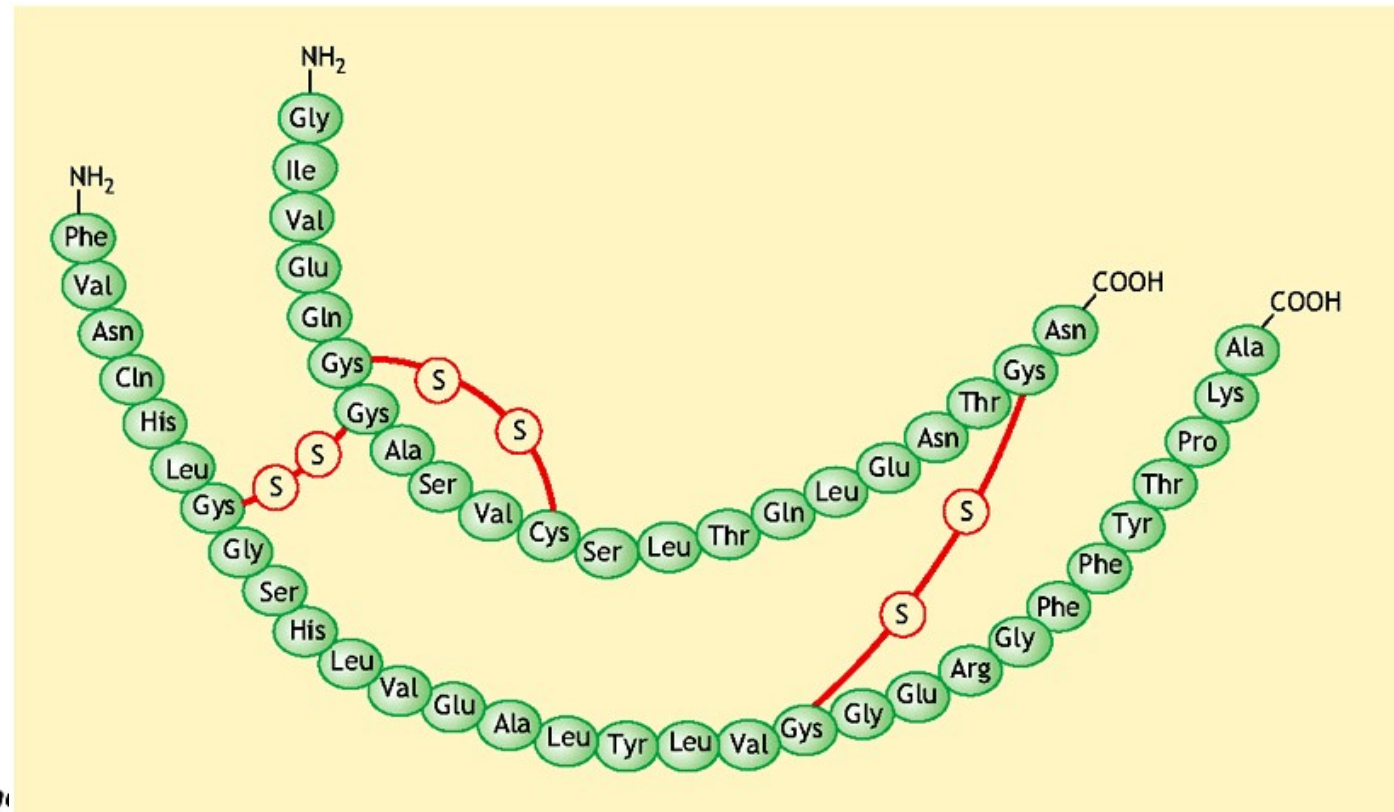
Struttura primaria: la sequenza di amminoacidi



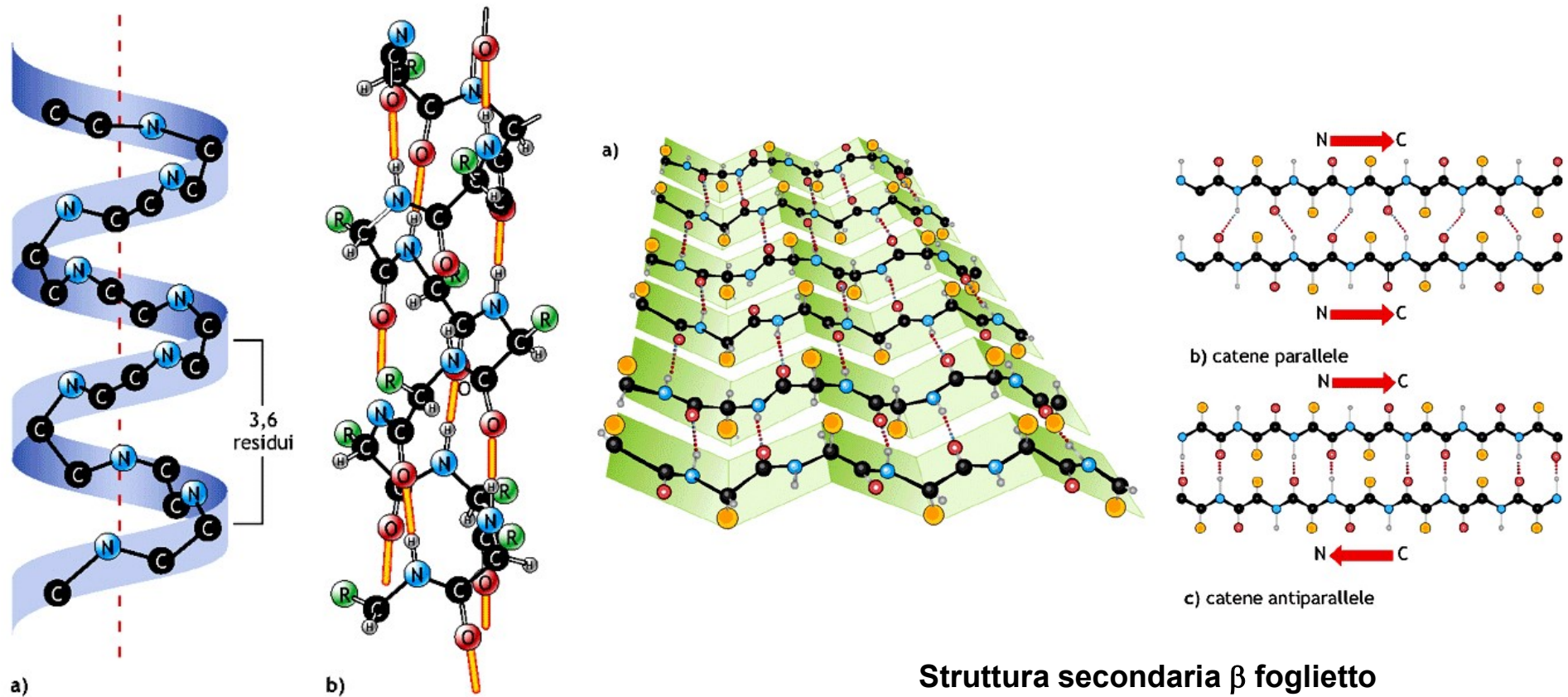
Struttura di una proteina

Fredrick Sanger è stato il primo a determinare, nel 1953, la sequenza completa di una proteina, l'ormone insulina. L'insulina è costituita da 2 catene polipeptidiche, una di 21 e l'altra di 30 a.a. Le catene laterali delle tre coppie di residui di cisteina sono legate da ponti disolfuro, due dei quali connettono le due catene polipeptidiche.

La sequenza a.a. di una proteina rappresenta solo il primo elemento della sua struttura e viene definita **STRUTTURA PRIMARIA**.



L'avvolgimento a spirale o la disposizione regolare di tratti più o meno lunghi della catena proteica costituiscono la struttura secondaria della proteina.

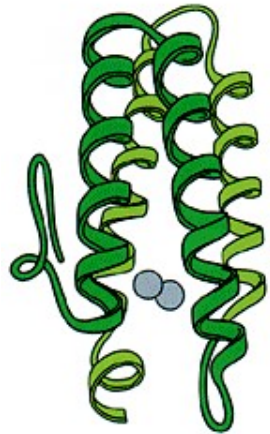


a)
Struttura secondaria α elica
 Legami ad idrogeno nella stessa catena

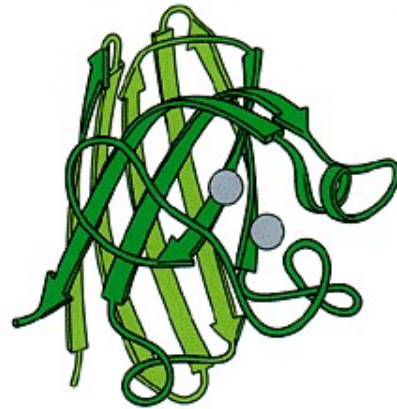
a)
Struttura secondaria β foglietto
 Legami ad idrogeno tra catene parallele
 o stessa catena ripiegata

■ **Figura 1.34** **Struttura secondaria β di una proteina.** (a) Gli atomi adiacenti di ciascuna catena sono localizzati sui ripiegamenti ed i gruppi R sporgono alternativamente al di sopra e al di sotto del piano delle molecole. Legami idrogeno stabilizzano la struttura. Le due catene possono essere parallele (b) o antiparallele (c).

La struttura terziaria consiste nel ripiegamento della catena polipeptidica quale risultato delle interazioni tra le catene laterali degli amminoacidi localizzati nelle differenti regioni della sequenza primaria .



Mioemeritrina



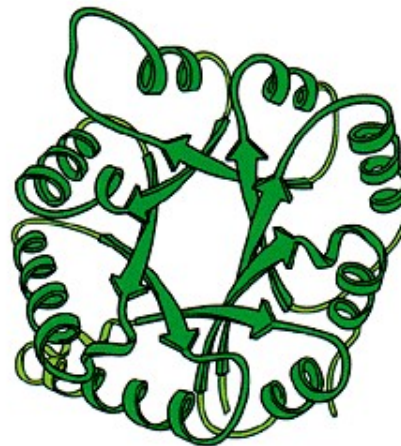
Superossido
dismutasi



Lisozima



Triosofosfato isomerasi
(vista laterale)



Triosofosfato isomerasi
(vista dall'alto)

In moltissime proteine la combinazione α -elica e β -foglietto, connessi da regioni ad ansa della catena polipeptidica, si ripiega in strutture compatte globulari dette domini, che rappresentano le unità di base della struttura terziaria.

■ **Figura 1.35** Andamento della catena polipeptidica nella struttura terziaria di alcune proteine. Le sfere grigie rappresentano ioni metallici presenti in alcune proteine. Per convenzione le regioni ad α -elica sono rappresentate da una spirale, mentre quelle a struttura β da una freccia.

La struttura quaternaria è presente quando la proteina è costituita da più catene polipeptidiche

Figura 1.38 Struttura quaternaria e domini nella molecola di un anticorpo (IgG).

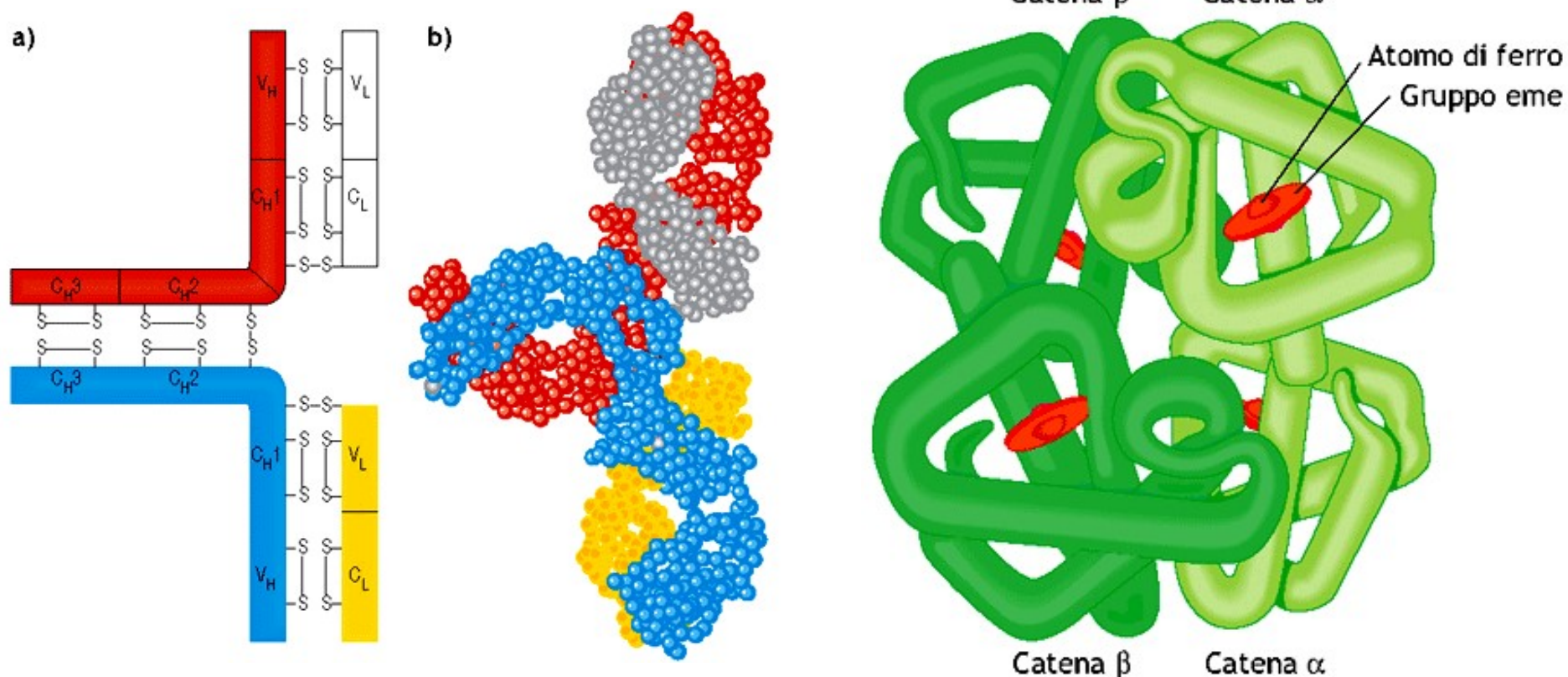
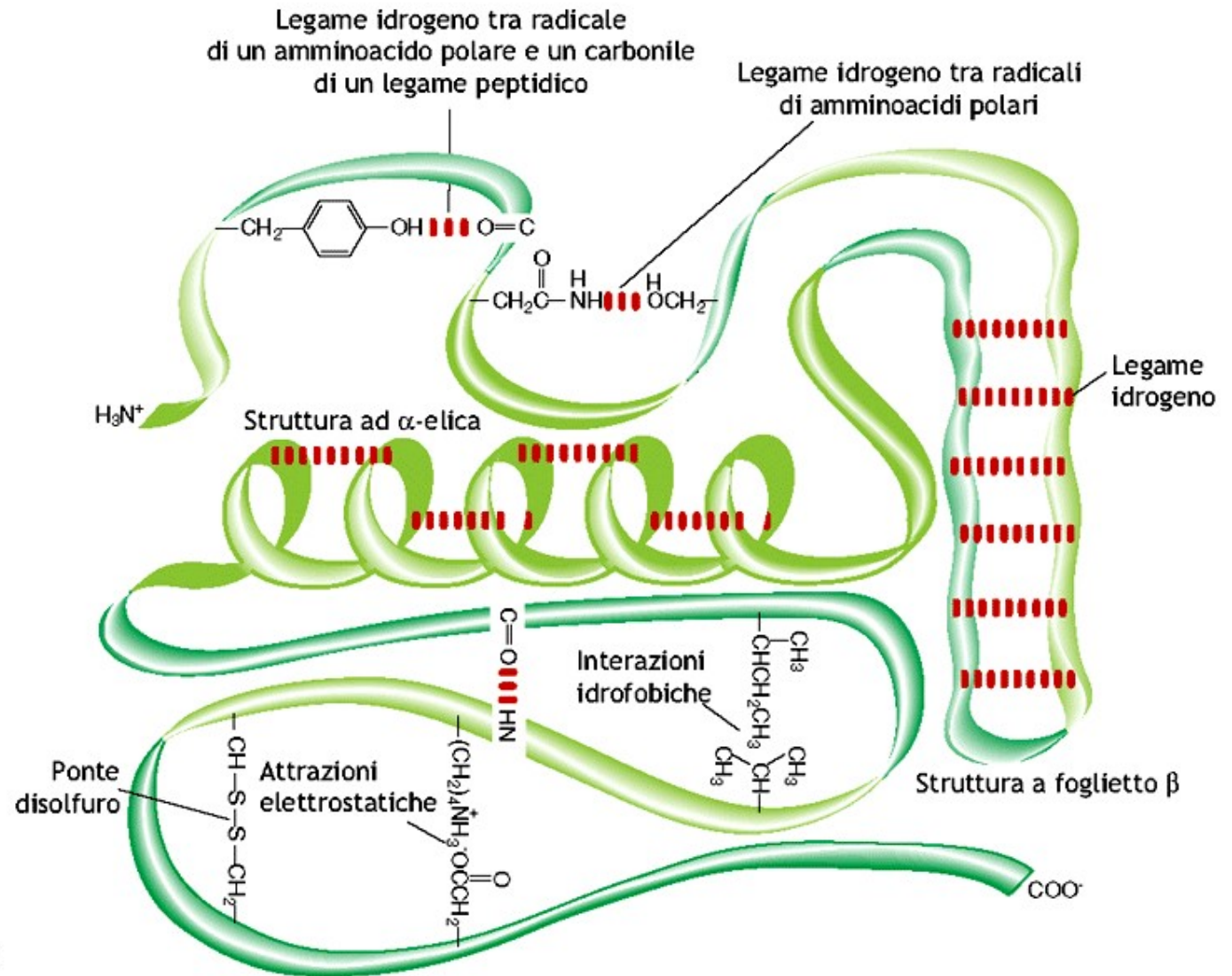


Figura 1.39 Struttura quaternaria dell'emoglobina.

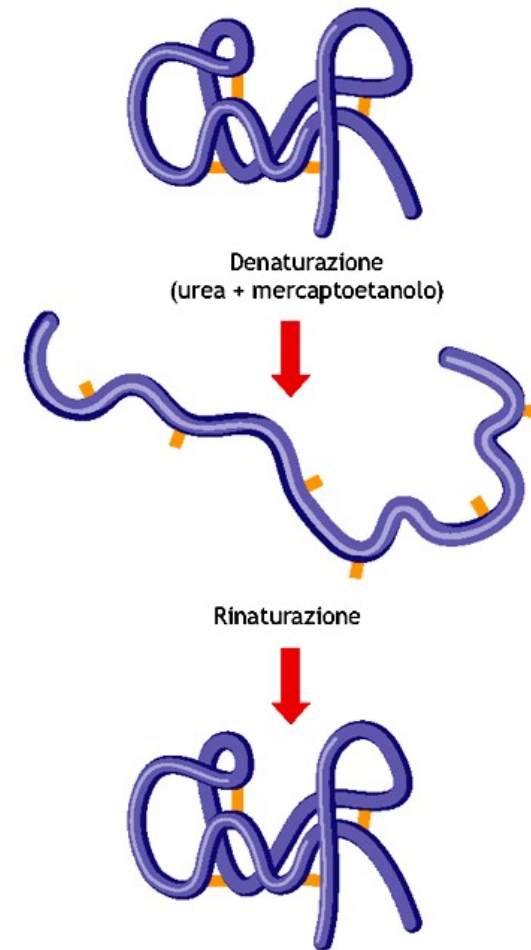
La struttura terziaria è stabilizzata da .

■ **Figura 1.36** Le interazioni che stabilizzano la struttura terziaria delle proteine.



Denaturazione e rinaturazione di una proteina

Tali conformazioni tridimensionali delle proteine rappresentano il risultato delle interazioni tra i loro a.a. costitutivi, **cosicché la forma delle proteine viene determinata dalla loro sequenza a.a.** Ciò fu dimostrato per la prima volta dagli esperimenti di **Christian Anfinsen** nel corso dei quali distrusse la struttura tridimensionale delle proteine mediante trattamenti, quali il riscaldamento, che rompono i legami non covalenti – un processo noto come denaturazione. A seguito di incubazione in condizioni più blande, le proteine così denaturate spesso ritornano spontaneamente alla loro conformazione nativa, indicando che tali conformazioni sono determinate direttamente dalla sequenza degli a.a.



■ Figura 1.40 Denaturazione e rinaturazione di una proteina.

La perdita di struttura porta alla perdita della funzione della proteina e quindi a stati patologici!!!!!!

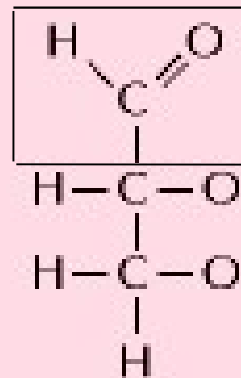
Anemia Falciforme Malattia di Alzheimer Malattia di Creutzfeldt-Jakob (accumulo di prioni)

I polisaccaridi (zuccheri, amidi, cellulosa) sono carboidrati: C = “carbo” e H₂O = “idrato”). La formula di base di queste molecole è (CH₂O)_n

I MONOSACCARIDI SONO LE UNITA' BASE DI OLIGOSACCARIDI (OLIGO-POCHI) E POLISACCARIDI (POLI-MOLTI)

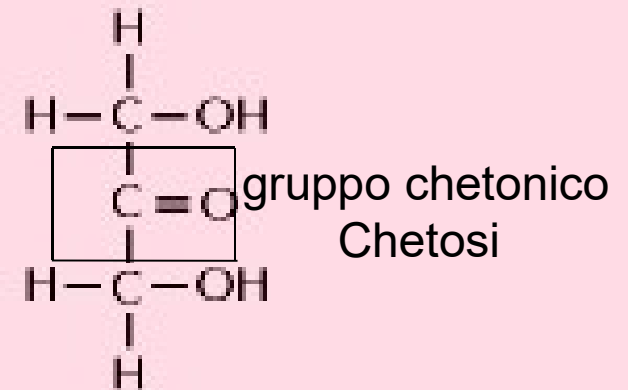
I **monosaccaridi** più rappresentativi contengono tre, cinque o sei atomi di carbonio (triosi, pentosi ed esosi, rispettivamente)

1. Triosi (C₃H₆O₃)



gruppo aldeidico
Aldosi

Gliceraldeide



gruppo chetonico
Chetosi

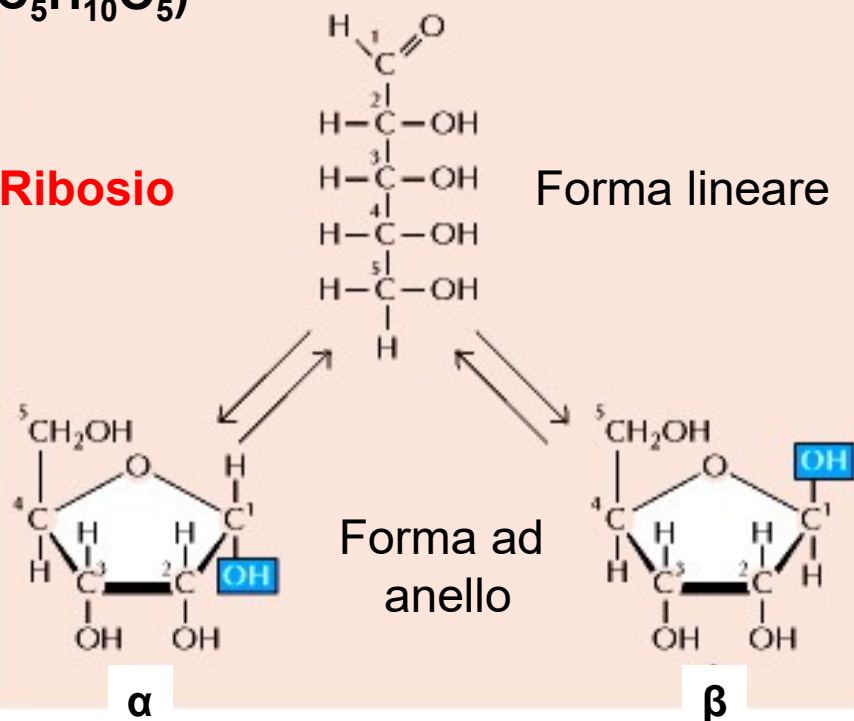
Diidrossiacetone

Figura 1.10 Alcuni monosaccaridi di importanza biologica. D-gliceraldeide, il più semplice degli aldosi (aldotrioso); Diidrossiacetone, il più semplice dei chetosi.

MONOSACCARIDI

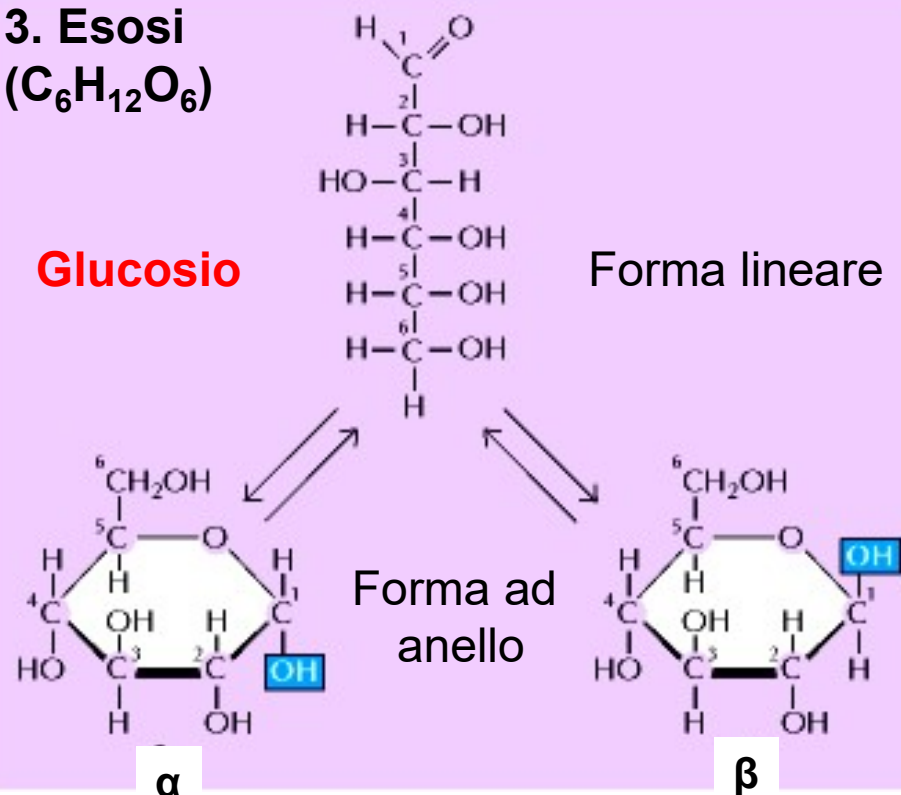
2. Pentosi ($C_5H_{10}O_5$)

Ribosio



3. Esosi ($C_6H_{12}O_6$)

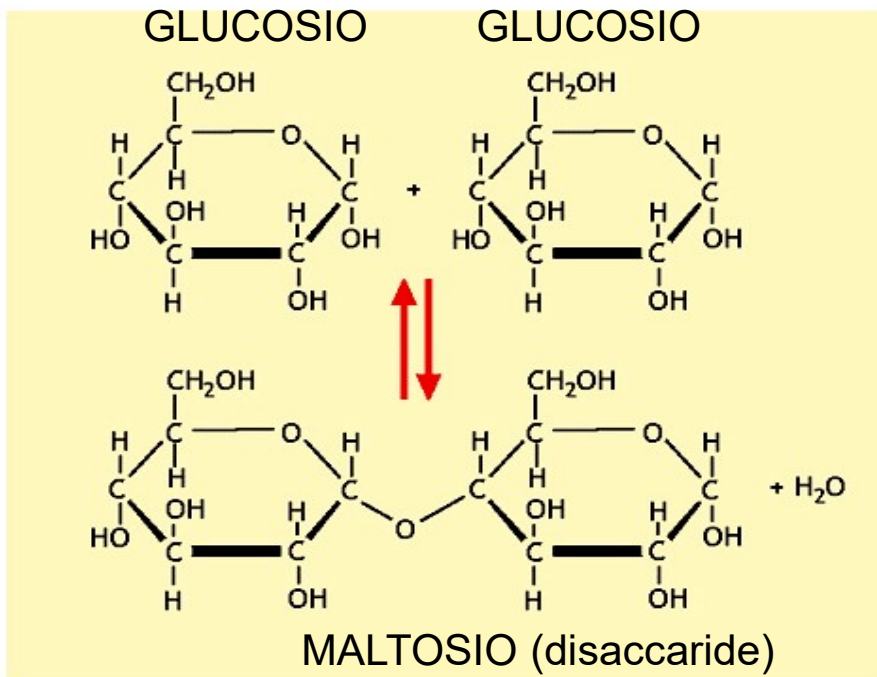
Glucosio



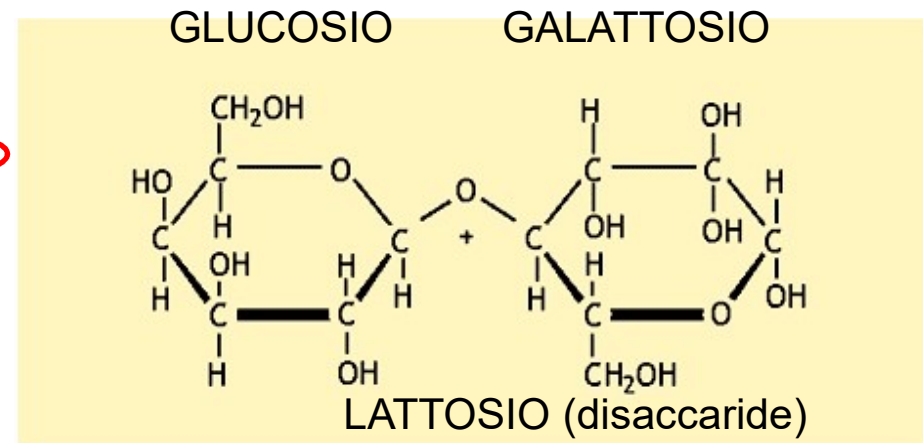
Il glucosio rappresenta la fonte principale di energia nelle cellule. Altri zuccheri semplici hanno da tre a sette atomi di carbonio; quelli a tre o cinque atomi di carbonio sono i più comuni. *Gli zuccheri che presentano cinque o più atomi di carbonio possono assumere una struttura ciclica acquistando una forma ad anello che rappresenta la forma predominante di queste molecole nella cellula.* Gli zuccheri ciclici esistono in due forme alternative (dette α e β) che dipendono dalla configurazione del carbonio 1.

DISACCARIDI

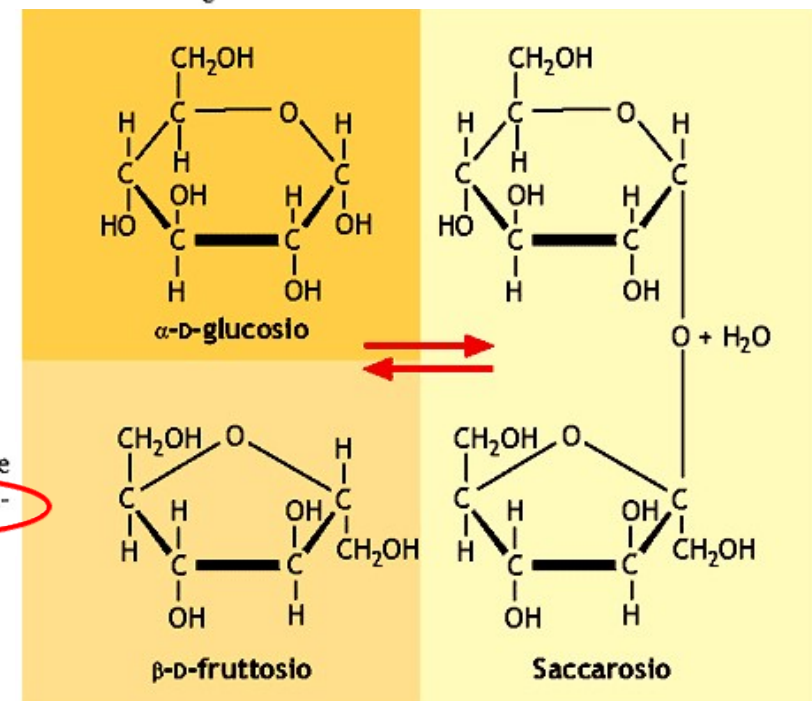
■ **Figura 1.16** Un monosio, in questo caso D-glucosio, può reagire tramite il suo gruppo glicosidico (che nella figura è in forma α) con un gruppo alcolico di un altro monosio (in questo caso con l'ossidrilico in posizione 4 di una seconda molecola di D-glucosio) formando un legame glicosidico (nella figura un **legame α -1 \rightarrow 4-glicosidico**): il composto che si forma è un disaccaride (nella figura, il maltosio).



■ **Figura 1.18** Una molecola di saccarosio è formata da glucosio e fruttosio legati tramite i rispettivi gruppi glicosidici (**legame di-glicosidico**).



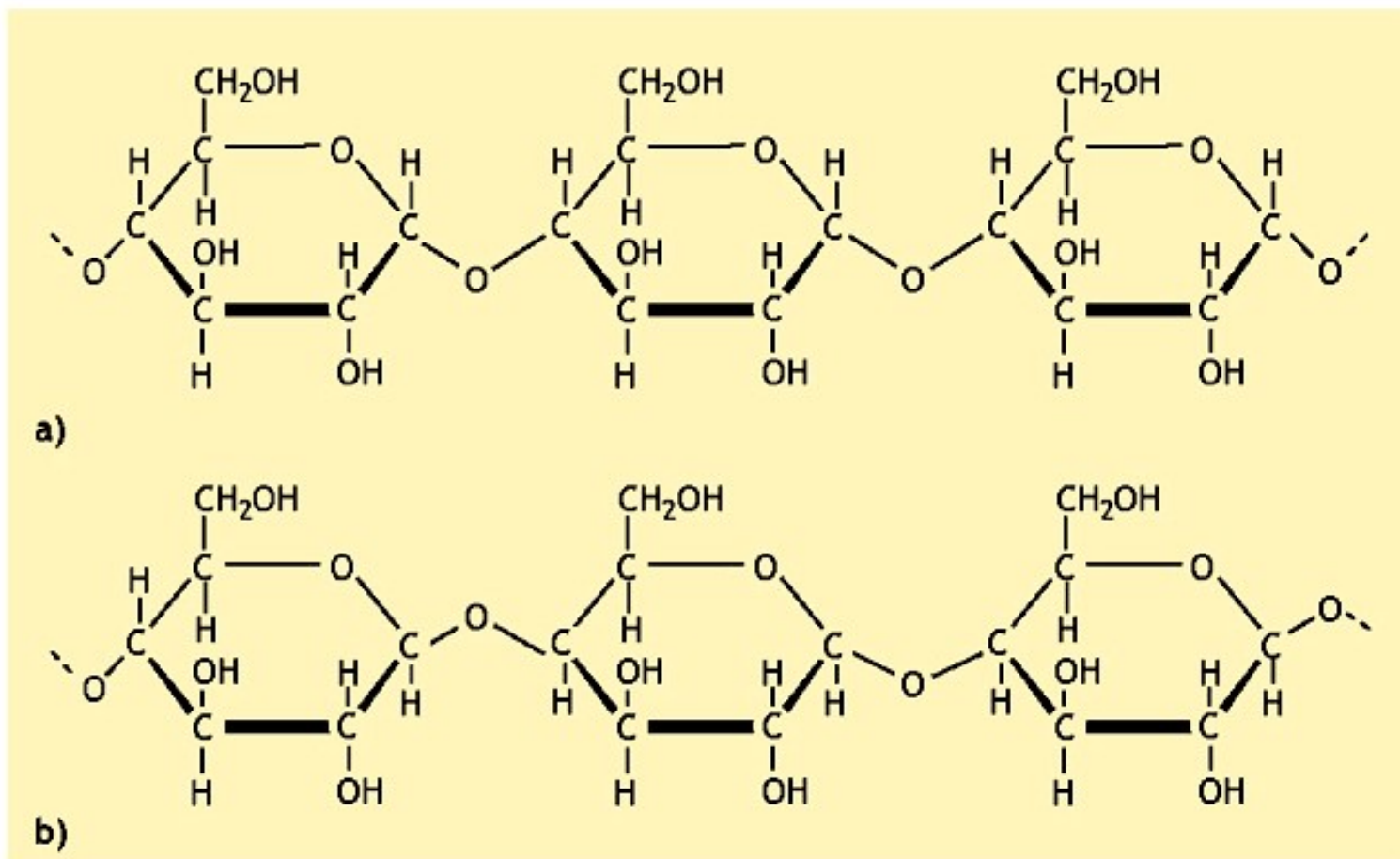
■ **Figura 1.17** Il lattosio è costituito da una unità di galattosio, unita mediante un **legame β -1 \rightarrow 4-glicosidico** al carbonio in posizione 4 di una unità di glucosio.



Legame glicosidico!!

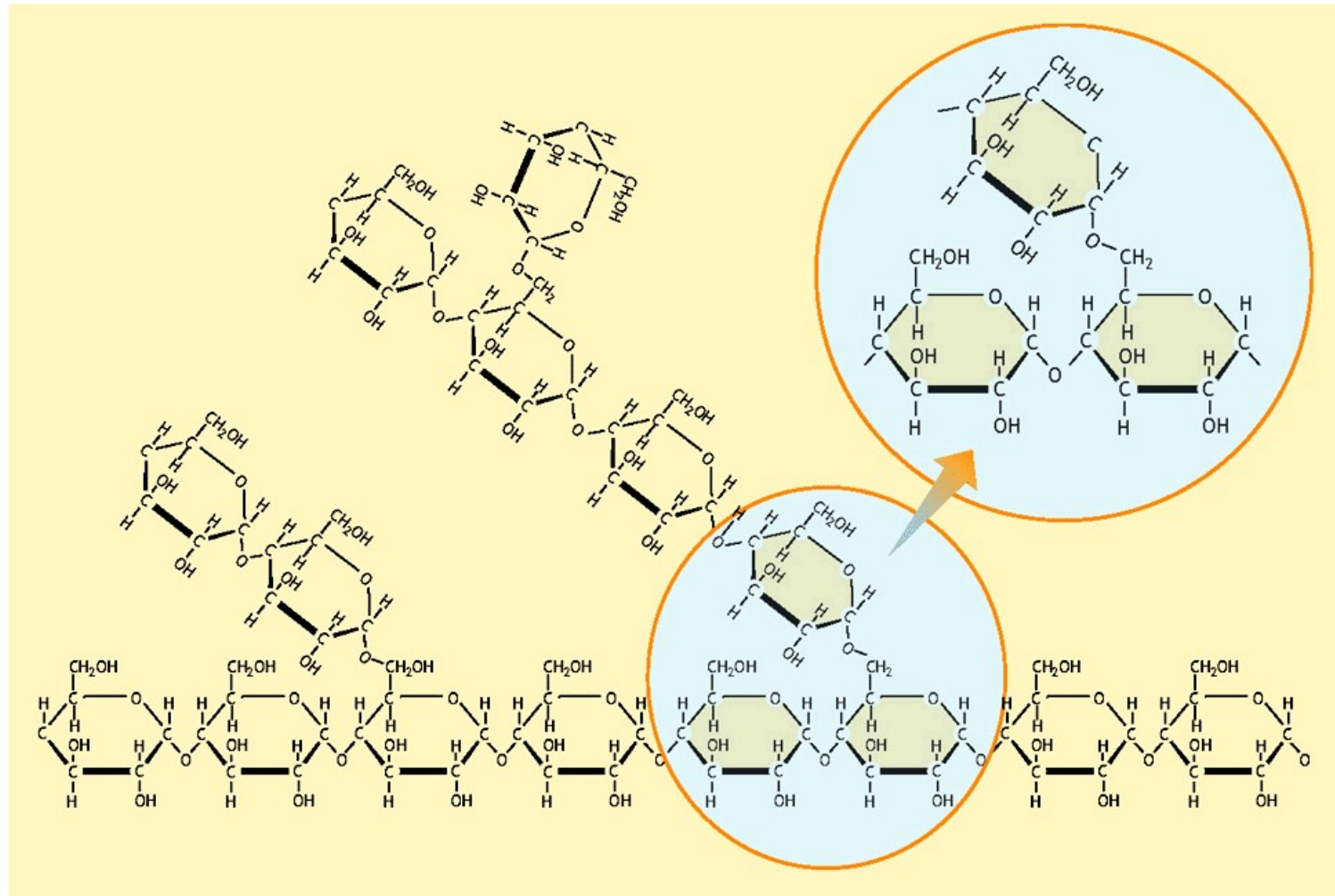
OLIGOSACCARIDI: Se il numero di monosaccaridi che si legano è ridotto.

POLISACCARIDI: Se il numero di monosaccaridi che si legano è superiore a 100.



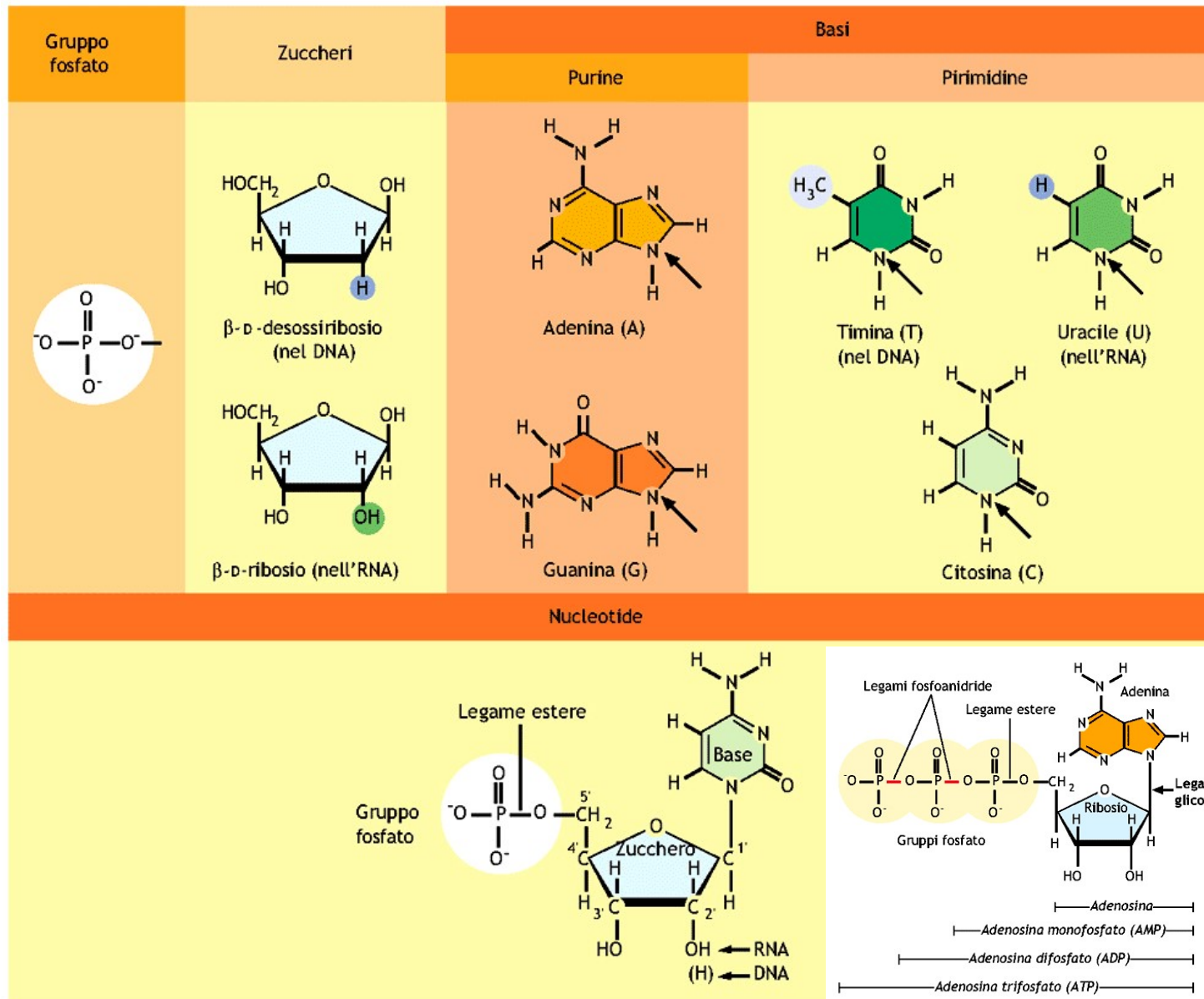
■ **Figura 1.20** Amilosio (a) e cellulosa (b) differiscono solo per la conformazione α o β del legame glicosidico.

POLISACCARIDI

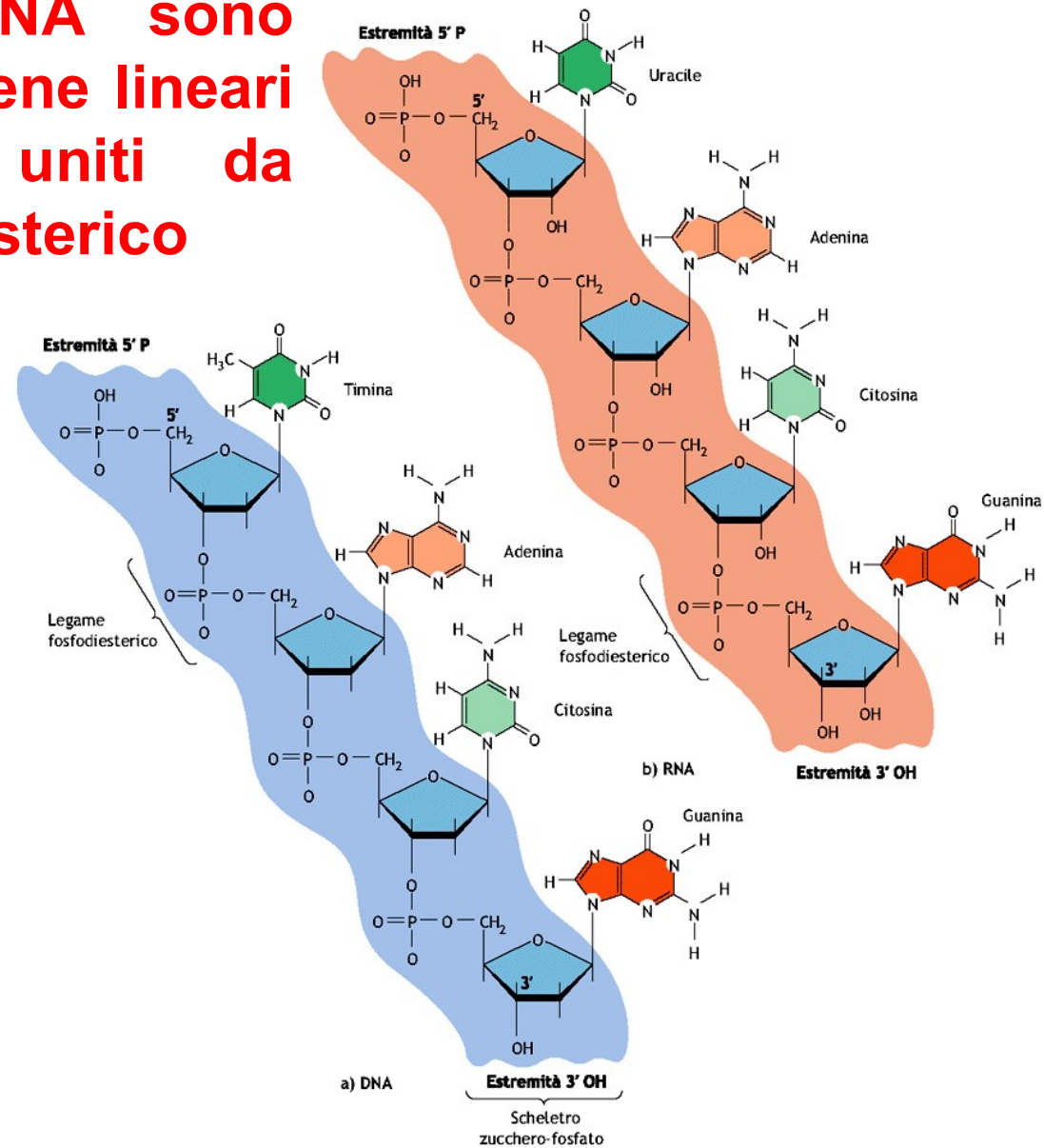


■ **Figura 1.21** Frammento di una molecola di **glicogeno**: le catene sono costituite da unità di glucosio unite da legami α -1 \rightarrow 4-glicosidici. Le ramificazioni si inseriscono sulle catene principali mediante legami α -1 \rightarrow 6-glicosidici

DNA ed RNA sono polimeri di nucleotidi che sono costituiti da basi puriniche e pirimidiniche legate a zuccheri fosforilati



Il DNA ed RNA sono costituiti da catene lineari di nucleotidi uniti da legame fosfodiesterico



■ **Figura 1.50** Costruzione di una singola elica. Gli acidi nucleici sono costituiti da catene lineari di nucleotidi uniti fra loro grazie ad un ponte fosfodiesterico che si instaura tra l'estremità 3'OH del primo nucleotide e l'estremità 5'P del secondo. Un polinucleotide così costituito ha, per convenzione, una polarità 5'P → 3'OH. Sia nel DNA che nell'RNA, lo scheletro è rappresentato dal regolare alternarsi di molecole di zucchero e di acido fosforico, da cui sporgono le basi azotate.

Il DNA -contiene le istruzioni per lo sviluppo degli organismi- ha una struttura a doppia elica con catene polinucleotidiche complementari e antiparallele

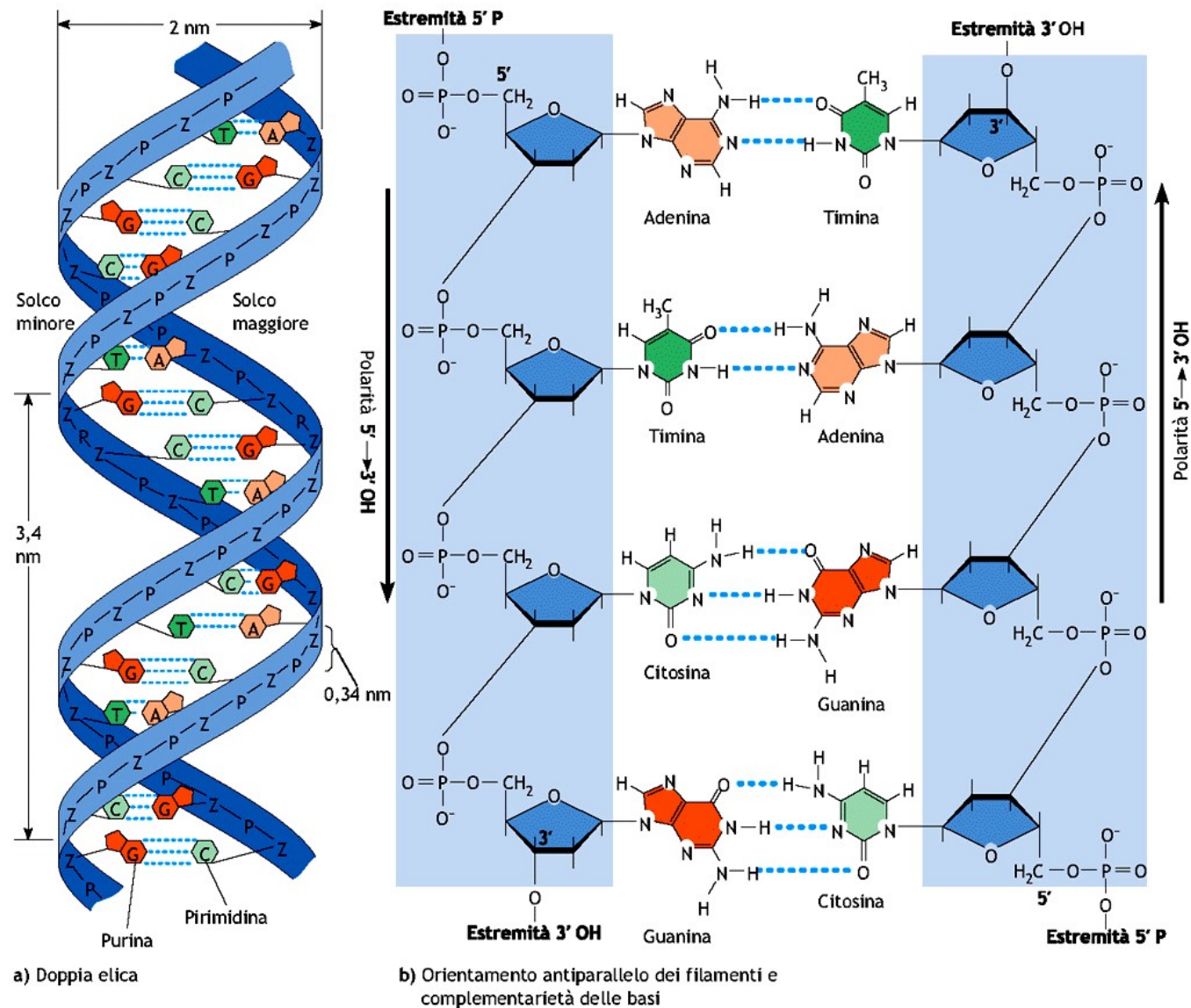
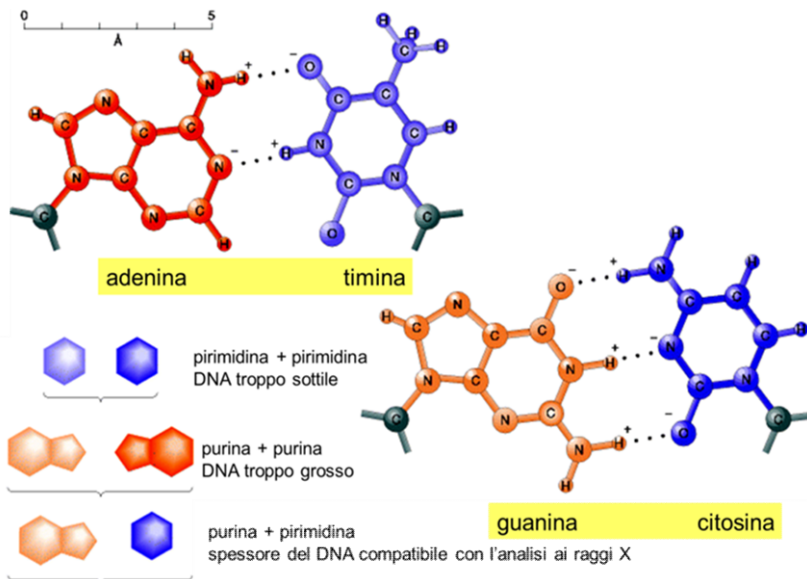
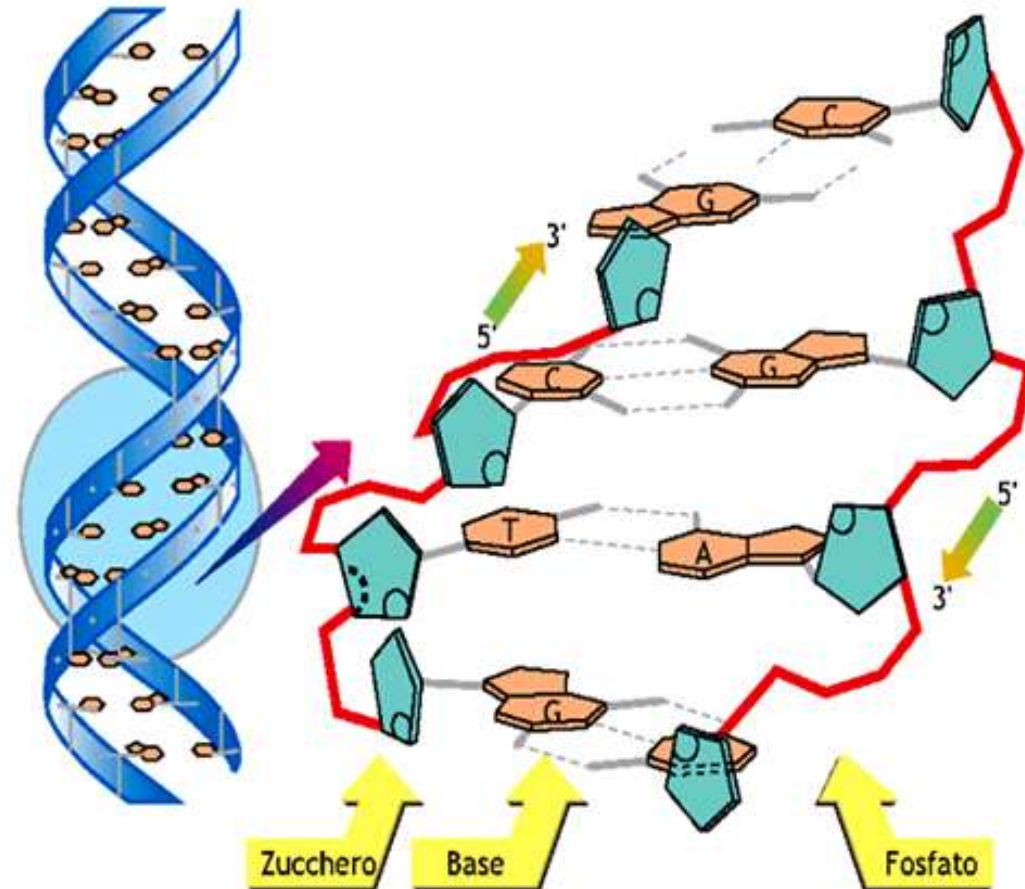


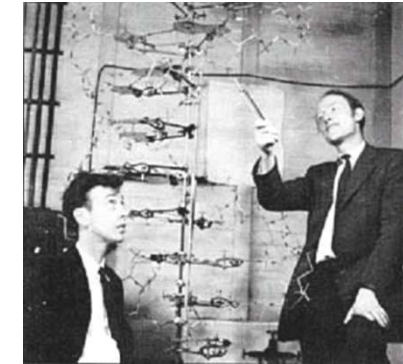
Figura 1.51 Le due eliche del DNA sono complementari e antiparallele. I legami idrogeno che si instaurano fra le basi complementari sono indicati dalle linee tratteggiate in blu. Gli accoppiamenti canonici nel DNA prevedono le coppie A=T e C=G. Nei tratti a doppia elica dell'RNA, la coppia A=T è sostituita dalla coppia A=U. Inoltre, le due eliche (che hanno polarità 5'P → 3'OH) decorrono in direzione opposta (antiparallelismo).

L' antiparallelismo della doppia elica è necessario per l'appaiamento delle basi

Figura 1.52 L'antiparallelismo consente la formazione di legami idrogeno fra le basi complementari. Grazie all'orientamento antiparallelo delle due eliche, le basi azotate si trovano nella giusta posizione per formare legami idrogeno corretti (notare la posizione del legame C-N glicosidico rispetto al piano del foglio).

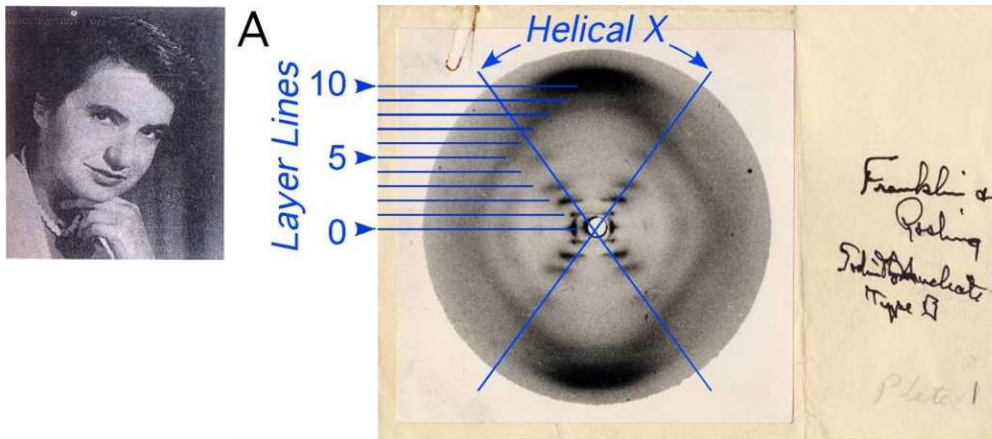


**IL DNA ha una struttura a doppia elica con catene complementari e antiparallele
(Premio Nobel Medicina 1962 James D. Watson, Francis H. Crick, M. Wilkins)**



Il loro modello era principalmente basato su:

1) Studi di diffrazione dei raggi X, ottenuti da Maurice Wilkins e Rosalind Franklin



2) Studi di Erwin Chargaff che mostravano che il numero di G è sempre uguale al numero di C e il numero di A è sempre uguale al numero di T



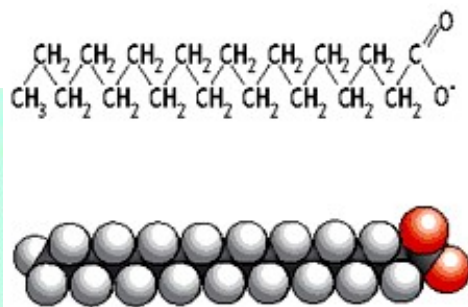
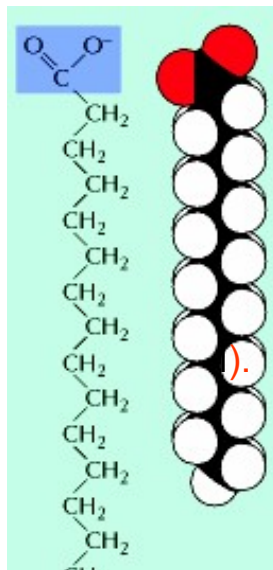
LIPIDI

Tre importanti ruoli: (1) accumulo di energia; (2) componenti delle membrane cellulari; (3) segnalazione cellulare

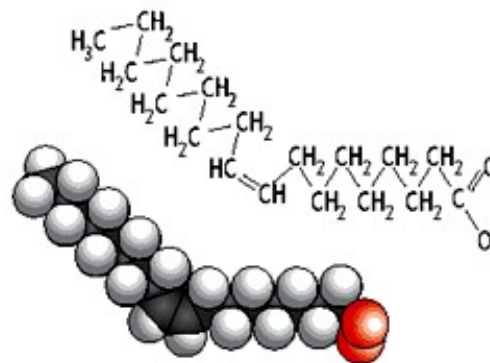
I lipidi più semplici sono gli **acidi grassi**, costituiti da lunghe catene idrocarburiche (a 16 o 18 atomi di C) che terminano con un gruppo carbossilico (COO^-). Gli acidi grassi insaturi contengono uno o più doppi legami tra gli atomi di C (oleato); negli acidi grassi saturi (palmitato, stearato), tutti gli atomi di C sono legati al numero massimo di atomi di H.

Le lunghe catene idrocarburiche degli a.g. contengono solo legami non polari C-H, che sono incapaci di interagire con l' H_2O (molecole idrofobiche)

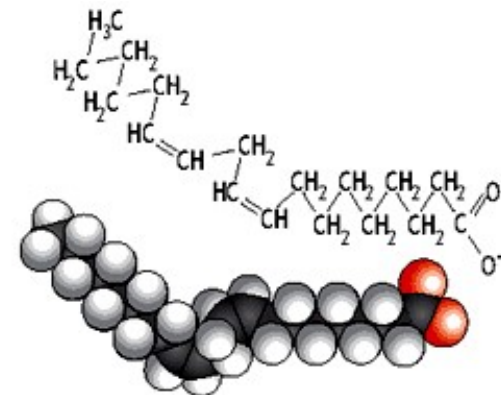
Palmitato (C16)



acido stearico



acido oleico

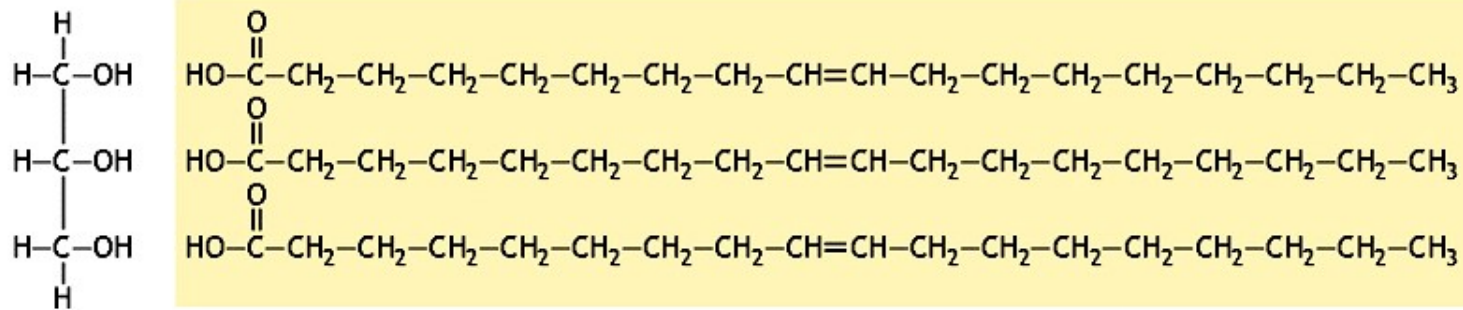


acido linoleico

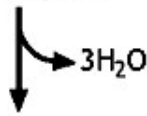
Figura 1.22 Tre acidi grassi a 18 atomi di carbonio: *stearico* (saturato), *oleico* (insaturo con un doppio legame in conformazione *cis*) e *linoleico* (insaturo con due doppi legami, entrambi in conformazione *cis*). I modelli molecolari sono disposti in modo da ottenere la massima distensione possibile in ciascuna molecola: è chiaro che la presenza dei doppi legami rende più irregolari le “forme” delle molecole, rendendo quindi più difficile l’instaurarsi di interazioni tra molecole diverse. I gruppi carbossilici sono rappresentati in forma dissociata ($-\text{COO}^-$).

LIPIDI

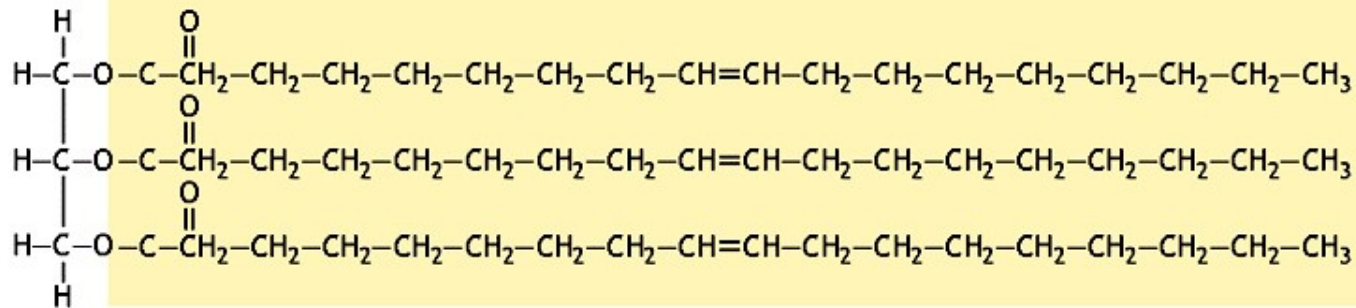
(1) accumulo di energia.



Glicerolo + Acidi grassi



Gli acidi grassi vengono conservati sotto forma di **triacilgliceroli**, o grassi (insolubili in H_2O ; **accumulo nel citoplasma sotto forma di goccioline di grasso**).

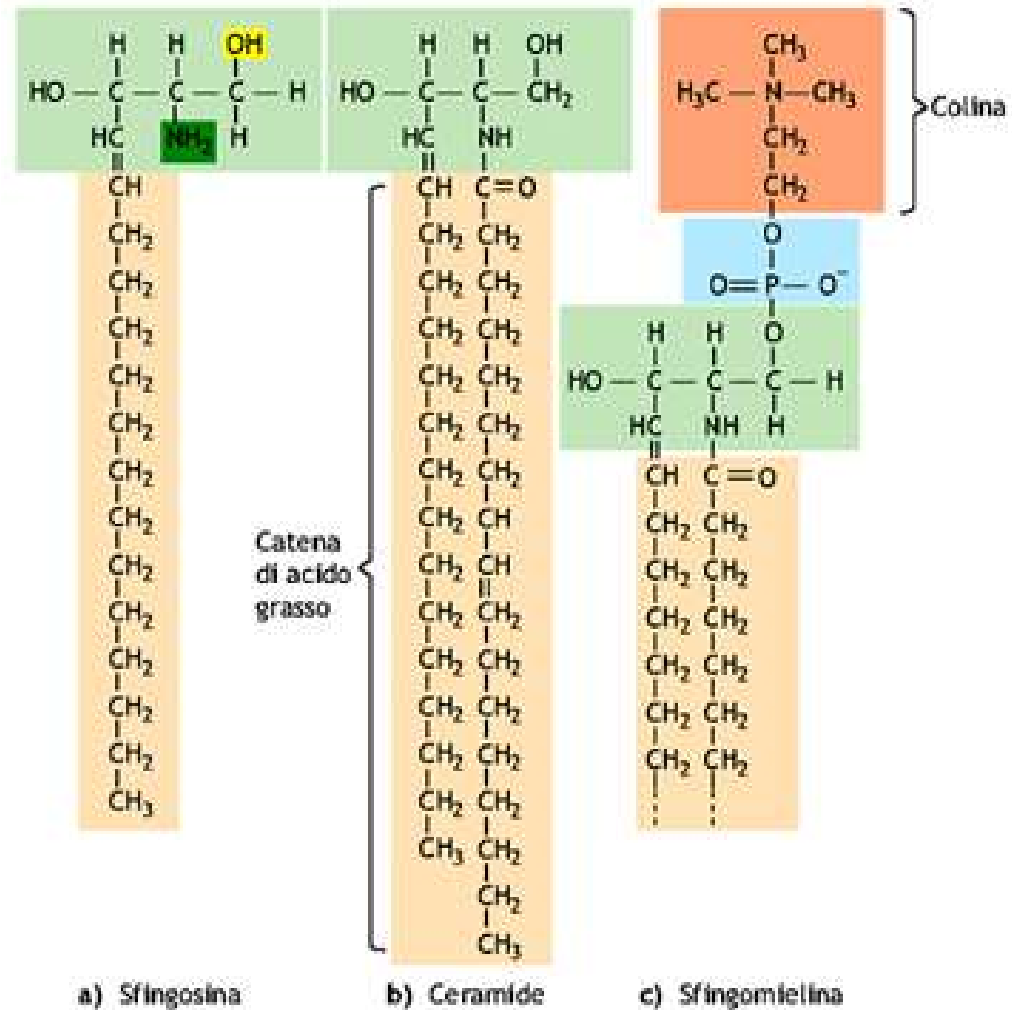
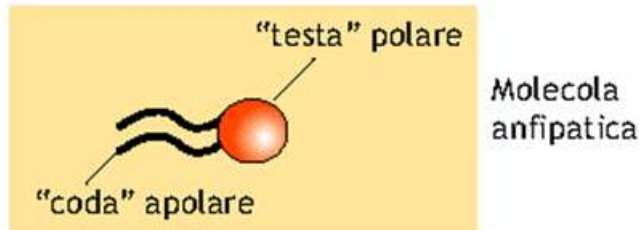


Trigliceride

■ **Figura 1.23** L'esterificazione dei tre gruppi alcolici del glicerolo con altrettanti acidi grassi porta alla formazione di un trigliceride, la trioleilina, principale costituente dell'olio di oliva.

Quando necessario, sono demoliti ed utilizzati nelle reazioni per produzione di energia. **I grassi rappresentano una forma di accumulo di energia più efficiente rispetto ai carboidrati, dando luogo a più del doppio di energia per unità di peso di materiale demolito.**

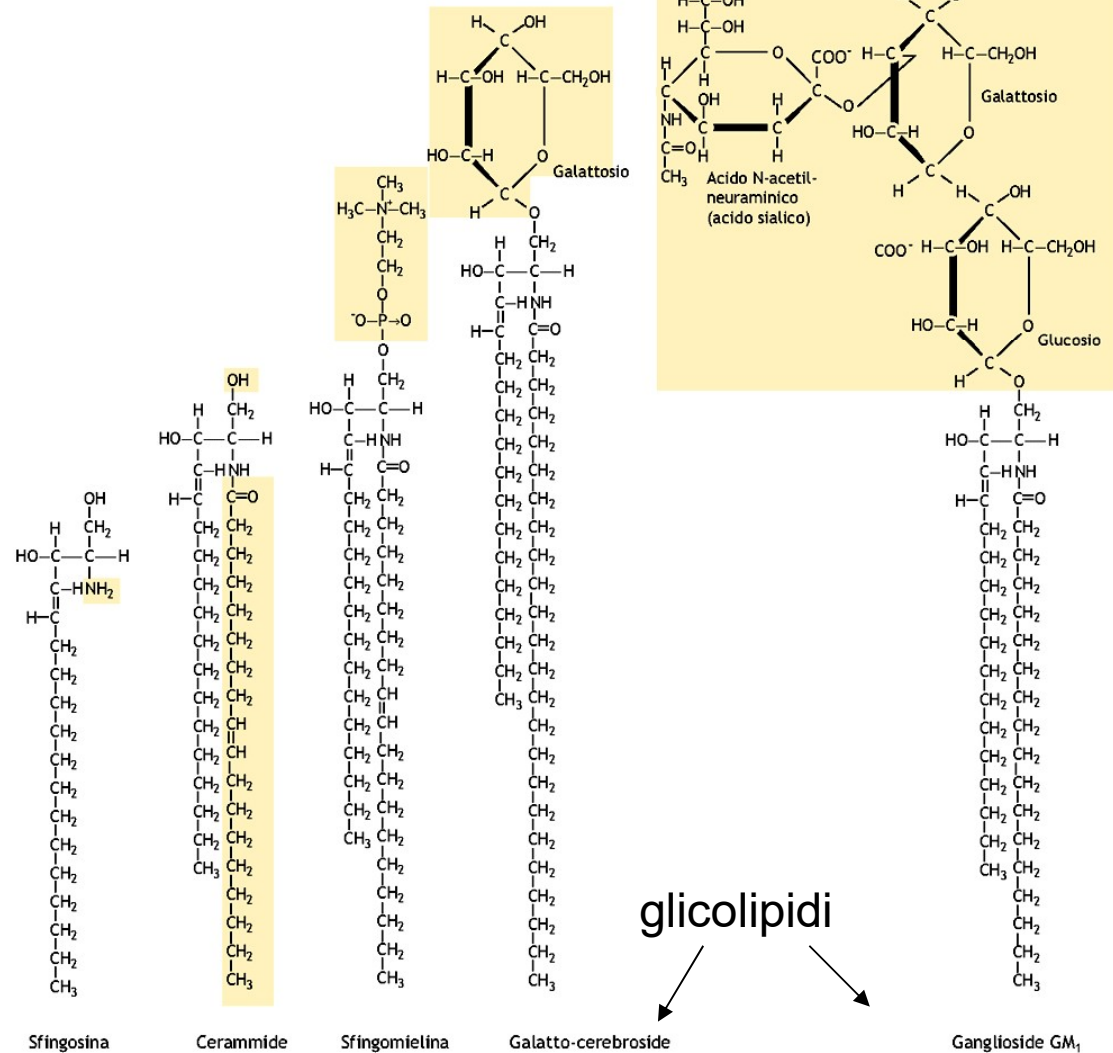
La sfingomieline è un **fosfolipide derivato dalla sfingosina**



La ceramide e la sfingomieline sono derivati dalla sfingosina e pertanto sono sfingolipidi

GLICOLIPIDI
 (contengono zuccheri) .
 I più abbondanti
 sono glicosfingolipidi
 (derivati dalla ceramide e
 presenti nella membrana
 plasmatica delle cellule
 nervose)

Figura 1.25 La sfingosina e gli sfingolip'

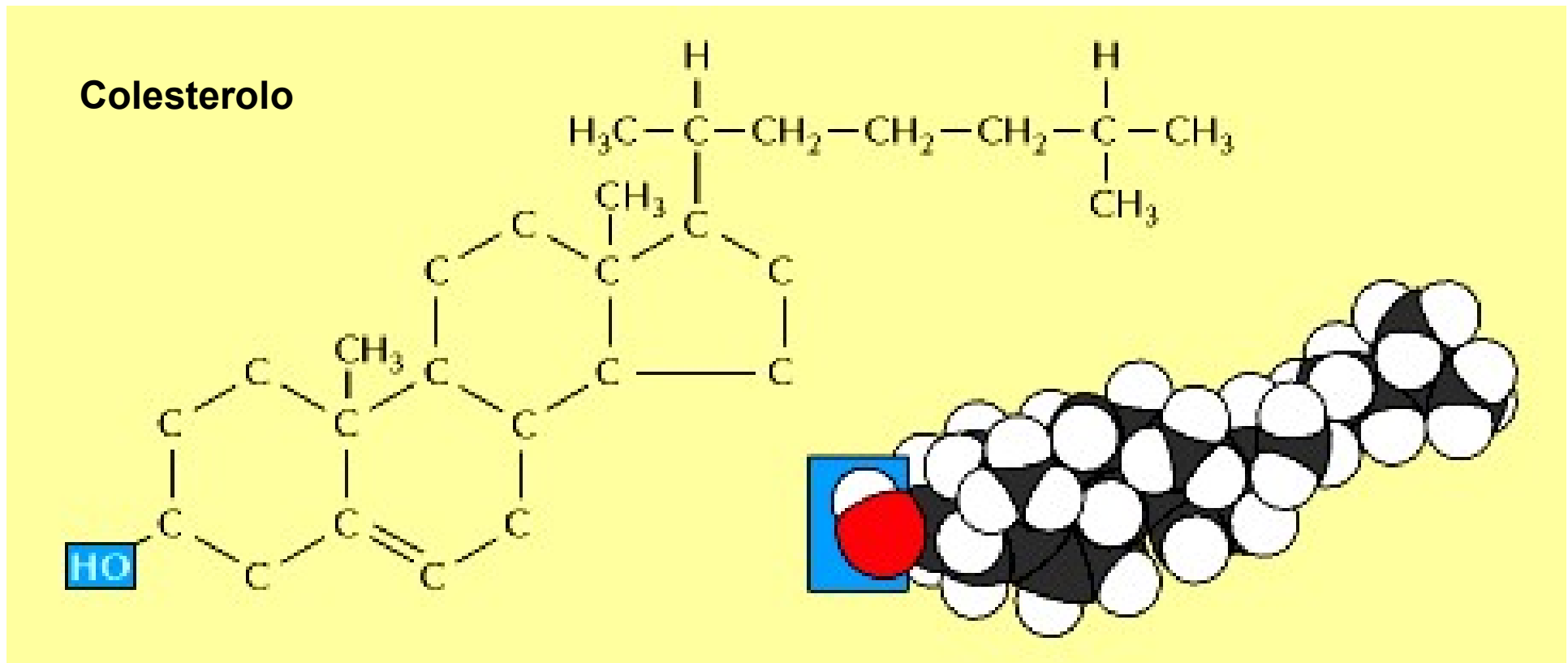


glicolipidi

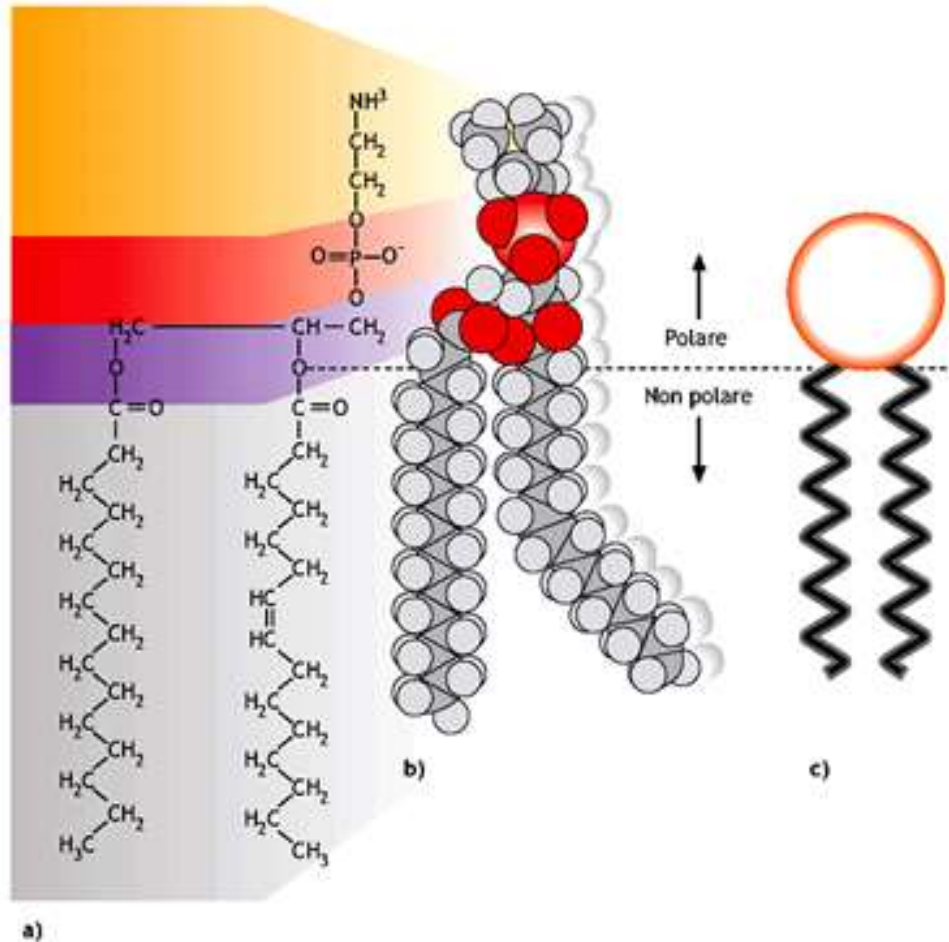


(2) componenti delle membrane cellulari;

Oltre ai fosfolipidi, la maggior parte delle membrane cellulari contiene **glicolipidi** e **colesterolo**. Il colesterolo è costituito da 4 anelli idrocarburici e non da catene idrocarburiche. Gli anelli idrocarburici sono fortemente idrofobici ma il gruppo ossidrilico (OH) legato ad una estremità del colesterolo è debolmente idrofilico cosicché anche il colesterolo è **anfipatico**.



Acidi grassi saturi si impacchettano meglio di quelli non saturi



A basse temperature il colesterolo fluidifica la membrana (perché interferisce con le interazioni tra le catene di acidi grassi) mentre ad alte temperature la stabilizza

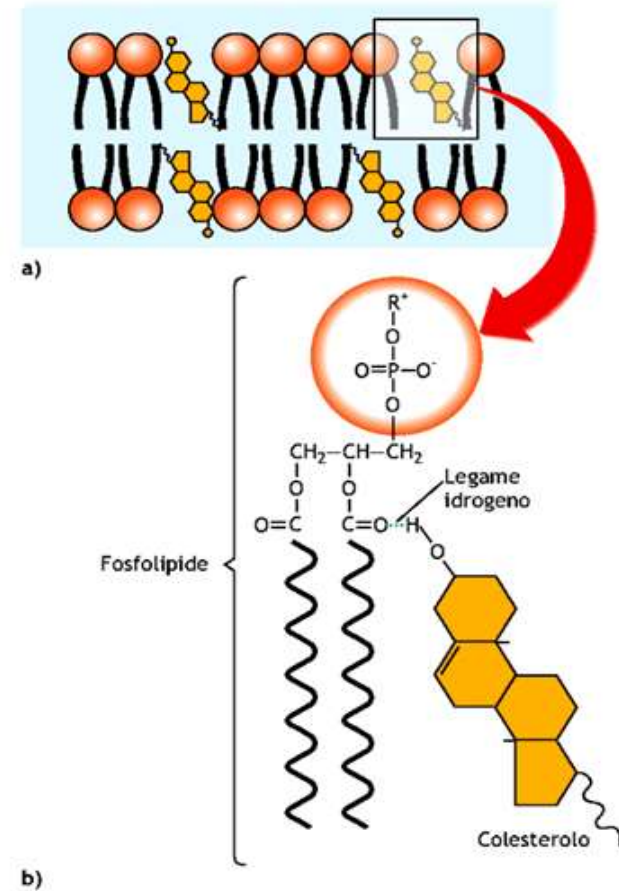


Figura 2.33 Orientamento del colesterolo nel doppio strato lipidico. (a) Le membrane delle cellule animali sono ricche, in entrambi gli strati lipidici, di molecole di colesterolo. (b) Nel doppio strato lipidico il colesterolo si orienta in modo tale che l'estremità polare (rappresentata dal gruppo -OH) sia in prossimità della testa polare dei fosfolipidi adiacenti, con la quale stabilisce dei legami idrogeno. La porzione apolare del colesterolo (rappresentata dagli anelli carboniosi e dalla lunga catena idrocarburica laterale) interagisce, invece, con le code idrofobe dei fosfolipidi adiacenti.

ACIDI GRASSI ESSENZIALI OMEGA-3

Contenuto anche in alimenti vegetali



C18: 3^{ta}, 9, 12, 15

ALA



Contenuti principalmente nel pesce



C20: 5^{ta}, 8, 11, 14, 17

EPA



C22: 6^{ta}, 9, 12, 15, 18, 21

DHA

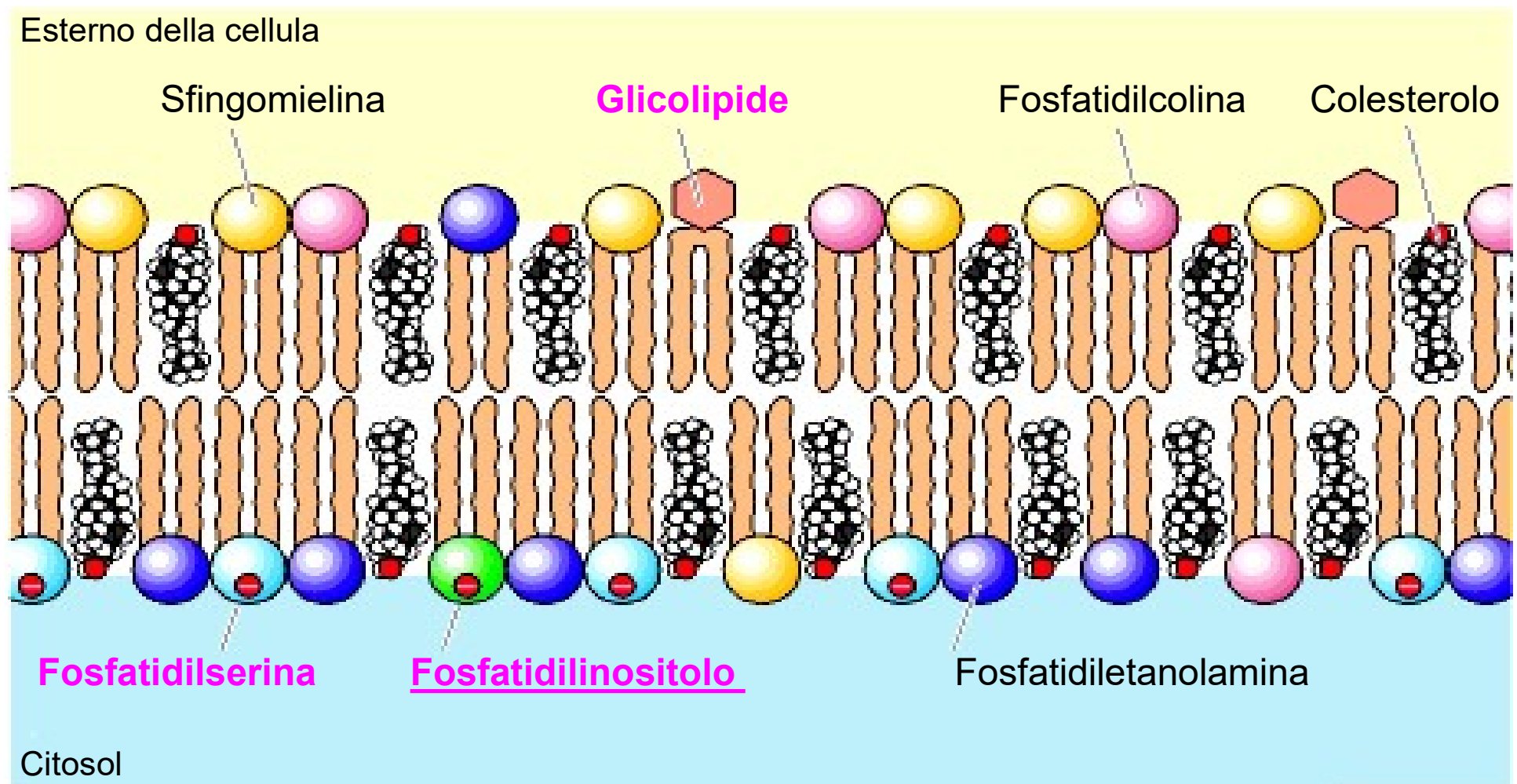


Il nostro organismo
è in grado di trasformare
parzialmente
gli ALA
↓
in EPA e DHA

Smart Food Istituto Europeo di Oncologia

- ALA - acido α -linolenico
- EPA - acido eicosapentaenoico
- DHA - acido docosaesaenoico

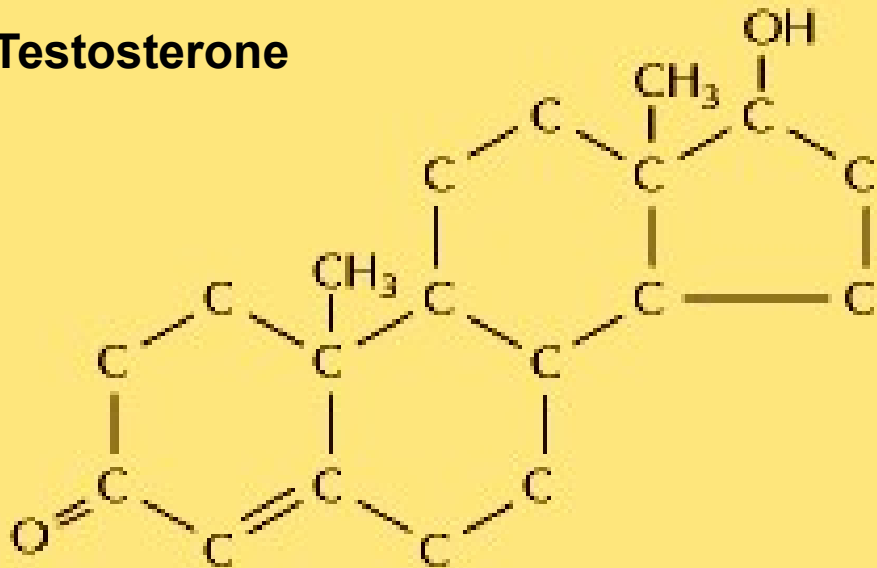
(3) **segnalazione cellulare come molecole messaggere** convogliano segnali dai recettori della superficie cellulare ai bersagli endocellulari regolando così una vasta gamma di processi cellulari tra cui la proliferazione cellulare, il movimento, la sopravvivenza ed il differenziamento.



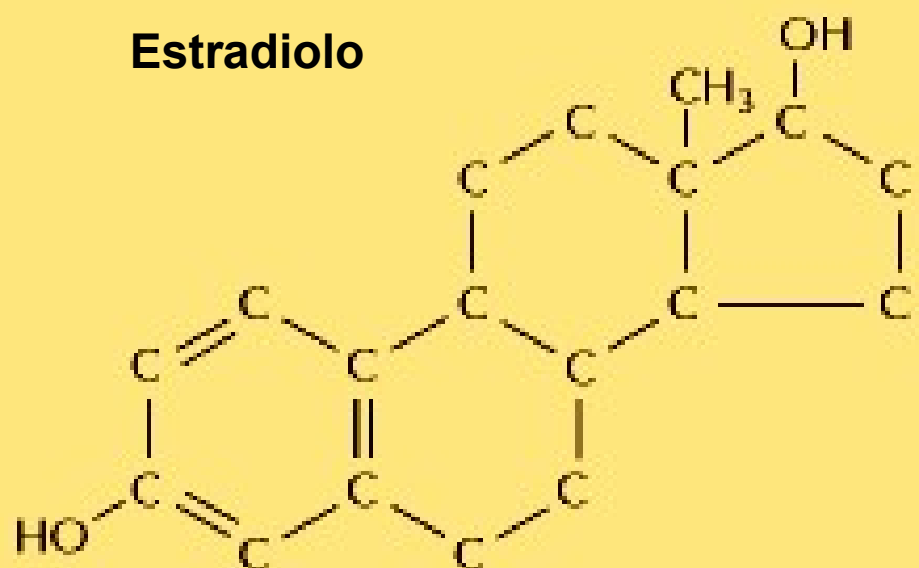
(3) **segnalazione cellulare, sia sotto forma di ormoni steroidei** (ad es. estrogeno e testosterone)

Gli **ormoni steroidei** sono derivati del colesterolo. Questi ormoni rappresentano un peculiare gruppo di messaggeri chimici, tutti costituiti da 4 anelli idrocarburici a cui sono legati differenti gruppi funzionali.

Testosterone



Estradiolo





**Take
home message*

- **Macromolecole sono polimeri formati da unità ripetute di sostanze semplici che prendono il nome di monomeri**
- **Proteine: polimeri di aminoacidi - Legame peptidico**
- **Acidi nucleici: polimeri di nucleotidi - Legame fosfodiesterico**
- **Polisaccaridi: polimeri di monosaccaridi - Legame glicosidico**
- **I lipidi non sono macromolecole perché non sono divisibili in maniera simmetrica in parti uguali**