

## BIOMOLECOLE

Le biomolecole sono la **componente principale dei composti organici presenti negli organismi viventi**; formano la struttura delle cellule e rappresentano i protagonisti del metabolismo cellulare.

Sono riconducibili a **4 classi fondamentali: carboidrati, lipidi, proteine e acidi nucleici**.

Fanno da complemento a queste le **vitamine** e gli **ormoni**.

Tutte le biomolecole, tranne i lipidi, sono **polimeri** (unione di più **monomeri**)

- I **carboidrati** svolgono **funzioni energetiche, di riserva e strutturali**.
- I **lipidi** costituiscono una **riserva energetica** e svolgono **funzione strutturale**.
- Le **proteine** svolgono **molteplici ruoli biologici** fondamentali (strutturale, catalitica, di regolazione, difesa, trasporto ecc.) nel metabolismo cellulare.  
Sono polimeri costituite da unità strutturali ripetute, dette **amminoacidi**.
- Gli acidi **nucleici** sono polimeri in cui sono codificati i geni, sono responsabili della **conservazione, trasmissione ed espressione dell'informazione ereditaria**.  
Le unità strutturali ripetute sono i **nucleotidi**.

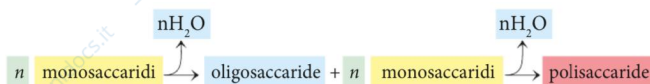
## CARBOIDRATI

I **carboidrati** (o **glucidi**) sono **biomolecole monomeriche o polimeriche** costituite da due o più **gruppi ossidrilici** (-OH), da un **gruppo aldeidico** (-CHO) o **gruppo chetonico** ( C ).  
*Rappresentano le biomolecole più diffuse nella biosfera e hanno un'enorme importanza biologica, assolvendo ruoli energetici (glucosio, fruttosio), di riserva energetica (amido e glicogeno) e strutturali (cellulosa e chitina).*

In base alla complessità della loro struttura, sono classificati in:

1. **Monosaccaridi** (da 3 a 7 atomi di carbonio) es. *glucosio*
2. **Disaccaridi** (2 monosaccaridi) es. *saccarosio*
3. **Oligosaccaridi** (da 3 a 20/25 monosaccaridi) es. *melecitosio*
4. **Polisaccaridi** (centinaia e migliaia di monosaccaridi ecc) es. *amido e cellulosa*

Le classi di carboidrati sono in relazione tramite la **reazione di idrolisi**



## I MONOSACCARIDI

I **monosaccaridi** per idrolisi non sono suddivisibili in composti più semplici.

Sono distinti in **aldosi** e **chetosi** a seconda che il **gruppo carbonile** presente sia aldeidico o chetonico. In acqua hanno una **struttura ciclica o emiacetalica** e quelli più diffusi sono *ribosio e desossiribosio, glucosio, galattosio e fruttosio*.

→ Formano legami **covalenti glicosidici** e producono disaccaridi e oligosaccaridi.

- gruppo alcolico —OH
- gruppo aldeidico —CHO
- gruppo chetonico C =O.

## LA CHIRALITÀ: PROIEZIONI DI FISCHER

Le molecole di **monosaccaridi** hanno uno o più **stereocentri** quindi si presentano sotto forma di **enantiomeri**: sono **molecole chirali**.

Per la presenza di uno stereocentro, gli enantiomeri possono essere: uno **destrogiro (+)** e l'altro **levogiro(-)**.

Per l'impossibilità di rappresentare una struttura prospettica tridimensionale sul piano di un foglio (bidimensionale), il chimico tedesco **Emil Fischer** propose di rappresentare le **formule di 2 enantiomeri** con **formule planari** (bidimensionali) dette **proiezioni di Fischer**, dove lo **stereocentro** è identificato **dall'intersezione di 2 segmenti perpendicolari**: il *segmento orizzontale* rappresenta i gruppi che si trovano *sopra il piano* del foglio mentre il *segmento verticale* evidenzia i gruppi situati *sotto il piano* del foglio.

Rappresentando i **monosaccaridi con le proiezioni di Fischer** si deve:

1. *Disporre la catena carboniosa verticalmente con in alto il gruppo carbonile;*
2. *Omettere il simbolo dell'atomo (o degli atomi) di carbonio che è uno stereocentro (\*C):*
3. *Numerare gli atomi di carbonio dall'alto verso il basso.*

La codifica di Fischer estesa a tutti i monosaccaridi:

- Se lo stereocentro più lontano dal gruppo aldeidico o chetonico ha **l'ossidrile a destra**, il composto è un monosaccaride della **serie D**;
- Se la configurazione dello stereocentro più lontano ha **l'ossidrile a sinistra**, il composto è un monosaccaride della **serie L**.

*La maggior parte dei monosaccaridi presenti in natura è della serie D.*

→ **Stereocentro**: atomo di carbonio ibridato  $sp^3$  legato a 4 atomi o a gruppi atomici tra loro diversi.

→ **Enantiomeri**: due stereoisomeri che differiscono nella disposizione spaziale per essere l'uno l'immagine speculare, ma non sovrapponibile, dell'altro.

In acqua la struttura dei monosaccaridi è **ciclica** o **emiacetale**.

Nei monosaccaridi la **reazione tra il gruppo carbonile e l'ossidrile** forma una struttura **emiacetale ciclica**. La produzione del semiacetale, da un alcol e una aldeide, è una **reazione endoergonica**, cioè sfavorita.

## PROIEZIONI DI HAWORTH

La **forma ciclica degli aldosi** è un **anello esatomico ed eterociclico** che si rappresenta con le **proiezioni di Haworth** in cui l'atomo di ossigeno è posto in alto a destra dell'anello e gli atomi di carbonio sono numerati e disposti in senso orario.

→ **Le reazioni dei monosaccaridi sono ossidazione e riduzione**, per la presenza dei **gruppi aldeidico e chetonico**.

- **Reazione di riduzione**: interessa il **gruppo carbonile** degli aldosi e dei chetosi nella forma aciclica. In presenza di un **riducente**, il gruppo carbonile si riduce e il prodotto che si ottiene è un **poliolo**, detto *alditolo*.
- **Reazione di ossidazione**: interessa il **gruppo aldeidico** degli aldosi nella forma aciclica. In presenza di un **ossidante**, il gruppo aldeidico si ossida con formazione di **acidi carbossilici** detti acidi *aldonici*.

Gli **agenti ossidanti** utilizzati sono il **reattivo di Tollens** e il **reattivo di Fehling**.

Un aldoso che reagisce con il reattivo di Tollens o di Fehling, si chiama **zucchero riducente**.

## I DISACCARIDI

I **disaccaridi** sono costituiti da due unità di monosaccaridi uniti da un **legame glicosidico** in seguito a una **reazione di condensazione** che avviene fra il **gruppo ossidrilico** del carbonio e un **gruppo ossidrile** dell'altra unità; si ha eliminazione di una molecola d'acqua. Il disaccaride che si forma è un **acetale**.

I disaccaridi più comuni sono:

1. **Lattosio** → principale zucchero del latte, si forma per condensazione. In alcuni bambini, dopo la nascita, si può manifestare una malattia ereditaria del metabolismo chiamata **galattosemia**, causata dalla mancanza dell'enzima capace di isomerizzare il galattosio in glucosio. Può causare un deficit nello sviluppo intellettuale e somatico. Affinché la malattia non si manifesti, bisogna eliminare il latte dalla dieta.
2. **Maltosio** → si trova nell'amido di mais e nei semi in germinazione, si forma per condensazione.

Presentano un **gruppo emiacetalico libero**, si comportano come **zuccheri riducenti**.

3. **Saccarosio** → zucchero da tavola che si ricava dalla canna da zucchero e dalla barbabietola, si forma per condensazione.

I disaccaridi, in presenza di un **catalizzatore acido** o di un **enzima**, possono essere suddivisi nei 2 monosaccaridi costituenti con la **reazione di idrolisi**.

## I POLISACCARIDI

I **polisaccaridi** sono costituiti da un numero elevato di monosaccaridi legati da **legami glicosidici**.

I polisaccaridi tutti polimeri del glucosio, più diffusi in natura sono:

- **Amido** → funzione di riserva energetica negli organismi vegetali. È formato da unità di glucosio e costituito da 2 polimeri: **l'amilosio** e **l'amilopectina**.
- **Glicogeno** → funzione di riserva energetica negli organismi animali, dove è presente nel fegato e nei muscoli.
- **Cellulosa** → insolubile in acqua, ha la funzione di sostegno nelle piante, in quanto va a costituire la struttura della parete cellulare delle cellule.

Sono **zuccheri non riducenti**.

Il nostro organismo è in grado di **digerire l'amido** e il **glicogeno**, ma non la **cellulosa**, perché il nostro apparato digerente *non possiede enzimi in grado di catalizzare l'idrolisi dei legami  $\beta$ -glicosidici*.

## LIPIDI

I lipidi rappresentano una classe di composti chimicamente eterogenei per struttura e proprietà, che presentano la caratteristica di essere **insolubili in acqua** e **solubili in solventi organici apolari**.

I lipidi possono essere distinti in:

1. Lipidi **saponificabili** (o complessi): *trigliceridi, fosfolipidi e glicolipidi*; contengono acidi grassi e in soluzione basica formano i sali corrispondenti (**saponi**);
2. Lipidi **non saponificabili** (o semplici): *steroidi e vitamine liposolubili*; non contengono acidi grassi e per idrolisi basica non formano i sali corrispondenti.

## I TRIGLICERIDI

Negli organismi viventi svolgono un **ruolo biologico rilevante**:

- Costituiscono un'importante **riserva energetica**, *la quantità di energia fornita da un grammo di trigliceridi è circa il doppio di quella fornita da un grammo di carboidrati*;
- **Formano il tessuto adiposo** negli organismi animali che protegge l'organismo dal freddo (isolamento termico);
- Rappresentano il **veicolo per l'assorbimento delle vitamine liposolubili**.

I trigliceridi sono definiti **triesteri del glicerolo**, si formano dalla **reazione di esterificazione** → **Sostituzione nucleofila acilica**, con **eliminazione** di tre **molecole d'acqua** (reazione di condensazione) e **formazione** di tre **legami esterei**.

Sono distinti secondo il loro stato fisico in:

- **I grassi**: presenti negli organismi animali, sono costituiti da **acidi grassi saturi** e a temperatura ambiente sono allo stato solido (es. l'acido stearico).
- **Gli oli**: presenti negli organismi vegetali, sono costituiti da **acidi grassi insaturi** e a temperatura ambiente sono allo stato liquido (es. l'acido linolenico)

Il diverso stato fisico dei grassi e degli oli **dipende dalla saturazione o insaturazione** degli **acidi grassi**, che influenzano il **punto di fusione dei trigliceridi**.

Le molecole di **acidi grassi saturi** hanno *conformazioni lineari e possono addensarsi* in modo ordinato (stato solido con punto di fusione più alto).

La presenza nei trigliceridi di doppi legami abbassa il punto di fusione, quindi le molecole di **acidi grassi insaturi non si possono allineare e determinano un addensamento disordinato**.

**L'acido linoleico e linolenico** (acidi grassi insaturi) sono "**acidi grassi essenziali**" perché l'organismo non è in grado di sintetizzarli e devono essere acquisiti con l'alimentazione.

Le più importanti reazioni dei trigliceridi sono

- La **reazione di idrogenazione** è il processo di **trasformazione degli oli in grassi vegetali solidi** per l'addizione di idrogeno, in presenza di un catalizzatore metallico (**reazione di riduzione catalitica**), ai doppi legami C-C degli acidi grassi insaturi.
- La **reazione di idrolisi alcalina** avviene fornendo calore e in presenza di basi forti: il processo, chiamato **saponificazione**, porta alla formazione di **glicerolo** e **sali di acidi grassi (saponi)**.

Le molecole di sapone sono costituite da una **lunga catena idrocarburica apolare**, la **coda idrofobica** e da un'**estremità polare** costituita dallo ione carbossilato e dallo ione sodio o dallo ione potassio, la **testa** che è **idrofila**.

Quando il **sapone** è **mescolato** con l'**acqua** forma aggregati molecolari detti "**micelle**".

Se nell'acqua sono presenti goccioline di grasso o di olio e si aggiunge sapone, le code penetrano nella gocciolina, mentre le teste si protendono fuori da essa.

Si forma così una **nube di cariche negative**. Si è formato un **sistema colloidale**, detto **emulsione**, costituito da acqua e goccioline lipidiche che non possono unirsi.

Con l'agitazione, le goccioline di grasso si rompono e ne formano altre più piccole, con la loro conseguente completa **dissoluzione in acqua**.

Il sapone funziona da **tensioattivo**, cioè abbassa la tensione superficiale dell'acqua.

## I FOSFOLIPIDI E GLICOLIPIDI

I fosfolipidi sono i **principali componenti delle membrane cellulari**.

Sono **chimicamente simili ai trigliceridi**, derivano dall'**esterificazione** di 2 **gruppi alcolici** del glicerolo con acidi grassi e del terzo gruppo alcolico con l'**acido fosforico**, legato da un altro legame estere a un **amminoalcol**.

Gli amminoalcol più comuni sono *l'etanolamina* e la *colina*.

Le molecole dei fosfolipidi hanno una **testa polare idrofila** e da una **doppia coda apolare idrofobica**; per questo duplice comportamento le molecole dei fosfolipidi sono dette **anfipatiche**.

I glicolipidi sono costituenti importanti della **superficie esterna della membrana cellulare**, in particolare delle *cellule del tessuto nervoso* e dei *globuli rossi*, dove svolgono la *funzione di recettori molecolari*.

- Nei globuli rossi sono responsabili della *specificità dei gruppi sanguigni*.

I glicolipidi sono formati da una **molecola di un amminoalcol (sfingosina)**, alla quale si lega un **acido grasso** e un **monosaccaride**.

## GLI STEROIDI

Gli steroidi sono composti che **derivano da un idrocarburo policiclico (sterano)**.

I più importanti sono il *colesterolo*, *gli acidi biliari* e *gli ormoni steroidei*

- Il **colesterolo** è un composto la cui molecola presenta un gruppo alcolico, un doppio legame, una catena alifatica e due sostituenti metilici.  
È un costituente delle membrane cellulari, della mielina e delle **lipoproteine** nel sangue.

Le **lipoproteine** sono classificate in base alla loro densità e le più importanti per la prevenzione cardiovascolare sono:

1. **Le lipoproteine a bassa densità o LDL**, che trasportano il colesterolo sintetizzato dal fegato alle cellule dei tessuti;
2. **Le lipoproteine ad alta densità o HDL**, che prelevano il colesterolo in eccesso presente nelle cellule dei tessuti e lo trasportano al fegato.

Quando il colesterolo nel sangue è presente in eccesso (**ipercolesterolemia**), si deposita nelle arterie determinando la rigidità e l'ispessimento delle pareti (**aterosclerosi**). Ciò può determinare lo **sviluppo di malattie cardiovascolari** (*infarto del miocardio, ipertensione*). Effettuando dei normali **esami del sangue** è possibile rilevare la **concentrazione ematica totale di colesterolo** (deve essere **inferiore a 200 mg/dL**).

Le fonti principali del colesterolo sono 2: **dieta** (*carni, uova, latte, burro*) e quello **sintetizzato** dall'organismo nel **metabolismo dei carboidrati, dei lipidi e degli amminoacidi**.

*Le diete ricche di acidi grassi saturi alzano il livello ematico del colesterolo, mentre diete ricche di acidi grassi insaturi provocano un abbassamento di tale livello.*

Il colesterolo è il precursore degli **acidi biliari** e della **vitamina D**.

- Gli **acidi biliari** sono **componenti della bile**, derivano dal colesterolo e il più comune è l'**acido colico**.

A livello intestinale (pH è 8) si dissociano in **ioni idrogeno** e **anioni**.

Gli **anioni formano con i cationi**, i **sali biliari**, che hanno il ruolo di *emulsionare i trigliceridi e facilitare la digestione enzimatica*.

- Gli **ormoni sessuali** sono molecole organiche prodotte dalle **gonadi** (ghiandole sessuali) (ovaie e testicoli), che svolgono la funzione di *regolare lo sviluppo dell'individuo, il ciclo riproduttivo e il comportamento sessuale*. Le gonadi producono 3 principali tipi di ormoni: **androgeni, estrogeni e progestinici**, *sintetizzati sia dalle femmine sia dai maschi in proporzioni diverse*.

Molte sostanze tossiche esercitano la loro azione **imitando o bloccando l'azione di ormoni sessuali** (*Endocrine Disruptor Chemicals*).

1. Gli **androgeni** più importanti sono l'**androsterone** e il **testosterone**.

Nel maschio stimolano lo **sviluppo dei caratteri sessuali primari** (organi del sistema riproduttore) e **secondari** (sviluppo della muscolatura, timbro di voce, crescita dei peli), e favoriscono la **produzione dei gameti maschili**.

2. Gli **estrogeni**, nella femmina sono responsabili dello sviluppo dei caratteri sessuali primari (organi del sistema riproduttore) e **secondari** (tono della voce, sviluppo del seno, ampliamento del bacino).

3. I **progestinici** sono responsabili della **ricostituzione della parete interna dell'utero** (endometrio) per l'impianto e lo sviluppo della cellula uovo fecondata. Il più importante è il **progesterone**.

Gli **ormoni corticosurrenali** sono prodotti dalle **ghiandole surrenali** e si distinguono in:

- I **glicocorticoidi** più importanti sono il **cortisolo** e il **cortisone**.  
Questi ormoni favoriscono la formazione del glucosio a partire dagli aminoacidi (processo di **gluconeogenesi**), aumentando la quantità di glucosio disponibile
- I **mineralcorticoidi** sono responsabili del **riassorbimento dello ione sodio** a livello dei tubuli renali del nefrone, regolando in tal modo l'**equilibrio idrosalino**.  
Il più importante è l'**aldosterone**.

## VITAMINE LIPOSOLUBILI

Le vitamine sono composti organici contenenti il **gruppo amminico** e sono indispensabili per il **metabolismo cellulare**. Si dividono in **vitamine idrosolubili e liposolubili**.

- Le **vitamine liposolubili (A, D, E, K)** sono **regolatori del metabolismo**, devono essere introdotte con gli alimenti perché non sono sintetizzabili dall'organismo umano.
- Le **vitamine idrosolubili** (sono tutte le altre es. quelle del gruppo B)

I **composti liposolubili** assunti in eccesso, vengono **accumulati in compartimenti «inerti»** dell'organismo come i *tessuti adiposi, le unghie, i denti, i capelli*.

Solo i **composti idrosolubili** vengono eliminati attraverso le *urine* e le *feci*.

L'accumulo può attivare nel tempo una **risposta tossica**. Sono noti gli effetti tossici di *assunzioni eccessive di vitamina A* che determinano epatotossicità, *alterazioni della vista e malformazioni fetali*.

La **vitamina A o retinolo** è presente solo negli **organismi animali**, ma può essere ricavata da **alimenti vegetali** in quanto è presente sotto forma di un pigmento,  $\beta$ -carotene o provitamina A, nella frutta.

Il  **$\beta$ -carotene** nell'intestino tenue è **ossidato ad aldeide, ridotta a retinolo**.

Ha **funzione protettiva dei tessuti epiteliali** ed è implicata nel **meccanismo della visione**.

Il **retinolo** combinato con l'**opsina**, forma una proteina coniugata, la **rodopsina**, responsabile **dell'assorbimento della luce** da parte delle cellule fotorecetrici della retina dell'occhio. *Una carenza di vitamina A altera la capacità dell'occhio di adattarsi rapidamente al passaggio dalla luce al buio → **cecità notturna**.*

*In **India e nell'Estremo Oriente** circa 250 milioni di bambini soffrono di carenza di vitamina A, una condizione che determina casi di **cecità infantile**. In queste aree la base dell'alimentazione è il riso, povero di vitamina A.*

La **vitamina D** o **calciferolo** è presente solo negli **organismi animali** (es. tuorlo d'uovo) ma può essere ricavata dalla **fotossidazione di steroidi** (**l'ergosterolo** e il **colesterolo**).

È coinvolta **nell'assorbimento e nella deposizione di ioni calcio e ioni fosfato**, responsabili della mineralizzazione delle ossa. Una carenza di questa vitamina nei bambini determina il **rachitismo**. Negli adulti le ossa diventano fragili (**osteoporosi**) e soggette a fratture.

La **vitamina E**, o **tocoferolo**, si trova in natura negli **oli vegetali** e ha una **funzione antiossidante**. È utilizzata nell'**industria cosmetica** (creme antirughe e antismagliature), in **ambito sanitario** (per ustioni e cicatrici) e nell'**industria della conservazione dei cibi**.

La sua capacità antiossidante sembra avere un ruolo anche nella **prevenzione dei tumori**, ostacolando la formazione di sostanze cancerogene prodotte dal fumo di sigaretta.

Esistono tre differenti **forme di vitamina K**.

1. La **vitamina K1** o **naftochinone**, è presente solo negli organismi vegetali.
2. La **vitamina K2** o **menachinone**, è sintetizzata dalla flora batterica intestinale.
3. La **vitamina K3** o **menadione**, è un prodotto di sintesi.

La vitamina K è impiegata nella **sintesi della protrombina**, per la coagulazione del sangue, è coinvolta nel **metabolismo osseo** e nella **funzionalità renale**, presenta una stabilità bassa, con un tempo di emivita (tempo necessario a ridurre la concentrazione di una sostanza della metà) breve.

Le vitamine K subiscono un **diverso percorso di assorbimento**, connesso alla attività di pancreas e fegato che liberano i succhi pancreatici e biliari.

## GLI AMMINOACIDI E LE PROTEINE

Gli amminoacidi rappresentano i **monomeri dei peptidi** e delle **proteine**, **polimeri** in cui è presente il **legame peptidico**. Sono **composti bifunzionali** costituiti dal **gruppo funzionale carbossilico** e dal **gruppo funzionale amminico**.

- Le proteine sono costituite da **20 amminoacidi**, 8 dei quali detti "**essenziali**"

Gli amminoacidi hanno una **formula generale** definita da un **atomo di carbonio centrale** a cui sono legati un **atomo di idrogeno**, un **gruppo amminico**, un **gruppo carbossilico** e un **gruppo atomico radicale** (simbolo R) o catena laterale.

*Il gruppo R è diverso da un amminoacido a un altro e ne determina le proprietà specifiche.*

L'atomo di carbonio essendo legato a 4 gruppi atomici diversi è uno **stereocentro**.

Tutti gli amminoacidi, tranne la glicina, si presentano sotto forma di **enantiomeri**

→ Molecole che sono l'una l'immagine speculare dell'altra e non sovrapponibili.

Quasi tutti gli **amminoacidi naturali** hanno la **configurazione L**.

Gli amminoacidi naturali sono denominati con un **nome comune** (glicina, alanina, valina) che si rappresenta con tre lettere (Gly, Ala, Val), quando deve essere utilizzato per rappresentare le **formule dei peptidi**, oppure con una lettera (G, A, V) quando si descrive la **sequenza degli amminoacidi** nei polipeptidi e nelle proteine

I **5 amminoacidi con catene laterali** dotate di carica elettrica (+1 o -1) attraggono l'acqua (**idrofili**) e gli ioni aventi carica opposta.

I **5 amminoacidi con catene laterali polari** hanno la tendenza a formare legami a idrogeno con l'acqua e con altre sostanze polari o dotate di carica elettrica, sono idrofili.

**7 amminoacidi** hanno invece **catene laterali costituite da idrocarburi apolari** quindi sono **idrofobici**.

**3 amminoacidi**, la *glicina*, la *cisteina* e la *prolina*, costituiscono casi a parte.

- La catena laterale della **glicina** è un atomo di idrogeno; è così piccola da incastrarsi nei ristretti spazi liberi all'interno di una proteina, dove una catena laterale non troverebbe spazio.
- Il gruppo R della **cisteina** presenta un gruppo terminale -SH e può reagire con la catena laterale di un'altra unità di cisteina, formando un legame covalente tra atomi di zolfo detto ponte disolfuro (-S-S-). I ponti disolfuro contribuiscono a determinare il modo in cui si ripiega la proteina.
- La **prolina** è diversa dagli altri amminoacidi perché presenta un gruppo amminico modificato, privo di un atomo di idrogeno, che forma invece un legame covalente con un carbonio della catena laterale, generando una struttura ad anello. Ciò riduce la sua capacità di formare legami a idrogeno e contribuisce a mantenere la forma della molecola.

Negli amminoacidi, per la presenza del gruppo carbossilico e del gruppo amminico, si verifica una **reazione intramolecolare acido-base**: il **gruppo carbossilico** (-COOH) comportandosi da *acido cede uno ione H<sup>+</sup>* (trasformandosi nello ione carbossilato -COO) al **gruppo amminico** (-NH<sub>2</sub>) che comportandosi da base, lo accetta trasformandosi nello ione -NH<sub>3</sub><sup>+</sup>.

→ Si forma uno **ione dipolare** o **zwitterione**, ovvero uno **ione con due cariche opposte** che si trovano su due gruppi funzionali diversi. Sono **molecole** in grado di attraversare le membrane cellulari, **lipofile**, poiché privi di una carica ionica netta.

**Le proprietà fisiche e chimiche dipendono dalla struttura ionica dipolare**

La struttura ionica dipolare degli amminoacidi giustifica:

- **Le proprietà fisiche**, che si identificano nello stato solido cristallino, negli alti punti di fusione e nella solubilità in acqua, ma non in solventi apolari (etere, benzene);
- **Le proprietà chimiche**, che si identificano nel loro comportamento anfotero in quanto possono reagire sia con acidi sia con basi.

Gli amminoacidi nella **forma ionica dipolare**:

1. In una **soluzione basica** (OH<sup>-</sup>) si comportano da **acidi**, cedendo un **protone** H<sup>+</sup> e trasformandosi in anione con carica elettrica -1
2. in una **soluzione acida** (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) si comportano da **basi**, accettando un **protone** H<sup>+</sup> e trasformandosi in catione con carica elettrica +1:

### La carica di un amminoacido dipende dal pH della soluzione

- Ad **alti valori di pH** (soluzione basica) la **carica è negativa** e l'amminoacido è presente nella **forma anionica**, ovvero *deprotonata*;
- A **bassi valori di pH** (soluzione acida) la **carica è positiva** e l'amminoacido è presente nella **forma cationica**, ovvero *protonata*.

A un dato valore di pH, detto **punto isoelettrico** (pI), l'amminoacido ha una **forma ionica dipolare** e **carica complessiva uguale a zero**.

Le differenze di punto isoelettrico si possono utilizzare per separare gli amminoacidi di una soluzione mediante una tecnica chiamata **elettroforesi**.

I **peptidi** sono **biopolimeri** costituiti da **amminoacidi** uguali o diversi, uniti da un **legame peptidico**.

- Il **legame peptidico** tra due amminoacidi si stabilisce tra il **carbonio del gruppo carbossilico** (-COOH) di un amminoacido e **l'azoto del gruppo amminico** (-NH<sub>2</sub>) di un altro amminoacido. È un legame forte e stabile.

Il legame peptidico si rappresenta con un legame covalente singolo di lunghezza intermedia. Tale lunghezza è giustificata dalla **delocalizzazione del doppietto elettronico libero** sull'atomo di azoto che originando il **fenomeno della risonanza** descrive il legame ammidico con formule limite.

**Per effetto della risonanza**, il legame C-N non può ruotare e il **peptide assume una disposizione planare**.

La **reazione** tra due amminoacidi comporta **l'eliminazione di una molecola di acqua** (condensazione) e la **formazione di un peptide**.

- Si scrive mettendo a **sinistra l'amminoacido** con il gruppo **amminico libero** (amminoacido N-terminale) e a **destra l'amminoacido** con il gruppo **carbossilico libero** (amminoacido C-terminale).

→ Un peptide costituito da due amminoacidi si chiama **dipeptide**.

Di solito le formule dei peptidi si rappresentano con 3 lettere per ciascun amminoacido. Il **numero degli isomeri aumenta all'aumentare del numero di amminoacidi** che costituiscono il peptide.

→ Il **numero (n) di peptidi** che si possono ottenere con un numero (m) di amminoacidi è dato dalla relazione:  **$n = 1, 2, 3 \dots m$** .

I **peptidi** possono essere **suddivisi negli amminoacidi** costituenti con una **reazione di idrolisi**.

Tra gli amminoacidi di un peptide, oltre al legame peptidico, si può formare un legame covalente chiamato **legame disolfuro**, è un legame **covalente singolo tra due atomi di zolfo** (S-S).

I **peptidi** sono distinti in:

- **Oligopeptidi**, formati da pochi amminoacidi (da 2 a 10)
- **Polipeptidi** formati da non più di 100 amminoacidi
- **Proteine** costituite da oltre 100 amminoacidi.

Le proteine sono **biopolimeri** formati da molti **amminoacidi uniti tra loro da legami peptidici**. Sulla base della loro **composizione chimica** sono suddivise in:

1. **Semplici**, formate solo da **amminoacidi**;
2. **Coniugate**, costituite da **amminoacidi** e da un **gruppo prostetico**, una molecola non proteica, che può essere un lipide (lipoproteine), un glucide (glicoproteine) o un acido nucleico (nucleoproteine).

A seconda della **funzione biologica** svolta, si distinguono le seguenti classi:

- **Strutturali**: costituiscono tessuti e organi (cheratina, collagene)
- **Catalitiche**: come gli enzimi, che aumentano la velocità delle reazioni chimiche nelle cellule
- **Contrattili e di movimento**: permettono la contrazione muscolare (actina, miosina) e il movimento di ciglia e flagelli
- **Di trasporto**: favoriscono il trasporto di ioni o molecole (emoglobina)
- **Di riserva**: accumulano ioni (ferritina) o molecole (ovoalbumina) nei tessuti;
- **Di difesa**: proteggono l'organismo dagli agenti patogeni (anticorpi)
- **Di regolazione**: regolano diversi processi metabolici negli organismi (ormoni)

In base alla **forma che assumono nello spazio**, le proteine possono essere suddivise in:

1. **Fibrose**: insolubili in acqua, formate da **catene polipeptidiche** disposte le une accanto alle altre e legate con **legami disolfuro** (cheratina) o **legami a idrogeno** (collagene) a costituire un unico filamento o un piano.
2. **Globulari**: solubili in acqua, formate da **catene polipeptidiche ripiegate** in forme compatte, determinate da numerose interazioni intramolecolari e ioniche.  
Es. ormoni, proteine di trasporto, proteine di riserva e di difesa. ).

Le **immunoglobuline** o **anticorpi** sono glicoproteine prodotte dalle **plasmacellule** del sistema immunitario. Sono costituite da 4 catene polipeptidiche unite con **legami disolfuro**.

Una proteina ha **4 livelli di organizzazione**:

1. La **struttura primaria** è definita dalla sequenza con cui gli amminoacidi sono legati con legami peptidici e legami disolfuro nella catena polipeptidica.
2. La **struttura secondaria** è definita dalla disposizione spaziale degli atomi della catena polipeptidica ed è determinata da legami a idrogeno che si stabiliscono tra l'ossigeno del gruppo carbonile di un amminoacido e l'idrogeno del gruppo -NH di un altro amminoacido della stessa catena proteica o tra catene diverse.
3. La **struttura terziaria** è definita dalla forma della proteina, determinata da interazioni intramolecolari (legami a idrogeno, legami disolfuro, interazioni ioniche) tra i gruppi R degli amminoacidi.
4. La **struttura quaternaria** è definita dall'associazione di due o più catene polipeptidiche chiamate anche **subunità**.

I **legami chimici** responsabili della struttura secondaria, terziaria e quaternaria di una proteina sono **deboli**, per cui in presenza di temperature elevate, di valori estremi di pH, di solventi organici (alcoli) e di ioni di metalli pesanti tendono a rompersi.

→ La proteina perde la sua funzionalità biologica (**denaturazione**).

Quando una proteina denaturandosi forma nuovi legami intramolecolari e intermolecolari, il processo di denaturazione è irreversibile e viene chiamato **coagulazione**.

Esistono alcune proteine che rivestono un ruolo fondamentale nella gestione dello stress ossidativo cellulare → “**heat shock proteins**”(hsp) che intervengono quando una proteina, che sta subendo un processo di denaturazione, forma nuovi legami intramolecolari non corretti. Le hsp *assistono e guidano la proteina nella costruzione dei legami, permettendole di recuperare la corretta disposizione spaziale e la normale funzionalità*.

## NUCLEOTIDI E ACIDI NUCLEICI

I **nucleotidi** sono i **monomeri degli acidi nucleici** che presiedono alla **conservazione, trasmissione ed espressione dei caratteri ereditari**.

I nucleotidi sono costituiti dall'unione di: un **monosaccaride** a 5 atomi di carbonio (*ribosio o desossiribosio*); una **base eterociclica azotata** che può essere **pirimidina** (*citocina, timina, uracile*) o **purina** (*adenina, guanina*) e un **gruppo fosfato**.

Quando più nucleotidi si legano tra loro, si costituisce un **polinucleotide** di un acido nucleico.

La sintesi degli acidi nucleici avviene mediante **reazioni di condensazione**.

L'eliminazione di una molecola di acqua porta alla formazione di un legame glicosidico e di un composto chiamato **nucleoside**.

I nucleosidi prendono il nome dalla base azotata da cui derivano: *adenosina, citidina, guanosina, timidina, uridina*.

Il gruppo ossidrilico del C-5' dello zucchero del nucleoside può reagire con una molecola di acido fosforico, si ha l'eliminazione di una molecola di acqua e la formazione di un legame estereo che determina la sintesi di un composto chiamato **nucleotide**.

I nucleotidi quindi **esteri fosfati** dei nucleosidi e sono costituiti da una **base azotata** unita a uno **zucchero aldopentoso** (ribosio o desossiribosio), legato a un **gruppo fosfato** mediante un **legame estereo**.

Si presentano come acidi organici forti, perché il valore di pK di prima dissociazione è inferiore a 1.

Il nome dei nucleotidi monofosfato è costituito dal nome del nucleoside con la desinenza **ina** seguita dal termine **monofosfato**.

I nucleotidi monofosfato vengono generalmente indicati con una **sigla di tre lettere**, di cui la prima indica il tipo di **base azotata** presente (A, C, G, T, U), la seconda il **numero di gruppi fosfato** (M = mono= uno) e la terza il **gruppo fosfato P**.

Il gruppo fosfato di un nucleotide può reagire con il **gruppo ossidrilico** del C-3' dello zucchero di un altro nucleotide. L'eliminazione di una molecola di acqua porta alla formazione di un **legame fosfodiesterico** e di un composto chiamato **dinucleotide**.

Quando più nucleotidi si legano tra loro, si costituisce un **polinucleotide** di un acido nucleico.

Ci sono **2 classi di acidi nucleici**, strutturalmente e funzionalmente molto diverse, anche se chimicamente simili: gli **acidi desossiribonucleici** (DNA) e gli **acidi ribonucleici** (RNA).

- Negli **acidi desossiribonucleici** lo zucchero è il *2-desossiribosio* e le 4 basi azotate che possono legarsi a esso sono *adenina*, *citocina*, *guanina* e *timina*. Il DNA si trova nel nucleo della cellula.
- Negli **acidi ribonucleici** lo zucchero è il *ribosio* e le 4 basi azotate che possono legarsi ad esso sono *adenina*, *citocina*, *guanina* e *uracile*. Le molecole di RNA si trovano nel citoplasma e nei ribosomi.