



*Centro Studi
Colombo*

1. La chimica dei viventi

1 LA CHIMICA DEI VIVENTI

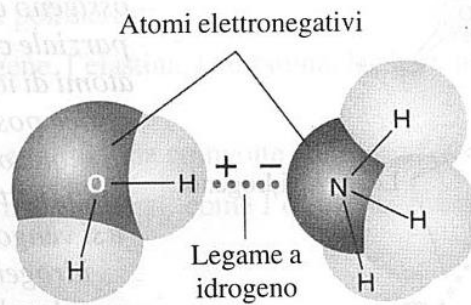
1.1 BIOELEMENTI

Gli esseri viventi sono formati da alcuni **bioelementi** presenti in quantità elevata (nel loro complesso costituiscono circa il 99% di tutta la materia vivente): carbonio, ossigeno, idrogeno, azoto, fosforo e zolfo. Altri bioelementi sono presenti in concentrazioni molto basse: calcio, potassio, cloro, magnesio, sodio, iodio, ferro. Altri elementi ancora, detti *oligoelementi* o *microelementi*, come iodio e rame, sono presenti in tracce, cioè in piccolissime quantità.

1.2 IMPORTANZA BIOLOGICA DELLE INTERAZIONI DEBOLI

Tra le **interazioni deboli** tra molecole, spesso chiamate anche *legami secondari*, oltre alle forze di van der Waals (attrazioni elettrostatiche tra molecole polari o apolari), rivestono particolare importanza da un punto di vista biologico i **legami a idrogeno**. Si tratta di un tipo di interazione debole che si instaura tra un atomo di idrogeno legato covalentemente ad un atomo fortemente elettronegativo (come ossigeno, azoto o fluoro) e un atomo fortemente elettronegativo (come ossigeno, azoto o fluoro) facente parte di un'altra molecola (Fig. 1.1) o della stessa molecola (legame a idrogeno intramolecolare). I legami a idrogeno si formano e si rompono facilmente per i movimenti casuali di agitazione termica delle molecole. Sebbene siano legami deboli, se presenti in gran numero, risultano nel loro complesso forti (vedi anche Chimica, § 5.2.2).

I legami a idrogeno rivestono un ruolo importante nel determinare la struttura tridimensionale delle proteine e degli acidi nucleici.



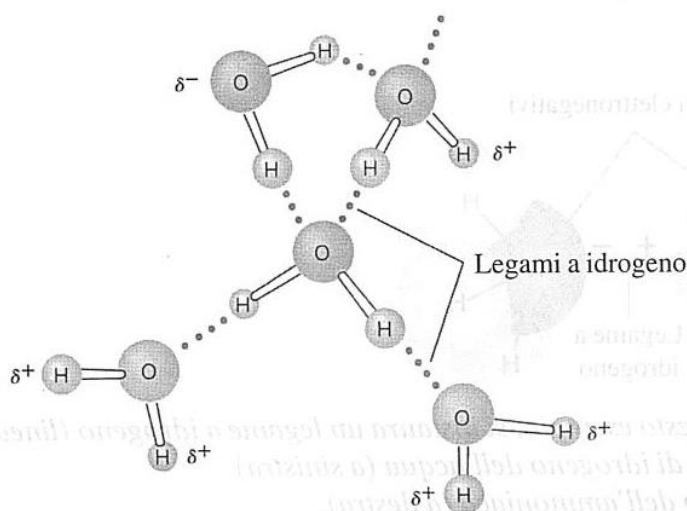
- **Figura 1.1 Legame a idrogeno.** In questo esempio, si instaura un legame a idrogeno (linea tratteggiata) tra l'atomo di idrogeno dell'acqua (a sinistra) e l'atomo di azoto dell'ammoniaca (a destra).

1.3 PROPRIETÀ DELL'ACQUA

L'**acqua** è essenziale per la vita, essendo il componente più abbondante nelle cellule (75-85% del peso di una cellula) (vedi anche Chimica § 7.2). Molti organismi inoltre vivono nell'acqua (oceano, lago, fiume ecc) e molte cellule dipendono dall'ambiente extracellulare che è formato essenzialmente da acqua.

Le principali proprietà dell'acqua sono:

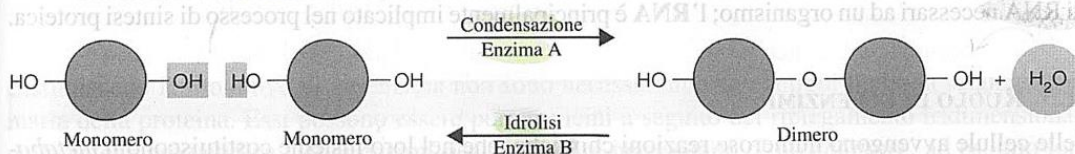
- **polarità**, dovuta a una diversa distribuzione delle cariche elettriche tra l'ossigeno e gli atomi di idrogeno (Fig. 1.2). Essendo una molecola polare, l'acqua è un ottimo *solvente* per soluti ionici e polari;
- **coesione**, dovuta ai legami a idrogeno tra le molecole d'acqua. La coesione spiega alcune caratteristiche dell'acqua, come la sua elevata tensione superficiale (alcuni insetti possono camminare sull'acqua) e il suo elevato punto di ebollizione;
- **adesione**, dovuta a legami a idrogeno tra l'acqua e altre sostanze polari. Coesione e adesione dell'acqua spiegano il fenomeno della *capillarità*, cioè la capacità di risalire all'interno di tubi molto stretti contro la forza di gravità, come si osserva nelle piante;
- **alto calore specifico** (quantità di calore che un grammo di una sostanza deve assorbire per aumentare la sua temperatura di un grado centigrado), a seguito dei numerosi legami a idrogeno tra le molecole d'acqua. Ciò consente agli organismi di mantenere relativamente costante la temperatura interna e fa sì che gli oceani e le altre masse d'acqua mantengano una temperatura costante;
- **alto calore di evaporazione** (quantità di energia necessaria per convertire un grammo di liquido in vapore). Le molecole d'acqua, quando passano allo stato di vapore, portano con loro una grande quantità di calore, determinando così un *raffreddamento per evaporazione*;
- **tendenza a dissociarsi** per dare ioni idrogeno (protoni, H^+) e ioni idrossido (OH^-).



□ **Figura 1.2 Polarità delle molecole d'acqua.** La molecola d'acqua risulta polare a causa della distribuzione asimmetrica delle cariche elettriche. L'atomo di ossigeno è elettronegativo e porta una parziale carica negativa, mentre i due atomi di idrogeno hanno una parziale carica positiva. Gli atomi di idrogeno di molecole d'acqua diverse vengono quindi attratti dall'atomo di ossigeno e si vengono così a formare legami a idrogeno (linee tratteggiate) fra molecole d'acqua. Ogni molecola d'acqua può formare legami a idrogeno al massimo con quattro molecole d'acqua vicine.

1.4 LE MOLECOLE ORGANICHE DEGLI ORGANISMI VIVENTI E LORO FUNZIONI (ZUCCHERI, LIPIDI, PROTEINE, ACIDI NUCLEICI)

La struttura delle principali classi di **molecole organiche** degli organismi viventi, ossia zuccheri, lipidi, proteine, acidi nucleici, è illustrata nella sezione di Chimica, Capitolo 13. Con l'eccezione dei lipidi¹, si tratta di **polimeri** formati dall'unione di tante unità, dette monomeri. Stante le loro elevate dimensioni, queste molecole sono dette **macromolecole**. Il processo mediante il quale i monomeri vengono legati tra loro, ossia il processo di sintesi del polimero, è detto **condensazione**. Questo processo richiede energia e comporta l'eliminazione di molecole di acqua (Fig. 1.3). I polimeri possono essere degradati nei monomeri che li costituiscono mediante **idrolisi** per aggiunta di acqua. Le reazioni di condensazione e idrolisi sono catalizzate da enzimi specifici.



□ **Figura 1.3 Reazioni di condensazione e idrolisi.** I monomeri vengono uniti tra loro (reazione di condensazione) per formare un polimero (in questo esempio, un dimero), che può essere scisso nei monomeri che lo compongono mediante una reazione di idrolisi. Queste reazioni sono catalizzate da enzimi specifici.

Gli zuccheri (**carboidrati**) sono utilizzati dalla cellula come materiale energetico (sia come fonte di energia, ad es. glucosio, sia come materiale di riserva, ad es. amido e glicogeno) o strutturale (ad es. la cellulosa, presente nella parete delle cellule vegetali, o la chitina, presente nell'esoscheletro degli insetti e crostacei) (vedi Chimica, 13.3).

Anche i **lipidi** hanno funzione di riserva energetica e strutturale. Una classe di lipidi, i fosfolipidi, è importante per la struttura delle membrane biologiche (Biologia, § 2.5.1). Alcuni lipidi svolgono anche la funzione di ormoni (ormoni steroidei, come gli ormoni sessuali) (vedi Chimica, 13.2).

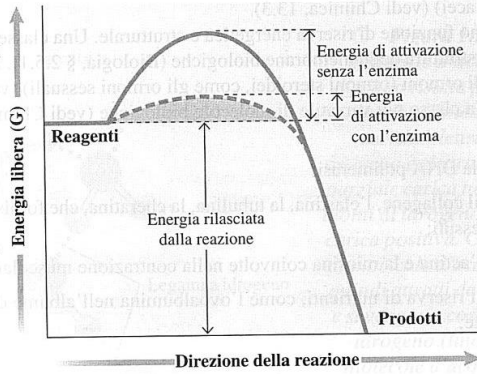
Le **proteine** sono la classe più versatile di molecole biologiche (vedi Chimica, 13.4) e possono avere funzione:

- **enzimatica**, come la DNA polimerasi;
- **strutturale**, come il collagene, l'elastina, la tubulina, la cheratina, che forniscono supporto meccanico a cellule e tessuti;
- **contrattile**, come l'actina e la miosina coinvolte nella contrazione muscolare;
- **di deposito**, cioè di riserva di nutrienti, come l'ovoalbumina nell'albume delle uova o la zeina nei semi delle piante;
- **di trasporto**, come l'emoglobina che trasporta l'ossigeno o le proteine trasportatrici della membrana che fanno passare specifiche sostanze attraverso di essa o le proteine che formano i canali ionici attraverso cui passano gli ioni;
- **di segnale**, come gli ormoni, ad es. insulina, e i fattori di crescita, ad es. EGF (epidermal growth factor);
- **di regolazione**, come le proteine implicate nel controllo dell'espressione di specifici geni;
- **di recettore**, in quanto rilevano i segnali che arrivano alle cellule e li trasmettono alle cellule competenti a rispondere, come la rodopsina (pigmento fotosensibile dell'occhio) o il recettore acetilcolinico;
- **di difesa**, come gli anticorpi del sistema immunitario.

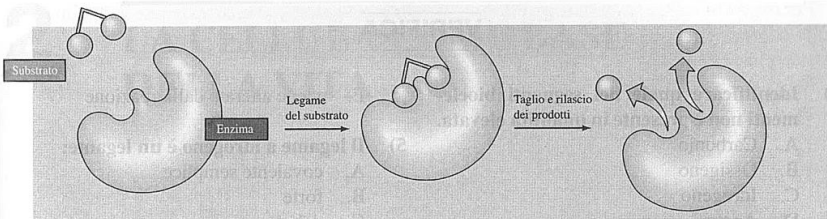
Gli **acidi nucleici** (vedi Chimica, 13.5) immagazzinano e trasferiscono l'informazione ereditaria. In particolare, il **DNA** costituisce i geni e contiene le istruzioni per sintetizzare tutte le proteine e tutti gli RNA necessari ad un organismo; l'**RNA** è principalmente implicato nel processo di sintesi proteica.

1.5 RUOLO DEGLI ENZIMI

Nelle cellule avvengono numerose reazioni chimiche, che nel loro insieme costituiscono il *metabolismo*. Tuttavia, nelle condizioni che caratterizzano le cellule, le reazioni chimiche *non* avvengono "spontaneamente", perché avrebbero una velocità talmente bassa da essere trascurabili, ma devono essere favorite da un *catalizzatore biologico*, ossia da un **enzima**, che è in grado di aumentare la velocità di una reazione chimica. Un enzima abbassa l'*energia di attivazione* necessaria per innescare una reazione (Fig. 1.4). In questo modo, un numero maggiore di molecole reagirà per unità di tempo. Un enzima agisce formando un *complesso enzima-substrato* che successivamente si rompe, rilasciando il prodotto della reazione. L'enzima non viene alterato né consumato dalla reazione, può essere riutilizzato ed è necessario in quantità molto piccole. Ogni enzima contiene un **sito attivo**, detto anche *sito catalitico*, in corrispondenza del quale avviene la catalisi (Fig. 1.5). Gli aminoacidi che



□ **Figura 1.4 Enzimi ed energia di attivazione.** Un enzima aumenta la velocità di una reazione chimica, abbassando l'energia di attivazione, cioè l'energia necessaria per avviare una reazione.



□ **Figura 1.5 In che modo agisce un enzima.** Il substrato si lega al sito attivo dell'enzima, detto anche sito catalitico, formando un complesso enzima-substrato. L'enzima catalizza la reazione, permettendo la conversione del substrato in prodotto. Al termine della reazione viene rilasciato il prodotto e l'enzima è di nuovo pronto a ricevere un'altra molecola di substrato. Note che l'enzima non si altera e non si consuma durante la reazione.

costituiscono il sito attivo di un enzima non sono necessariamente contigui lungo la sequenza primaria della proteina. Essi possono essere portati vicini a seguito del ripiegamento tridimensionale della catena polipeptidica. Molti enzimi per funzionare necessitano di un *cofattore*, ad es. uno ione metallico o molecole organiche più complesse (in questo caso dette *coenzimi*). Le *vitamine* sono precursori di coenzimi o esse stesse coenzimi.

Gli enzimi sono estremamente *specifici* sia per quanto riguarda il tipo di reazione che catalizzano (*specificità di reazione*) (ad es., ossidoriduzione, idrolisi), sia per quanto riguarda il substrato (*specificità di substrato*). Ad esempio, l'enzima ureasi scinde l'urea in ammoniaca e anidride carbonica, ma non attacca nessun altro substrato.

La classificazione e la nomenclatura degli enzimi sono effettuate in base al tipo di reazione che essi catalizzano (Tabella 1.1).

Da un punto di vista chimico, la maggior parte degli enzimi sono proteine. Recentemente sono stati scoperti i **ribozimi**, cioè gli enzimi a RNA (Biologia, § 4.5.13).

Tabella 1.1 Le principali classi di enzimi con un esempio di ciascuna*

Classe	Tipo di reazione	Esempio
1. Ossidoreduttasi	Reazioni di ossido-riduzione	Alcol deidrogenasi (ossidazione del NAD ⁺)
2. Trasferasi	Trasferimento di gruppi funzionali da una molecola all'altra	Glicerochinasi (fosforilazione)
3. Idrolasi	Rottura idrolitica di una molecola in due molecole	Carbossipeptidasi A (rottura del legame peptidico)
4. Liasi	Rimozione di un gruppo funzionale da o aggiunta di un gruppo ad una molecola con riarrangiamento di elettroni	Piruvato decarbossilasi (decarbossilazione)
5. Isomerasi	Spostamento di un gruppo funzionale all'interno di una molecola	Maleato isomerasi (isomerizzazione <i>cis-trans</i>)
6. Ligasi	Unione di due molecole per formare una singola molecola con consumo di energia	Piruvato carbossilasi (carbossilazione)

Verifica

La chimica dei viventi

- 1) **Identificare quale dei seguenti bioelementi non è presente in quantità elevata.**
- A. Carbonio
 - B. Ossigeno
 - C. Idrogeno
 - D. Azoto
 - E. Sodio
- 2) **L'alto calore di evaporazione dell'acqua è responsabile del/della:**
- A. raffreddamento per evaporazione
 - B. galleggiamento del ghiaccio
 - C. coesione dell'acqua
 - D. capillarità
 - E. tensione dell'acqua
- 3) **La regione di un enzima che si lega con il substrato è il:**
- A. prodotto
 - B. coenzima
 - C. sito attivo
 - D. reagente
 - E. cofattore
- 4) **Identificare l'affermazione corretta. Ogni enzima:**
- A. catalizza una reazione chimica rimanendo inalterato
 - B. ha un sito attivo che si adatta a substrati diversi
 - C. è efficace solo se presente in quantità elevate
 - D. è un catalizzatore inorganico
 - E. viene alterato dalla reazione
- 5) **Il legame a idrogeno è un legame:**
- A. covalente semplice
 - B. forte
 - C. debole
 - D. ionico
 - E. covalente doppio
- 6) **Il processo di sintesi con cui i monomeri sono uniti covalentemente è detto:**
- A. idrolisi
 - B. ossido-riduzione
 - C. legame a idrogeno
 - D. condensazione
 - E. legame glicosidico
- 7) **Identificare l'abbinamento errato.**
- A. Acido nucleico - gene
 - B. Zuccheri - trasporto di ioni
 - C. Enzima - proteina
 - D. Amido - carboidrato
 - E. Fosfolipide - membrana biologica
- 8) **Identificare l'affermazione errata. Le proteine:**
- A. possono avere attività enzimatica
 - B. sono costituite da amminoacidi
 - C. possono avere funzione di difesa
 - D. sono implicate nel trasporto di molecole attraverso la membrana cellulare
 - E. sono depositarie dell'informazione genetica