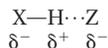


## Il legame a idrogeno

Il **legame a idrogeno** (o legame a ponte di idrogeno) è un particolare tipo di legame dipolare, ossia un legame che coinvolge due specie chimiche caratterizzate dalla presenza di addensamenti di carica elettrica di segno opposto. Questo particolare legame si forma tra un atomo di idrogeno legato covalentemente a un atomo fortemente elettronegativo (detto donatore) e un secondo atomo anch'esso elettronegativo (detto accettore). Il fluoro, l'ossigeno e l'azoto sono perciò eccellenti donatori e, allo stesso tempo, sono anche eccellenti accettori. Vediamo adesso un esempio di legame a idrogeno, in cui sono coinvolti un atomo X donatore cui è legato covalentemente un atomo di idrogeno (gruppo XH) e un atomo Z accettore. Il legame covalente X—H è fortemente polarizzato a causa della marcata differenza di elettronegatività fra i due atomi;  $\delta^-$  e  $\delta^+$  indicano, rispettivamente, addensamenti di carica negativa e positiva sugli atomi coinvolti:



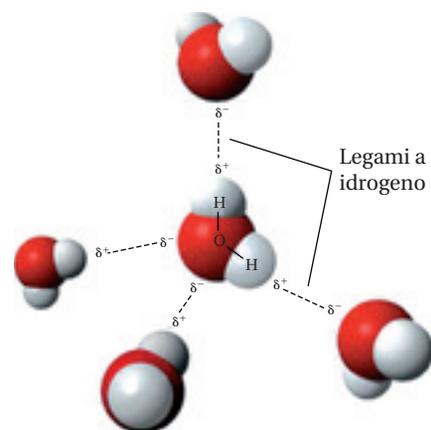
L'atomo di idrogeno, che porta un addensamento di carica positiva, è attratto dall'atomo Z, su cui esiste un addensamento di carica negativa. Dato che la forza di un legame dipolare dipende dalla distanza a cui si trovano gli atomi, il legame a idrogeno è piuttosto intenso, tipicamente circa il 5% della forza di un legame covalente. Le piccole dimensioni dell'atomo di idrogeno permettono, infatti, un forte avvicinamento degli atomi coinvolti nel legame.

Il legame a idrogeno ha una enorme rilevanza in campo biologico a causa della sua influenza sul comportamento delle molecole d'acqua. L'acqua è il composto più abbondante nelle cellule, di cui rappresenta mediamente circa il 70% della massa. La maggior parte delle reazioni chimiche che avvengono dentro le cellule si verifica quindi in un ambiente acquoso e, in molti casi, le molecole d'acqua, oltre ad agire da solvente, partecipano alla reazione stessa. L'acqua possiede caratteristiche peculiari che sono alla base delle sue proprietà uniche come solvente in generale e come mezzo in cui si svolgono i processi vitali. Alcune delle proprietà che caratterizzano l'acqua sono:

- la sua elevata temperatura di ebollizione e di congelamento rispetto a quella di molecole simili (per esempio, metano,  $\text{CH}_4$ , e solfuro di idrogeno,  $\text{H}_2\text{S}$ ) che fanno sì che l'acqua sia liquida a temperatura e pressione ambiente;
- la sua elevata capacità termica, grazie alla quale le masse di acqua liquida superficiali rendono il clima della Terra particolarmente mite e ne riducono grandemente le escursioni di temperatura;
- la sua minore densità allo stato solido che allo stato liquido, proprietà inusuale per le sostanze, grazie alla quale il ghiaccio galleggia sull'acqua isolando gli strati di acqua liquida sottostanti e impedendo loro di congelare a temperature al di sotto dello zero. È proprio per questo motivo che alle latitudini estreme mari, laghi e fiumi non congelano in un blocco unico, permettendo alla vita acquatica di continuare a esistere.

In che modo si spiegano queste proprietà dell'acqua? Certamente per la presenza di legami a idrogeno che si stabiliscono fra le molecole di  $\text{H}_2\text{O}$ . Come si può osservare nella **figura 1**, le molecole di acqua formano tra loro legami a idrogeno multipli.

A causa del moto termico, allo stato liquido ogni molecola di acqua forma reversibilmente in media circa 3,6 legami a idrogeno con altre molecole rispetto ai 4 teori-



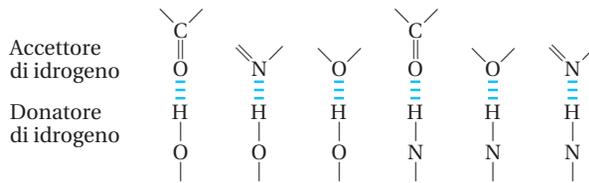
**Figura 1** I legami a idrogeno nell'acqua.  $\delta^-$  e  $\delta^+$  indicano, rispettivamente, gli addensamenti di carica negativa sugli atomi di ossigeno e positiva su quelli di idrogeno.

ci (il valore cambia a seconda della temperatura); questo comportamento riduce il contenuto energetico dell'insieme delle molecole, ne limita la libertà di movimento e le obbliga a disporsi in una struttura leggermente espansa allo stato solido, in cui le molecole sono disposte in un modo ordinato che permette a ognuna di loro di formare 4 legami a idrogeno con quelle che la circondano.

Il fatto che una sostanza molecolare possa disciogliersi in acqua dipende, in gran parte, dalla possibilità che questa formi legami a idrogeno con le molecole di acqua.

A loro volta, i composti ionici solubili in acqua interagiscono con le molecole di questa formando numerosi legami ione-dipolo in cui le estremità positive delle molecole d'acqua interagiscono con gli ioni negativi e viceversa.

I legami a idrogeno, inoltre, sono tra le più importanti interazioni deboli intramolecolari che stabilizzano il peculiare ripiegamento di proteine, polisaccaridi e acidi nucleici che è alla base della struttura che queste macromolecole assumono in soluzione acquosa e, quindi, delle proprietà che esse manifestano nella cellula (figura 2).



**Figura 2** I tipi più comuni di legami a idrogeno nelle biomolecole.