

# Biochimica: Chimica della Vita

**Proprietà molecolari e funzionali dei componenti cellulari**

- **Struttura e funzione delle molecole di interesse biologico**
- **Metabolismo delle biomolecole**
  - ✓ **Sintesi**
  - ✓ **Degradazione**
  - ✓ **Regolazione**
- **Evoluzione molecolare**

**Nonostante le diversità tra gli organismi viventi, dal punto di vista biochimico esistono diverse similitudini:**

- **molte importanti vie metaboliche sono conservate**
- **informazione genetica e sua trasmissione**

# Le biomolecole: proprietà strutturali e funzionali

## Semplici

- **composti inorganici, composti organici, (amminoacidi, monosaccaridi, basi azotate) acqua, sali minerali, ecc.**

## Complesse

- **proteine**
  - **polisaccaridi**
  - **acidi nucleici**
  - **lipidi**
- biopolimeri**
- 

# Composizione chimica degli organismi viventi

- ✱ La materia vivente è costituita da un numero relativamente ridotto di elementi chimici
  - ✓ Il 98% del peso secco della materia vivente è costituito da: C, N, O, H, Ca, P, K, S
  - ✓ La rimanente parte è costituita da elementi traccia
  - ✓ Il composto più abbondante è l'acqua (70 %)

✱ Tranne ossigeno e calcio, gli elementi costituenti la materia vivente sono poco presenti nella crosta terrestre

*L'evoluzione biologica ha compreso quindi prima una evoluzione chimica*

*Comparsa dei primi composti organici nell'era prebiotica*

*<sup>3</sup> (3-4 miliardi di anni fa)*

# Tavola Periodica degli Elementi

|                                |                                 |                                  |                                |                                    |                                  |                                    |                               |                                  |                                 |                                   |                                  |                                |                                 |                                   |                                   |                                  |                                |                             |                                 |                                |                             |        |
|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------|
| 1<br>IA                        | Nuovo Originale                 |                                  |                                |                                    |                                  |                                    |                               |                                  |                                 |                                   |                                  |                                |                                 |                                   |                                   |                                  | 18<br>VIIIA                    |                             |                                 |                                |                             |        |
| 1<br>H<br>Idrogeno<br>1.00794  |                                 |                                  |                                |                                    |                                  |                                    |                               |                                  |                                 |                                   |                                  |                                |                                 |                                   |                                   |                                  | 2<br>He<br>Elio<br>4.002602    | K                           |                                 |                                |                             |        |
| 2<br>Li<br>Litio<br>6.941      | 3<br>Be<br>Berillio<br>9.012182 |                                  |                                |                                    |                                  |                                    |                               |                                  |                                 |                                   |                                  |                                |                                 |                                   |                                   |                                  |                                | 7<br>N<br>Azoto<br>14.00674 | 8<br>O<br>Ossigeno<br>15.9994   | 9<br>F<br>Fluoro<br>18.9984032 | 10<br>Ne<br>Neon<br>20.1797 | K<br>L |
| 3<br>Na<br>Sodio<br>22.989770  | 4<br>Mg<br>Magnesio<br>24.3050  | 3<br>IIIB                        | 4<br>IVB                       | 5<br>VB                            | 6<br>VIB                         | 7<br>VIIB                          | 8                             | 9<br>VIII                        | 10                              | 11<br>IB                          | 12<br>IIB                        | 13<br>IIIA                     | 14<br>IVA                       | 15<br>VA                          | 16<br>VIA                         | 17<br>VIIA                       | 18<br>VIIIA                    | K<br>L<br>M                 |                                 |                                |                             |        |
| 19<br>K<br>Potassio<br>39.0983 | 20<br>Ca<br>Calcio<br>40.078    | 21<br>Sc<br>Scandio<br>44.955910 | 22<br>Ti<br>Titanio<br>47.867  | 23<br>V<br>Vanadio<br>50.9415      | 24<br>Cr<br>Cromo<br>51.9961     | 25<br>Mn<br>Manganese<br>54.938049 | 26<br>Fe<br>Ferro<br>55.8457  | 27<br>Co<br>Cobalto<br>58.933200 | 28<br>Ni<br>Nichel<br>58.6934   | 29<br>Cu<br>Rame<br>63.546        | 30<br>Zn<br>Zinco<br>65.409      | 31<br>Ga<br>Gallio<br>69.723   | 32<br>Ge<br>Germanio<br>72.64   | 33<br>As<br>Arsenico<br>74.92160  | 34<br>Se<br>Selenio<br>78.96      | 35<br>Br<br>Bromo<br>79.904      | 36<br>Kr<br>Kriptone<br>83.798 | K<br>L<br>M<br>N            |                                 |                                |                             |        |
| 37<br>Rb<br>Rubidio<br>85.4678 | 38<br>Sr<br>Stronzio<br>87.62   | 39<br>Y<br>Ittrio<br>88.90585    | 40<br>Zr<br>Zirconio<br>91.224 | 41<br>Nb<br>Niobio<br>92.90638     | 42<br>Mo<br>Molibdeno<br>95.94   | 43<br>Tc<br>Tecnecio<br>(98)       | 44<br>Ru<br>Rutenio<br>101.07 | 45<br>Rh<br>Rodio<br>102.90550   | 46<br>Pd<br>Palladio<br>106.42  | 47<br>Ag<br>Argento<br>107.8682   | 48<br>Cd<br>Cadmio<br>112.411    | 49<br>In<br>Indio<br>114.818   | 50<br>Sn<br>Stagno<br>118.710   | 51<br>Sb<br>Antimonio<br>121.760  | 52<br>Te<br>Tellurio<br>127.60    | 53<br>I<br>Iodio<br>126.90447    | 54<br>Xe<br>Xeno<br>131.293    | K<br>L<br>M<br>N<br>O       |                                 |                                |                             |        |
| 55<br>Cs<br>Cesio<br>132.90545 | 56<br>Ba<br>Bario<br>137.327    | 57 to 71                         |                                | 72<br>Hf<br>Afrio<br>178.49        | 73<br>Ta<br>Tantalio<br>180.9479 | 74<br>W<br>Tungsteno<br>183.84     | 75<br>Re<br>Renio<br>186.207  | 76<br>Os<br>Osmio<br>190.23      | 77<br>Ir<br>Iridio<br>192.217   | 78<br>Pt<br>Platino<br>195.078    | 79<br>Au<br>Oro<br>196.96655     | 80<br>Hg<br>Mercurio<br>200.59 | 81<br>Tl<br>Tallio<br>204.3833  | 82<br>Pb<br>Piombo<br>207.2       | 83<br>Bi<br>Bismuto<br>208.98038  | 84<br>Po<br>Polonio<br>(209)     | 85<br>At<br>Astatio<br>(210)   | 86<br>Rn<br>Radone<br>(222) | K<br>L<br>M<br>N<br>O<br>P      |                                |                             |        |
| 87<br>Fr<br>Francio<br>(223)   | 88<br>Ra<br>Radio<br>(226)      | 89 to 103                        |                                | 104<br>Rf<br>Rutherfordio<br>(261) | 105<br>Db<br>Dubnio<br>(262)     | 106<br>Sg<br>Seaborgio<br>(266)    | 107<br>Bh<br>Bohrio<br>(264)  | 108<br>Hs<br>Hassio<br>(269)     | 109<br>Mt<br>Meitnerio<br>(268) | 110<br>Ds<br>Darmstadtio<br>(271) | 111<br>Rg<br>Roentgenio<br>(272) | 112<br>Uub<br>Ununbio<br>(285) | 113<br>Uut<br>Ununtrio<br>(284) | 114<br>Uuq<br>Ununquadio<br>(289) | 115<br>Uup<br>Ununpentio<br>(288) | 116<br>Uuh<br>Ununhexio<br>(292) | 117<br>Uus<br>Ununseptio       | 118<br>Uuo<br>Ununoctio     | K<br>L<br>M<br>N<br>O<br>P<br>Q |                                |                             |        |

Le masse atomiche tra sono quelle degli isotopi più stabili o più comuni.

Design Copyright © 1997 Michael Dayah (michael@dayah.com) <http://www.dayah.com/periodic/>

Nota: il sotto gruppo dei numeri 1-18 è stato adottato nel 1984 dalla International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). I nomi degli elementi 112-118 sono gli equivalenti latini di quei nomi.

|                                  |                               |                                       |                                |                               |                               |                                |                                |                                 |                                  |                                 |                              |                                  |                                |                                 |
|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 57<br>La<br>Lantanio<br>138.9055 | 58<br>Ce<br>Cerio<br>140.116  | 59<br>Pr<br>Praseodimio<br>140.90765  | 60<br>Nd<br>Neodimio<br>144.24 | 61<br>Pm<br>Promezio<br>(145) | 62<br>Sm<br>Samario<br>150.36 | 63<br>Eu<br>Europio<br>151.964 | 64<br>Gd<br>Gadolino<br>157.25 | 65<br>Tb<br>Terbio<br>158.92534 | 66<br>Dy<br>Disprosio<br>162.500 | 67<br>Ho<br>Olmio<br>164.93032  | 68<br>Er<br>Erbio<br>167.259 | 69<br>Tm<br>Tulio<br>168.93421   | 70<br>Yb<br>Itterbio<br>173.04 | 71<br>Lu<br>Lutezio<br>174.967  |
| 89<br>Ac<br>Attinio<br>(227)     | 90<br>Th<br>Torio<br>232.0381 | 91<br>Pa<br>Protoattinio<br>231.03588 | 92<br>U<br>Uranio<br>238.02891 | 93<br>Np<br>Nettunio<br>(237) | 94<br>Pu<br>Plutonio<br>(244) | 95<br>Am<br>Americio<br>(243)  | 96<br>Cm<br>Curio<br>(247)     | 97<br>Bk<br>Berkelio<br>(247)   | 98<br>Cf<br>Californio<br>(251)  | 99<br>Es<br>Einsteinio<br>(252) | 100<br>Fm<br>Fermio<br>(257) | 101<br>Md<br>Mendelevio<br>(258) | 102<br>No<br>Nobelio<br>(259)  | 103<br>Lr<br>Laurenzio<br>(262) |

# I Legami chimici e classificazione

**Nelle molecole, gli atomi dei vari elementi sono uniti  
mediante legami chimici**

## **INTRAMOLECOLARI**

- ✓ **L. ionico**
- ✓ **L. covalente**
  - **Omeopolare**
  - **Eteropolare**
  - **Dativo**
- ✓ **L. metallico**

## **INTERMOLECOLARI**

- ✓ **Dipolo-dipolo**
- ✓ **Ione-dipolo**
- ✓ **Ponte ad idrogeno**
- ✓ **van der Waals**

## **Legame ionico**

**Il legame ionico è dovuto all'attrazione elettrostatica che si instaura tra **anioni** e **cationi**, ioni di carica opposta.**

**Sono tipici dei sali, composti solidi cristallini con elevate temperature di fusione.**

**I solidi ionici non conducono la corrente elettrica allo stato solido e diventano conduttori di seconda specie quando vengono fusi (allo stato liquido) o sciolti in acqua.**

**La formazione del legame ionico tra due atomi neutri prevede quindi il trasferimento di elettroni da un atomo all'altro.**

## Notazione di Lewis per il legame ionico

Gli elettroni dello strato più esterno (di valenza) vengono indicati con dei puntini intorno al simbolo dell'elemento.

I primi quattro si indicano ai quattro lati del simbolo; gli altri (sino ad 8) vengono successivamente abbinati ai precedenti.

Nella formazione degli ioni si tolgono o si aggiungono elettroni (punti) e si indica la carica con un apice alla destra del simbolo dell'elemento.



# Tipi di legami covalenti

- ✓ **L. omonucleari (omeopolari)**
- ✓ **L. eteronucleari (eteropolari)**
- ✓ **L. dativo (eteropolari)**

## Ordine di legame

Identifica il numero di coppie di elettroni condivise tra due atomi: singolo (una coppia) **doppio** (due coppie) e **triplo** (tre coppie).

## **Notazione di Lewis per il legame covalente**

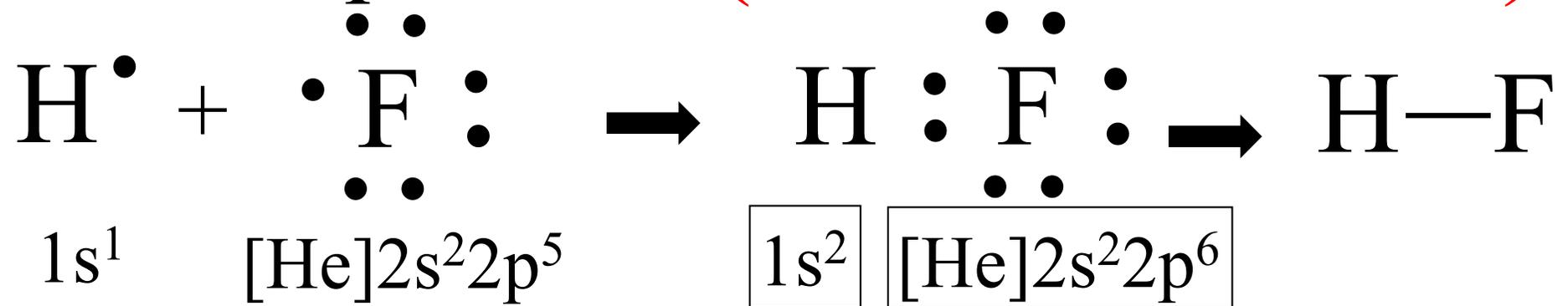
**Ad esempio per la formazione del legame covalente nella molecola H<sub>2</sub> può essere descritta così:**



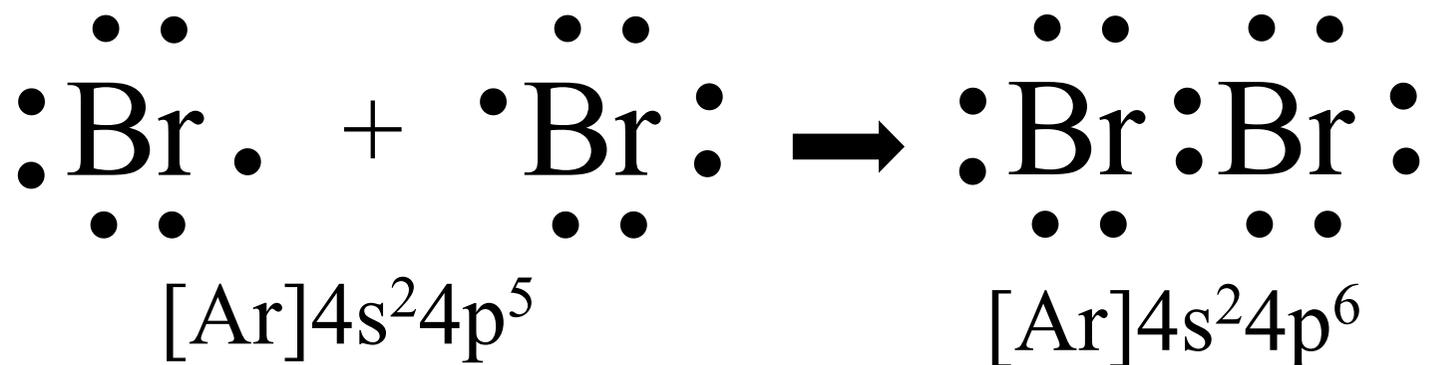
**Nella notazione di Lewis, il legame covalente si indica con una coppia di elettroni tra i due atomi legati. In alternativa, si mette un trattino che indica appunto una coppia di elettroni condivisa.**

**I due elettroni si trovano con elevata probabilità nella regione fra i due atomi per cui si può affermare che ciascun atomo di idrogeno di H<sub>2</sub> presenta la configurazione elettronica dell'elio, 1s<sup>2</sup>.**

Esempio: **HF** (acido fluoridrico)

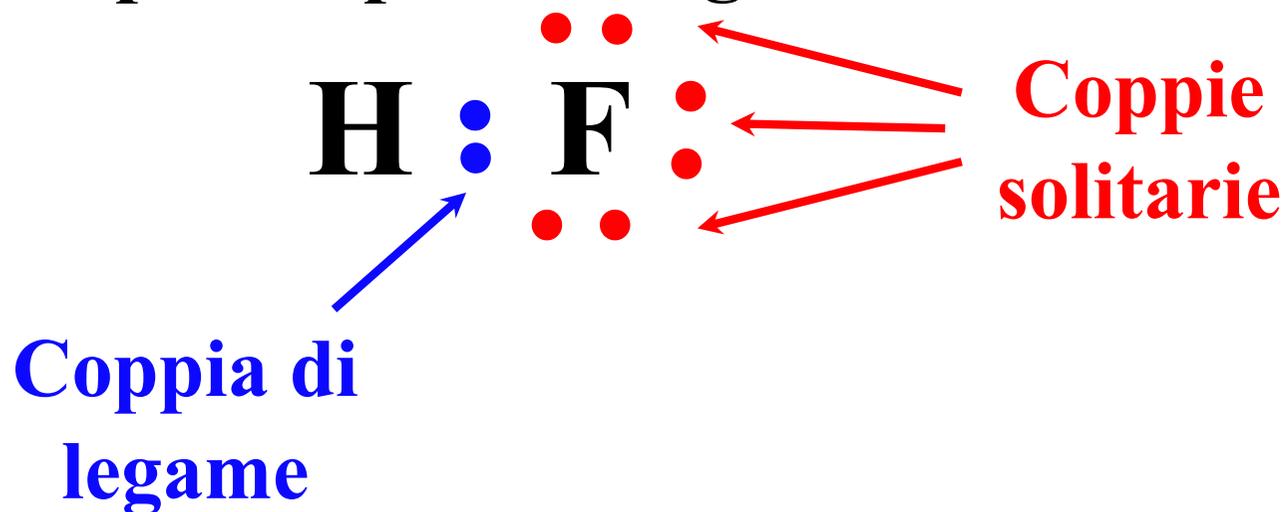


Esempio: **Br<sub>2</sub>**



Il legame covalente si forma in seguito all'appaiamento di due elettroni spaiati su ogni atomo. Ciascun atomo acquista così una configurazione elettronica a gas nobile.

Nella notazione di Lewis si identificano coppie di **elettroni di legame** (di valenza o condivisi) e coppie di **elettroni non leganti o solitarie** che non partecipano al legame.



Secondo tale schema, il numero di legami covalenti formati da un atomo è uguale al numero di elettroni disaccoppiati presenti nel suo simbolo di Lewis.

***Regola dell'ottetto.***

# **Regola dell'ottetto**

**Nella formazione di uno o più legami covalenti ognuno degli atomi raggiunge la configurazione elettronica di un gas nobile.**

**A parte poche eccezioni (H, Li, He), tutti gli altri atomi possono contenere otto elettroni nel loro guscio di valenza.**

**La tendenza di un atomo in una molecola ad avere otto elettroni nel proprio guscio di valenza è detta regola dell'ottetto.**

**Questa regola è seguita dalla maggior parte delle molecole ma non da tutte.**

## **Legame covalente polare**

**Nel caso di un legame covalente fra due atomi uguali, gli elettroni di legame sono equamente condivisi. Cioè essi hanno la stessa probabilità di trovarsi su entrambi gli atomi.**

**Ciò è dovuto al fatto che la forza di attrazione che un nucleo esercita sugli elettroni di un altro atomo legato è identica.**

**Quando invece i due atomi legati sono diversi, gli elettroni di legame hanno maggiore probabilità di trovarsi in prossimità di un atomo piuttosto che dell'altro, e si parla di legame covalente polare.**

***La polarità di un legame covalente può essere dedotta se si conosce il valore di elettronegatività degli atomi legati.***

## **Elettronegatività**

**Misura la tendenza di un atomo ad attirare su di sé gli elettroni di legame.**

**Si misura in valori arbitrari e può essere espressa solo per gli elementi che formano legami chimici (*non per i gas nobili*). Esistono, infatti, diverse scale di elettronegatività.**

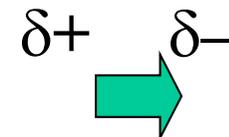
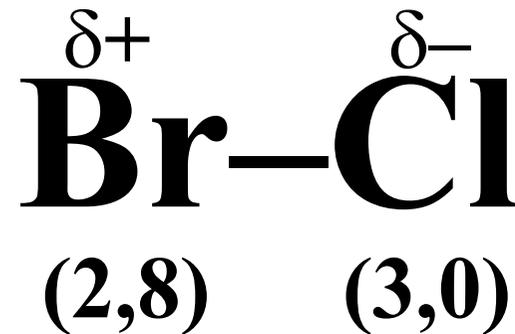
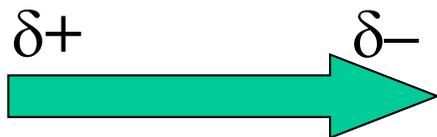
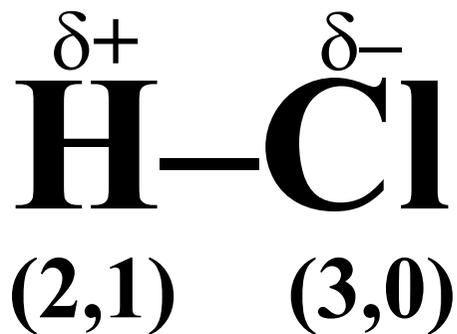
**L'elettronegatività secondo Mulliken ( $\chi$ ) rappresenta la media aritmetica dei valori del potenziale di ionizzazione e di affinità elettronica.**

**La scala di elettronegatività più usata è quella proposta da Pauling, che si basa invece su misure di energie di legame. Qualitativamente le due**

<sup>14</sup> **scale sono equivalenti**

**Una molecola biatomica con legame covalente polarizzato è caratterizzata da un momento dipolare non nullo.**

**La molecola risulta polarizzata come un dipolo elettrico con una parziale carica positiva sull'atomo meno elettronegativo ed una parziale carica negativa su quello più elettronegativo.**

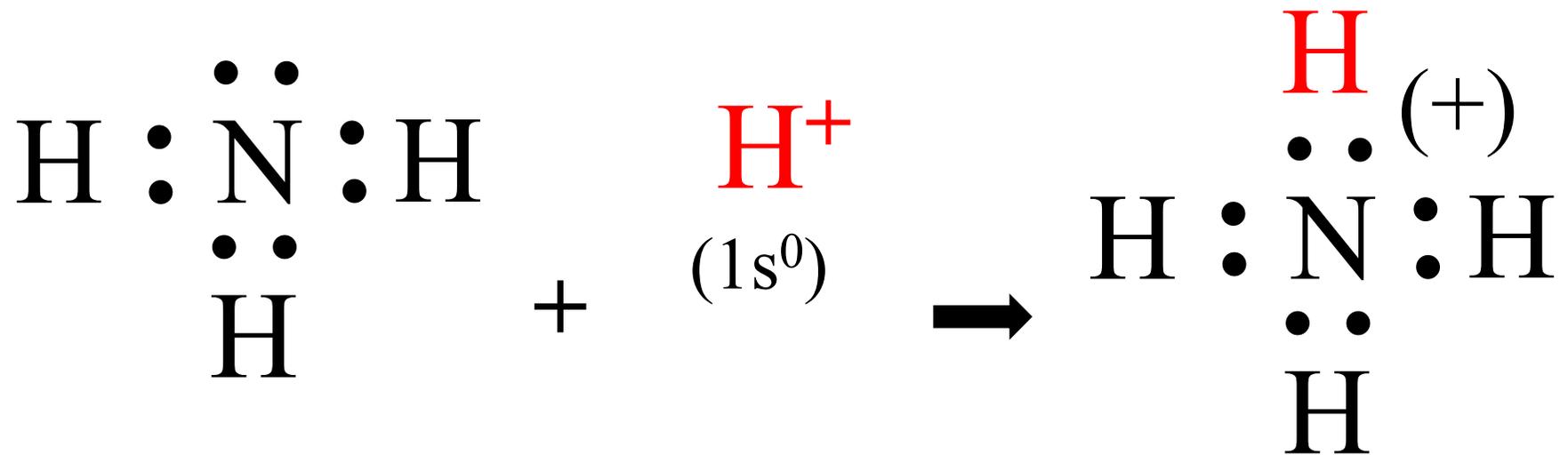


# **Legame dativo (o di coordinazione)**

**La coppia di elettroni condivisa tra due atomi proviene solo da uno di essi. Per formare un legame dativo occorre:**

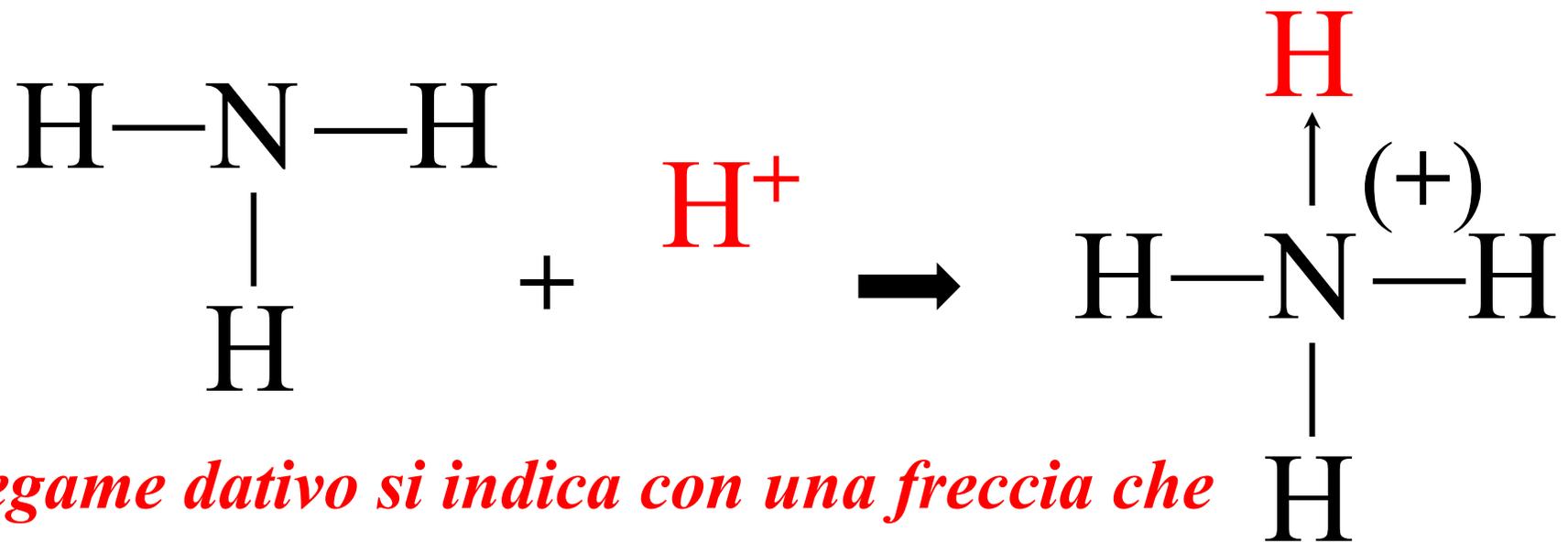
- 1) Un atomo che ha raggiunto lo stato ottetico mediante legami covalenti con una o più coppie solitarie.**
- 2) Un altro atomo (anche in una molecola) che presenta un orbitale vuoto.**

**Viene definito anche legame donatore-accettore**



**Ammoniaca**

**Ione ammonio**



*Il legame dativo si indica con una freccia che parte dall'atomo donatore del doppietto elettronico.*



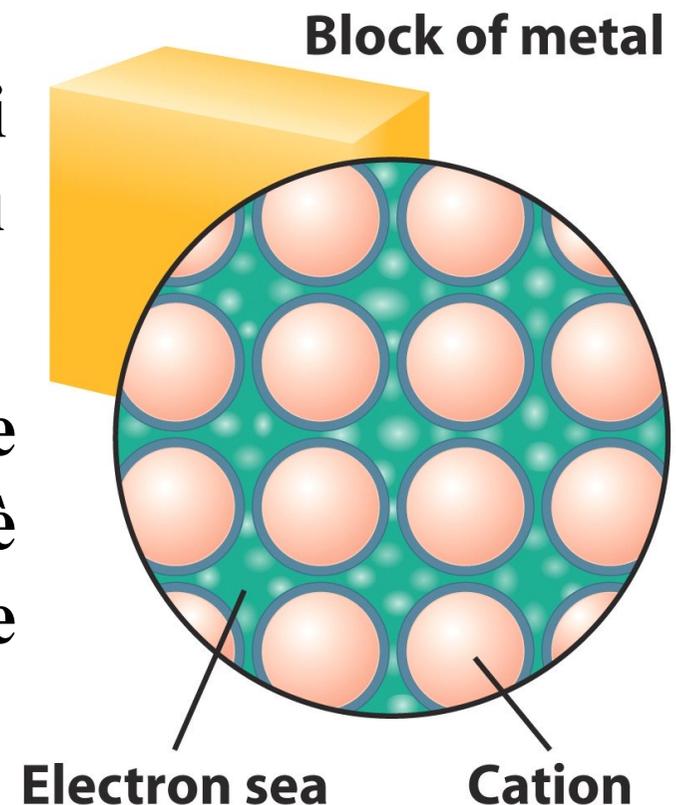
# Legame metallico

È caratteristico dei metalli, elementi duttili malleabili e buoni conduttori di calore ed elettricità.

È un legame ad elettroni delocalizzati, quelli dello strato più esterno dell'elemento metallico.

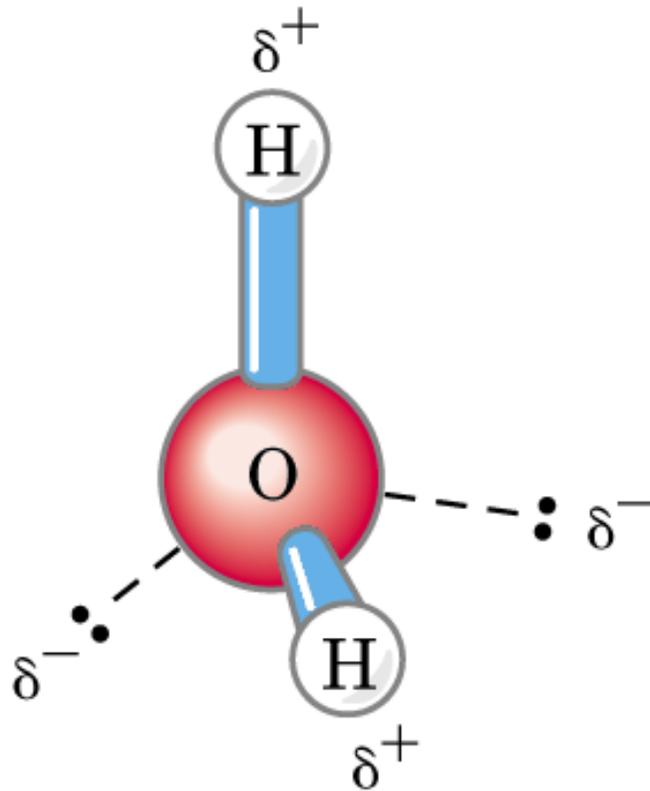
Non è possibile localizzare tutti gli elettroni esterni di tutti gli atomi su atomi specifici.

Pertanto, si verifica una situazione in cui un grande numero di cationi è tenuto insieme da un enorme numero di elettroni.

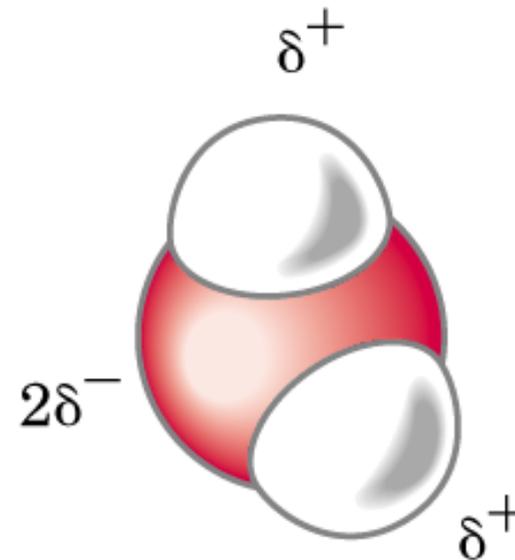


# Molecola di acqua

L'ossigeno presenta ibridazione  $sp^3$ . L'ossigeno è legato ai due atomi di idrogeno mediante legami covalenti polarizzati. L'angolo di legame è di circa  $105^\circ$ .

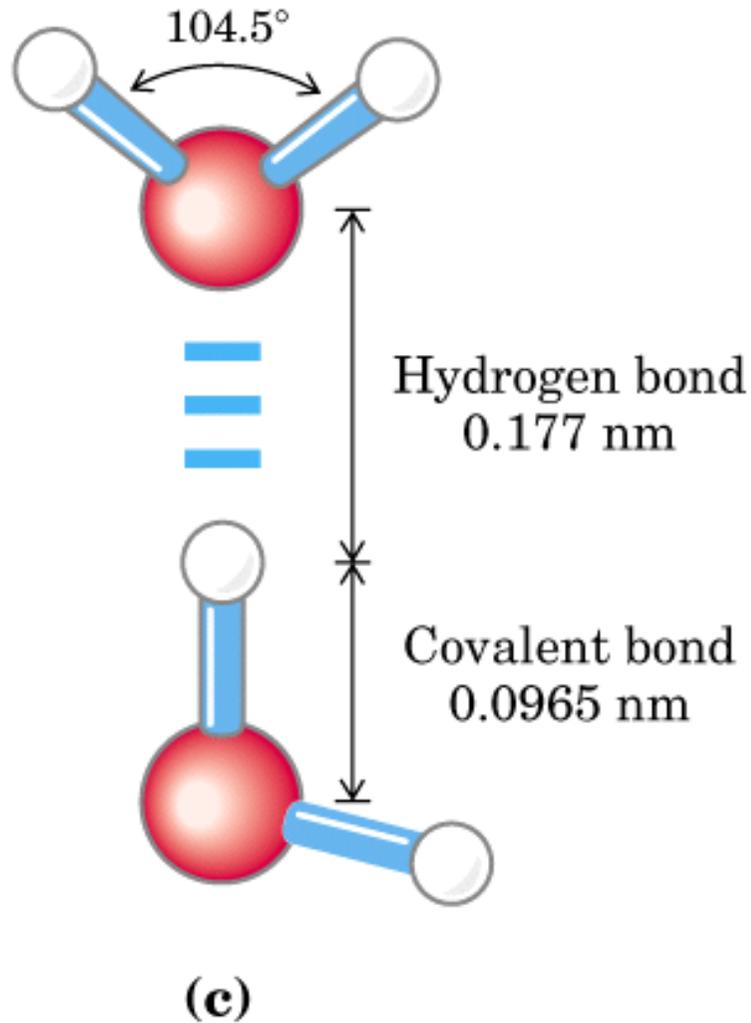


(a)



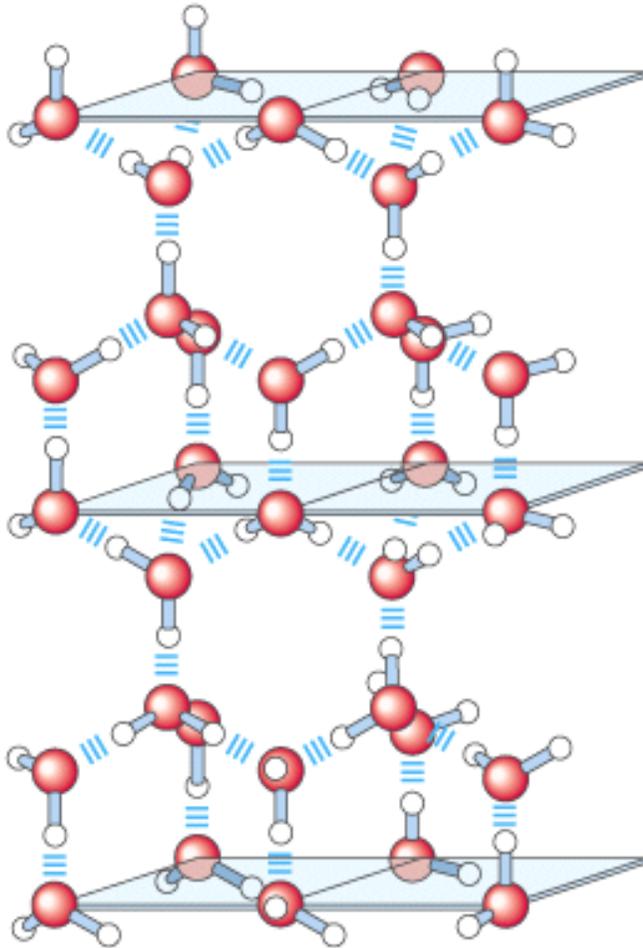
(b)

# Il legame ad idrogeno



Il legame ad idrogeno si può formare ogni volta che un atomo di idrogeno, *legato covalentemente ad un atomo fortemente elettronegativo e di piccole dimensioni (F, O, N)*, si trova ad una certa distanza da un altro atomo di questo tipo di elementi.

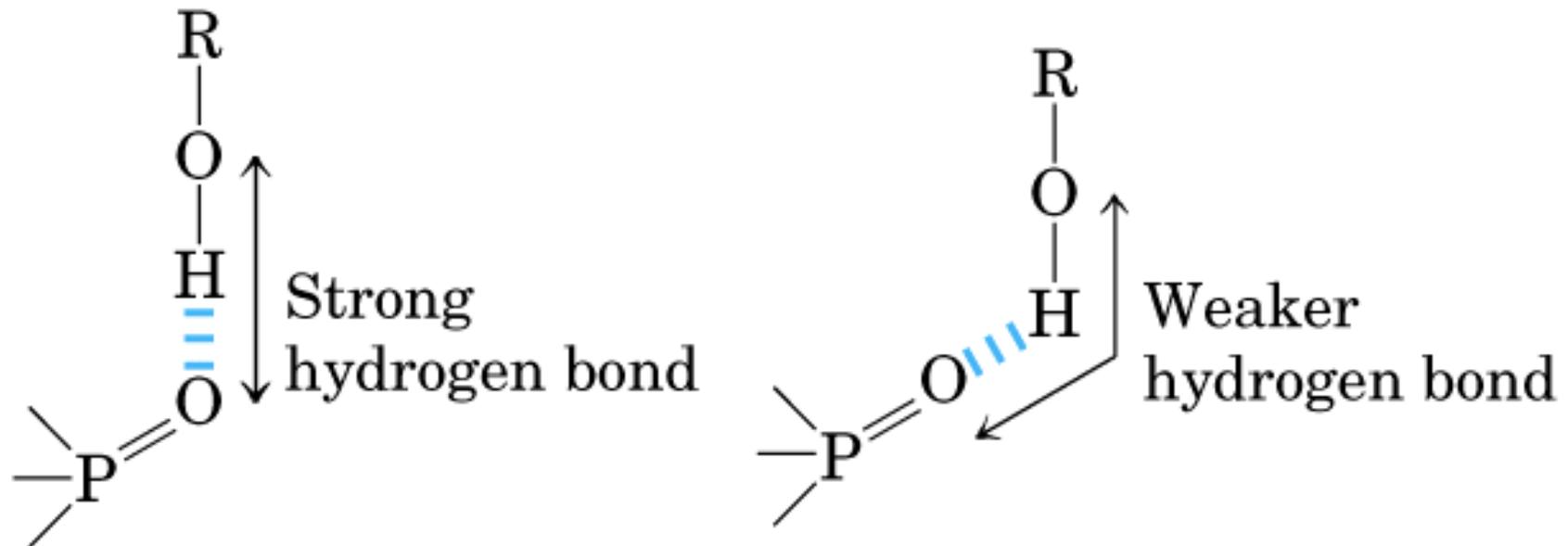
# **I legami ad idrogeno sono i responsabili dello stato fisico dell'acqua.**



**Allo stato solido, (ghiaccio) ogni molecola di acqua forma 4 legami ad idrogeno così ordinati da conferire al ghiaccio una struttura cristallina.**

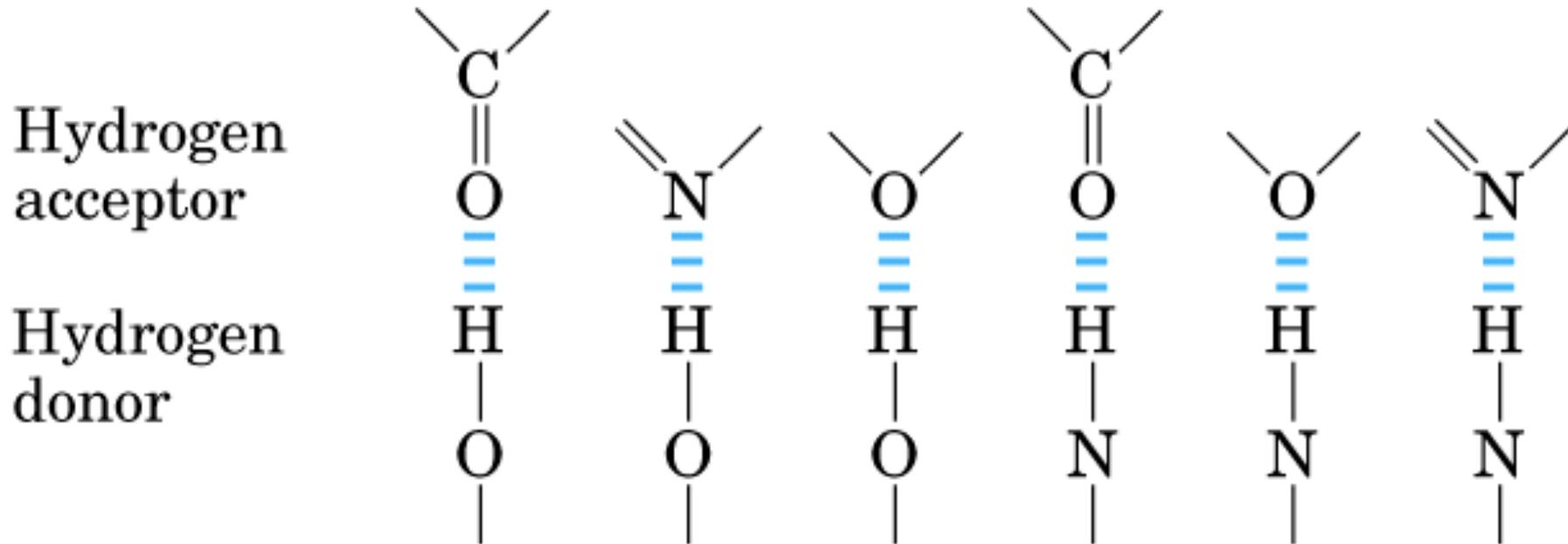
**Allo stato liquido, il numero di legami ad idrogeno è inferiore.**

**L'intensità del legame ad H dipende anche dalla disposizione dei tre atomi considerati.**



**Il legame è più forte se i tre atomi sono orientati lungo lo stesso asse.**

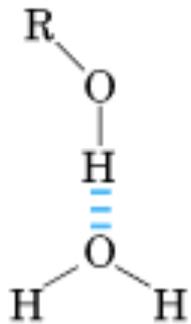
# Alcuni esempi di legami ad idrogeno



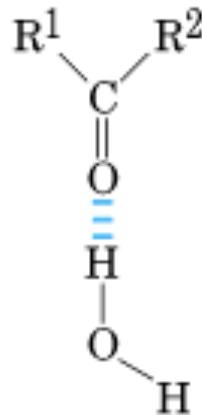
Questi tipi di legami si instaurano ogni volta che *un atomo di idrogeno fa da ponte tra due atomi fortemente elettronegativi (N, O, F)*

# Alcuni esempi di legami ad idrogeno di importanza biologica

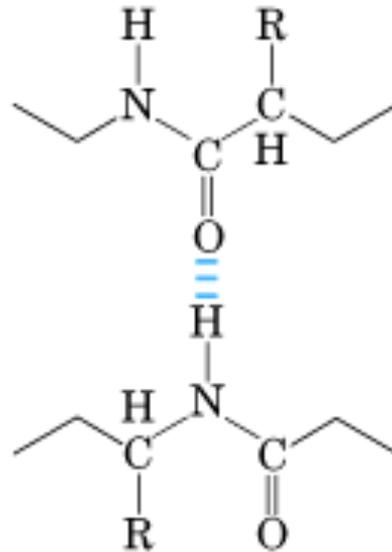
Between the hydroxyl group of an alcohol and water



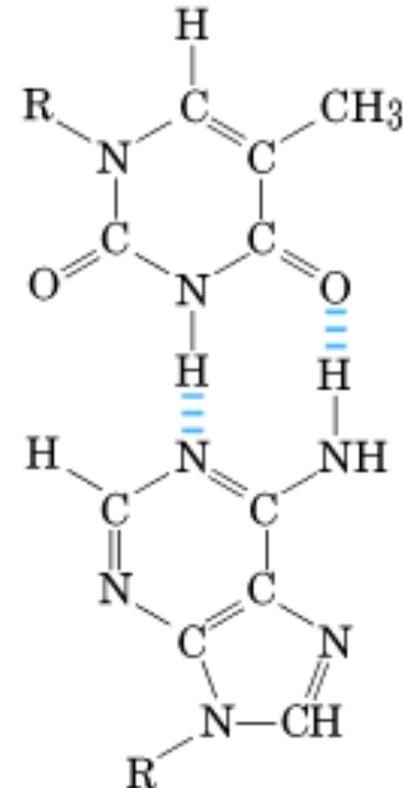
Between the carbonyl group of a ketone and water



Between peptide groups in polypeptides



Between complementary bases of DNA



Thymine

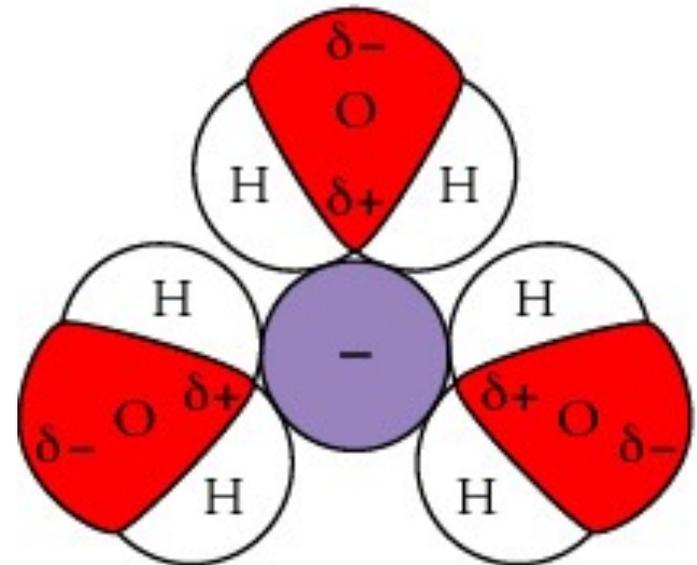
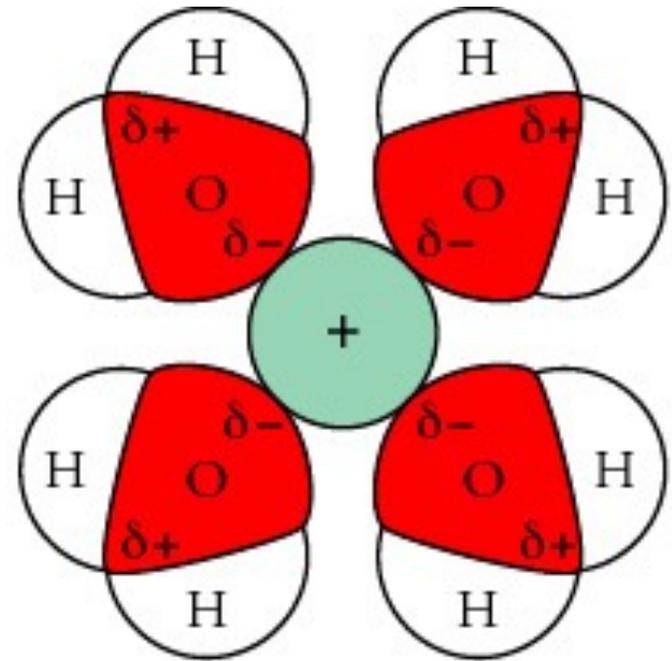
Adenine

**L'acqua è il solvente universale nei sistemi biologici.**

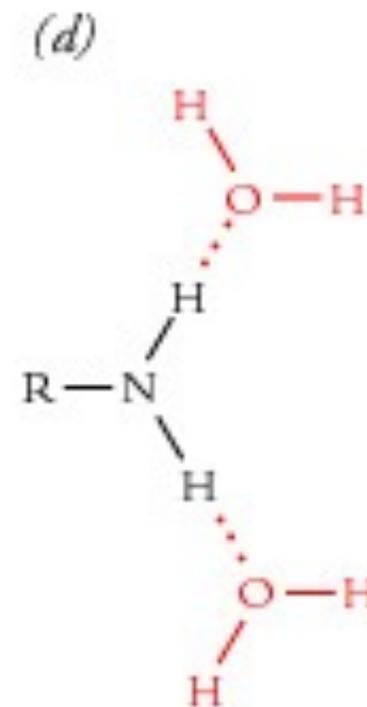
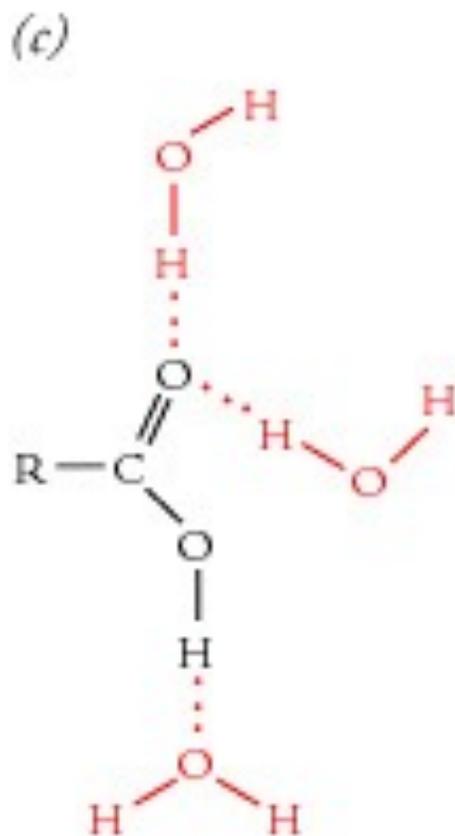
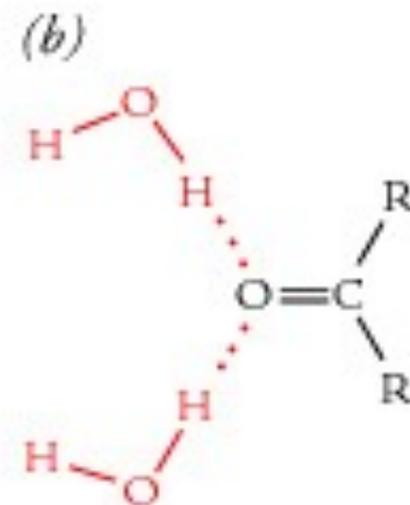
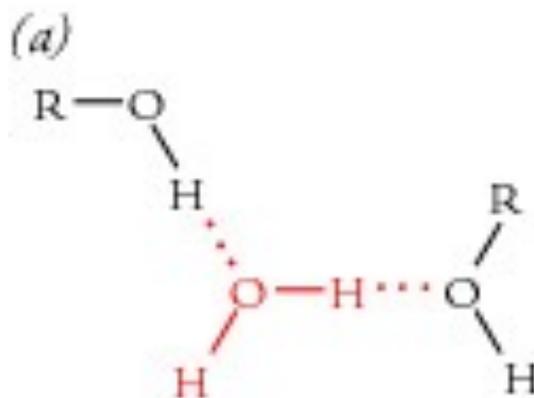
**Composto covalente con elevata costante dielettrica.**

**Solubilizzazione delle sostanze ioniche in ambiente acquoso mediante solvatazione degli ioni.**

***Dissociazione elettrolitica.***

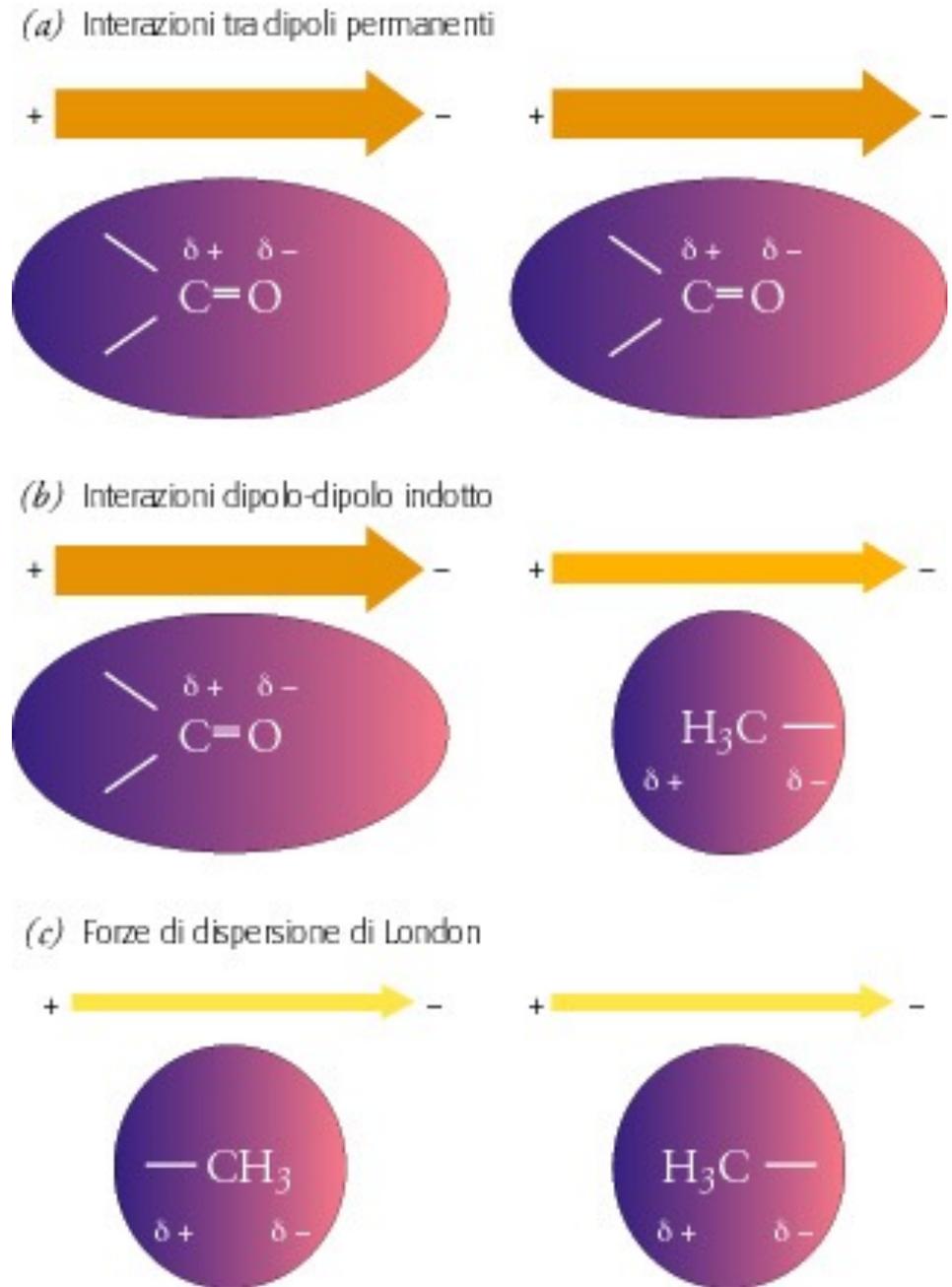


**Solubilizzazione di  
sostanze covalenti  
mediante  
formazione di  
legami idrogeno tra  
il solvente (acqua)  
ed il soluto.**



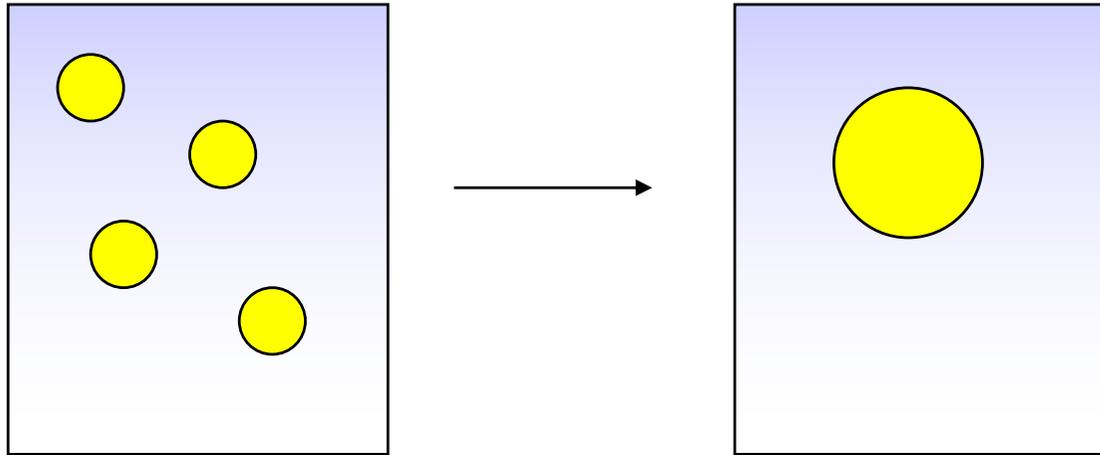
**Altre interazioni  
deboli che  
coinvolgono  
molecole neutre:  
interazioni tra  
dipoli**

**Forze di van der  
Waals:  
interazioni tra dipoli  
istantanei**

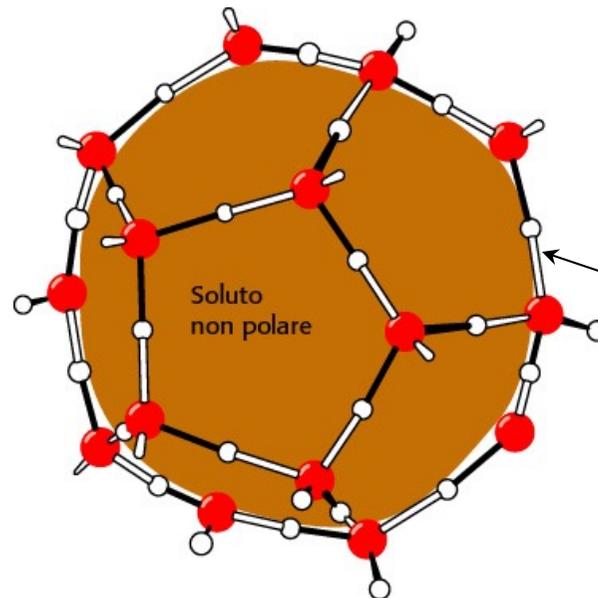


# Interazioni idrofobiche

## Comportamento dell'olio in acqua



**Le molecole  
d'acqua si  
“strutturano”  
intorno ai soluti  
idrofobici**



**Legami ad  
idrogeno**

# Le interazioni deboli

- ✱ **Interazioni non covalenti di piccola intensità**
  - ✓ **Legami ad idrogeno**
  - ✓ **Interazioni tra gruppi carichi**
  - ✓ **Forze di van der Waals**
  - ✓ **Interazioni idrofobiche**
- ✱ **Singolarmente poco rilevanti ma collettivamente importanti anche dal punto di vista biologico**
- ✱ **Interazioni di natura transitoria che conferiscono flessibilità e stabilità alle biomolecole**