

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**
- 

Tavola Periodica degli Elementi

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 1 1A | Nuovo Originale | | | | | | | | | | | | | | | | 18 VIIIA | |
| 1 H Idrogeno 1.00794 | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 He Elio 4.002602 | |
| 3 Li Litio 6.941 | 4 Be Berillio 9.012182 | | | | | | | | | | | 5 B Boro 10.811 | 6 C Carbonio 12.0107 | 7 N Azoto 14.00674 | 8 O Ossigeno 15.9994 | 9 F Fluoro 18.9984032 | 10 Ne Neon 20.1797 | |
| 11 Na Sodio 22.989770 | 12 Mg Magnesio 24.3050 | 3 III B | 4 IV B | 5 V B | 6 VI B | 7 VII B | 8 | 9 VIII B | 10 | 11 IB | 12 IIB | 13 Al Alluminio 26.981538 | 14 Si Silicio 28.0855 | 15 P Fosforo 30.973761 | 16 S Zolfo 32.066 | 17 Cl Cloro 35.453 | 18 Ar Argon 39.948 | |
| 19 K Potassio 39.0983 | 20 Ca Calcio 40.078 | 21 Sc Scandio 44.955910 | 22 Ti Titanio 47.867 | 23 V Vanadio 50.9415 | 24 Cr Cromo 51.9961 | 25 Mn Manganese 54.938049 | 26 Fe Ferro 55.8457 | 27 Co Cobalto 58.933200 | 28 Ni Nichel 58.6934 | 29 Cu Rame 63.546 | 30 Zn Zinco 65.409 | 31 Ga Gallio 69.723 | 32 Ge Germanio 72.64 | 33 As Arsenico 74.92160 | 34 Se Selenio 78.96 | 35 Br Bromo 79.904 | 36 Kr Kripton 83.798 | |
| 37 Rb Rubidio 85.4678 | 38 Sr Stronzio 87.62 | 39 Y Ittrio 88.90585 | 40 Zr Zirconio 91.224 | 41 Nb Niobio 92.90638 | 42 Mo Molibdeno 95.94 | 43 Tc Technezio (98) | 44 Ru Rutenio 101.07 | 45 Rh Rodio 102.90550 | 46 Pd Palladio 106.42 | 47 Ag Argento 107.8682 | 48 Cd Cadmio 112.411 | 49 In Indio 114.818 | 50 Sn Stagno 118.710 | 51 Sb Antimonio 121.760 | 52 Te Tellurio 127.60 | 53 I Iodio 126.90447 | 54 Xe Xeno 131.293 | |
| 55 Cs Cesio 132.90545 | 56 Ba Bario 137.327 | 57 to 71 | | 72 Hf Afrio 178.49 | 73 Ta Tantalo 180.9479 | 74 W Tungsteno 183.84 | 75 Re Renio 186.207 | 76 Os Osmio 190.23 | 77 Ir Iridio 192.217 | 78 Pt Platino 195.078 | 79 Au Oro 196.96655 | 80 Hg Mercurio 200.59 | 81 Tl Tallio 204.3833 | 82 Pb Piombo 207.2 | 83 Bi Bismuto 208.98038 | 84 Po Polonio (209) | 85 At Astatio (210) | 86 Rn Radon (222) |
| 87 Fr Francio (223) | 88 Ra Radio (226) | 89 to 103 | | 104 Rf Rutherfordio (261) | 105 Db Dubnio (262) | 106 Sg Seaborgio (266) | 107 Bh Bohrio (264) | 108 Hs Hassio (269) | 109 Mt Meitnerio (268) | 110 Ds Darmstadtio (271) | 111 Rg Roentgenio (272) | 112 Uub Ununbio (285) | 113 Uut Ununtrio (284) | 114 Uuq Ununquadio (289) | 115 Uup Ununpentio (288) | 116 Uuh Ununhexio (292) | 117 Uus Ununseptio | 118 Uuo Ununoctio |

- Metalli alcalini
- Metalli alcalino terrosi
- Metalli del blocco d
- Lantanidi
- Attinidi
- Metalli del blocco p
- Nonmetalli
- Gas nobili
- Solidi
- Liquidi
- Gas
- Artificiali

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

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

⁴ *(3-4 miliardi di anni fa)*

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

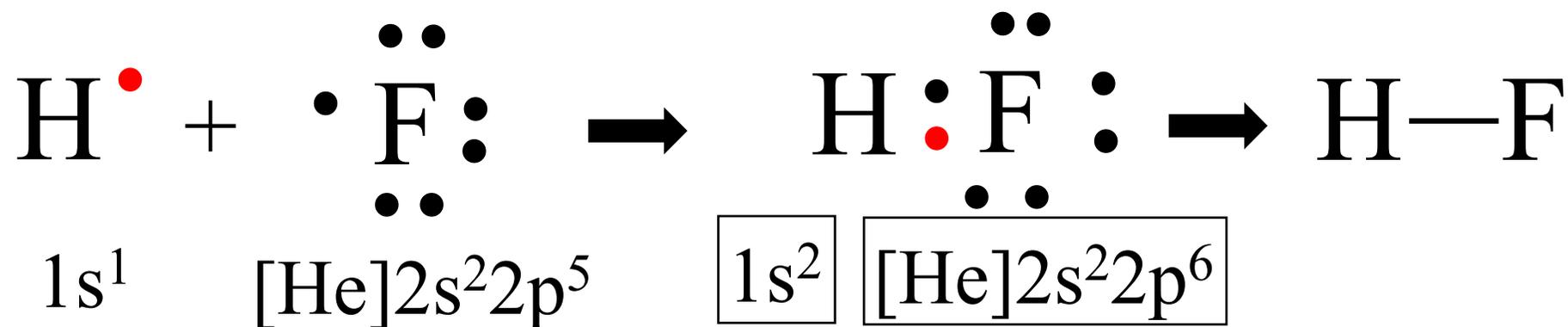
Ad esempio, per la formazione del legame covalente nella molecola H₂ può essere descritta così:



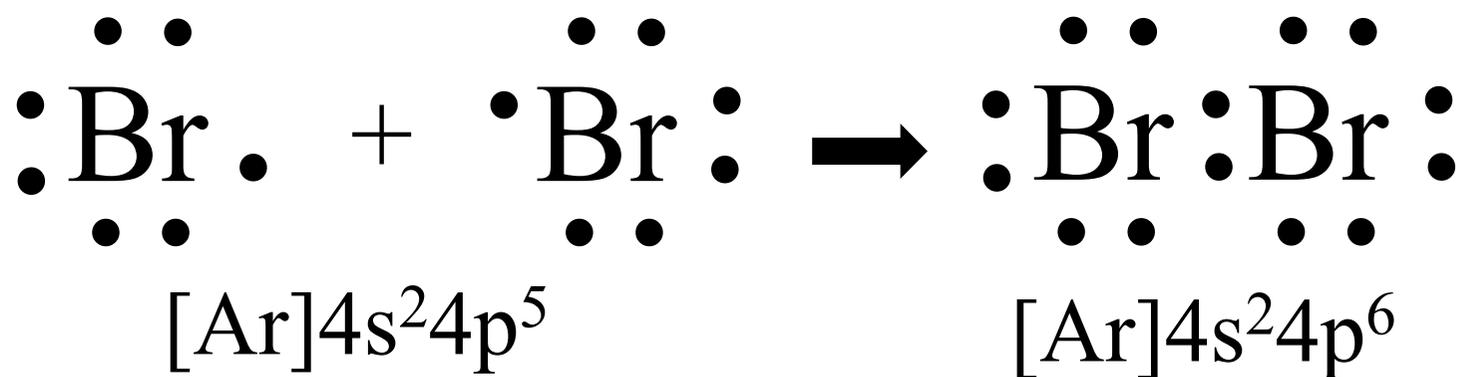
Nella notazione di Lewis, il legame covalente si indica con una coppia di elettroni tra i due atomi legati. In alternativa, si mette un trattino che indica appunto una coppia di elettroni condivisa.

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 H₂ presenta la configurazione elettronica dell'elio, 1s².

Esempio: HF (acido fluoridrico)

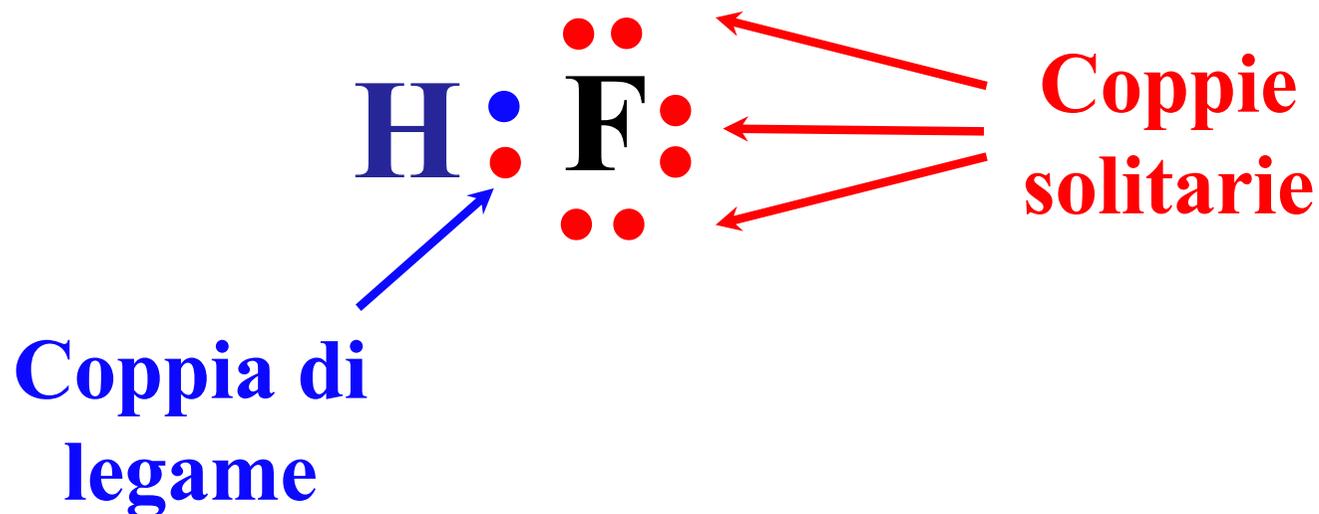


Esempio: Br₂



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 (χ) rappresenta la media aritmetica dei valori del potenziale di ionizzazione e di affinità elettronica.

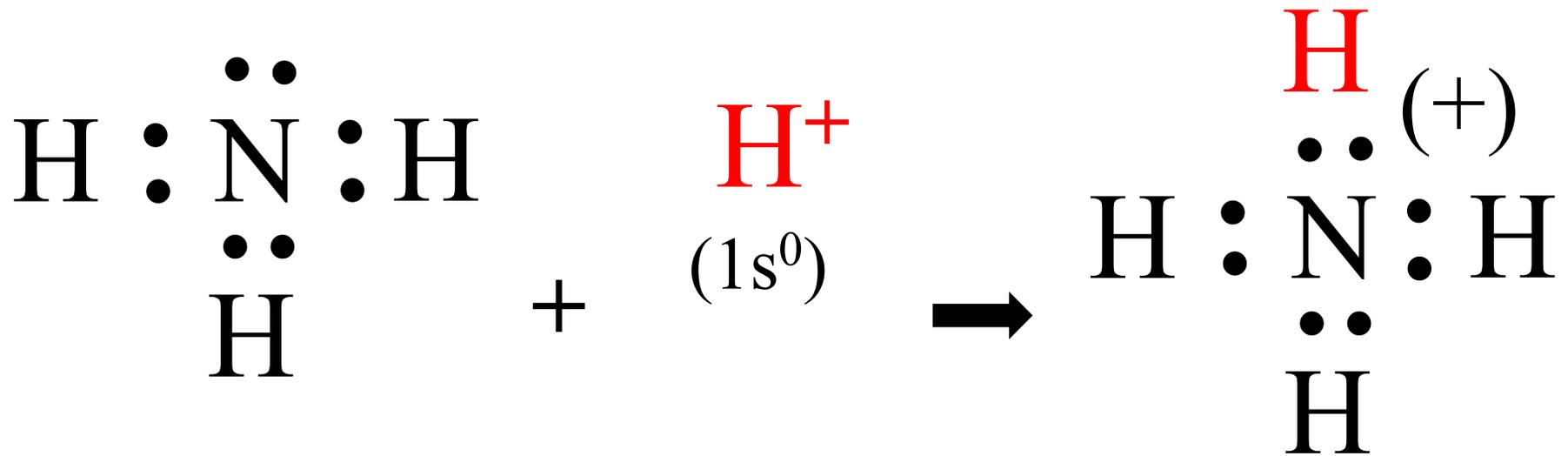
La scala di elettronegatività più usata è quella proposta da Pauling, che si basa invece su misure di energie di legame. Qualitativamente le due scale sono equivalenti

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:

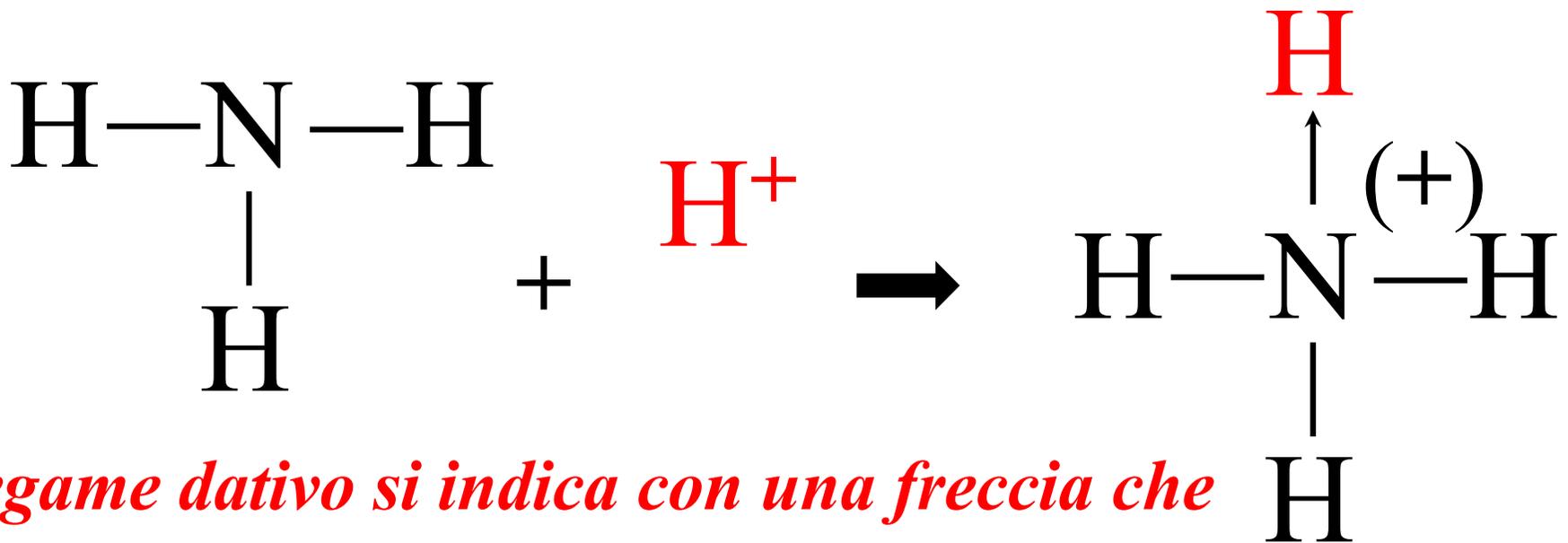
- 1) Un atomo che ha raggiunto lo stato ottetico mediante legami covalenti con una o più coppie solitarie.**
- 2) Un altro atomo (anche in una molecola) che presenta un orbitale vuoto.**

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.

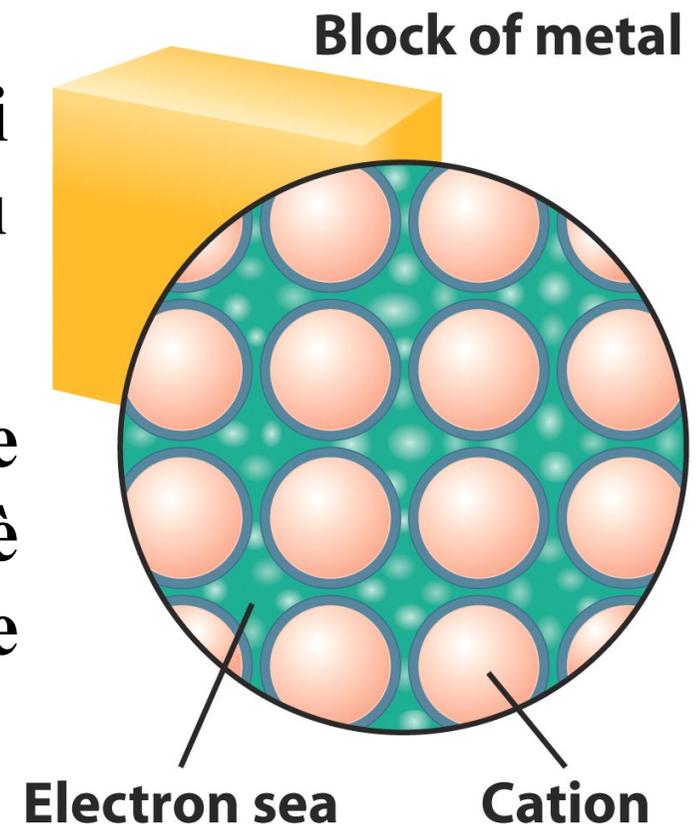
Legame metallico

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

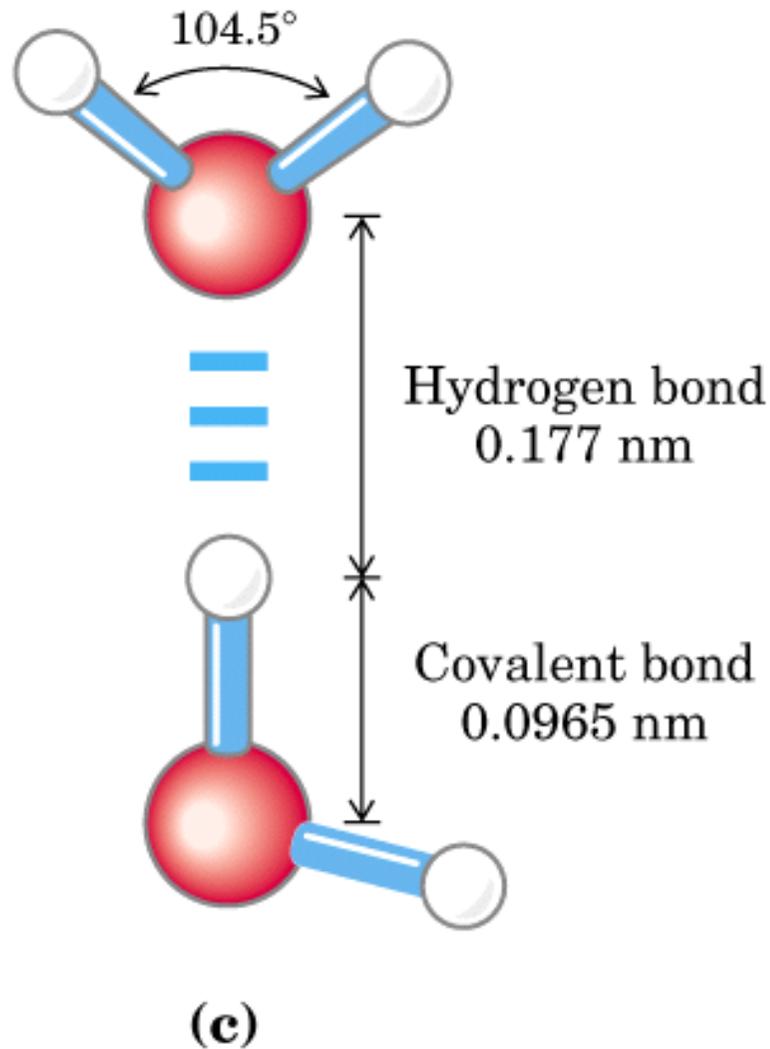
È un legame ad elettroni delocalizzati, quelli dello strato più esterno dell'elemento metallico.

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.



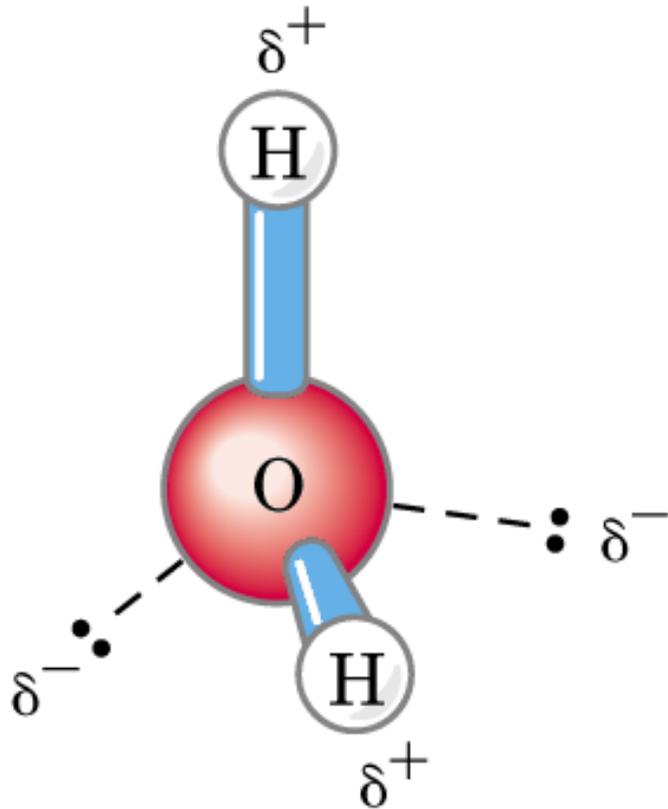
Il legame ad idrogeno



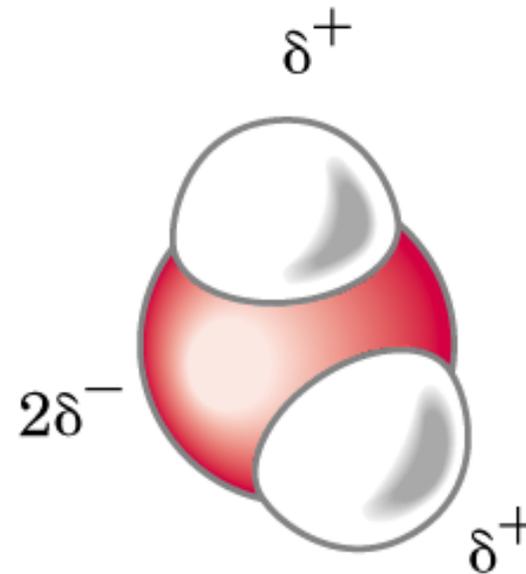
Il legame ad idrogeno si può formare ogni volta che un atomo di idrogeno, *legato covalentemente ad un atomo fortemente elettronegativo e di piccole dimensioni (F, O, N)*, si trova ad una certa distanza da un altro atomo di questo tipo di elementi.

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° .

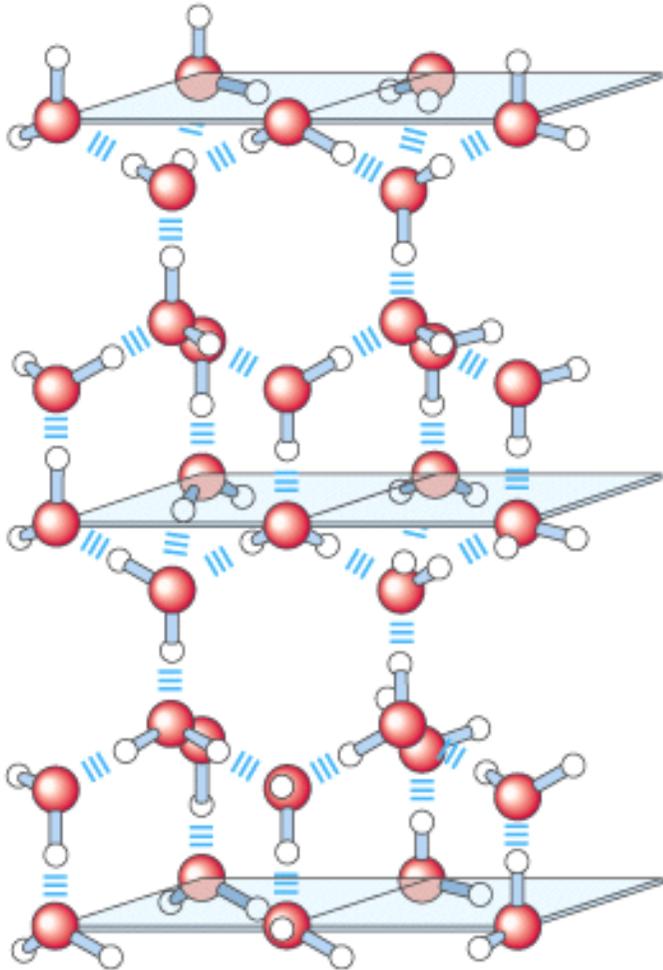


(a)



(b)

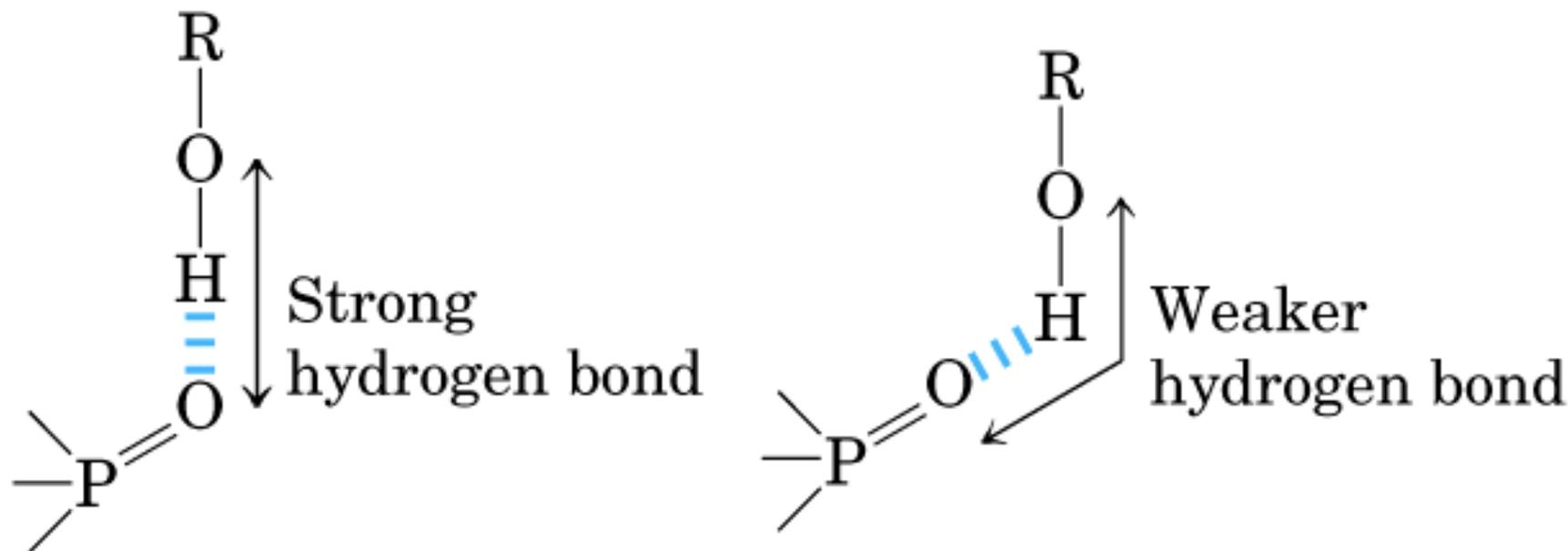
I legami ad idrogeno sono i responsabili dello stato fisico dell'acqua.



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

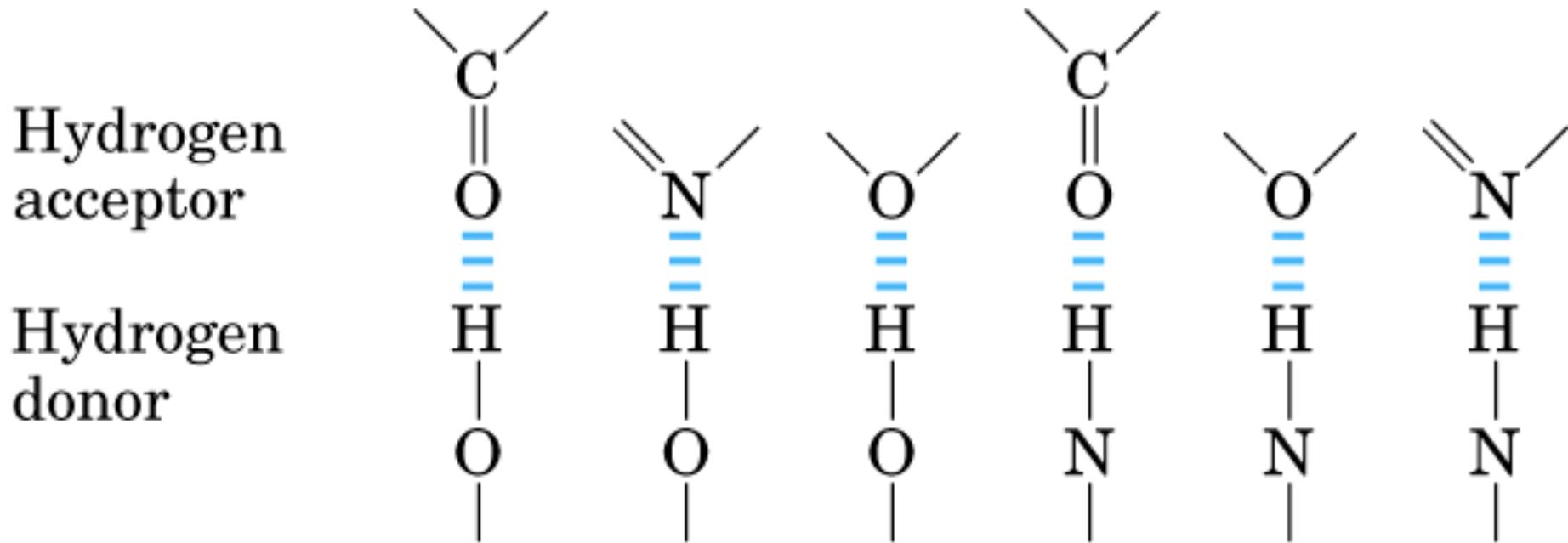
Allo stato liquido, il numero di legami ad idrogeno è inferiore.

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.

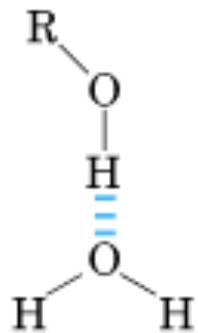
Alcuni esempi di legami ad idrogeno



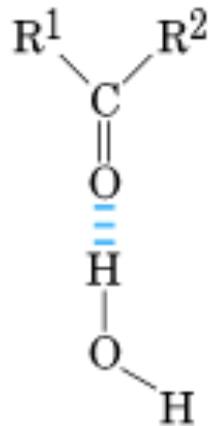
Questi tipi di legami si instaurano ogni volta che *un atomo di idrogeno fa da ponte tra due atomi fortemente elettronegativi (N, O, F)*

Alcuni esempi di legami ad idrogeno di importanza biologica

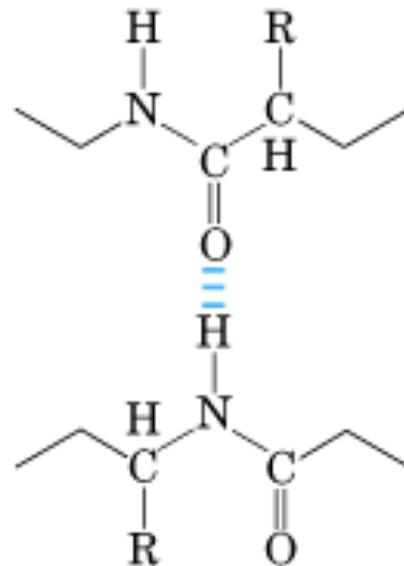
Between the hydroxyl group of an alcohol and water



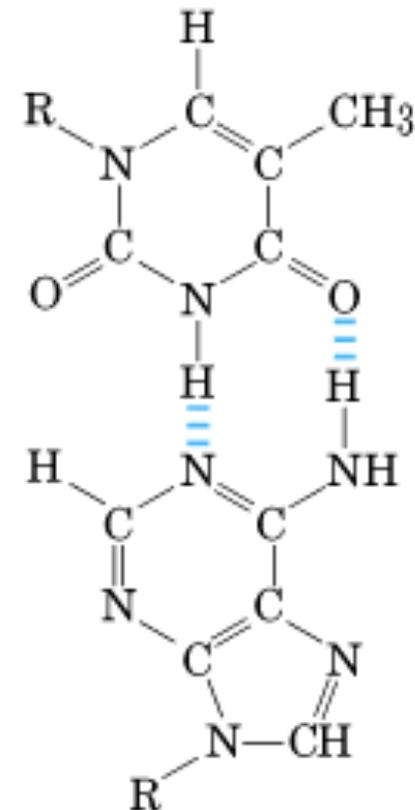
Between the carbonyl group of a ketone and water



Between peptide groups in polypeptides



Between complementary bases of DNA



Thymine

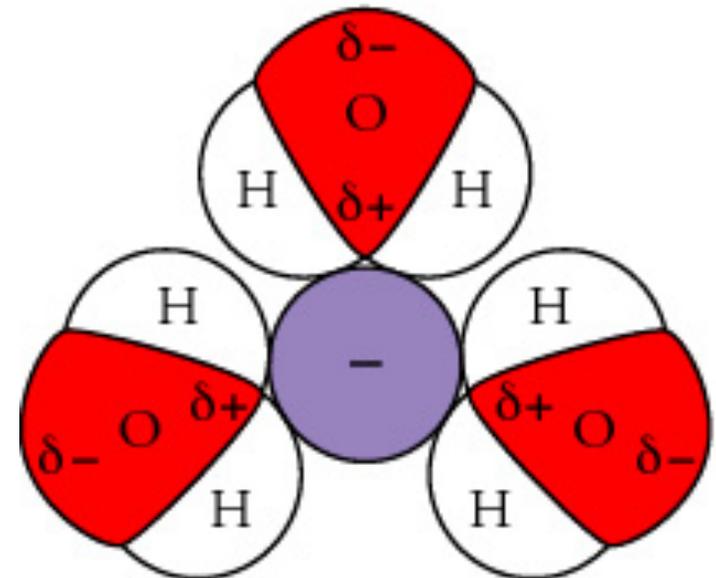
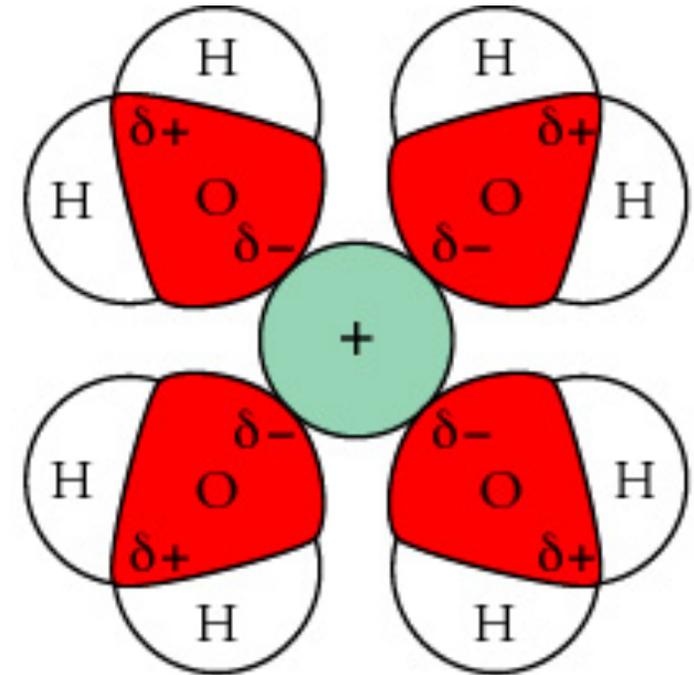
Adenine

L'acqua è il solvente universale nei sistemi biologici.

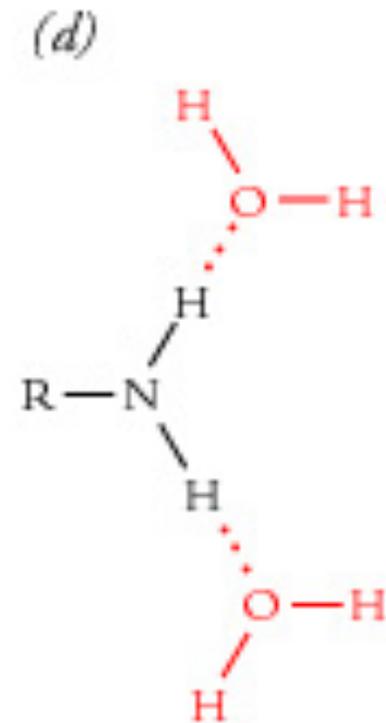
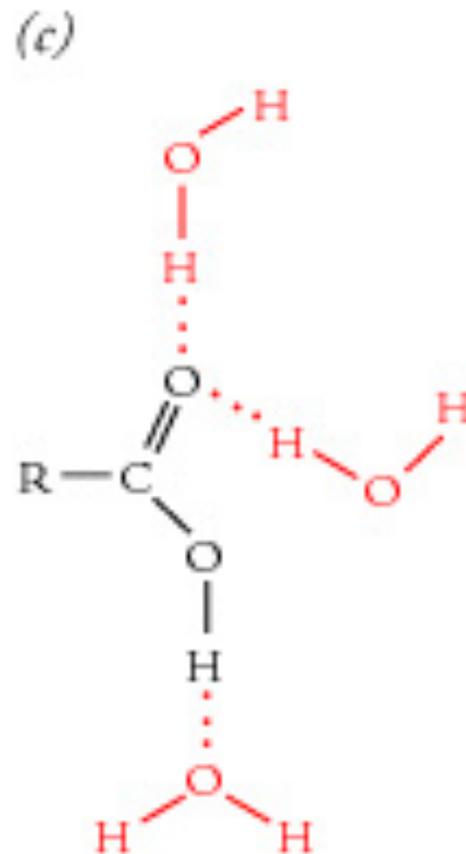
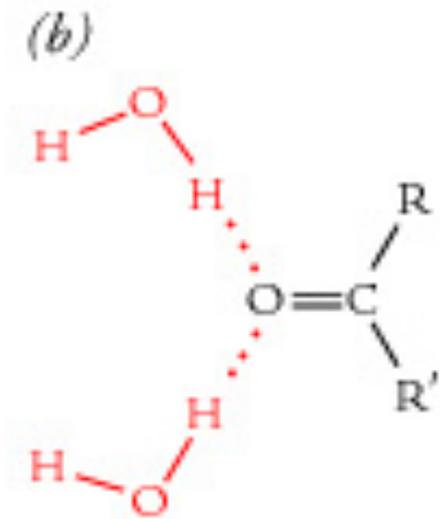
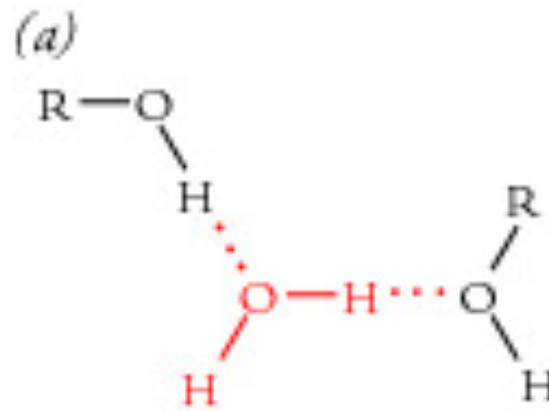
Composto covalente con elevata costante dielettrica.

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

Dissociazione elettrolitica.

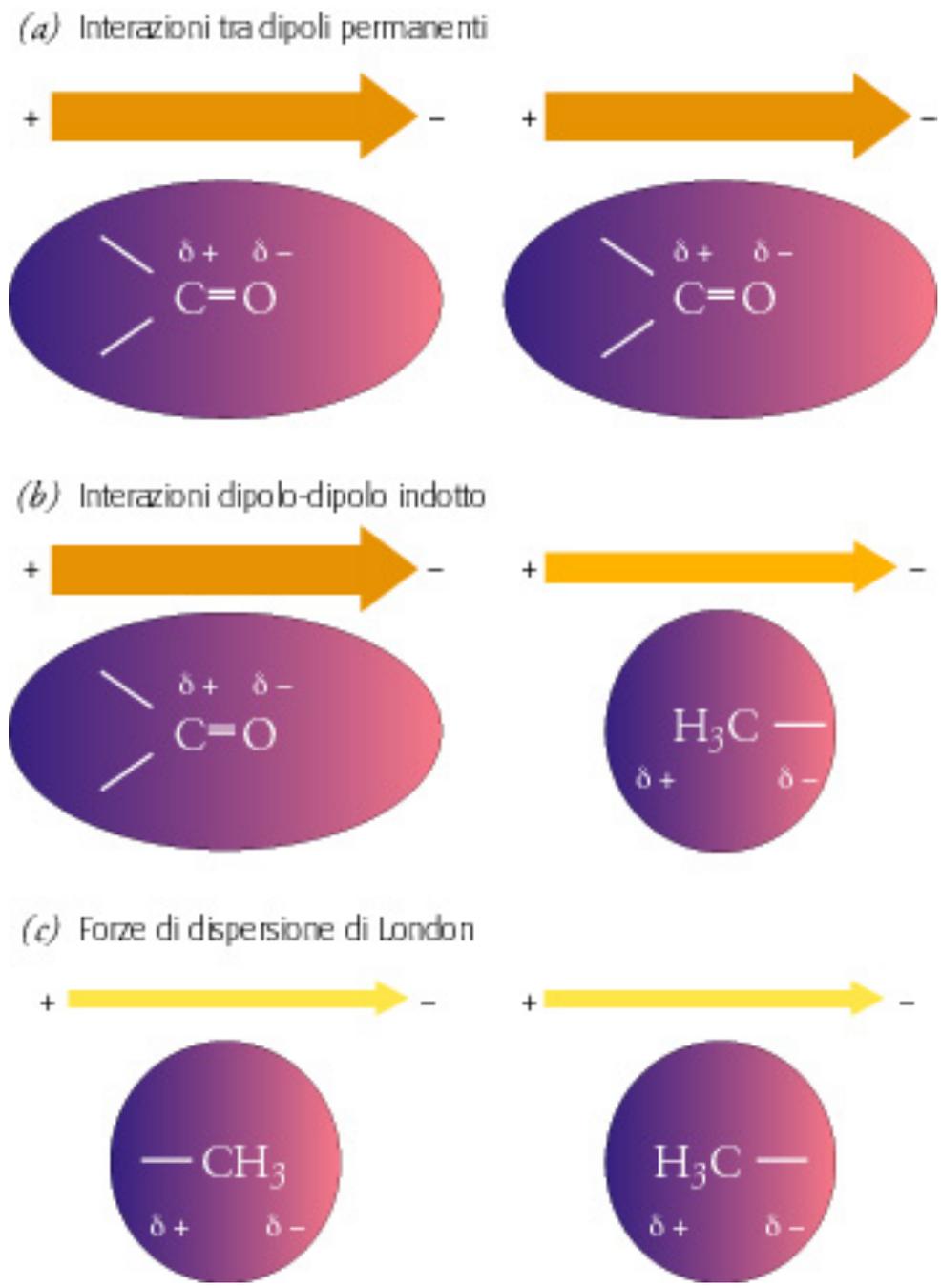


**Solubilizzazione di
sostanze covalenti
mediante
formazione di
legami idrogeno tra
il solvente (acqua)
ed il soluto.**



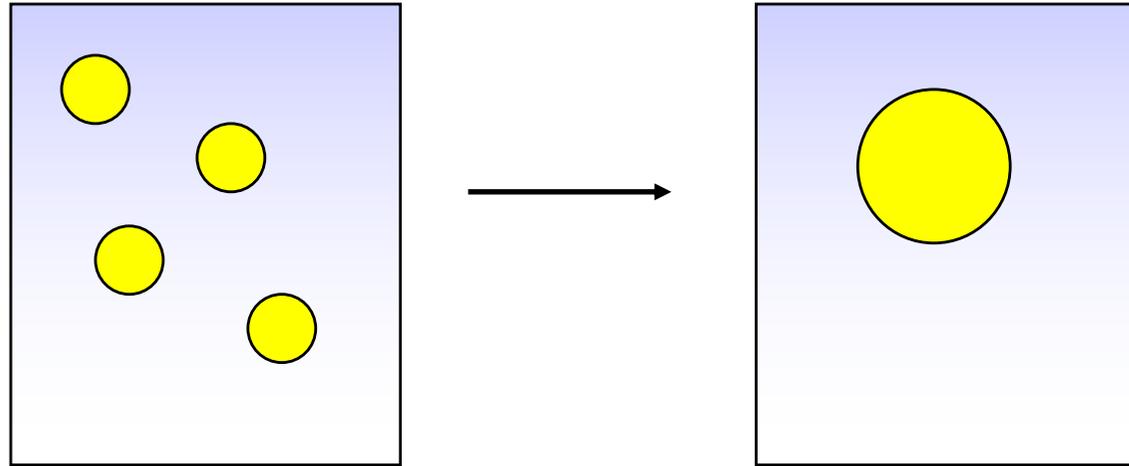
**Altre interazioni
deboli che
coinvolgono
molecole neutre:
interazioni tra
dipoli**

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

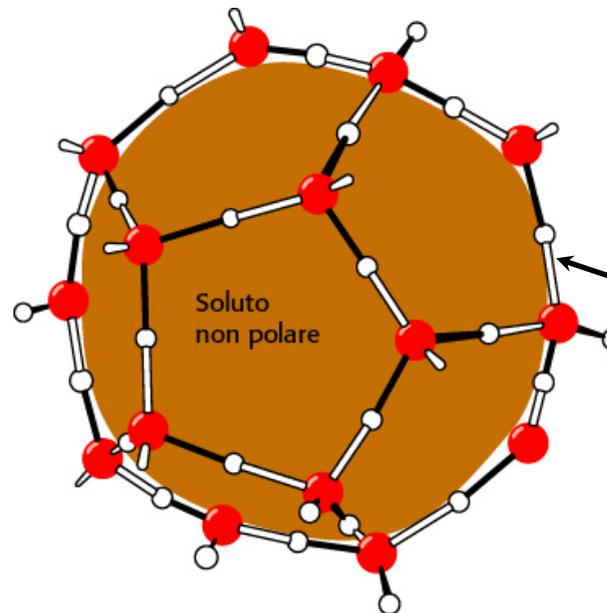


Interazioni idrofobiche

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**