

La chimica facile di ogni giorno

Roberto Della Loggia

LEZIONE 3

Le meraviglie dell'acqua

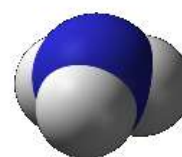
L'acqua è la molecola più importante per la vita. Infatti sappiamo che noi siamo fatti per più della metà di acqua, che tutte le reazioni biologiche avvengono nell'acqua, che la vita è nata nell'acqua del mare ed è l'acqua del mare che noi ci portiamo dentro, con poche modifiche. Ciò è possibile perché l'acqua possiede delle proprietà uniche che la distinguono da tutte le altre piccole molecole, in primo luogo quella di essere liquida a temperatura ambiente. Se confrontiamo il peso molecolare dell'acqua con quello di altre piccole molecole vediamo che l'acqua è una delle più leggere:



Idrogeno H_2 p.m. = 2



Metano CH_4 p.m. = 16



Ammoniaca NH_3 p.m. = 17



Acqua H_2O p.m. = 18



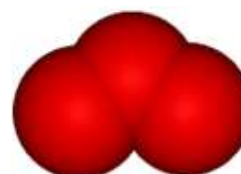
Azoto N_2 p.m. = 28



Ossigeno O_2 p.m. = 32



Anidride carbonica CO_2 p.m. = 44

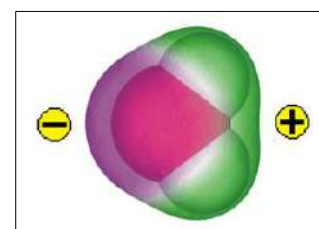


Ozono O_3 p.m. = 48

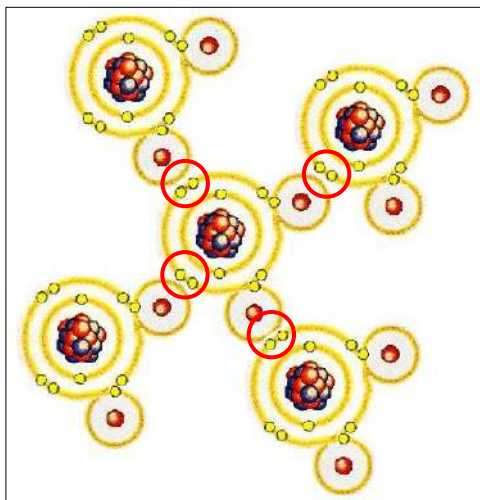
Tutte queste piccole molecole, tranne l'acqua, a temperatura ambiente sono dei **gas**. Questo significa che le singole molecole sono libere di muoversi e di allontanarsi l'una dall'altra per occupare tutto lo spazio disponibile. L'acqua invece, pur essendo una delle più leggere, a temperatura ambiente è **liquida**, perché le sue molecole sono legate tra loro e possono solo scivolare l'una sull'altra ma non allontanarsi. Per trasformare l'acqua in gas dobbiamo somministrare energia (calore) per rompere i legami tra le molecole: e quando raggiungiamo i $100^\circ C$ tutte le molecole possono trasformarsi in gas e volare via; cioè l'acqua bolle.

Ma cos'è che tiene legate le molecole d'acqua le une alle altre?

Abbiamo visto che l'acqua è una molecola asimmetrica e che gli elettroni che legano l'idrogeno all'ossigeno passano più tempo dalla parte dell'ossigeno, quindi lì (in viola nella figura a lato) c'è una maggiore carica negativa; i due idrogeni restano quindi "scoperti", quasi dei protoni "nudi", quindi dalla loro parte (in verde nella figura) resta una carica negativa.



L'acqua è dunque una molecola dipolare, con un polo positivo ed uno negativo. Poiché i poli positivi attirano quelli negativi si stabilisce tra le molecole d'acqua un legame elettrostatico che tende a tenerle unite.



Ma a questo si aggiunge un altro tipo di legame. Abbiamo infatti visto che gli elettroni preferiscono stare **a coppie** sull'orbitale più esterno; però i due idrogeni dell'acqua hanno quasi del tutto perso il loro elettrone, che passa la maggior parte del suo tempo sull'ossigeno. D'altro canto, c'è sempre un'altra molecola d'acqua lì vicino che ha una coppia di elettroni sull'orbitale esterno e può sistemarli nell'orbitale quasi vuoto degli idrogeni della prima molecola; si forma così un **ponte-idrogeno** che lega le due molecole. Come appare dalla figura a lato, dove sono disegnati in giallo gli orbitali e i ponti-idrogeno sono evidenziati dai cerchietti rossi, una molecola d'acqua tende a legarsi con altre quattro.

Il ponte a idrogeno è un legame un po' più debole di quello normale.

In definitiva, l'acqua è liquida a temperatura ambiente perché le sue molecole sono molto legate tra di loro:

- da ponti-idrogeno;
- dall'attrazione elettrostatica.

Tutti sanno che se scaldiamo l'acqua fino a 100 gradi questa bolle, cioè si trasforma in vapore. Cos'è successo? Scaldando l'acqua forniamo sotto forma di calore l'energia necessaria a spezzare tutti i legami di cui abbiamo detto sopra e le molecole d'acqua sono libere di andarsene ognuna per conto suo.

Questo spiega anche perché il vapore acqueo scotta tanto. Quando avviciniamo la mano ad una fonte di vapore, come una pentola in ebollizione, l'acqua gassosa a contatto con le dita, che sono fredde, ridiventa liquida e cede alle dita il calore che era stato necessario per rompere tutti i legami e trasformarla in gas. E ciò provoca un improvviso forte aumento della temperatura della pelle.



Quando invece raffreddiamo l'acqua togliamo energia e, arrivati a zero gradi non ce n'è più neanche per permettere alle molecole di scivolare l'una sull'altra: si forma il ghiaccio, cioè acqua solida.

La tensione superficiale

Normalmente, la forza di gravità schiaccia l'acqua all'interno del recipiente che la contiene, ma quando l'acqua non è soggetta alla gravità, ad esempio una goccia che cade o una quantità d'acqua in una stazione spaziale, essa tende ad assumere una forma sferica. Come mai?

Abbiamo visto che ogni molecola d'acqua è legata ad altre quattro ed inoltre attira quelle vicine; questo va bene per una molecola che sia in mezzo ad una massa d'acqua, ma quelle che

si trovano alla superficie possono formare meno legami, cioè solo verso l'interno. Formare meno legami significa però avere un'energia più alta e quindi la massa d'acqua tende ad assumere una forma che riduca al minimo la superficie esposta all'esterno, cioè una sfera.



Questa tendenza a ridurre la superficie in contatto con materiali che, come l'aria o i grassi, non formano legami con l'acqua costituisce una forza chiamata **tensione superficiale**.

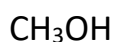
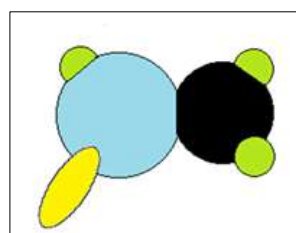
È grazie alla tensione superficiale che certi insetti riescono a camminare sull'acqua o che gli uccelli acquatici riescono ad emergere dall'acqua asciutti.

La solubilità

Acqua ed olio non si mescolano, è noto a tutti. Ma come mai, cosa impedisce all'olio di mescolarsi all'acqua?

Qui entra in gioco la tensione superficiale, cioè il numero di molecole d'acqua che sono alla superficie di contatto e che, come abbiamo visto, non gradiscono questa situazione; potremmo chiamarle molecole "a disagio".

Consideriamo ora la molecola di alcol metilico che ha la formula:

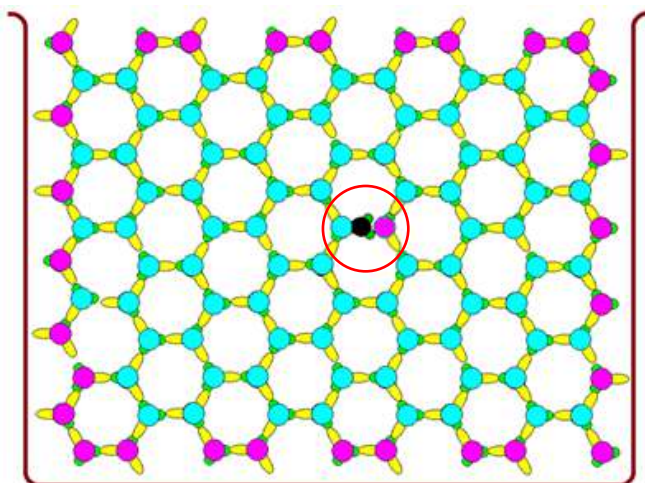


In pratica è una molecola d'acqua nella quale al posto di un idrogeno c'è un carbonio legato a tre idrogeni:

tutta roba che non fa legami con l'acqua. Nell'immagine qui a lato, che rappresenta una molecola di alcol metilico, si riconosce l'ossigeno (in azzurro) con il suo idrogeno (in verde) e una delle sue coppie di elettroni liberi (in giallo, l'altra è dietro all'ossigeno e non si vede); accanto c'è il carbonio (in nero) con due dei suoi idrogeni (il terzo sta dietro).



Immaginiamo ora di mettere questa molecola di alcol metilico in un recipiente pieno d'acqua, come rappresentato qui a lato.

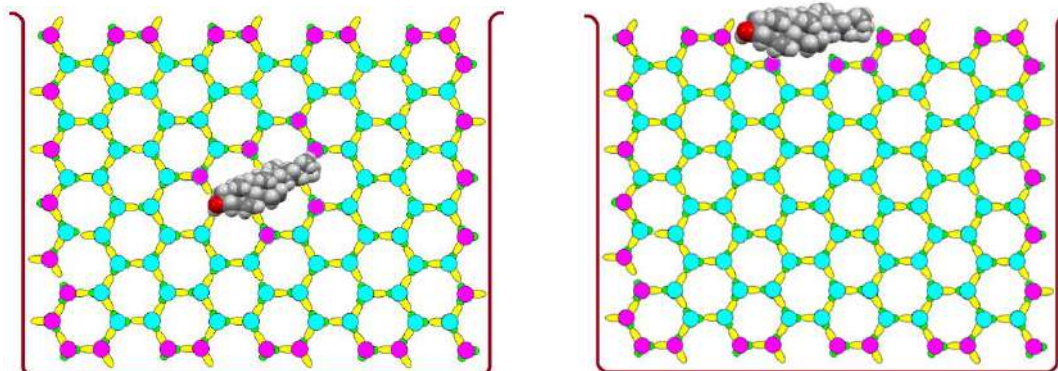


Si vedono le molecole "a disagio" ai bordi (in viola) e si nota che la presenza dell'alcol metilico (nel cerchietto rosso) fa sì che una sola molecola d'acqua (in viola) non possa fare tutti i suoi legami e sia quindi a disagio. Questo piccolo "disturbo" è perfettamente assorbibile dal sistema e l'alcol metilico si mescola senza problemi con l'acqua, cioè è solubile in acqua.

Lo stesso accade con l'alcol etilico, che ha un carbonio in più dell'alcol metilico.

Se però cercassimo di mettere in acqua una molecola di colesterolo, che ha lo stesso gruppo OH dell'alcol metilico ma ben 27 atomi

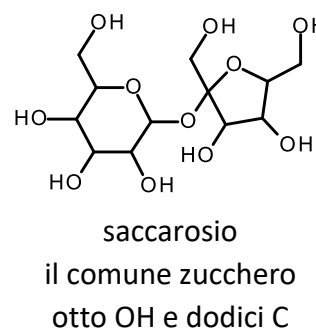
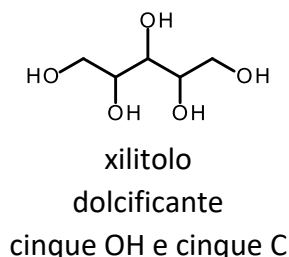
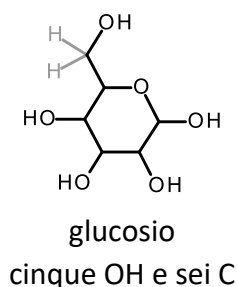
di carbonio, vedremmo che questo creerebbe un “disturbo” non sopportabile (le molecole in viola al centro della massa nella figura qui sotto a sinistra) e quindi la molecola verrebbe espulsa dall’acqua, come nella figura a destra.



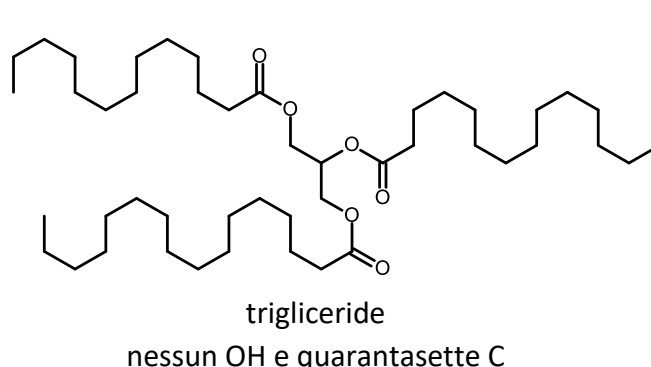
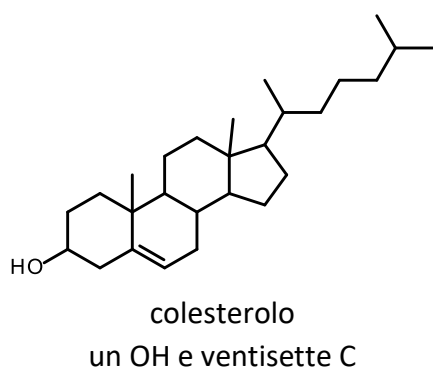
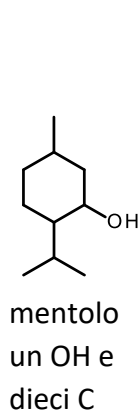
In altre parole il colesterolo non è miscibile con l’acqua. Ed infatti per essere trasportato nel sangue, che è un mezzo acquoso, viene inserito all’interno di grosse proteine solubili, le famigerate LDL e HDL, ma questa è un’altra storia, che però ci dice che questa cosa della solubilità in acqua ha molto a che vedere con la nostra vita.

In definitiva, una molecola sarà tanto più solubile in acqua quanti più gruppi OH possiede perché può formare più legami con l’acqua.

Possiamo vederlo da alcuni esempi di *sostanze solubili*:



Tra le *sostanze insolubili* potremo citare



Le grandi molecole insolubili in acqua come il colesterolo ed i trigliceridi sono chiamate **grassi**.