

La chimica facile di ogni giorno

Roberto Della Loggia

LEZIONE 4

Il mistero del pH

Sulle confezioni di molti prodotti, in particolare dei cosmetici, troviamo l'indicazione del valore del pH. Di che cosa si tratta? I chimici ci dicono che:

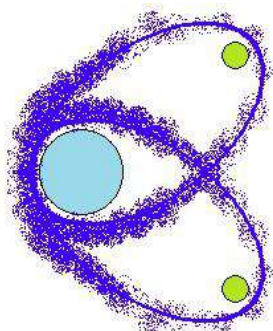
$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$$

il che significa che la sigla pH indica *il logaritmo in base 10 della concentrazione degli idrogenioni*.

Incomprensibile, vero?

Vediamo allora di renderlo più chiaro, senza ricorrere alla matematica superiore.

Torniamo alla nostra molecola di acqua. Ricorderete che i due atomi di idrogeno sono legati a quello di ossigeno grazie alla



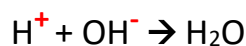
coppia di elettroni messa in compartecipazione; ricorderete anche che l'ossigeno ha una forte tendenza ad attrarre elettroni e che di conseguenza questi passano la maggior parte del loro tempo lontani dai nuclei di idrogeno.

Accade quindi che c'è una probabilità, anche se molto piccola, che in un dato momento uno degli idrogeni sia completamente privo di elettroni, potremmo dire che sia ridotto ad un protone "nudo"; quindi non sarà più legato alla molecola d'acqua e potrà allontanarsene. Avendo

perso il suo elettrone, avrà una carica positiva mentre il resto della molecola si trova con un elettrone in più e quindi avrà una carica negativa. Tutto questo viene espresso dalla seguente reazione:



Atomi e molecole che non sono più neutri perché hanno perso o acquistato elettroni sono detti **ioni**; la nostra molecola d'acqua si è dissociata in uno ione positivo, lo idrogenione di cui alla definizione di pH cioè il protone, ed uno ione negativo, detto ossidrile (nome difficile: chiamiamolo semplice-mente OH^-). Naturalmente, dato che positivo e negativo si attraggono, il protone fuggitivo ritornerà subito sull' OH^- e si ricostituirà la molecola di acqua neutra:



Tuttavia per un brevissimo periodo il protone sarà rimasto libero e ci possiamo chiedere quanti siano normalmente questi protoni liberi nell'acqua. Il conto è presto fatto: tenendo presente il famoso numero di Avogadro, sappiamo che in una goccia (20 mg) di acqua ci sono la bellezza di:

1.730.555.555.555.560.000.000 molecole.

Di queste, solo una piccolissima parte è, in ogni istante, dissociata e precisamente:

173.055.555.555.556

La concentrazione di ioni idrogeno (protoni) sarà data dal numero di molecole dissociate diviso per il numero di molecole totali. Il conto è molto facile e dà come risultato 1 molecola

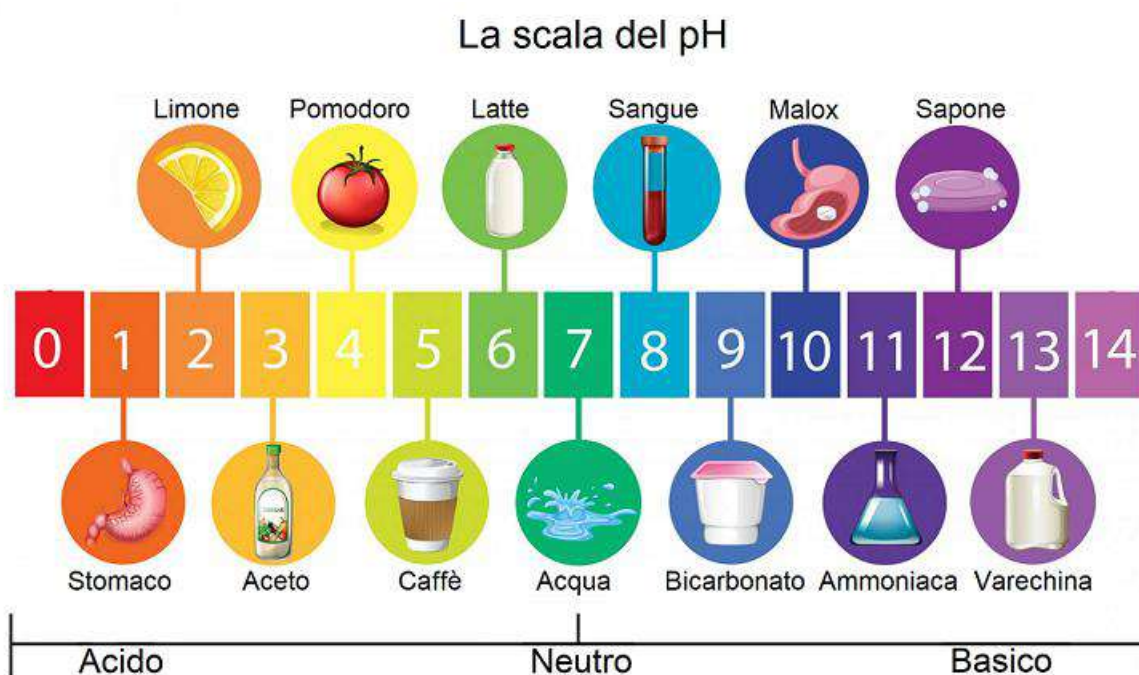


su 10.000.000, cioè nell'acqua pura una molecola su dieci milioni è dissociata in 1 protone ed un OH^{meno}. Comunque, l'acqua è **sempre** ionizzata, checché ne dica la pubblicità di certe acque commerciali.

Uno su dieci milioni si può scrivere anche come 10^{-7} . Ecco, quel 7, che è il numero di zeri in 10.000.000, è il valore del pH dell'acqua pura.

Troppo complicato? Forse, ma a noi basta tener presente che se il pH di una soluzione è 7 vuol dire che ci sono esattamente tanti H⁺ più quanti OH^{meno}. Se il pH è più basso vuol dire che, per ragioni che vedremo più avanti, ci sono più H⁺ e diremo che la soluzione è **acida**; se il pH è più alto di 7 vuol dire che ci sono più OH^{meno} che H⁺ e diremo che la soluzione è **basica** o **alcalina** (i due termini sono sinonimi).

Qualche esempio chiarirà la cosa.



Dalla figura qui sopra possiamo capire che il latte (non quello andato a male) è leggermente acido: pH 6 significa che gli H⁺ sono 10 volte più abbondanti che nell'acqua pura; il pH 5 del caffè significa che gli H⁺ sono 100 volte più abbondanti e così via. Dall'altra parte possiamo vedere che il sangue, con pH 8, è leggermente basico ed ha 10 volte meno H⁺ e quindi 10 volte più OH^{meno} dell'acqua pura; la varechina è molto basica ed ha 1 milione di OH^{meno} in più dell'acqua pura.

Le sostanze che liberano H⁺, cioè protoni, sono dette **acidi**.

Le sostanze che liberano OH^{meno} o che assorbono protoni, sono dette **basi**.

L'aceto e le tre sode

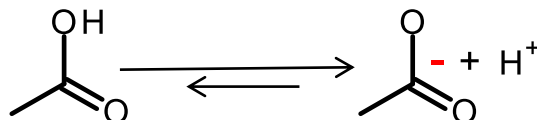
Perché è acido l'aceto?

L'aceto contiene l'acido acetico che il batterio *Acetobacter aceti* ha prodotto dall'alcol etilico del vino. La reazione si può scrivere così:



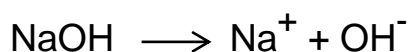
In altre parole il batterio attacca un atomo di ossigeno all'alcol etilico.

Anche il protone dell'OH dell'acido acetico può staccarsi, lasciando il proprio elettrone sull'ossigeno, ma in questo caso la carica negativa non resta sul primo ossigeno ma si distribuisce anche sul secondo, quello aggiunto dall'*Acetobacter*. In questo modo essa risulta diluita su una superficie più ampia e avrà meno forza per riattrarre il protone (freccia più piccola), di conseguenza ci saranno più H⁺ liberi, cioè avremo un pH acido.

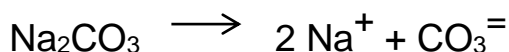


Tra le sostanze basiche possiamo citare le cosiddette tre sode:

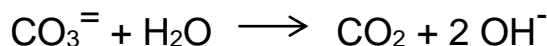
- la **soda caustica** (idrossido di sodio, NaOH);
l'idrossido di sodio messo in acqua si dissocia completamente, quindi ogni molecola di NaOH produce un OH^{meno}; ne deriva che la soda caustica è una sostanza molto basica;



- la **soda Solvay** (carbonato di sodio, Na₂CO₃);
il carbonato di sodio messo in acqua si dissocia in ioni sodio (Na⁺) e ioni carbonato (CO₃⁼);

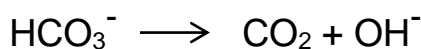
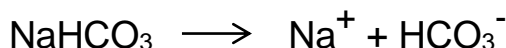


gli ioni carbonato reagiscono in parte con l'acqua formando OH^{meno} e CO₂ (anidride carbonica)



poiché la reazione del carbonato con l'acqua è solo parziale, la quantità di OH^{meno} prodotta è minore di quella prodotta dalla soda caustica. La soda Solvay è meno basica della soda caustica ma lo è ancora a sufficienza affinché le nostre nonne la usassero per sgrassare le stoviglie.

- la "**baking soda**" (in italiano: bicarbonato di sodio);
il bicarbonato di sodio (NaHCO₃) in acqua si dissocia in ione sodio (Na⁺) e ione bicarbonato (HCO₃^{meno}) il quale in parte si decompone formando OH^{meno} e CO₂;

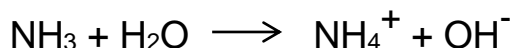


anche in questo caso la decomposizione è parziale ed il numero di OH^{meno} liberati è ancora minore, quindi il bicarbonato di sodio è meno basico della soda Solvay.

Gli anglosassoni chiamano "baking soda" il bicarbonato di sodio; il termine inglese significa "soda per infornare", cioè lievito. Infatti all'alta temperatura di un forno, il bicarbonato di sodio presente nell'impasto si decompone liberando molta anidride carbonica che, essendo un gas, forma delle bolle nell'impasto e lo fa lievitare:



Anche l'ammoniaca (NH₃), un gas, sciolto in acqua dà una soluzione basica ma con un meccanismo diverso: essa tende a catturare protoni e così in soluzione rimangono più OH^{meno}:



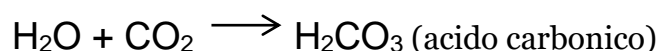
Alcune domande

Perché nella lavatrice si formano le incrostazioni di calcare?

Per capirlo dobbiamo partire da lontano, dalle rocce del nostro Carso. Nell'immagine a lato vediamo una roccia carsica, chiaramente scavata dalla pioggia e ci chiediamo: come fa l'acqua a sciogliere la roccia?



La risposta è piuttosto semplice e parte dal fatto che l'acqua della pioggia non è, per quanto sembri strano, acqua pura. Infatti nell'aria c'è l'anidride carbonica che si scioglie nelle gocce di pioggia per formare acido carbonico. La reazione chimica è la seguente:



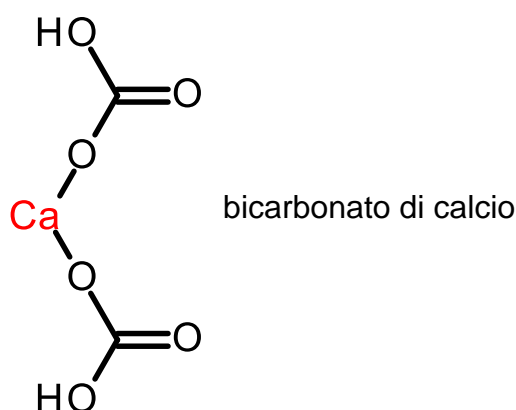
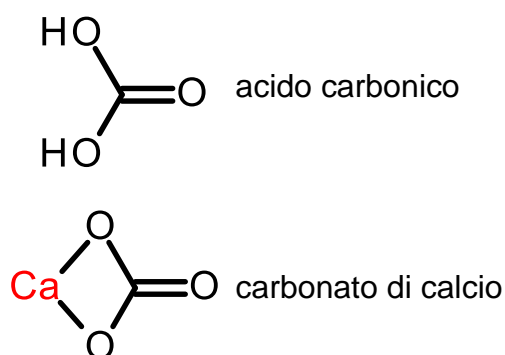
L'acido carbonico che si trova nella pioggia è in grado di corrodere (molto lentamente) la pietra carsica che è fatta di calcare, cioè CaCO_3 (carbonato di calcio), e trasformarlo in bicarbonato di calcio, che è solubile in acqua:



Stando all'aria, il bicarbonato di calcio in soluzione tende a perdere (di nuovo molto lentamente), anidride carbonica e ritrasformarsi in carbonato che, non essendo solubile, ritorna allo stato solido (i chimici dicono che "precipita").



Vediamo qui sotto le strutture di questi composti.



È con questo sistema che nelle grotte si formano le stalattiti. Come detto, il processo è molto lento ed una stalattite ci mette in media cinque anni per allungarsi di un millimetro.

Poiché acqua che esce dai nostri rubinetti, prima di arrivare nelle condutture scorreva su rocce calcaree ed ha sciolto del carbonato di calcio, essa contiene una certa quantità di bicarbonato. Quando viene riscaldata nella lavatrice, la reazione di decomposizione del bicarbonato è molto più rapida che nelle grotte, il calcare si forma rapidamente e si deposita in forma cristallina sulle superfici calde della lavatrice.

Gli anticalcare moderni contengono per la maggiorparte acido citrico che, come l'acido carbonico, corrode il calcare e lo trasforma in bicarbonato di calcio, solubile, che viene sciacquato via.