

La Magia della Chimica

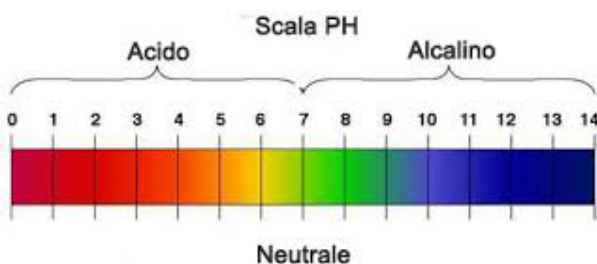
Coloriamo l'acidità: il colore del cavolo rosso e le antocianine

Dal punto di vista dell'acidità la sostanza di riferimento è l'acqua. L'acqua pura contiene piccole quantità di ioni H^+ e di ioni OH^- ; poiché esse sono uguali fra loro l'acqua pura è **neutra**. Normalmente le quantità di ioni in acqua si esprimono come **concentrazione**, cioè quantità di ioni **presenti in un litro di liquido**. Le sostanze che fanno aumentare la concentrazione di ioni H^+ si chiamano **acidi** e quelle che fanno aumentare la concentrazione di ioni OH^- si dicono **basi**. Le soluzioni in cui la concentrazione di ioni H^+ è più grande di quella degli ioni OH^- si dicono acide; quelle in cui la concentrazione di ioni OH^- è più grande di quella degli ioni H^+ si dicono basiche. Se ad una soluzione acida si aggiunge una base, la soluzione inizialmente diventa meno acida, poi neutra e infine basica. Se a una soluzione basica si aggiunge un acido, la soluzione diventa prima meno basica, poi neutra e infine acida.

L'acidità e la basicità delle soluzioni viene misurata mediante la scala del pH. Il pH è definito come

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

in cui $[H^+]$ indica la concentrazione degli ioni H^+ . Nell'acqua pura, neutra, il pH è uguale a 7. Nelle soluzioni acide il pH è minore di 7 e quanto più piccolo è il suo valore, tanto più acida è la soluzione. Nelle soluzioni basiche il pH è maggiore di 7 e quanto più il suo valore è grande, tanto più basica è la soluzione.

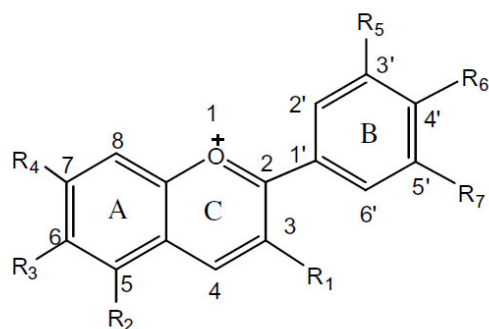


Un *indicatore cromatico di pH* è una sostanza che, sciolta in una soluzione, impartisce alla soluzione stessa un colore differente in funzione del pH. Esistono molti composti chimici che possiedono tale comportamento, e alcuni sono presenti in natura, come le antocianine.

Esistono molti tipi diversi di sostanze colorate nei vegetali, come le clorofille, i carotenoidi e le antocianine. In particolare, il colore del cavolo rosso deriva proprio dalla presenza di antocianine, che impartiscono il colore anche a molti frutti e molti fiori. Queste possono essere facilmente estratte facendo bollire il cavolo rosso in acqua: se il succo che si ottiene è abbastanza concentrato risulta di colore rosso-porpora scuro. In generale, in un vegetale colorato sono presenti più antocianine e il colore che noi osserviamo è quello della loro miscela.

Come sono fatte le antocianine? Sebbene ne siano note centinaia, le loro molecole sono tutte costituite dallo stesso "nocciolo" centrale. Ad esso possono essere legati residui di zuccheri e, talvolta, di acidi carbossilici. Anche qualcuno degli atomi di idrogeno legati agli atomi di carbonio può essere sostituito da altri gruppi di atomi diversi.

Il fatto che le antocianine siano colorate dipende solo dalla struttura del "nocciolo" centrale, e i colori delle antocianine tendono ad essere simili, anche se ci sono variazioni in funzione del tipo di gruppi legati, indicati



nella formula con R_i . Possiamo quindi considerare solo la struttura del "nocciolo" centrale (antocianidina), che è caratterizzato dalla presenza di una singola carica positiva. Il nocciolo è formato da tre anelli di atomi di carbonio. La struttura viene rappresentata mediante legami fra gli atomi singoli e doppi, alternati, indicati nella figura da linee semplici e da linee doppie, rispettivamente. È l'alternanza regolare di legami singoli e doppi (coniugazione) estesa su tutti gli anelli a produrre il colore di queste sostanze quando esse sono illuminate dalla luce solare.

Il colore delle antocianine sciolte in acqua dipende dall'acidità della soluzione. Il cambiamento di colore prodotto da una variazione di acidità si dice **viraggio**.

Se la soluzione è nettamente acida, l'antocianina è presente come catione flavilio. Se il pH aumenta, ma la soluzione resta ancora acida l'antocianina perde uno ione H^+ e cambia colore. Se il pH cresce ancora e la soluzione diviene praticamente neutra o solo leggermente basica, viene perduto un secondo ione H^+ e si verifica un secondo viraggio. Inoltre, se il pH diviene molto alto, cioè la soluzione è molto basica si può avere un'altra reazione, e un cambiamento di colore ancora diverso. In definitiva, nelle soluzioni di antocianine si possono verificare diversi cambiamenti di colore al variare del pH e questo fatto può essere sfruttato per stabilire, in base al colore osservato, se la soluzione sia acida o basica e valutare, in modo almeno approssimato, il valore del pH. Questo è il principio di funzionamento degli indicatori cromatici di pH.



Come accennato in precedenza, le antocianine impartiscono il colore a diversi tipi di frutti e di fiori. Esse sono presenti disciolte nell'acqua contenuta dalle parti colorate del vegetale e naturalmente anche in questo caso il loro colore dipenderà dal pH. Ecco perché alcune piante hanno fiori di colore diverso in funzione dell'acidità del terreno in cui sono coltivate.

L'esperimento.

Il cavolo rosso è molto ricco di antocianine che possono essere facilmente estratte e utilizzate per un esperimento. L'esperimento consiste nell'aggiunta di piccole aliquote di succo del cavolo rosso a diverse sostanze acide e basiche, scelte fra reagenti di laboratorio e sostanze disponibili in commercio e di uso domestico comune. Verranno osservate le variazioni di colore in funzione dell'acidità o della basicità delle soluzioni.

Prendete un cavolo rosso. Per estrarre mezzo litro di liquido colorato è sufficiente usare uno spicchio da un quarto. Riducete a piccoli pezzi il cavolo e metteteli in una pentola, coprite d'acqua e portate a ebollizione. Lasciate sobbollire il cavolo per dieci o quindici minuti. Una volta raffreddato filtrate il liquido e conservatelo in una bottiglietta con il tappo. Il colore del vostro estratto dovrebbe essere rosso-porpora molto intenso.

Avete ottenuto quello che i chimici chiamano un "indicatore", cioè una sostanza che cambia colore al variare del pH. Useremo questo liquido per indagare l'acidità o l'alcalinità di alcune sostanze.

Mettete un poco di estratto in vari bicchieri e diluitelo, se necessario, con tre o quattro parti di acqua in modo tale da ottenere un liquido colorato ma trasparente.

Aggiungete del succo di limone o dell'aceto bianco: vedrete il vostro indicatore cambiare colore e diventare rosso: la vostra soluzione ha un pH compreso tra 2 e 3.

Utilizzando l'acido cloridrico, venduto per la pulizia della casa con il nome di *acido muriatico*, si può raggiungere pH più bassi e ottenere un rosso un poco più intenso (ma fate molta attenzione a maneggiarlo e a non venirne in contatto).

Le antocianine all'aumentare del pH cambiano colore passando dal rosso al blu. Il bicchiere dove avete diluito il succo, ad un pH tra 6 e 7, dovrebbe avere un colore dal rosa al porpora.

Sciogliete un cucchiaino di bicarbonato di sodio nella soluzione, il colore dovrebbe virare verso il blu, raggiungendo pH 8.

Aumentando ulteriormente l'alcalinità le antocianine si trasformano in molecole incolori o gialline. Tuttavia il cavolo rosso contiene anche altre sostanze, chiamate *flavonoli*, che allo stesso tempo si trasformano da incolori a gialle.

Se aggiungiamo un po' di ammoniaca il colore della soluzione diventa verde (giallo + blu), e il pH sarà attorno a 10.

Infine con una sostanza fortemente alcalina, come l'idrossido di sodio venduto in drogheria con il nome di *soda caustica*, si riesce ad arrivare a pH uguale o superiore a 12 ottenendo un colore giallo. Anche in questo caso fate attenzione a maneggiare l'idrossido di sodio ed evitate il contatto con la pelle.

NB: Per evitare reazioni indesiderate abbiate l'accortezza di aggiungere ogni sostanza di cui volete conoscere il pH ad una nuova soluzione di succo di cavolo rosso, senza riutilizzarne una dove già avete aggiunto qualche cosa d'altro.

| SOSTANZA | COLORE DELL'INDICATORE ANTOCIANINA | pH CON CARTINA AL TORNASOLE |
|-------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| Acqua | | |
| amuchina | | |
| Alcol etilico | | |
| aceto | | |
| bicarbonato | | |
| the | | |
| limone | | |
| olio | | |
| uovo | | |
| Succo di pomodoro | | |
| detersivo | | |
| Shampoo | | |
| Latte | | |
| Sprite | | |
| Coca cola | | |
| | | |
| | | |

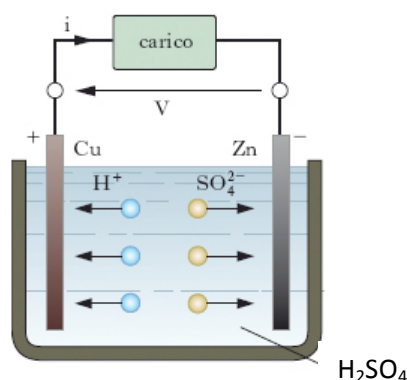
Una pila elettrica... al limone!

In principio fu Alessandro Volta: il fisico italiano, tra la fine del Settecento e primi anni dell'Ottocento, rivoluzionò il mondo costruendo per la prima volta una **pila**, ossia una serie di dischi di materiali conduttori come zinco (Zn) e rame (Cu) inframmezzati da feltri imbevuti di una semplice soluzione acida (soluzione salina o anche H_2SO_4). Ogni singola unità, cioè ogni coppia di rame e zinco, prende il nome di cella elettrochimica.

La pila è un esempio di cella galvanica che trasforma l'energia chimica in energia elettrica. E' quindi un dispositivo che permette di compiere un lavoro (accendere una lampadina, alimentare un orologio) sfruttando la corrente elettrica generata da reazioni chimiche, più precisamente da **reazioni di ossidoriduzione**.

Come funziona.

Di seguito viene descritta la reazione coinvolta nel funzionamento di una cella galvanica che ha come elettrodi lo zinco ed il rame.

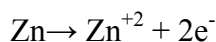


In generale, quando un metallo viene a contatto con una soluzione tende a rilasciare uno o più elettroni e formare ioni. Questo processo è alla base del funzionamento della cella galvanica (o più comunemente detta pila). Ovviamente non avviene in eguale misura in tutti i metalli, per esempio nel nostro caso lo zinco ha una maggiore tendenza rispetto al rame a rilasciare elettroni e quindi formare lo ione Zn^{+2} . Quindi, se si pongono in contatto gli elettrodi, attraverso una soluzione salina o acida, gli elettroni si trasferiscono dall'elettrodo di zinco a quello di rame, ottenendo così una corrente elettrica. La differenza di potenziale che si stabilisce tra i due elettrodi costituisce la forza elettromotrice della pila. Se i due elettrodi

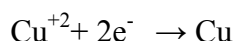
vengono collegati con un conduttore, si produce un moto degli elettroni dal catodo verso l'anodo (la corrente elettrica), che tenderebbe a ristabilire l'equilibrio elettrico tra i due elettrodi, ma le reazioni chimiche che hanno luogo all'interno della pila mantengono la differenza di potenziale tra i due poli e la pila continua a generare corrente.

Le reazioni (dette anche semireazioni) che avvengono ai due elettrodi saranno:

- **ELETTRODO NEGATIVO (ANODO):** Lo zinco si ossida (perde elettroni) e rilascia in soluzione ioni Zn^{+2}



- **ELETTRODO POSITIVO (CATODO):** Lo ione Cu^{+2} acquista elettroni e si riduce a rame metallico



Collegando i due elettrodi ad un voltmetro si misura la differenza di potenziale di circa 1.1V. Per garantire l'elettroneutralità delle due soluzioni ed il funzionamento della pila, gli elettrodi devono essere immersi in una soluzione acida (ponte salino).

L'esperimento.

In questo contesto è possibile realizzare una semplice pila utilizzando dei limoni o comunque altre

sostanze che possano fungere da ponte salino. Brevemente, la soluzione acida è costituita dal succo del limone (contenente il 5-7% di acido citrico) e gli elettrodi sono costituiti da due sottili lamine di rame e di zinco. La debole energia elettrica generata riuscirà ad accendere un LED da circa 6V.

Vediamo di cosa abbiamo bisogno per realizzare la nostra pila elettrica al limone.

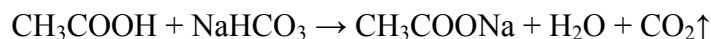
Materiali: 6 limoni freschi e belli grossi; strisce di rame e zinco delle dimensioni 2 cm x 5 cm; un LED che per accendersi richiede poca corrente; un filo elettrico di rame isolato.

Attività. **1.** Praticare un piccolo foro nella parte superiore delle strisce per realizzare i collegamenti. Per le strisce di rame si può utilizzare un filo di rame di circa 3 mm di spessore. **2.** Battere il filo con il martello per ridurlo ad uno spessore sottilissimo, ottenendo delle lamine di 5 mm. **3.** Per lo zinco, si possono utilizzare anche chiodi di zinco. **4.** Incidere il limone per ottenere delle tacche di larghezza pari a quella delle strisce di rame e zinco. La distanza tra tacca e tacca deve essere di appena 1 cm. **5.** Inserire le strisce nelle tacche in modo alternato, facendo attenzione che in ogni limone le due strisce di rame e di zinco non si tocchino nemmeno al suo interno e siano parallele, l'una di fronte all'altra. **6.** Collegare le diverse lamine con il filo elettrico, fissato ai fori e infine collegare il LED.

Ovviamente la quantità di limoni può essere modificata a secondo dell'utilizzo che ne vogliamo fare misurando il potenziale generato dalla serie di limoni messi in serie. Terminato l'esperimento, le strisce di rame e zinco devono essere ripulite con cura per un successivo utilizzo. E' scontato che i limoni utilizzati nell'esperimento non sono più commestibili.

La produzione di gas e il loro peso

Un interessante esperimento per spiegare la formazione di anidride carbonica e capire gli effetti delle diverse densità dei gas può essere effettuato facendo reagire acido acetico (CH_3COOH) e bicarbonato di sodio (NaHCO_3) secondo la seguente reazione:



Si produce così anidride carbonica (CO_2). Essa ha una massa molecolare maggiore rispetto a quella media dell'aria (44 dalton contro 29 dalton): poiché, per la legge di Avogadro, volumi uguali di gas diversi contengono lo stesso numero di particelle, anche la densità (numero di particelle nell'unità di volume \times massa di una particella) dell'anidride carbonica è maggiore della densità dell'aria. Se non si mescolano, quindi, l'anidride carbonica tenderà a muoversi verso il basso. Di conseguenza è possibile versarla come se fosse un liquido ed essa passerà da un recipiente all'altro, sostituendo l'aria presente. In questo esperimento metteremo in evidenza la produzione dell'anidride carbonica e la diversa densità dei gas con lo spegnimento di una candela accesa, in quanto la combustione non è favorita dalla presenza di anidride carbonica e quindi dalla mancanza di ossigeno.

L'esperimento versare l'invisibile

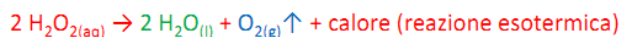
Versiamo all'interno di una bottiglia bicarbonato di sodio e aceto; poi prendiamo una candela e dopo averla accesa la caliamo all'interno della bottiglia: essa si spegnerà, perché la reazione fra bicarbonato di sodio e aceto produce un gas (anidride carbonica) che non favorisce la combustione. In seguito versiamo l'invisibile, ovvero trasferiamo la CO_2 prodotta all'interno della bottiglia in un'altra bottiglia vuota. Ripetiamo con la candela accesa il passaggio precedente e la candela si spegnerà nella bottiglia vuota.

L'esperimento gonfiamo i palloncini

In questo caso versiamo dell'aceto in una bottiglia e mettiamo il bicarbonato di sodio in un palloncino. Posto il palloncino sull'apertura della bottiglia facciamo cadere il bicarbonato nella bottiglia stessa: si noterà immediatamente un'effervescenza dovuta alla formazione di anidride carbonica, e subito dopo vedremo il palloncino gonfiarsi. In questo caso l'anidride carbonica prodotta si espande nella bottiglia chiusa dal palloncino e lo riempie di aria.

Il dentifricio dell'elefante: l'acqua ossigenata e la catalisi

L'acqua ossigenata, H_2O_2 (detta più propriamente perossido di idrogeno), è una sostanza comunemente nota per le proprietà disinfettanti delle sue soluzioni acquose. Oltre che come disinfettante, il perossido di idrogeno viene usato come agente sbiancante nell'industria tessile e in quella della carta, in preparati cosmetici, o come ossidante in alcuni processi chimici industriali. Il perossido di idrogeno è un prodotto relativamente poco stabile e, anche sciolto in acqua, tende a decomporre in acqua e ossigeno gassoso:



La quantità di ossigeno (e di bollicine) che si forma è normalmente piccola, perché la decomposizione in condizioni normali è abbastanza lenta. Quando l'acqua ossigenata viene versata su una ferita o cade su alcune superfici metalliche si sviluppa una vivace effervescenza. Essa è dovuta sempre alla liberazione di ossigeno gassoso che accompagna la decomposizione del perossido di idrogeno e la quantità di gas liberata in breve tempo indica, sebbene in modo approssimativo, che la reazione sta avvenendo molto più velocemente che nell'acqua ossigenata nel flacone.

L'accelerazione di una reazione a causa della presenza di sostanze estranee può essere l'effetto di un fenomeno generale chiamato **catalisi**. Un catalizzatore è una sostanza capace di far aumentare la velocità di una reazione chimica, senza tuttavia essere consumato dalla reazione stessa. Nell'esperimento in questione si sfrutta proprio l'azione catalitica del lievito di birra per far avvenire molto velocemente la decomposizione dell'acqua ossigenata.

L'esperimento

Nell'esperimento proposto, all'interno di un cilindro verrà condotta la reazione di decomposizione dell'acqua ossigenata catalizzata da lievito di birra, in presenza di una certa quantità di detersivo per piatti e stoviglie e di un colorante alimentare (per colorare la schiuma).

Versiamo nel cilindro, nell'ordine: acqua saponata, colorante alimentare e acqua ossigenata. All'aggiunta lievito di birra, precedentemente sciolto in acqua fredda, si formerà rapidamente ossigeno gassoso. A causa della presenza dell'agente schiumogeno, si produrrà una schiuma molto abbondante, ed essendo la reazione condotta in un recipiente stretto, l'elevata velocità di sviluppo del gas provocherà la fuoriuscita della schiuma dal recipiente.