

Alcuni problemi stechiometrici possono essere semplificati usando la **massa equivalente** invece della massa atomica, o della massa molecolare. La **massa equivalente** è quella frazione della **massa di uno ione o di una molecola che corrisponde ad una definita unità relativa ad una relazione chimica**. Questo principio è utile in due tipi di reazione: le reazioni acido-base e le reazioni di ossido-riduzione

(1) La reazione per la definizione dell'unità è la seguente reazione di neutralizzazione:



La massa equivalente di un acido è quella frazione della massa molecolare che contiene, o può fornire per reazione, uno ione  $H^+$  acido. Un grammo equivalente (geq) è la massa che contiene, o può fornire per reazione, una mole di  $H^+$

### Esempi

Le masse equivalenti di  $HCl$  sono uguali alle loro masse molecolari, dato che ciascuno di tali composti contiene un idrogeno acido per molecola. Un grammo equivalente di ciascuna di queste molecole è uguale ad una mole. La massa equivalente di  $H_2SO_4$  è, di solito, la metà della massa molecolare, e un grammo equivalente è la metà di una mole, poiché nella maggior parte delle reazioni dell'acido solforico diluito tutti e due gli idrogeni sono sostituibili.

$$m_{eq} H_2SO_4 = \frac{1}{2} M$$

$$n = \frac{\text{massa}}{\text{molecolare}}$$

Un grammo equivalente di  $H_3PO_4$  potrebbe essere 1 mole, 1/2 mole o 1/3 di mole, a seconda che vengano sostituiti 1, 2 o 3 atomi di idrogeno per molecola in una particolare reazione. Un grammo equivalente di  $\text{---}$  è sempre una mole, poiché soltanto un idrogeno è sostituibile nelle reazioni di neutralizzazione.



(2) La massa equivalente di una base è quella frazione della massa molecolare che contiene, o può fornire, uno ione  $OH^-$ , ovvero può reagire con uno ione  $H^+$ .

### Esempi

Le masse equivalenti di NaOH,  $NH_3$ ,  $H_2CO_3$ ,  $Al(OH)_3$

sono uguali rispettivamente a 1/1, 1/1, 1/2 e 1/3 delle loro masse molecolari.

(3) La massa equivalente di un sale può essere definita con riferimento all'impiego del sale come acido o come base. La massa equivalente può variare a seconda che la mole venga usata per 1, 2 o 3 unità della reazione di neutralizzazione di riferimento.

| Sale                      | Tipo di reazione  | Massa equivalente      |
|---------------------------|---|------------------------|
| $\text{NH}_4\text{Cl}$    | $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$                    | M                      |
| $\text{NaHCO}_3$          | $\text{HCO}_3^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$              | M                      |
| $\text{NaHCO}_3$          | $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$                    | M                      |
| $\text{Na}_2\text{CO}_3$  | $\text{CO}_3^{2-} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$                | $\frac{1}{2} \times M$ |
| $\text{Na}_2\text{CO}_3$  | $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{HCO}_3^-$                                    | M                      |
| $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ | $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$    | M                      |
| $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ | $\text{H}_2\text{PO}_4^- + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{PO}_4^{3-} + 2 \text{H}_2\text{O}$ | $\frac{1}{2} \times M$ |

*M = massa molecolare*

## AGENTI OSSIDANTI E RIDUCENTI

La massa equivalente di un agente ossidante o riducente in una data reazione è uguale alla massa di un'unità di sostanza (mole o ione) divisa per il numero totale di elettroni acquistati o perduti nel corso della reazione relativa a tale unità. Quindi, la massa equivalente di un agente ossidante o riducente è:

$$M_{eq} = \frac{\text{Massa dell'unità di sostanza ossidante o riducente}}{\text{Numero di elettroni acquistati o perduti}}$$

Un dato agente ossidante o riducente potrebbe avere più di una massa equivalente a seconda della reazione nella quale viene impiegato. Un caso speciale è quello di due elementi che reagiscono per formare un composto binario. Per ciascun elemento, il numero di elettroni trasferiti per atomo è il numero di ossidazione del composto. La massa equivalente, quindi, diventa la massa atomica divisa per il numero di ossidazione.

# Acido - Base

La massa equivalente di un acido è la frazione della massa molecolare che contiene un idrogeno sostituibile. Una molecola di  $\text{HClO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  contiene un idrogeno sostituibile e una molecola di  $\text{H}_2\text{SO}_4$  contiene due idrogeni sostituibili. Quindi:

$$\text{Massa equivalente (M.E.) di } \text{HClO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} = M = 118,5$$

$$\text{Massa equivalente (M.E.) di } \text{H}_2\text{SO}_4 = \frac{1}{2} M = \frac{1}{2} \times 98,08 = 49,04$$

**Calcolare la massa equivalente di  $\text{KOH}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{Al(OH)}_3$**

La massa equivalente di una base è la frazione della massa molecolare che può fornire un  $\text{OH}^-$  sostituibile. Una molecola di  $\text{KOH}$  contiene 1  $\text{OH}^-$ ; una molecola di  $\text{Ca(OH)}_2$  contiene 2 ioni  $\text{OH}^-$ ; una molecola di  $\text{Al(OH)}_3$  contiene 3 ioni  $\text{OH}^-$ . Quindi:

$$\text{massa equivalente di } \text{KOH} = M = 56,11$$

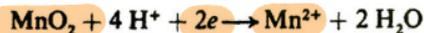
$$\text{massa equivalente di } \text{Ca(OH)}_2 = \frac{1}{2} M = \frac{1}{2} \times 74,10 = 37,05$$

$$\text{massa equivalente di } \text{Al(OH)}_3 = \frac{1}{3} M = \frac{1}{3} \times 78,00 = 26,00$$

## OSSIDANTI - RIDUCENTI

(a) In una data reazione,  $\text{MnO}_2$ , in soluzione di  $\text{HCl}$ , viene ridotto a  $\text{MnCl}_2$ . Qual è la massa equivalente di  $\text{MnO}_2$  in questa reazione? (b) In una data reazione,  $\text{HNO}_3$  viene ridotto a  $\text{NO}_2$ . Qual è la massa equivalente di  $\text{HNO}_3$  in questa reazione?

(a) In  $\text{MnO}_2$ , il numero di ossidazione di  $\text{Mn}$  è + IV; in  $\text{MnCl}_2$  è + II. Il numero di elettroni acquistati dal manganese è 2, pari alla variazione del numero di ossidazione. Questo numero può anche essere trovato scrivendo l'equazione della reazione ionica:



$$\text{Massa equivalente di } \text{MnO}_2 = \frac{\text{massa molecolare}}{\text{variazione del numero di ossidazione}} = \frac{86,94}{2} = 43,47$$

Notare che  $\text{Mn}$  è l'unico elemento in  $\text{MnO}_2$  il cui numero di ossidazione cambia durante la reazione.

(b) In  $\text{HNO}_3$ , il numero di ossidazione di  $\text{N}$  è + V; in  $\text{NO}_2$  è + IV. La variazione del numero di ossidazione è + 1.

$$\text{Massa equivalente di } \text{HNO}_3 = \frac{\text{massa molecolare}}{\text{variazione del numero di ossidazione}} = \frac{63,02}{1} = 63,02$$

La *molarità* di una soluzione è il numero di moli del soluto contenute in un litro di soluzione.

La *normalità* di una soluzione è il numero di grammo-equivalenti del soluto, contenuti in un litro di soluzione.