

## Titolazione acido-base

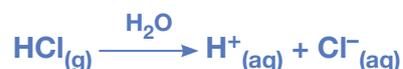
La titolazione acido-base è una delle misurazioni più comuni che il chimico esegue in laboratorio, per determinare il **titolo** di una soluzione, cioè la concentrazione di un acido o di una base presenti in essa.

Questa tecnica si basa su un'analisi volumetrica, effettuata utilizzando un'altra soluzione a titolo noto (ossia a concentrazione nota), detta **titolante**.

La base chimica di ogni titolazione è una **reazione di neutralizzazione**, che si verifica quando, in uno stesso sistema, vengono a contatto una sostanza acida e una basica.

Se per esempio consideriamo un acido forte come HCl e una base forte come NaOH, possiamo scrivere le rispettive reazioni di dissociazione:

a. l'acido cloridrico in soluzione si ionizza completamente, liberando **ioni H<sup>+</sup>**:



b. l'idrossido di sodio NaOH, in modo analogo, si dissocia completamente, liberando **ioni idrossido OH<sup>-</sup>**:



Gli ioni H<sup>+</sup> dell'acido cloridrico verranno "neutralizzati" dagli ioni OH<sup>-</sup> della base, idrossido di sodio, secondo la reazione:



Prima dell'aggiunta della base, la presenza dell'acido conferiva alla soluzione un valore di pH < 7, ossia un pH acido; aggiungendo, goccia a goccia, la soluzione basica titolante il pH aumenta progressivamente. Questa operazione si esegue utilizzando una **buretta**, del volume di 25 o 50 mL, dotata di un apposito rubinetto, che consente un controllo accurato, goccia a goccia.

Se aggiungiamo una piccola quantità di indicatore (metilarancio, fenolftaleina ecc.), quando l'acido sarà completamente neutralizzato dalla soluzione titolante, contenente la base NaOH, osserveremo un evidente cambiamento di colore dell'indicatore: si dice che è stato raggiunto il **punto di equivalenza**.

Leggendo sulla scala della buretta il volume della soluzione titolante utilizzata (ossia quella contenente NaOH, a concentrazione nota), essendo nota la **molarità** (concentrazione) della soluzione titolante, si potrà risalire alla quantità di acido presente e, quindi, conoscere il titolo (incognito) della soluzione di acido cloridrico.

Proviamo ora a impiantare, in laboratorio, la nostra titolazione acido base. Prepariamo la **scheda di laboratorio**.

## Scheda di laboratorio

### Materiali occorrenti

#### Strumenti

1. Buretta da 50 mL
2. Beuta da 100 mL
3. Sostegno per buretta

#### Reattivi

1. Soluzione a titolo noto di NaOH 0,1 M (titolante)
2. Soluzione di HCl a concentrazione incognita
3. Soluzione di indicatore (metilarancio 0,01% in acqua)

### Procedimento

1. Si prepara la buretta, fissandola opportunamente all'apposito sostegno, e la si riempie con un volume noto della soluzione titolante di NaOH 0,1 M.
2. Si introducono nella beuta 50 mL della soluzione a titolo incognito di HCl.
3. Si aggiungono, alla soluzione di acido cloridrico, piccole quantità di indicatore, fino al raggiungimento di un bel colore intenso, che nel caso del metilarancio è il rosso.
4. Si procede ora alla titolazione aggiungendo, goccia a goccia, la soluzione titolante fino al cambiamento (**viraggio**) del colore dell'indicatore, che nel caso del metilarancio passa dal rosso al giallo.
5. Sulla scala graduata della buretta leggeremo il volume di titolante utilizzato.

### Calcolo

Passiamo ora alla fase del calcolo del titolo, utilizzando tutti i dati a nostra disposizione.

Supponiamo di aver utilizzato per la titolazione un volume di 30 mL di **titolante**, che espresso in litri (L), risulterà:

$$V_{\text{NaOH } 0,1 \text{ M}} = 30 \text{ mL} = 0,03 \text{ L}$$

Le moli di NaOH utilizzate potranno essere calcolate applicando la formula seguente:

$$\text{Numero di moli} \quad \begin{array}{c} \text{Molarità} \\ \swarrow \quad \searrow \\ n_{\text{NaOH}} = M \cdot V \end{array} \quad \begin{array}{c} \swarrow \quad \searrow \\ \text{Volume titolante utilizzato} \end{array}$$

nel nostro caso:

$$0,1 \text{ mol/L} \cdot 0,03 \text{ L} = 0,003 \text{ mol} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol (NaOH)}$$

Dalla reazione di neutralizzazione dell'acido da parte della base



ricaviamo che per neutralizzare una mole di acido occorre una mole di base e che, quindi, se la neutralizzazione è ottenuta utilizzando  $3 \cdot 10^{-3}$  mol di base (NaOH) in origine dovevano essere presenti  $3 \cdot 10^{-3}$  mol di acido cloridrico.

La **molarità** iniziale di HCl potrà essere ora calcolata, ricordando che il volume di HCl era pari a 50 mL = 0,05 L, applicando la formula:  $M = n/V$

$$[\text{HCl}] = n_{\text{HCl}} / V_{\text{HCl}} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol} / 0,05 \text{ L} = 0,06 \text{ M (0,06 mol/L)}$$



#### Moli di NaOH

La formula per calcolare le moli di NaOH deriva dalla formula per il calcolo della molarità:

$$M = n/V$$

Se si vuole anche conoscere la **massa** in grammi di HCl presente, si dovrà moltiplicare il numero di moli **n** per la massa di una mole, cioè per la massa molare **MM**, che equivale alla massa molecolare espressa in grammi.

Calcoliamo la massa molare di HCl:

$$MM_{\text{HCl}} = 1 + 35,45 = 36,45 \text{ g/mol}$$

Possiamo ora determinare quanti grammi di HCl sono presenti nella soluzione:

$$g \text{ HCl} = n_{\text{HCl}} \cdot MM_{\text{HCl}} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 36,45 \text{ g/mol} = 0,10935 \text{ g}$$

(arrotondato a 0,109 g)

## Risultati ottenuti

### 1. Titolo incognito

$$[\text{HCl}] = 0,06 \text{ M (0,06 mol/L)}$$

### 2. Massa di HCl

$$g \text{ HCl} = 0,109 \text{ g}$$