

Titolazione acido-base

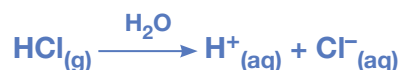
La titolazione acido-base è una delle misurazioni più comuni che il chimico esegue in laboratorio, per determinare il **titolo** di una soluzione, cioè la concentrazione di un acido o di una base presenti in essa.

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⁺**:



b. l'idrossido di sodio NaOH, in modo analogo, si dissocia completamente, liberando **ioni idrossido OH⁻**:



Gli ioni H⁺ dell'acido cloridrico verranno "neutralizzati" dagli ioni OH⁻ 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

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