

Titolazione mediante misure di pH

Francesco Pasa, Andrea Miani, Davide Bazzanella - Gruppo 8 Mercoledì
francescopasa@gmail.com - 14 maggio 2014

Scopo

Come nell'esperienza precedente, anche in questo caso lo scopo è titolare una soluzione di un acido debole (nel nostro caso CH_3COOH) la cui concentrazione è incognita. In questo caso, la titolazione è stata eseguita mediante misure di pH, ovvero misurando la concentrazione di ioni H_3O^+ . Aggiungendo una soluzione basica di concentrazione nota è possibile, misurando l'andamento del pH in funzione del volume di soluzione basica aggiunta, ricavarne la concentrazione della soluzione incognita.

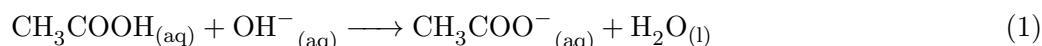
Materiale

- Vetreria: beker per titolare, becker per il recupero delle soluzioni di lavaggio, buretta da 25 ml, imbuto, pipette, beuta da 50 ml per NaOH;
- pHmetro con relativo supporto per le due sonde: termometro e elettrodo a vetro;
- Agitatore magnetico con ancoretta;
- 100 mL di soluzione di CH_3COOH a concentrazione incognita;
- Soluzione 1% di fenolftaleina in etanolo, soluzione 0.1 M di NaOH e acqua distillata;
- Soluzioni tampone di pH 4.01, 7.00 e 9.21 per la taratura del pHmetro;
- Francesco Pasa, Andrea Miani, Davide Bazzanella e una PepsiTM (non vogliamo fare pubblicità...).

Procedura e incertezze

Per prima cosa abbiamo calibrato il pHmetro con tre soluzioni tampone, seguendo le istruzioni riportate nel manuale dello strumento.

Il principio che ci permette di titolare la soluzione è il seguente: l'acido acetico, essendo un acido debole, si dissocia poco in acqua (circa il 4 % **[controllare il valore 4 %]** a temperatura 25°C), per cui si trova quasi completamente nella forma CH_3COOH . L'NaOH è invece una base forte e quindi, avendo una costante K_B molto alta, si dissocia completamente. Aggiungendo l'idrossido di sodio alla soluzione di acido acetico, avviene la seguente reazione



(gli ioni Na^+ sono spettatori e sono stati omessi dalla formula per semplicità).

Questa reazione ha una costante di equilibrio $K_{\text{eq}} \simeq 10^9$ poichè l'acido acetico ha $K_A \simeq 10^{-5}$, quindi l'acetato (CH_3COO^-) che è la sua base coniugata ha $K_B = K_w/K_A \simeq 10^{-9}$. Poichè la (1) è la reazione inversa della reazione dell'acetato con l'acqua, si ha che $K_{\text{eq}} = 1/K_B \simeq 10^9$.

Poichè K_{eq} è molto grande, la (1) è una reazione spostata verso i prodotti. Questo significa la reazione è quasi stechiometrica; praticamente per ogni NaOH aggiunto una molecola di acido acetico si dissocia producendo acetato.

Si può sfruttare questo fatto nel seguente modo: si aggiunge NaOH alla soluzione titolanda misurando allo stesso tempo il pH. Graficando il pH in funzione della quantità di idrossido di sodio aggiunto si individua il punto equivalente, ovvero il punto in cui $n(\text{CH}_3\text{COOH})_i = n(\text{NaOH})$ (il pedice i sta per iniziale), facendo leva sul fatto che la reazione si può considerare stechiometrica. Il punto di equivalenza è il flesso della curva di titolazione. Da questo punto in poi, tutto l'acido acetico è diventato acetato.

Nel nostro caso, avevamo 100 ml di soluzione a concentrazione incognita di acido acetico. Abbiamo trascurato l'incertezza sul volume della soluzione di partenza. Abbiamo versato la soluzione in un beker, versandoci poi anche il residuo di lavaggio del matraccio dove era contenuta. In questo modo abbiamo trasferito quanto più CH_3COOH possibile nel beker. Abbiamo quindi aggiunto un paio di gocce di soluzione di fenolftaleina, che è un indicatore che cambia colore quando si supera il punto di equivalenza in modo da avere un riscontro visivo di quello che succede nel beker.

Mediante la buretta si è poi versato nel beker la soluzione 0.1 M (anche questa senza incertezza) di NaOH, inizialmente a passi di 0.5 ml, poi, in prossimità del punto equivalente, goccia per goccia. Abbiamo annotato per ogni passo, valore del pH, misurato col pHmetro, e volume totale di soluzione di idrossido di sodio versato. L'incertezza sul pH è 0.003 (incertezza tipo di risoluzione), mentre quella sul volume versato, che è la differenza tra due letture di volume, vale 0.02 ml.

Dopo aver raggiunto il punto di equivalenza abbiamo continuato a versare soluzione di NaOH per ottenere una curva di titolazione completa. Ci siamo fermati poco prima che la soluzione raggiungesse $\text{pH} = 11$, per evitare di rovinare l'elettrodo del pHmetro.

Dati e risultati

Conclusione

L'esperienza è stata portata a termine positivamente. Abbiamo utilizzato il pHmetro per analizzare il pH della soluzione a concentrazione incognita di CH_3COOH in funzione dell'aggiunta di una soluzione basica 0.1 M di NaOH e in tal modo determinare la titolazione di quella incognita. Il valore ottenuto per la concentrazione della soluzione incognita è di \otimes ed è in linea con le aspettative in quanto è contenuto nel range tale per cui $\gamma_a \simeq 1$.

Bonus: pH della Pepsi™

Con una lattina di Pepsi™ comprata ai distributori automatici fuori dal laboratorio, abbiamo prodotto e misurato con il pHmetro prima una soluzione diluita al 10% in volume e poi una soluzione non diluita di Pepsi™. I valori ottenuti sono stati:

$$\text{pH}_{10\%} = 3.4$$

$$\text{pH}_{100\%} = 2.2$$