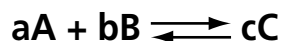


## La titolazione. Un po' di teoria

La titolazione è la determinazione quantitativa di una sostanza mediante la sua reazione con una sostanza nota, il reattivo titolante.



Insieme alla gravimetria, è uno dei metodi di analisi più antichi di cui si abbia notizia.

La titolazione viene utilizzata come metodo standard di analisi quantitativa.

I suoi vantaggi rispetto ad altre tecniche sono i seguenti:

- È un metodo diretto.
- È un metodo esatto e riproducibile. In condizioni ottimali, migliore dello 0,1%.
- È automatizzabile. Consente sia l'analisi di un campione che di una serie.

### La titolazione potenziometrica

Il metodo di indicazione tradizionale è sempre stato la visualizzazione del cambiamento di colore di un indicatore. Oggi il metodo di indicazione più utilizzato è quello potenziometrico.

La scelta dell'elettrodo utilizzato dipende dalla reazione che deve essere effettuata, pH, metallico, ione-selettivo, ecc.

### L'attuale titolatore potenziometrico

È lo strumento che combinando diversi elementi automatizza le titolazioni potenziometriche.

#### Parti essenziali

- Sensori: Elettrodo di pH, redox, ISE, ecc.  
Sonda di temperatura (CAT).
- Misuratore-controllore del processo.
- Burette o burette per l'aggiunta di reattivo titolante o altri reattivi.
- Agitatore: Magnetico o a paletta.

#### Complementi importanti

- Una stampante per la registrazione dei risultati.
- Un PC per la memorizzazione dei dati e loro successivo trattamento.
- Pompe peristaltiche ausiliarie, per il trattamento previo dei campioni o per aumentare il grado di automatizzazione.
- Scambiatore automatico dei campioni, per automatizzare l'analisi consecutiva di vari campioni.

### Le titolazioni tradizionali

#### A punto finale

Lo strumento aggiunge reattivo fino al raggiungimento di un valore di pH o mV precedentemente selezionato.

Questo metodo si applica generalmente in procedure di analisi in cui è specificato un valore di punto finale o per adattare un metodo con un indicatore ottico.

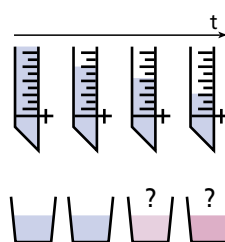


Figura A

Figura A. Titolazione con indicatore ottico, fenolftaleina.  
Esempio: Standardizzazione di HCl con NaOH.  
Osservazioni:  
Il volume di titolante consumato deve essere elevato.  
Il punto di viraggio (?) è molto soggettivo.  
Durata ridotta della titolazione per esperti.

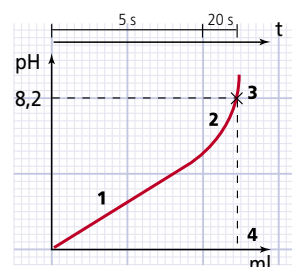


Figura B

Figura B. Titolazione PF potenziometrica.  
Esempio: Standardizzazione di HCl con NaOH.  
1- Aggiunta iniziale rapida.  
2- Aggiunta lenta nella zona di avvicinamento.  
3- Determinazione esatta del volume in corrispondenza del punto finale.  
4- Consumo di reattivo ridotto.

### Individuazione di punti di equivalenza

Lo strumento analizza la variazione di potenziale generata dalle successive aggiunte di reattivo titolante sul campione e a partire da questi dati individua il punto di equivalenza.

Questo tipo di titolazione può essere applicata allo studio di campioni sconosciuti, alla determinazione di componenti di un campione, alla determinazione di uno o più punti di equivalenza, ecc.

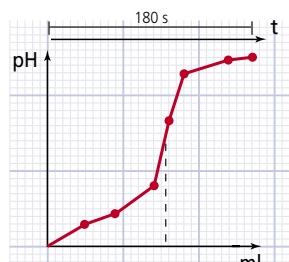


Figura A

Figura A. Titolazione potenziometrica manuale  
Esempio: Determinazione dei cloruri in acqua.  
- Analisi lunga.  
- Scarsa definizione della curva. Difficile individuazione dell'inflessione.

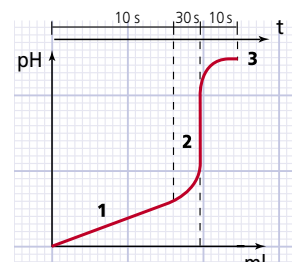


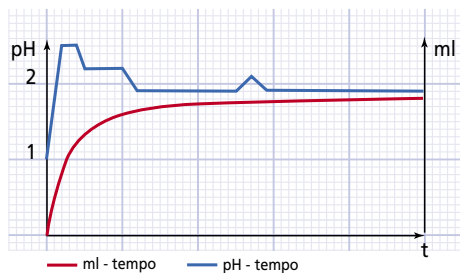
Figura B

Figura B. Titolazione potenziometrica automatica. Individuazione dell'inflessione.  
Esempio: Determinazione dei cloruri in acqua.  
1- Aggiunta iniziale rapida  
2- Aggiunta lenta per definire perfettamente la zona dell'inflessione.  
3- La titolazione si conclude in seguito all'individuazione del punto di inflessione. Ciò presuppone un risparmio di reattivo e di tempo.

### pH-stat

È una variante della titolazione a punto finale applicata all'analisi cinetica.

Le informazioni relative alla cinetica della reazione si deducono dal consumo di reattivo titolante in funzione del tempo.



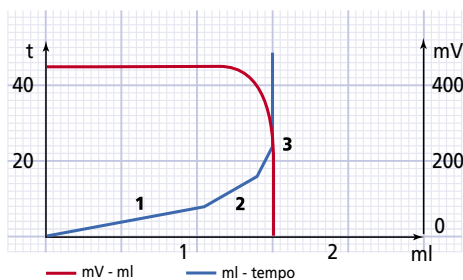
**Esempio: Controllo di un antiacido**  
 Il procedimento automatico prevede i seguenti passaggi:

- Pretitolazione per neutralizzare il substrato.
- Stabilizzazione del mezzo
- Inserimento del campione e inizio del processo
- Evoluzione del pH

### Titolazione di Karl Fischer

Si tratta di una titolazione a punto finale adattata alla reazione specifica di Karl Fischer, per la determinazione del contenuto di acqua di una sostanza.

Il sistema di rilevamento utilizzato in questo caso è quello bipotenziometrico. Si basa sulla misura di potenziale in seguito all'applicazione di una corrente costante tra due elettrodi di platino.



**Esempio: Controllo dell'umidità di un solvente.**

- 1- Aggiunta iniziale rapida, fino a quando non avviene una caduta significativa di potenziale.
- 2- Aggiunta a velocità media.
- 3- Aggiunta a velocità lenta, fino alla fine.

### Perché scegliere un titolatore automatico?

#### Qualità e sicurezza

Oggi giorno un titolatore non è semplicemente uno strumento per eseguire una titolazione. È bensì uno strumento indispensabile per laboratori analitici che si occupano di qualità e che devono lavorare conformemente alle raccomandazioni GLP.

#### Produttività

La straordinaria automatizzazione offerta da un sistema completo di titolazione automatica si traduce immediatamente in un importante risparmio di tempo per l'utente e nella possibilità di ottenere risultati in modo rapido.

#### Economia

L'utilizzo di burette ad alta precisione consente di ridurre significativamente il consumo sia di campione che di reattivi.

Il titolatore automatico libera l'utente dalle tediose attività routinarie, consentendogli di dedicarsi ad attività più creative.