

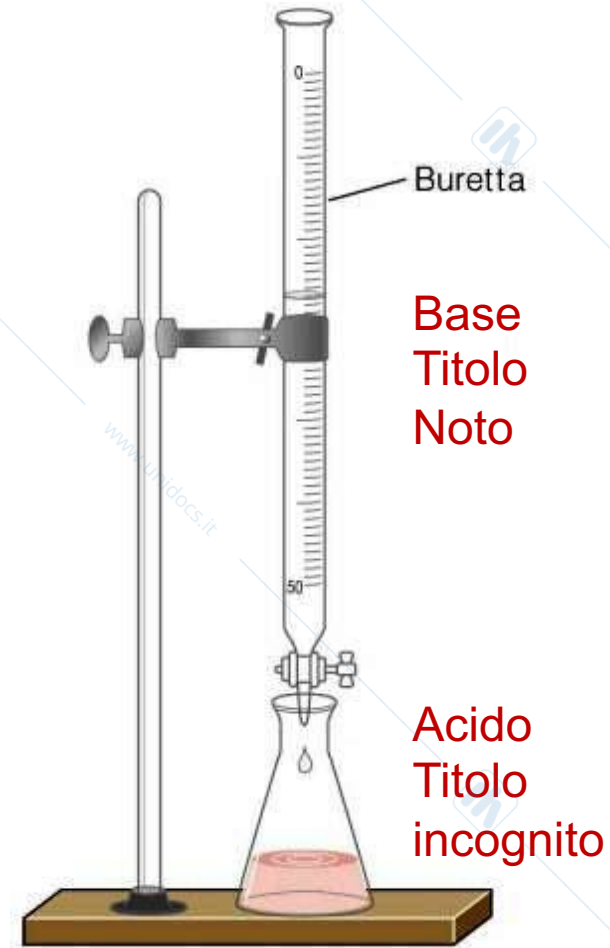
# Titolazione acido-base

Una **titolazione acido-base** è un procedimento che permette di determinare la quantità di acido (o base) presente in una soluzione misurando il volume di una soluzione a concentrazione nota di base (o acido) necessario per raggiungere la neutralizzazione completa.

La soluzione di acido da titolare viene introdotta in un recipiente (una beuta) e la soluzione di base a concentrazione nota viene posta in una buretta graduata sopra il recipiente e aggiunta goccia a goccia fino alla neutralizzazione completa dell'acido. Dal volume di base aggiunto si risale immediatamente al numero di equivalenti di base necessarie alla neutralizzazione

$$n_{\text{base}} = V \times N$$

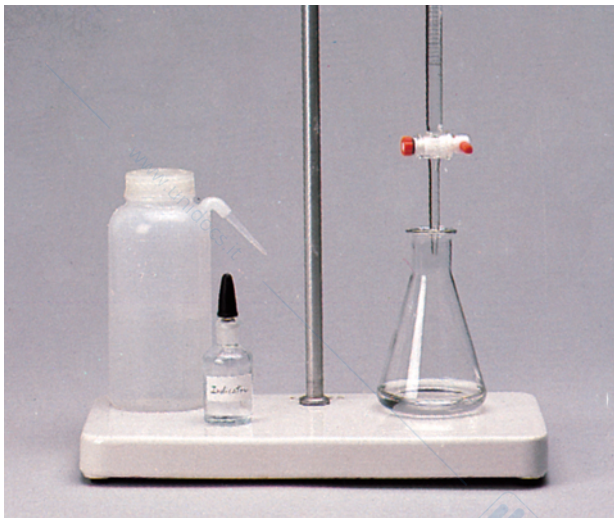
che, per un acido monoprotico coincide col numero di moli di acido incognito. Per capire quando si è raggiunta la neutralizzazione si aggiunge un indicatore



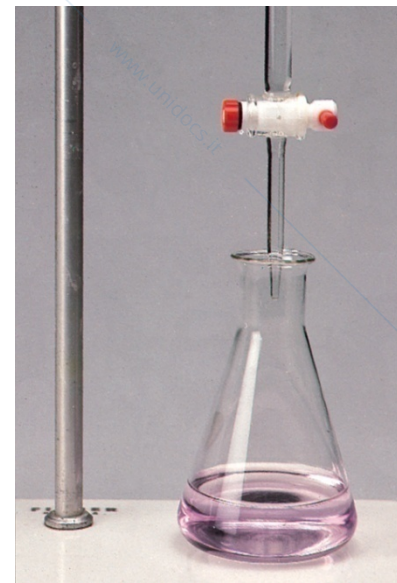
In una titolazione, una soluzione a concentrazione nota con precisione, detta soluzione standard, viene gradualmente aggiunta ad un'altra soluzione a concentrazione incognita, fino a quando la reazione chimica tra le due soluzioni è completa.

**Punto di equivalenza** • il punto in cui l'acido ha completamente reagito con (o è stato neutralizzato da) la base

Un **indicatore**, opportunamente scelto, viene aggiunto per determinare il punto di equivalenza



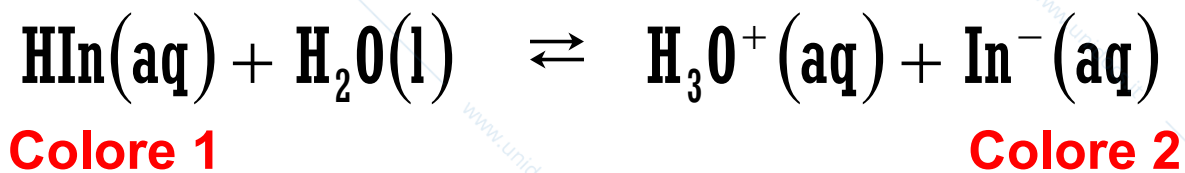
lenta aggiunta di base all'acido a conc. incognita fino a che l'indicatore cambia colore



# Indicatori acido-base

Un *indicatore acido-base* è un acido debole organico (HIn) il cui colore è diverso da quello della sua base coniugata (In<sup>-</sup>).

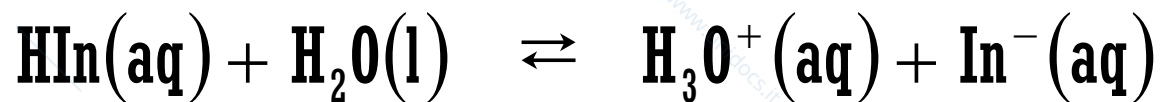
Il rapporto [HIn]/[In<sup>-</sup>], e quindi il colore della soluzione che contiene l'indicatore, è determinato dal valore di [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] della soluzione. Gli indicatori sono usati per monitorare le variazioni di pH durante una reazione acido-base.



$$K_{\text{In}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{In}^-]}{[\text{HIn}]}$$

$$\frac{K_{\text{In}}}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]}$$

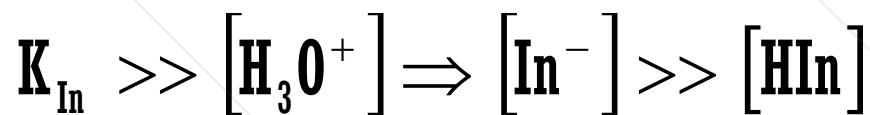
# Indicatori acido-base



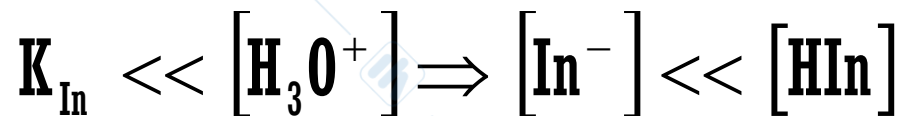
**Colore 1**

**Colore 2**

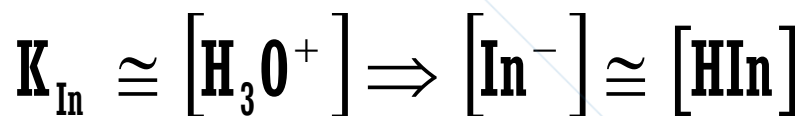
$$K_{\text{In}} = \frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]}$$



**La soluzione assume il colore 2**



**La soluzione assume il colore 1**

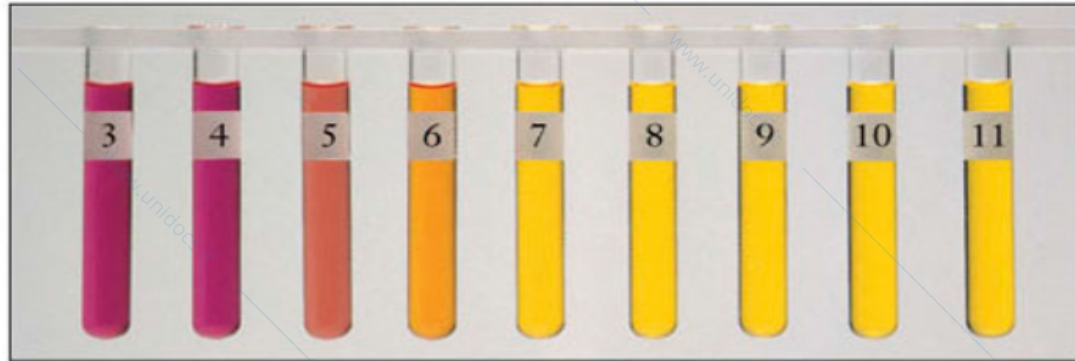


**La soluzione assume un colore intermedio**

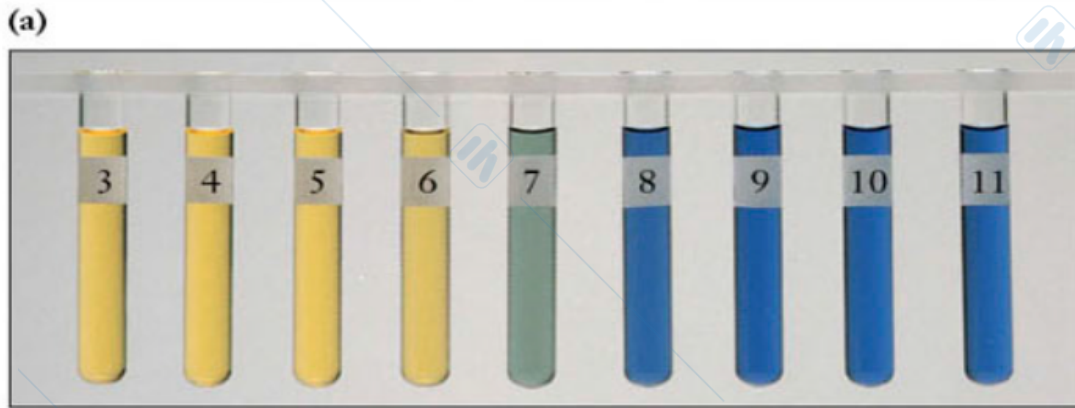
Il cambiamento di colore avviene a valori ben precisi di pH, che dipendono dalla  $K_{\text{in}}$  caratteristica di ciascun indicatore. Il punto corrispondente al cambiamento di colore prende il nome di punto di viraggio

$$\text{pH}_{\text{vir}} = \text{p}K_{\text{In}} \pm 1$$

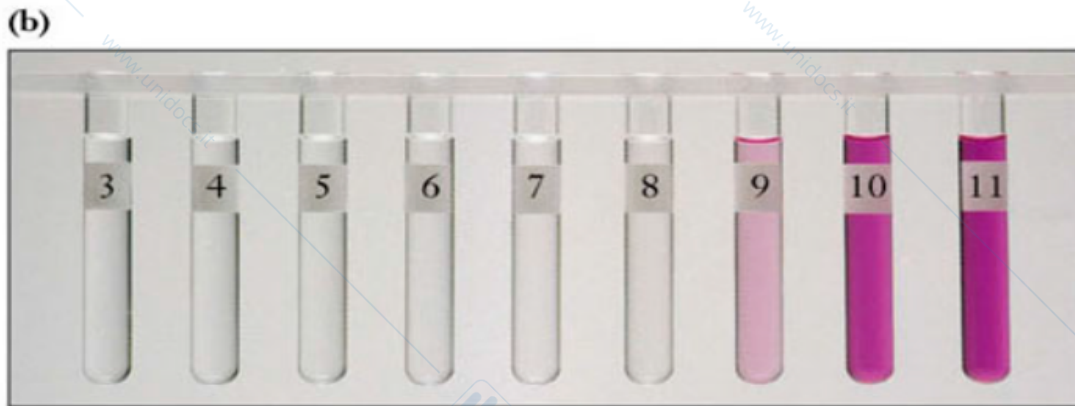
# Variazioni di colore per alcuni indicatori:



**Metilarancio**

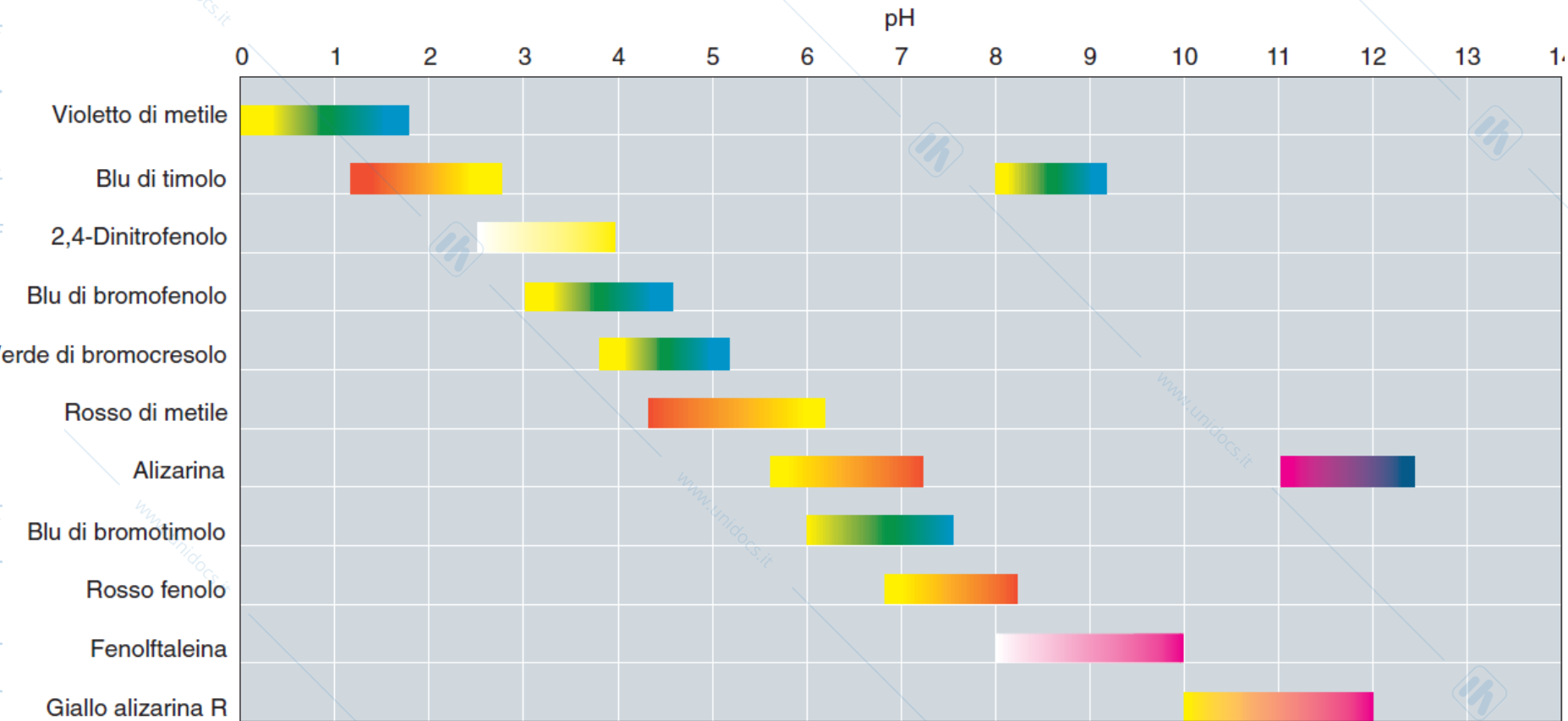


**Blu di bromotimolo**



**Fenolftaleina**

# Variazioni di colore e intervalli approssimati di pH per alcuni comuni indicatori acido-base



# Curve di titolazione

**Reazione Acido – Base completa che porta alla formazione del sale che può essere scritto in forma ionica .**



**Aggiungendo base a concentrazione NOTA si determina il punto di equivalenza considerando l'uguaglianza degli equivalenti**

$$\text{eq}_{(\text{acido})} = \text{eq}_{(\text{base})}$$

$$N_{(\text{acido})} \times V_{(\text{acido})} = N_{(\text{base})} \times V_{(\text{base})}$$

# TITOLAZIONE ACIDO BASE FORTE

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)

Il **punto di equivalenza** di una titolazione è il punto che corrisponde all'aggiunta di una quantità stechiometrica di base (o acido).

Per una titolazione acido-base forti il punto di equivalenza sarà a  $\text{pH}=7$ .

## 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:

Numero di moli                      Molarità                      Volume titolante utilizzato

$$n_{\text{NaOH}} = M \cdot V$$

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:  $M = n/V$

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

Il **punto di equivalenza** di una titolazione è il punto che corrisponde all'aggiunta di una quantità stechiometrica di base (o acido). Per una titolazione acido-base forti il punto di equivalenza sarà a  $\text{pH}=7$ .

**COSA SUCCEDDE PRIMA E DOPO IL PUNTO DI EQUIVALENZA?**

1. Il pH all'inizio della titolazione è il pH di una soluzione di HCl quindi è acido. Nel caso di prima la concentrazione è 0,06 M e vale quindi  $\text{pH} = -\log(0,06) = 1.2$

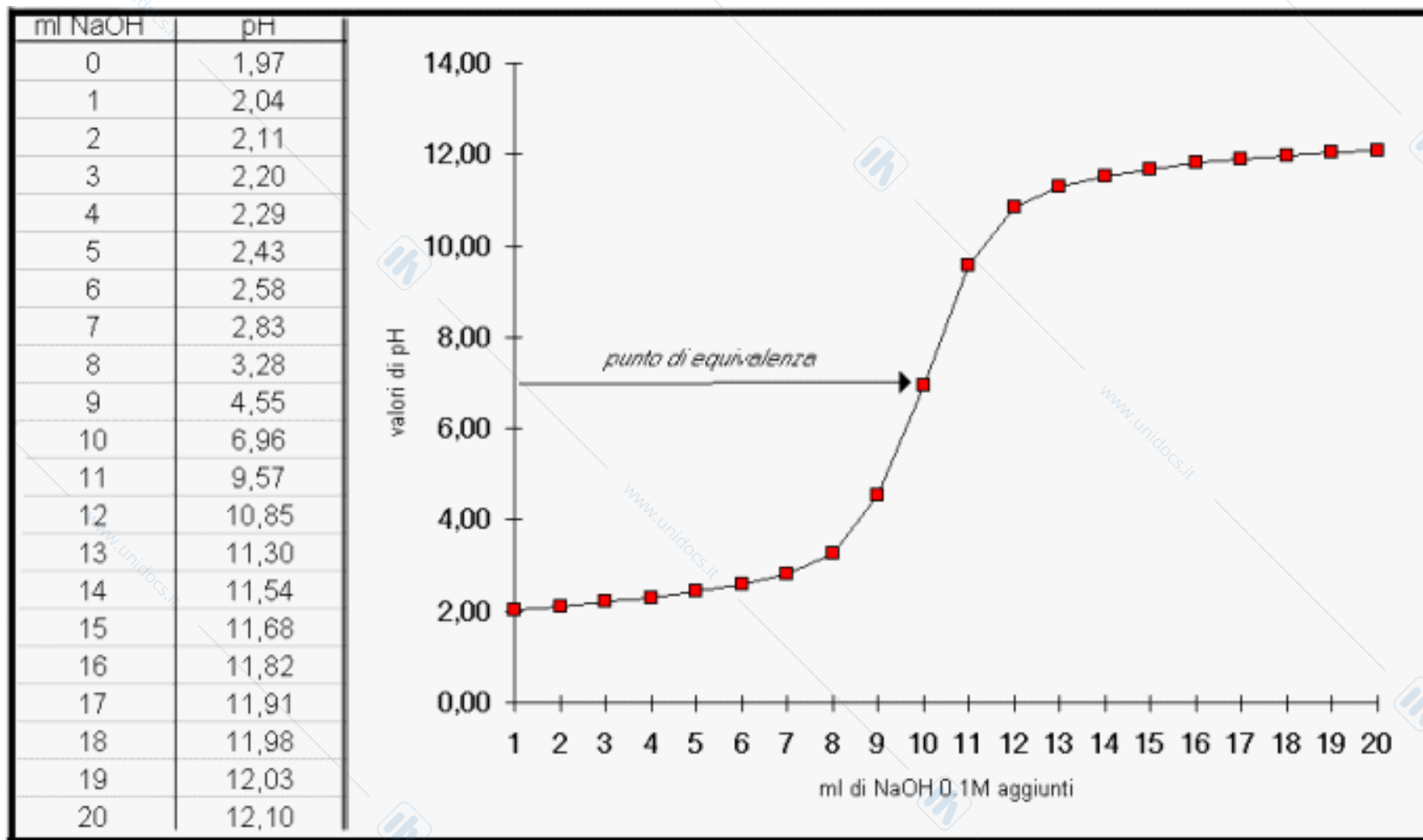
2. Durante la titolazione il pH si calcola tenendo conto che il numero di moli di base aggiunte neutralizzano lo stesso numero di moli di acido. Per ogni punto si determinano le specie presenti in soluzione.

3. Si considera il volume totale come la somma del volume dell'Acido + Volume della Base: il numero di moli di acido restanti viene diviso per il volume totale (che è aumentato rispetto al valore iniziale).

Esempi con i dati dell'esercizio precedente

1. 50 mL HCl 0,06 M + 15 mL NaOH 0,1 M
2. 50 mL HCl 0,06 M + 65 mL NaOH 0,1 M

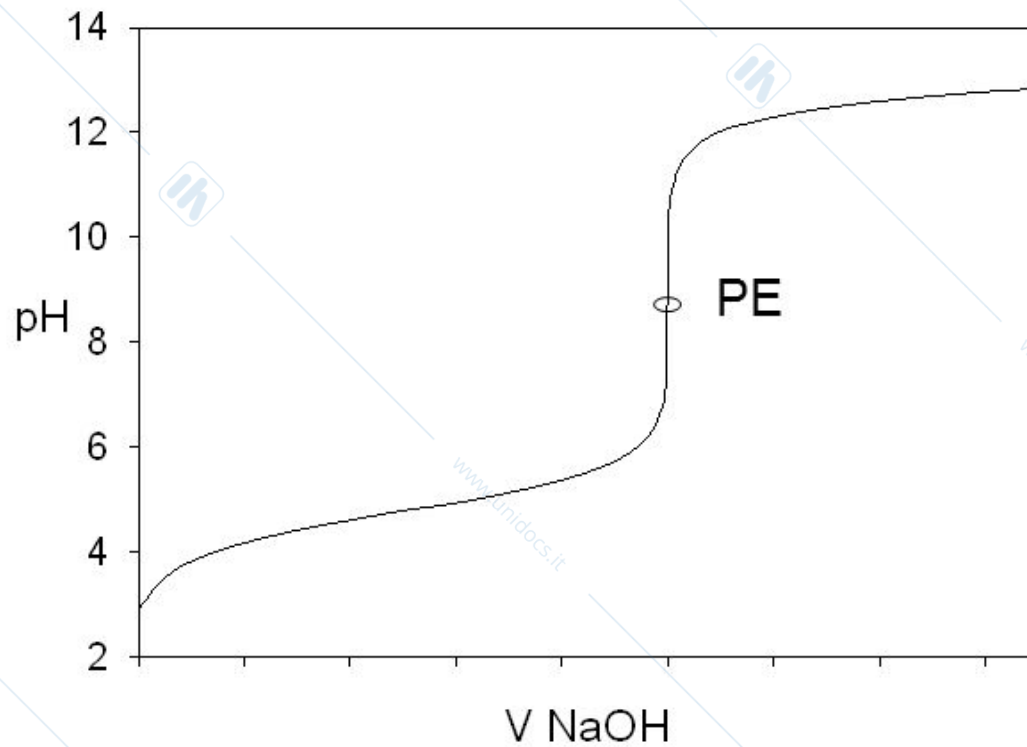
Una **curva di titolazione acido-base** è un grafico in cui si riporta il pH di una soluzione di acido (o base) in funzione del volume di base (acido) aggiunta. Nella figura sotto è riportata la curva di titolazione di HCl con NaOH 0.1M



# Titolazione acido debole con base forte

Titolazioni acido-base

## Titolazioni acido debole - base forte



Il calcolo del pH a varie aggiunte è complicata dal fatto che il sale che si forma durante la titolazione può dare idrolisi.

**Esempio** – Titolazione di acido acetico 0,1 M con idrossido di sodio



La curva di titolazione può essere divisa in quattro parti e per ciascuna di esse si applica un diverso tipo di calcolo del pH

