

Percorso 7

- 1) Realizza con Excel il grafico della titolazione acido forte-base forte, per esempio titolando **25 ml** di soluzione di acido cloridrico (**HCl**) **0,1 M** con una soluzione di idrossido di sodio (**NaOH**) **0,1 M**.
- 2) Una volta realizzato il grafico dell'esercizio 1 individua le zone più importanti del grafico e spiega quali sono gli indicatori più adatti a questo tipo di titolazione.

Soluzioni

1) La **TABELLA 1** si costruisce partendo dalla colonna di sinistra con il volume prelevato di soluzione di acido cloridrico espresso in litri (25 ml = 0,025 l). La seconda colonna riporta la concentrazione dell'acido cloridrico (0,1 M). La terza colonna sono le moli dell'acido ottenute moltiplicando il valore della colonna 1 con il valore della colonna 2. Con Excel i valori si ottengono rapidamente impostando nella prima casella in alto =Volume acido*M acido. Per gli altri valori sottostanti della colonna usare il drag and drop, tenendo premuto il tasto destro quando la piccola crocetta nera è allineata allo spigolo in basso a destra della cella.

Nella quarta colonna inseriamo i valori dei volumi (espressi in litri) della soluzione di idrossido di sodio aggiunti. Questi sono a scelta, ma si consiglia di partire con aggiunte di 2 ml alla volta fino a 24 ml poi di procedere con aggiunte successive di 0,1 ml, così da ottenere dei buoni tratti della curva nei punti di flesso.

La quinta colonna rappresenta la concentrazione della base (0,1 M).

Nella sesta colonna vi sono le moli della base ottenute moltiplicando il valore della colonna 5 con il valore della colonna 4. Con Excel si ottengono rapidamente impostando nella prima casella in alto =Volume base*M base. Per gli altri valori sottostanti della colonna usare il drag and drop, tenendo premuto il tasto destro quando la piccola crocetta nera è allineata allo spigolo in basso a destra della cella.

La settima colonna rappresenta i valori delle moli di acido in eccesso (in questa parte della tabella). Essa si realizza sottraendo le moli dell'acido (colonna 3) a quelle della base (colonna 6). Per gli altri valori sottostanti della colonna usare il drag and drop, tenendo premuto il tasto destro quando la piccola crocetta nera è allineata allo spigolo in basso a destra della cella.

L'ottava colonna rappresenta i valori della molarità dell'acido in eccesso (in questa parte della tabella). Essa si realizza dividendo i valori della colonna 7 con i valori del volume totale \rightarrow =Macido/base eccesso/(Valore colonna 1+ Valore colonna 4). Per gli altri valori sottostanti della colonna usare il drag and drop, tenendo premuto il tasto destro quando la piccola crocetta nera è allineata allo spigolo in basso a destra della cella.

Con la nona colonna si determina il valore di pH corrispondente. Si va nella casella e poi si clicca nella scheda "Formule". Nel menu a tendina si sceglie LOG e si inserisce il valore corrispondente della colonna 8. Attenzione: correggere la funzione LOG con -LOG, inserendo il segno - prima di LOG. Per gli altri valori sottostanti della colonna usare il drag and drop, tenendo premuto il tasto destro quando la piccola crocetta nera è allineata allo spigolo in basso a destra della cella, fino al valore precedente al punto equivalente, perché al punto equivalente si imposta il valore fisso 7.

| Volume acido | M acido | n acido | Volume base | M base | n base | n acido/base eccesso | M acido/base eccesso | pH |
|--------------|---------|---------|-------------|--------|---------|----------------------|----------------------|-------------|
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0 | 0,1 | 0 | 0,0025 | 0,1 | 1 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,001 | 0,1 | 0,0001 | 0,0024 | 0,092307692 | 1,034762106 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,003 | 0,1 | 0,0003 | 0,0022 | 0,078571429 | 1,104735351 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,005 | 0,1 | 0,0005 | 0,002 | 0,066666667 | 1,176091259 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,007 | 0,1 | 0,0007 | 0,0018 | 0,05625 | 1,249877473 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,009 | 0,1 | 0,0009 | 0,0016 | 0,047058824 | 1,327358934 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,011 | 0,1 | 0,0011 | 0,0014 | 0,038888889 | 1,410174465 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,013 | 0,1 | 0,0013 | 0,0012 | 0,031578947 | 1,500602351 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,015 | 0,1 | 0,0015 | 0,001 | 0,025 | 1,602059991 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,017 | 0,1 | 0,0017 | 0,0008 | 0,019047619 | 1,720159303 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,019 | 0,1 | 0,0019 | 0,0006 | 0,013636364 | 1,865301426 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,021 | 0,1 | 0,0021 | 0,0004 | 0,008695652 | 2,06069784 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,023 | 0,1 | 0,0023 | 0,0002 | 0,004166667 | 2,380211242 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,024 | 0,1 | 0,0024 | 0,0001 | 0,002040816 | 2,69019608 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,0241 | 0,1 | 0,00241 | 9E-05 | 0,001832994 | 2,736838983 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,0242 | 0,1 | 0,00242 | 8E-05 | 0,001626016 | 2,788875116 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,0243 | 0,1 | 0,00243 | 7E-05 | 0,001419878 | 2,847748879 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,0244 | 0,1 | 0,00244 | 6E-05 | 0,001214575 | 2,915575699 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,0245 | 0,1 | 0,00245 | 5E-05 | 0,001010101 | 2,995635195 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,0246 | 0,1 | 0,00246 | 4E-05 | 0,000806452 | 3,093421685 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,0247 | 0,1 | 0,00247 | 3E-05 | 0,000603622 | 3,219235134 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,0248 | 0,1 | 0,00248 | 2E-05 | 0,000401606 | 3,396199347 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,0249 | 0,1 | 0,00249 | 1E-05 | 0,000200401 | 3,698100546 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0 | 0 | 7 |

Tabella 1 Prima parte della tabella

La seconda parte della tabella contiene i valori dopo il punto equivalente. Dalla prima colonna alla sesta abbiamo la stessa situazione della tabella 1. Adesso però, avendo superato il punto equivalente, le moli di acido forte sono state tutte consumate e rimangono le moli in eccesso della base forte. Quindi la settima colonna contiene i valori in eccesso della base, che vengono calcolati sottraendo i valori della colonna 6 con

quelli della colonna 3 (=n base eccesso-n acido). Per gli altri valori sottostanti della colonna usare il drag and drop, tenendo premuto il tasto destro quando la piccola crocetta nera è allineata allo spigolo in basso a destra della cella.

La colonna 8 contiene i valori della molarità della base in eccesso, che vengono calcolati dividendo i valori della colonna 7 diviso il volume totale [=n base eccesso/(Volume acido+Volume base)]. Per gli altri valori sottostanti della colonna usare il drag and drop, tenendo premuto il tasto destro quando la piccola crocetta nera è allineata allo spigolo in basso a destra della cella.

Con la nona colonna si determina il valore di pH corrispondente. Si va nella casella e poi si clicca nella scheda "Formule". Nel menu a tendina si sceglie LOG e si inserisce il valore corrispondente della colonna 8. Attenzione correggere la funzione LOG con 14+LOG, perché dobbiamo trasformare le unità di pOH in unità di pH. Per gli altri valori sottostanti della colonna (fino a 0,05 l di base aggiunta) usare in drag and drop, tenendo premuto il tasto destro quando la piccola crocetta nera è allineata allo spigolo in basso a destra della cella.

| Volume acido | M acido | n acido | Volume base | M base | n base | n acido/base eccesso | M acido/base eccesso | pH |
|--------------|---------|---------|-------------|--------|---------|----------------------|----------------------|-------------|
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,0251 | 0,1 | 0,00251 | 1E-05 | 0,000199601 | 10,30016227 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,0252 | 0,1 | 0,00252 | 2E-05 | 0,000398406 | 10,60032628 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,0253 | 0,1 | 0,00253 | 3E-05 | 0,000596421 | 10,77555327 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,0254 | 0,1 | 0,00254 | 4E-05 | 0,000793651 | 10,89962945 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,0255 | 0,1 | 0,00255 | 5E-05 | 0,000990099 | 10,99567863 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,0256 | 0,1 | 0,00256 | 6E-05 | 0,001185771 | 11,07400073 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,0257 | 0,1 | 0,00257 | 7E-05 | 0,001380671 | 11,14009008 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,0258 | 0,1 | 0,00258 | 8E-05 | 0,001574803 | 11,19722627 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,0259 | 0,1 | 0,00259 | 9E-05 | 0,001768173 | 11,24752473 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,026 | 0,1 | 0,0026 | 1E-04 | 0,001960784 | 11,29242982 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,028 | 0,1 | 0,0028 | 0,0003 | 0,005660377 | 11,75284539 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,03 | 0,1 | 0,003 | 0,0005 | 0,009090909 | 11,95860731 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,032 | 0,1 | 0,0032 | 0,0007 | 0,012280702 | 12,08922318 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,034 | 0,1 | 0,0034 | 0,0009 | 0,015254237 | 12,1833905 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,036 | 0,1 | 0,0036 | 0,0011 | 0,018032787 | 12,25606285 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,038 | 0,1 | 0,0038 | 0,0013 | 0,020634921 | 12,3146028 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,04 | 0,1 | 0,004 | 0,0015 | 0,023076923 | 12,3631779 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,044 | 0,1 | 0,0044 | 0,0019 | 0,027536232 | 12,43990451 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,046 | 0,1 | 0,0046 | 0,0021 | 0,029577465 | 12,47096095 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,048 | 0,1 | 0,0048 | 0,0023 | 0,031506849 | 12,49840498 |
| 0,025 | 0,1 | 0,0025 | 0,05 | 0,1 | 0,005 | 0,0025 | 0,033333333 | 12,52287875 |

Tabella 2 Seconda parte della tabella

Il grafico si costruisce selezionando con il tasto destro del mouse premuto, tenendo premuto il tasto control la quarta (Volume base) e la nona colonna (pH). Una volta selezionati i dati si va nella scheda "Inserisci", per poi selezionare "Grafico a dispersione" ottenendo il grafico desiderato.

2)

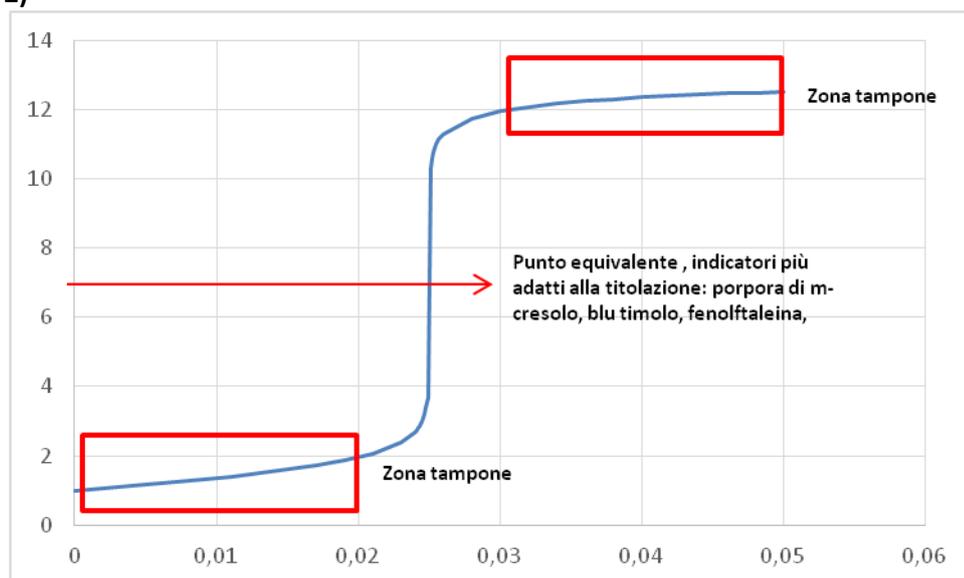


Grafico titolazione acido forte-base forte