



1. Tampone formato da NH_3 0.2 M e NH_4Cl 0.3 M $K_a \text{NH}_4^+ 5.7 \times 10^{-10}$

Il pH è applicando HH: $\text{pH} = -\log 5.7 \times 10^{-10} + \log (0.2/0.3) = 9.07$

Aggiungiamo 100mL di NaOH 0.05 M a 400 mL di tampone

$$[\text{NH}_4\text{Cl}] = (0.3\text{M} \times 400\text{mL} - 0.05\text{M} \times 100\text{mL}) / 500\text{mL} = 0.23\text{M}$$

$$[\text{NH}_3] = (0.2\text{M} \times 400\text{mL} + 0.05\text{M} \times 100\text{mL}) / 500\text{mL} = 0.17\text{M}$$

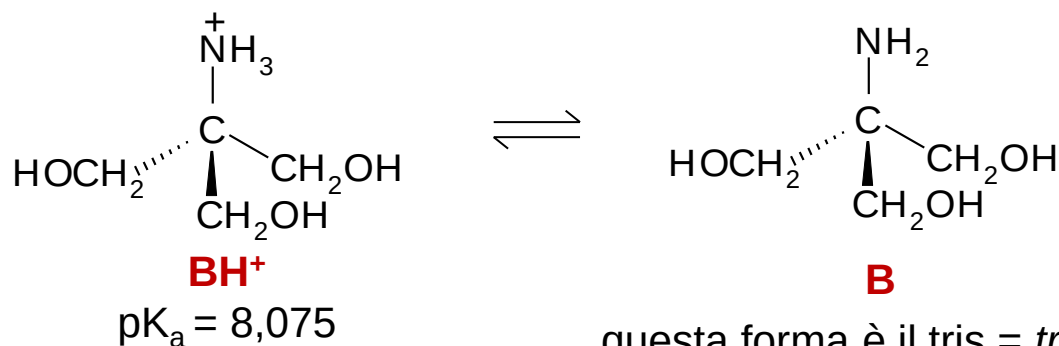
$$\text{pH} = -\log 5.7 \times 10^{-10} + \log (0.17/0.23) = 9.11$$

Aggiungiamo 100mL di HCl 0.05M

$$[\text{NH}_3] = (0.2\text{M} \times 400\text{mL} - 0.05\text{M} \times 100\text{mL}) / 500\text{mL} = 0.15\text{M}$$

$$[\text{NH}_4\text{Cl}] = (0.3\text{M} \times 400\text{mL} + 0.05\text{M} \times 100\text{mL}) / 500\text{mL} = 0.25\text{M}$$

$$\text{pH} = -\log 5.7 \times 10^{-10} + \log (0.15/0.25) = 9.02$$



questa forma è il tris = *tris*(idrossimetil)amminometano

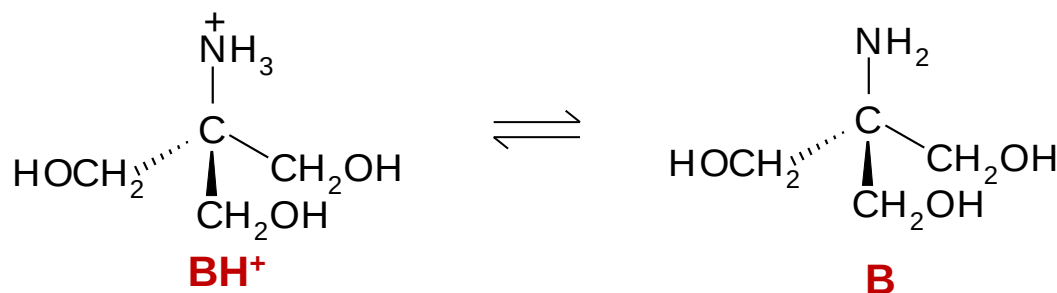
2. Trovare il pH di una soluzione preparata sciogliendo 12,43 g di “tris” (PM=121,135) + 4,67 g di cloridrato di tris (PM=157,596) in 1,00 L di acqua.

2a. Se si aggiungono alla soluzione dell'esempio precedente 12,0 mL di HCl 1,00 M, quale sarà il nuovo pH?

3. Quanti mL di NaOH 0,500M devono essere aggiunti a 10,0 g di cloridrato di tris per dare un pH=7,60 in un volume finale di 250 mL?

Cosa succede quando aggiungiamo una soluzione di NaOH ad una soluzione di cloridrato di tris? Guardiamo l'equilibrio acido base riportato sopra: il tris (base, B) ed il tris cloridrato (acido coniugato, BH⁺) instaurano un equilibrio acido base regolato dal valore della pK_a. Partendo da una soluzione che contiene solo la specie BH⁺ quando aggiungiamo una base forte (NaOH) spostiamo l'equilibrio e quindi trasformiamo in parte BH⁺ in B.

Per risolvere l'esercizio dobbiamo quindi calcolare quante moli di specie basica (tris) dobbiamo avere perché il nostro tampone sia a pH 7,60.



$$pK_a = 8,075$$

questa forma è il tris = *tris*(idrossimetil)amminometano

Prima di tutto dobbiamo calcolare quante moli di tris cloridrato (BH⁺) abbiamo:

Moli BH⁺ iniziali = $10.0/157.596 = 0.063$ moli

Applicando l'equazione di Henderson-Hasselbach possiamo scrivere che:

$$7,60 = 8.075 + \log \frac{C_b}{C_a}$$

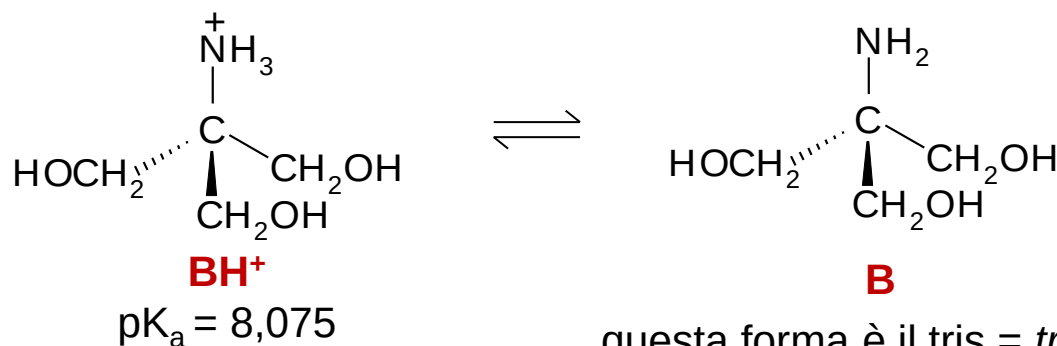
in cui C_b = moli di tris (moli di B)

in cui C_a = moli di tris cloridrato (moli di BH⁺)

In questo modo noi abbiamo una equazione ma due incognite (C_a, e C_b), infatti le moli di BH⁺ che abbiamo calcolato prima e che derivano dalla pesata non sono quelle che abbiamo all'equilibrio, perché avendo aggiunto un certo quantitativo di NaOH le abbiamo in parte trasformate in B.

Quindi noi sappiamo che la somma delle moli di B e di BH⁺ è pari a 0,063 e possiamo scrivere

che $C_a + C_b = 0.063$ ora abbiamo due equazioni e due incognite quindi possiamo procedere.



questa forma è il tris = *tris*(idrossimetil)amminometano

Prima di tutto ricaviamo C_b dalla seconda equazione: $C_b = 0.063 - C_a$
sostituiamolo nella prima equazione

$$7,60 = 8.075 + \log \frac{0,063 - C_a}{C_a}$$

Eliminiamo il termine logaritmico

$$0.335 = \frac{0,063 - C_a}{C_a}$$

Ricaviamo C_a = 0.047 moli

E di conseguenza C_b = 0.016 moli

0,016 moli sono le moli di NaOH che dobbiamo aggiungere alla soluzione di tris cloridrato per ottenere il tampone a pH 7,60.

0,016/0,500 = 32 mL di NaOH da aggiungere

4. Qual è il pH di un tampone formato mescolando 50,0 mL di NaH_2PO_4 0,200 M con:
- a) 50,0 mL di HCl 0,120 M
 - b) 50,0 mL di NaOH 0,120 M

Per H_3PO_4 $\text{pK}_1 = 2,148$; $\text{pK}_2 = 7,199$; $\text{pK}_3 = 12,15$

Per risolvere questo esercizio dobbiamo fare attenzione perché se aggiungiamo HCl allora stiamo considerando il primo equilibrio di dissociazione dell'acido fosforico e quindi dobbiamo considerare la $\text{pK}_1 = 2,148$ ed il seguente equilibrio



se aggiungiamo NaOH allora stiamo considerando il secondo equilibrio di dissociazione dell'acido fosforico e quindi dobbiamo considerare la $\text{pK}_2 = 7,199$ ed il seguente equilibrio



4. Qual è il pH di un tampone formato mescolando 50,0 mL di NaH_2PO_4 0,200 M con:
- a) 50,0 mL di HCl 0,120 M
 - b) 50,0 mL di NaOH 0,120 M

Prima di tutto calcoliamo le moli di NaH_2PO_4 e quindi di H_2PO_4^- che abbiamo all'inizio:

$$\text{moli di } \text{H}_2\text{PO}_4^- = 0,200 \times 0,050 = 0,01 \text{ moli}$$

Ora calcoliamo le moli di HCl che aggiungiamo e che corrispondono alle moli di H_3PO_4 che otteniamo per spostamento dell'equilibrio:



$$\text{Moli di HCl} = \text{moli di } \text{H}_3\text{PO}_4 = 0,120 \times 0,050 = 0,006 \text{ moli (moli di } C_a)$$

Ora possiamo calcolare le moli di H_2PO_4^- che rimangono in soluzione:

$$0,01 - 0,006 = 0,004 \text{ moli di } \text{H}_2\text{PO}_4^- \text{ (moli di } C_b)$$

Applicando l'equazione di H.H:
$$\text{pH} = 2,148 + \log \frac{0,004}{0,006} = 1,97 \text{ (in realtà in questo caso siamo fuori dai limiti di validità dell'eq. di HH)}$$

4. Qual è il pH di un tampone formato mescolando 50,0 mL di NaH_2PO_4 0,200 M con:
- a) 50,0 mL di HCl 0,120 M
 - b) 50,0 mL di NaOH 0,120 M

Procediamo allo stesso modo per il punto b):

$$\text{moli di } \text{H}_2\text{PO}_4^- = 0,200 \times 0,050 = 0,01 \text{ moli}$$

Ora calcoliamo le moli di NaOH che aggiungiamo e che corrispondono alle moli di HPO_4^{2-} che otteniamo per spostamento dell'equilibrio:



$$\text{Moli di NaOH} = \text{moli di } \text{HPO}_4^{2-} = 0,120 \times 0,050 = 0,006 \text{ (moli di } C_b)$$

Ora possiamo calcolare le moli di H_2PO_4^- che rimangono in soluzione:

$$0,01 - 0,006 = 0,004 \text{ moli di } \text{H}_2\text{PO}_4^- \text{ (moli di } C_a)$$

Applicando l'equazione di H.H:

$$\text{pH} = 7,199 + \log \frac{0,006}{0,004} = 7,37$$

5. Quanti mL di KOH 0,800 M dovrebbero essere aggiunti a 3,38 g di acido ossalico (P.M = 90,04) per dare un pH di 4,40, quando vengono diluiti a 500 mL? (Per $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ $\text{pK}_1 = 1,252$; $\text{pK}_2 = 4,266$)

Prima di tutto cerchiamo di capire quale equilibrio dobbiamo considerare per preparare questo tampone. L'acido ossalico è un acido diprotico e quindi esistono due equilibri di dissociazione



Noi vogliamo preparare un tampone a pH 4,40 quindi stiamo considerando il secondo equilibrio ed in soluzione avremo le specie HC_2O_4^- (C_a) e $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ (C_b)

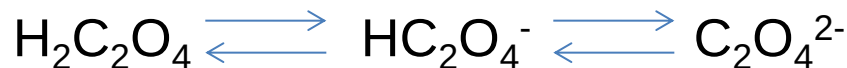
Noi però abbiamo pesato $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ e quindi dovremo aggiungere un quantitativo di KOH tale da spostare completamente il primo equilibrio verso destra e poi ancora un certo quantitativo di KOH per trasformare, in parte, HC_2O_4^- in $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$.

Prima di tutto calcoliamo le moli di acido ossalico che abbiamo in soluzione:

$$\text{Moli di } \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 = 3,38/90,04 = 0,0375 \text{ moli}$$

Quindi di sicuro dovremo aggiungere 0,0375 moli di KOH per far sì che $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ si trasformi completamente in HC_2O_4^- .

5. Quanti mL di KOH 0,800 M dovrebbero essere aggiunti a 3,38 g di acido ossalico (P.M = 90,04) per dare un pH di 4,40, quando vengono diluiti a 500 mL? (Per $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ $\text{pK}_1 = 1,252$; $\text{pK}_2 = 4,266$)



Ora dobbiamo calcolare quante moli di KOH dobbiamo aggiungere per trasformare, in parte, HC_2O_4^- (C_a) in $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ (C_b)

Applicando l'equazione di Henderson-Hasselbach possiamo scrivere che:

$$4,40 = 4,266 + \log \frac{C_b}{C_a}$$

in cui C_b = moli di $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$

in cui C_a = moli di HC_2O_4^-

Quindi noi sappiamo che la somma delle moli di HC_2O_4^- (C_a) e $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ (C_b) è pari a 0,0375 e possiamo scrivere che

$$C_a + C_b = 0.0375$$

ora abbiamo due equazioni e due incognite quindi possiamo procedere.

Prima di tutto ricaviamo C_b dalla seconda equazione: $C_b = 0.0375 - C_a$
sostituiamolo nella prima equazione

$$4,40 = 4.266 + \log \frac{0,0375 - C_a}{C_a}$$

Eliminiamo il termine logaritmico

$$1,361 = \frac{0,0375 - C_a}{C_a}$$

Ricaviamo $C_a = 0.016$ moli

e di conseguenza $C_b = 0.0215$ moli

0,0215 moli sono le moli di KOH che dobbiamo aggiungere per trasformare HC_2O_4^- in $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$

Prima però avevamo detto che dovevamo aggiungere 0,0375 moli di KOH per trasformare $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ in HC_2O_4^- quindi in totale dobbiamo aggiungere

$0,0375 + 0,0215 = 0,059$ moli di KOH 0,800 M pari a

$0,059/0,800 = 73.75$ mL di KOH da aggiungere