

Een oplossing bevat zowel Na_2CO_3 als NaHCO_3 . De pH van deze oplossing bedraagt 10,22. Bij titratie van 25,0 mL van deze oplossing met een 0,100 mol/L HCl-oplossing wordt een eerste stoichiometrisch punt bereikt na toevoegen van 8,00 mL. Na hoeveel mL wordt het tweede stoichiometrisch punt bereikt?



$$pK_{a1} = 6,38$$

$$pK_{a2} = 10,32$$

Oplossing

$\text{Na}^+ \text{CO}_3^{2-}$ is een zout. Het positieve ion Na^+ is een zuur dat zwakker zuur is dan water en is te verwaarlozen. Het negatieve ion CO_3^{2-} is een base: de geconjugeerde base van het zuur HCO_3^- ($pK_a = 10,32$) en dus een zwakke base ($pK_b = 3,68 \rightarrow K_b = 2,09 \cdot 10^{-4}$).

$\text{Na}^+ \text{HCO}_3^-$ is een zout. Het positieve ion Na^+ is een zuur dat zwakker zuur is dan water en is te verwaarlozen. Het negatieve ion HCO_3^- is een zwakke base (de geconjugeerde base van het zuur H_2CO_3) met $pK_b = 7,62 \rightarrow K_b = 2,40 \cdot 10^{-8}$, maar het is ook een zwak zuur ($pK_a = 10,32 \rightarrow K_a = 4,79 \cdot 10^{-11}$). Het is dus een amfolyt.

De oorspronkelijke oplossing bevat beide zouten: het is dus een buffer. De pH ervan bedraagt 10,22:

$$pH = 10,22 = 10,32 + \log \frac{c_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{c_{\text{NaHCO}_3}} = 10,32 + \log \frac{c_{\text{CO}_3^{2-}}}{c_{\text{HCO}_3^-}}$$

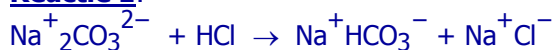
Hieruit volgt dat:

$$\log \frac{c_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{c_{\text{NaHCO}_3}} = 10,22 - 10,32 = -0,10$$

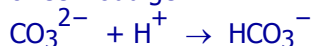
$$\frac{c_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{c_{\text{NaHCO}_3}} = 0,79$$

Bij toevoegen van 0,100 mol/L HCl zal eerst volgende reactie plaatsvinden:

Reactie 1:



of eenvoudiger



Het stoichiometrisch punt (het eerste) van deze reactie wordt bereikt na toevoegen van 8,00 mL 0,100 mol/L HCl of $8,00 \cdot 10^{-4}$ mol HCl.

De oorspronkelijke oplossing bevat dus evenveel Na_2CO_3 : $8,00 \cdot 10^{-4}$ mol.

De oorspronkelijk oplossing bevat daarnaast ook nog een hoeveelheid NaHCO_3 . Deze hoeveelheid is groter dan de hoeveelheid Na_2CO_3 , gezien het feit dat in de oorspronkelijke oplossing

$$\frac{c_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{c_{\text{NaHCO}_3}} = 0,79. \text{ Daaruit volgt dat } \frac{n_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{n_{\text{NaHCO}_3}} = 0,79 \text{ en dus dat}$$

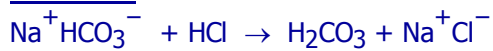
$$n_{\text{NaHCO}_3} = \frac{n_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{0,79} = \frac{8,00 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}{0,79} = 1,01 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Als de eerste reactie afgelopen is bevat de oplossing enkel nog NaHCO_3 . De aanwezige hoeveelheid is gelijk aan de som van:

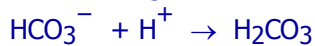
- de hoeveelheid die oorspronkelijk aanwezig was: $1,01 \cdot 10^{-3}$ mol,
- de hoeveelheid die ontstaan is tijdens de eerste reactie: $8,00 \cdot 10^{-4}$ mol.

In het totaal is er dan $1,81 \cdot 10^{-3}$ mol NaHCO_3 aanwezig. Die hoeveelheid zal reageren tijdens de tweede reactie:

Reactie 2:



of eenvoudiger



Om het tweede stoichiometrisch punt te bereiken is er dus nog $1,81 \cdot 10^{-3}$ mol HCl nodig: 18,1 mL 0,100 mol/L HCl.

Het tweede stoichiometrisch punt wordt dus bereikt na toevoegen van $(8,00 + 18,1 =)$ **26,1 mL**.