

Buffer 1

Als 50 mL van een 0,10 M oplossing van waterstoffluoride wordt gemengd met 10 mL van 0,20 M natronloog, ontstaat een buffermengsel.

- 1 Leg uit dat op deze manier een buffermengsel ontstaat.
- 2 Bereken de pH van dit buffermengsel ($T = 298 \text{ K}$).

Een buffermengsel heeft onder andere als eigenschap dat de pH van het mengsel nauwelijks verandert als een beetje zoutzuur wordt toegevoegd.

- 3 Leg uit waarom de pH van een buffermengsel, zoals hierboven, nauwelijks verandert als een beetje zoutzuur wordt toegevoegd.

Buffer 2

Annelies moet, uitgaande van een 0,10 M NH_3 -oplossing, een bufferoplossing maken met $\text{pH} = 8,77$.

- 4 Laat door berekening zien dat in de bufferoplossing met $\text{pH} = 8,77$ geldt:
$$\frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} = 3,0.$$

Om deze bufferoplossing te maken voegt Annelies 0,20 M zoutzuur toe aan 50 mL van de oplossing van NH_3 .

- 5 Bereken hoeveel mL zoutzuur Annelies moet toevoegen om de genoemde bufferoplossing te bereiden.

Buffer 3

Guido voegt 1,00 gram calciumhydroxide toe aan 50,0 mL van een 1,40 M oplossing van azijnzuur. Het calciumhydroxide wordt volledig omgezet. De ontstane oplossing is een bufferoplossing.

- 6 Laat door berekening zien dat de pH van deze bufferoplossing 4,57 is.

Vervolgens vult Guido de oplossing met water aan tot een volume van 250,0 mL.

- 7 Leg uit wat de pH van de oplossing na het aanvullen zal zijn.

Buffer 4

Cem heeft een buffer met een pH van 4,00 gemaakt. Hij gebruikte daarvoor azijnzuur. Met natronloog heeft hij de oplossing op een pH van 4,00 gebracht.

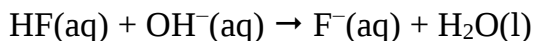
- 8 Laat met een berekening zien dat $\frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = 5,9$

- 9 Bereken hoeveel procent van de azijnzuurmoleculen bij deze pH zijn omgezet in acetaationen.

Uitwerkingen

- 1 HF: $n = [\text{HF}] \cdot V = 0,10 \cdot 50 = 5,0 \text{ mmol}$
 OH⁻: $n = [\text{OH}^-] \cdot V = 0,20 \cdot 10 = 2,0 \text{ mmol}$

Bij mengen treedt de volgende reactie op:



Er is een ondermaat OH⁻, dus na reactie blijft er 3,0 mmol HF over en er ontstaat 2,0 mmol F⁻. Nu bevat de oplossing dus een zwak zuur en de geconjugeerde zwakke base, de verhouding is 1,5 en er is "voldoende". Het is dus een buffer.

- 2 De K_z van HF is $6,3 \cdot 10^{-4}$ $\left. \begin{array}{l} [\text{HF}] = \frac{3,0}{60} = 0,050 \text{ M} \\ [\text{F}^-] = \frac{2,0}{60} = 0,033 \text{ M} \end{array} \right\} K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot 0,033}{0,050} = 6,3 \cdot 10^{-4}$

De evenwichtsvoorwaarde herschrijven:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{6,3 \cdot 10^{-4} \cdot 0,050}{0,033} = 9,45 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(9,45 \cdot 10^{-4}) = \underline{\underline{3,02}}$$

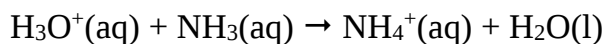
- 3 Het toegevoegde H₃O⁺ reageert weg met de base F⁻, zodat de [H₃O⁺] niet toeneemt. De pH blijft dus gelijk:
 $\text{F}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{HF(aq)} + \text{H}_2\text{O(l)}$

- 4 $K_z = 5,6 \cdot 10^{-10}$
 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-8,77} = 1,70 \cdot 10^{-9} \text{ M}$
 $K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{1,70 \cdot 10^{-9} \cdot [\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = 5,6 \cdot 10^{-10}$
 $\frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{5,6 \cdot 10^{-10}}{1,70 \cdot 10^{-9}} = 0,33$
 $\frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} = \frac{1}{0,33} = \underline{\underline{3,0}}$

- 5 50 mL van de oplossing van NH_3 waarmee ze begint bevat:

$$n = [\text{NH}_3] \cdot V = 0,10 \cdot 50 = 5,0 \text{ mmol}$$

Door toevoeging van H_3O^+ neemt de hoeveelheid NH_3 af en wordt NH_4^+ gevormd volgens:



De hoeveelheid NH_3 moet dus zodanig afnemen, dat na deze reactie geldt:

$$\frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} = 3,0$$

Aangezien beide deeltjes zich in hetzelfde volume bevinden, geldt dit ook voor de chemische hoeveelheid (het aantal (m)mol):

$$\frac{n_{\text{NH}_4^+}}{n_{\text{NH}_3}} = 3,0$$

Wanneer NH_3 met x mmol afneemt, ontstaat er van NH_4^+ ook x mmol, dus:

$$\frac{x}{5,0 - x} = 3,0$$

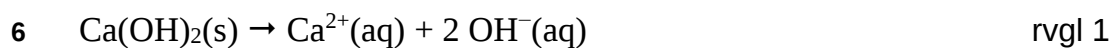
$$x = 3,0 (5,0 - x)$$

$$x = 15 - 3,0x$$

$$x = \frac{15}{4,0} = 3,8 \text{ mmol}$$

Annelies moet dus 3,8 mmol H_3O^+ en dus ook HCl toevoegen. Met een molariteit van het zoutzuur van 0,20 M is dat dus:

$$V = \frac{n}{[\text{HCl}]} = \frac{3,8}{0,20} = \underline{\underline{19 \text{ mL}}}$$



Ca(OH)_2 : $m = 1,00 \text{ g}$
 $M = 74,093 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $n = \frac{m}{M} = \frac{1,00}{74,093} = 0,0135 \text{ mol} = 13,5 \text{ mmol}$

OH^{-} : $n = 2 \cdot 13,5 = 27,0 \text{ mmol}$ (1 : 2, rvgl 1)

CH_3COOH : $[\text{CH}_3\text{COOH}] = 1,40 \text{ M}$
 $V = 50,0 \text{ mL}$
 $n = [\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot V = 1,40 \cdot 50,0 = 70,0 \text{ mmol}$

Volgens reactievergelijking 2 gaat het OH^{-} reageren met CH_3COOH . Het OH^{-} is in ondermaat. Na reactie bevat het mengsel:

CH_3COOH : $n = 70,0 - 27,0 = 43,0 \text{ mmol}$ $[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{43,0}{50,0} = 0,86 \text{ M}$

$\text{CH}_3\text{COO}^{-}$: $n = 27,0 \text{ mmol}$ $[\text{CH}_3\text{COO}^{-}] = \frac{27,0}{50,0} = 0,54 \text{ M}$

Met de K_z van azijnzuur ($1,7 \cdot 10^{-5}$) wordt dat:

$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^{+}] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^{-}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^{+}] \cdot 0,54}{0,86} = 1,7 \cdot 10^{-5}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^{+}] = \frac{1,7 \cdot 10^{-5} \cdot 0,86}{0,54} = 2,7 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{pH} = -\log(2,7 \cdot 10^{-5}) = \underline{\underline{4,57}}$$

- 7 Verdunnen heeft geen invloed op de pH van een bufferoplossing. Dit kun je ook laten zien m.b.v. de evenwichtsvoorwaarde. Beide deeltjes (CH_3COOH en $\text{CH}_3\text{COO}^{-}$) bevinden zich in hetzelfde volume, dus de volumes kun je wegdelen in de evenwichtsvoorwaarde. Het volume heeft dus geen invloed op de $[\text{H}_3\text{O}^{+}]$ en dus niet op de pH.

$$[\text{H}_3\text{O}^{+}] = K_z \cdot \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^{-}]} = K_z \cdot \frac{n_{\text{CH}_3\text{COOH}}/\cancel{V}}{n_{\text{CH}_3\text{COO}^{-}}/\cancel{V}}$$

8 $K_z = 1,7 \cdot 10^{-5}$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-4,0}$$

Deze waarden invullen in de evenwichtsvoorwaarde:

$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$1,7 \cdot 10^{-5} = \frac{10^{-4,0} \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{1,7 \cdot 10^{-5}}{1 \cdot 10^{-4}} = 0,17$$

$$\frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = \frac{1}{0,17} = \underline{\underline{5,9}}$$

9 Uit opg 8 blijkt dat $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ op evenwicht $5,9\times$ groter is dan $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$.

Stel $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 1,0$ deel, dan $[\text{CH}_3\text{COOH}] = 5,9$ delen.

In totaal dus $1,0 + 5,9 = 6,9$ delen, waarvan $1,0$ deel omgezet is:

Percentage omgezette CH_3COOH -moleculen is dus: $\frac{1,0}{5,9 + 1,0} \times 100\% = \underline{\underline{15\%}}$