

Hints bij hoofdstuk 3

- 1 Dit is een zuur-basereactie.
- 2 Bereken eerst het aantal mol H^+ uit de pH en het volume van de zure oplossing.
- 3 Vergelijk de ligging van het evenwicht bij de verschillende pH-waarden.
- 4 De verhouding $[C_5H_7COO^-] : [C_5H_7COOH]$ in de evenwichtsvoorwaarde invullen.
- 5 CO_3^{2-} heet carbonaat.
- 6 Lees de pH af in het diagram.
- 7 Lees in het diagram het aantal mol CO_2 en HCO_3^- af bij $pH = 6,7$.
- 8 Bereken $[OH^-]$ via $[H_3O^+]$.
- 9 Schrijf de evenwichtsvoorwaarde op en vul hierin $[H_3O^+]$ in.
- 10 Natriumwaterstofcarbonaat reageert zowel met acetylsalicylzuur als met citroenzuur. Hoeveel (m)mol heeft met acetylzuursalicylzuur gereageerd?
- 11 Er is massa-afname door het ontwijken van koolstofdioxide.
- 12 Kies een uitvoering waarbij je een vergelijking met proef 1 kunt maken.
- 13 Gebruik de evenwichtsvoorwaarde van het zuur NH_4^+ (of van de base NH_3). Vul daarin $[NH_4^+]$ en $[H_3O^+]$ (of $[OH^-]$) in.
- 14 Wat is het essentiële kenmerk van een bufferoplossing?
- 15 De verhouding van hoeveelheid zuur en base in de buffer speelt ook een rol.
- 16 Zinkoxide bevat de base.
- 17 Als zuur wordt H^+ afgestaan; als base wordt H^+ opgenomen.

Ongeluk bij zinkmijn

- 1 $CaCO_3(s) + 2 H^+(aq) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$
Er treedt een zuur-basereactie op tussen CO_3^{2-} en H^+ waardoor 'koolzuur' ontstaat.
- 2 Voor de zure oplossing geldt: $[H^+] = 10^{-2,5} \text{ mol L}^{-1} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$.
De 3 miljoen m^3 zuur slib bevat $1,5 \cdot 10^6 m^3$ of $1,5 \cdot 10^9 L$ zure oplossing \Rightarrow deze oplossing bevat $1,5 \cdot 10^9 L \cdot 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} = 4,5 \cdot 10^6 \text{ mol } H^+$.
Deze hoeveelheid H^+ reageert met soda in de molverhouding 2 : 1 dus met $2,25 \cdot 10^6 \text{ mol } Na_2CO_3 \cdot 1 H_2O = 2,25 \cdot 10^6 \text{ mol} \cdot 286,2 \text{ g mol}^{-1} = 6,44 \cdot 10^8 \text{ g} = 6 \cdot 10^5 \text{ kg}$ (1 significant cijfer).
Indien je de zuurconcentratie afrondt op twee cijfers, vind je als eindantwoord $7 \cdot 10^5 \text{ kg}$.

Conserveermiddel

- 3 $C_5H_7COOH + H_2O \rightleftharpoons C_5H_7COO^- + H_3O^+$
Bij $pH = 3,5$ is $[H_3O^+]$ groter dan bij $pH = 4,0$. Daardoor zal bij $pH = 3,5$ de reactie naar links belangrijker zijn, dus zal het evenwicht meer naar links liggen \Rightarrow meer ongesplitst sorbinezuur \Rightarrow betere conserverende werking in perziksap van $pH = 3,5$.
- 4 10% van het sorbinezuur is aanwezig in ongeïoniseerde vorm, 90% is dus wel geïoniseerd $\Rightarrow \frac{[C_5H_7COO^-]}{[C_5H_7COOH]} = \frac{0,90}{0,10} = 9,0$. De evenwichtsvoorwaarde is:
 $K_z = \frac{[C_5H_7COO^-][H_3O^+]}{[C_5H_7COOH]} = 1,5 \cdot 10^{-5} \Rightarrow 9,0 \cdot [H_3O^+] = 1,5 \cdot 10^{-5} \Rightarrow$
 $[H_3O^+] = \frac{1,5 \cdot 10^{-5}}{9,0} = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1} \Rightarrow pH = 5,77$ (2 sign. cijfers, achter de komma).
Indien alleen bij het eindantwoord wordt afgerond, geldt: $pH = 5,78$.

Zuur-base-evenwicht

- 5 HCO_3^- heet waterstofcarbonaat.
- 6 De oplossing bevat in het begin 10 mmol HCO_3^- ionen (gegeven).
In het diagram lees je een bijbehorende pH van ongeveer 8 af en dat wijst op een basische oplossing ($pH > 7$).
- 7 Bij $pH = 6,7$ kun je aflezen, dat er bijna 3,0 mmol CO_2 en iets meer dan 7,0 mmol HCO_3^- aanwezig is.
Je kunt niet goed tot op 2 significante cijfers aflezen $\Rightarrow \frac{[C_5H_7COO^-]}{[C_5H_7COOH]} = \frac{3}{7} = 0,4$.
- 8 $pH = 6,7 \Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-6,7} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ mol L}^{-1} \Rightarrow [OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]} = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{2 \cdot 10^{-7}} = 5 \cdot 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$.
Deze waarde en die uit onderdeel 8 invullen in de formule voor K (opgave) $\Rightarrow K = 0,4 \cdot 5 \cdot 10^{-8} = 2 \cdot 10^{-8}$ (1 significant cijfer).

Bruistablet

- 9 Het acetylsalicylzuur geeft een zuur-base-evenwicht: $\text{HAz} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Az}^- + \text{H}_3\text{O}^+$

Evenwichtsvoorwaarde: $K_z = \frac{[\text{Az}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HAz}]}$ met $\text{pH} = 5,00 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 1,0 \cdot 10^{-5} \Rightarrow$

$$\frac{[\text{Az}^-]}{[\text{HAz}]} = \frac{K_z}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{3,0 \cdot 10^{-4}}{1,0 \cdot 10^{-5}} = 30 \text{ of } [\text{Az}^-] : [\text{HAz}] = 30 : 1 \Rightarrow \text{het aandeel van Az}^-$$

van het totaal is $\frac{30}{31}$. Dit komt overeen met $\frac{30}{31} \cdot 100\% = 97\%$ (2 significante cijfers).

- 10 De molaire massa van acetylsalicylzuur ($\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$) bedraagt $180,2 \text{ mg mmol}^{-1}$.

(zie b.v. Binas 99). 500 mg acetylsalicylzuur is dus $\frac{500 \text{ mg}}{180,2 \text{ mg mmol}^{-1}} = 2,77 \text{ mmol}$.

Dit acetylsalicylzuur geeft $2,77 \text{ mmol H}^+$ af aan $2,77 \text{ mmol HCO}_3^-$ (want 1 mmol HCO_3^- kan 1 mmol H^+ binden).

De bruistablet bevat 851 mg natriumwaterstofcarbonaat of $\frac{851 \text{ mg}}{84,01 \text{ mg mmol}^{-1}} = 10,1 \text{ mmol}$.

Hiervan kan nog $10,1 \text{ mmol} - 2,77 \text{ mmol} = 7,3 \text{ mmol}$ reageren (met evenveel H^+).

In de tablet zit 865 mg citroenzuur of $\frac{865 \text{ mg}}{192,1 \text{ mg mmol}^{-1}} = 4,50 \text{ mmol}$ citroenzuur.

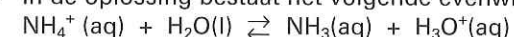
$4,50 \text{ mmol}$ citroenzuur levert $7,3 \text{ mmol H}^+$ aan HCO_3^- (zie hierboven).

Dat is (gemiddeld) per molecuul: $\frac{7,3}{4,50} = 1,6 \text{ H}^+$ (2 significante cijfers).

- 11 Ellen zal een bekerglas met water plaatsen op de balans met daarnaast 1 bruistablet en de gezamenlijke massa bepalen. Vervolgens brengt ze de tablet in het water en meet opnieuw de massa wanneer de tablet niet meer reageert. De daaruit berekende massa-afname is het gevolg van het ontwijken van CO_2 . Omdat 1 mol CO_2 uit 1 mol NaHCO_3 ontstaat, is uit de massa van CO_2 ook het aantal gram NaHCO_3 (in 1 tablet) te berekenen.
- 12 Ellen kan in proef 2 een tweede tablet laten reageren in hetzelfde bekerglas van proef 1. Als er geen CO_2 is opgelost, zal de massa-afname precies even groot zijn (als bij proef 1). Deze aanname blijkt onjuist, want de massa-afname bij proef 2 zal groter zijn. Het water is bij proef 2 al met CO_2 verzadigd van proef 1. Ellen kan een tweede proef ook uitvoeren met 2 bruistabletten en kijken of daar precies tweemaal zo veel CO_2 bij ontstaat. Ook kan Ellen met meer of minder water proef 1 nogmaals uitvoeren.

Bufferoplossing maken

- 13 In de oplossing bestaat het volgende evenwicht:



Gegeven is $[\text{NH}_4^+] = 2,0 \text{ mol L}^{-1}$; $\text{pH} = 9,2 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 6 \cdot 10^{-10} \text{ mol L}^{-1}$

Concentraties invullen in $K_z = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{NH}_4^+]}$ = $5,6 \cdot 10^{-10}$ levert:

$$[\text{NH}_3] = \frac{2 \cdot 5,6 \cdot 10^{-10}}{6 \cdot 10^{-10}} = 2 \text{ mol L}^{-1}$$

In 1 L moet dus 2 mol NH_3 worden ingeleid, dat komt overeen met $2 \text{ mol} \cdot 24,5 \text{ L mol}^{-1} = 49 \text{ L} \approx 5 \cdot 10 \text{ L}$ ammoniakgas.

Een pH-waarde van $9,2$ heeft maar 1 significant cijfer, het getal (2) achter de komma.

Daarom behoort het antwoord ook in 1 significant cijfer te worden gegeven.

Indien alleen aan het eind wordt afgerond, vind je $44 \text{ L} \approx 4 \cdot 10 \text{ L}$ ammoniakgas.

- 14 Naarmate de concentratie van de componenten groter is kan een grotere hoeveelheid zuur of base worden geneutraliseerd zonder dat de pH veel zal veranderen.
- 15 Een mengsel van een zwak zuur en een zwakke base hebben de beste bufferende werking, als het aantal mol van zuur en geconjugeerde base maximaal een factor 10 verschilt. Dat geldt in het pH gebied van $\text{p}K_z - 1$ tot $\text{p}K_z + 1$. Bij een buffermengsel van ammoniak en ammoniumionen ligt dit rond $\text{pH} = 9,25$ ($\text{p}K_z$ van NH_4^+). Het buffermengsel dat bestaat uit carbonaat- en waterstofcarbonationen heeft de beste werking rond $\text{pH} = 10,33$ ($\text{p}K_z$ van HCO_3^-). Bij een pH van $9,2$ is de verhouding tussen $[\text{HCO}_3^-]$ en $[\text{CO}_3^{2-}]$ groter dan een factor 10, er is dus te weinig van de base CO_3^{2-} aanwezig. De bufferende werking zal dus minder zijn dan van het buffermengsel bij onderdeel 13.

Zinkoxide

- 16 $\text{ZnO} + 2 \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 3 \text{H}_2\text{O}$ of $\text{ZnO} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$

EDTA

- 17 als zuur: $\text{H}_2\text{Y}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HY}^{3-} + \text{H}_3\text{O}^+$
als base: $\text{H}_2\text{Y}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{Y}^- + \text{OH}^-$