

Directe zuur-basetitratie

Kalkwater met een onbekende molariteit wordt getitreerd met 0,104 M zoutzuur. Het kalkwater wordt met een pipet (10,00 mL) in een erlenmeyer gebracht. Als indicator wordt een beetje BTB (broomthymolblauw) toegevoegd. De titratie wordt in duplo uitgevoerd en de buretstanden staan in figuur 1.

figuur 1

Meting	Beginstand (mL)	Eindstand (mL)
Titratie 1	45,03	34,02
Titratie 2	34,02	23,06

- 1 Welke kleur heeft de oplossing aan het begin van de titratie?
- 2 Bij welke kleur moet de titratie gestopt worden?
- 3 Bereken de concentratie van het kalkwater.

Terugtitratie

Om het gehalte CaCO_3 in 0,500 gram krijt te bepalen, laat men het krijt reageren met 25,00 mL 0,500 M zoutzuur. Het verkregen mengsel wordt gekookt om het " H_2CO_3 " te verwijderen. Vervolgens titreert men met 0,100 M natronloog. Er is 27,10 mL loog nodig.

- 4 Geef de reactievergelijking van krijt met zoutzuur.
- 5 Laat met een berekening zien dat het zoutzuur inderdaad in overmaat is.
- 6 Bereken hoeveel mol loog gereageerd heeft met de overmaat zoutzuur.
- 7 Bereken het gehalte CaCO_3 in het krijt (massa%).

Directe redoxtitratie

Natriumsulfiet (Na_2SO_3) wordt door zuurstof uit de lucht omgezet in natriumsulfaat. Om het massapercentage Na_2SO_3 in een oude voorraad natriumsulfiet te bepalen, wordt 5,030 gram van de vaste stof opgelost en aangevuld tot een volume van 250,0 mL. Van deze oplossing wordt 10,00 mL gepipetteerd in een erlenmeyer en aangezuurd. Vervolgens wordt de vloeistof in de erlenmeyer getitreerd met een 0,02024 M oplossing van kaliumpermanganaat. Hiervan is 29,70 mL nodig.

- 8 Welke kleurverandering treedt op bij het bereiken van het equivalentiepunt van deze titratie? Noteer je antwoord als volgt:
Kleur voor equivalentiepunt:
Kleur na equivalentiepunt:
- 9 Bereken het massapercentage Na_2SO_3 in de onderzochte vaste stof.

Jodometrische titratie van malachiet

Malachiet is een kopererts dat als enige koperverbinding $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ bevat.

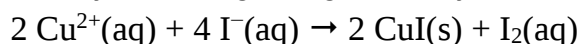
Om het gehalte $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ in malachiet vast te stellen, voert men het volgende experiment uit.

Aan 2,317 g malachiet wordt een overmaat van een oplossing van zwavelzuur toegevoegd. Het $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2(\text{s})$ wordt hierdoor volledig omgezet in $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$.



- 10 Bepaal de lading van het koperion in malachiet.
- 11 Leg m.b.v. een reactievergelijking uit of deze omzetting een redoxreactie is.

Vervolgens wordt aan de ontstane oplossing een overmaat van een oplossing van kaliumjodide toegevoegd. Hierbij treedt de volgende reactie op:



Het ontstane jood wordt getitreerd met een 0,1234 M oplossing van natriumthiosulfaat. Hiervan blijkt 20,87 mL nodig te zijn.

- 12 Welke indicator wordt hierbij gebruikt met welke waarnemingen? Noteer je antwoord als volgt:
Indicator:.....
Kleur voor equivalentiepunt:
Kleur na equivalentiepunt:
- 13 Bereken uit bovenstaande gegevens het massapercentage $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ in het onderzochte malachiet.

Jodometrische titratie van waterstofperoxide

Bij de Keuringsdienst van Waren wordt een 3 massa% waterstofperoxide oplossing getest. Men controleert de verpakking op waarheid.

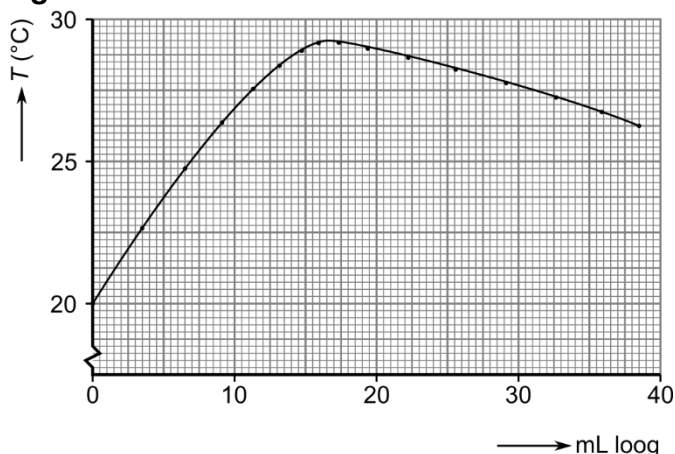
10 mL 3 massa% H_2O_2 wordt in een erlenmeyer gedaan. Men voegt 10 mL 2,0 M KI-oplossing toe. Dit is een overmaat. Vervolgens worden er enkele druppels zetmeel en toegevoegd en het mengsel wordt aangezuurd met zwavelzuur. Het verkregen mengsel wordt getitreerd met 0,500 M thio. Hiervan is 35,03 mL nodig.

- 14 Leg uit hoe het omslagpunt zichtbaar wordt.
- 15 Bereken of de H_2O_2 -oplossing voldoet aan wat er op de verpakking staat. Je mag er van uitgaan dat de oplossing een dichtheid heeft van $1,00 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$.

Thermometrische titratie

Oxaalzuur is een moleculaire stof en bevat kristalwater. Lisinka krijgt de opdracht om te bepalen hoeveel kristalwater oxaalzuur bevat. Omdat het voor haar nog onbekend is, noteren we de formule van oxaalzuur als $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}(\text{s})$. Lisinka lost 2,85 g $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}(\text{s})$ op in een maatkolf van 250 mL. Hiervan pipetteert ze 10,00 mL in een erlenmeyer en ze voert een thermometrische titratie uit met 0,110 M natronloog. De reactie tussen oxaalzuur en natronloog is namelijk exotherm, dus wanneer ze natronloog uit de buret toevoegt aan de oxaalzure oplossing, stijgt de temperatuur. Wanneer al het oxaalzuur gereageerd heeft, zal de temperatuur niet meer stijgen. Zo kan ze precies aflezen hoeveel natronloog er met het oxaalzuur heeft gereageerd. In figuur 1 zie je een grafiek van Lisinka's meetgegevens.

figuur 1



16 Bereken de waarde van x in $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}(\text{s})$.

Uitwerkingen

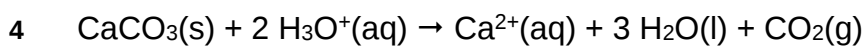
- 1 Kalkwater is basisch, dus de kleur is blauw.
- 2 Wanneer er precies de juiste hoeveelheid zoutzuur is toegevoegd, is de oplossing neutraal, dus stoppen bij groen (tussen blauw en geel in)

3 HCl: $V = 10,99 \text{ mL}$ (gemiddelde van tabel 1)
 $c = 0,104 \text{ M} = 0,104 \text{ mmol} \cdot \text{mL}^{-1}$
 $n = c \cdot V = 0,104 \cdot 10,99 = 1,14 \text{ mmol}$

H_3O^+ : $n = 1,14 \text{ mmol}$ (1 : 1)

OH^- : $n = 1,14 \text{ mmol}$ (1 : 1)

$\text{Ca}(\text{OH})_2$: $n = \frac{1}{2} \cdot 1,14 = 0,571 \text{ mmol}$
 $V = 10,00 \text{ mL}$
 $c = \frac{n}{V} = \frac{0,571}{10,00} = \underline{\underline{0,0571 \text{ M}}}$



- 5 Stel dat het krijt volledig uit CaCO_3 bestaat:

CaCO_3 : $m = 0,500 \text{ g}$
 $M = 100,09 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $n = \frac{m}{M} = \frac{0,500}{100,09} = 0,00500 \text{ mol}$

HCl: $c = 0,500 \text{ M}$
 $V = 25,00 \text{ mL} = 0,02500 \text{ L}$
 $n = c \cdot V = 0,500 \cdot 0,02500 = 0,0125 \text{ mol} (= 12,5 \text{ mmol})$

Aangezien HCl in de verhouding 1 : 2 met CaCO_3 reageert, is er maar 0,0100 mol HCl nodig, dus inderdaad een overmaat.

6 NaOH: $V = 27,10 \text{ mL}$
 $c = 0,100 \text{ M} = 0,100 \text{ mmol} \cdot \text{mL}^{-1}$
 $n = c \cdot V = 27,10 \cdot 0,100 = 2,71 \text{ mmol}$

7 OH^- : $n = 2,71 \text{ mmol}$

H_3O^+ $n = 2,71 \text{ mmol}$

Er is een overmaat van $12,5 \text{ mmol H}_3\text{O}^+$ gebruikt, dus heeft er $12,5 - 2,71 = 9,79 \text{ mmol}$ met CaCO_3 gereageerd in de verhouding $1 : 2$, dus:

CaCO_3 : $n = \frac{1}{2} \cdot 9,79 = 4,90 \text{ mmol}$

$M = 100,09 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

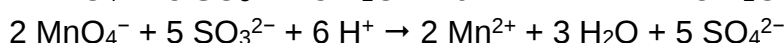
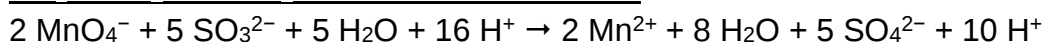
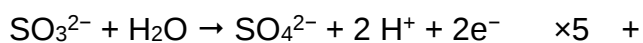
$m = n \cdot M = 4,90 \cdot 10^{-3} \cdot 100,09 = 0,490 \text{ g}$

Dus het massapercentage CaCO_3 in krijt:

$$\text{massa}\% = \frac{0,490}{0,500} \cdot 100 = \underline{\underline{98,0 \text{ massa}\%}}$$

8 Kleur voor equivalentiepunt: kleurloos

Kleur na equivalentiepunt: paars



KMnO_4 : $V = 29,70 \text{ mL}$

$c = 0,02024 \text{ M} = 0,02024 \text{ mmol} \cdot \text{mL}^{-1}$

$n = c \cdot V = 0,02024 \cdot 29,70 = 0,6011 \text{ mmol}$

MnO_4^- : $n = 0,6011 \text{ mmol} \quad (1 : 1)$

SO_3^{2-} : $n = \frac{5}{2} \cdot 0,6011 = 1,503 \text{ mmol} \quad (2 : 5)$

Na_2SO_3 : $n = 1,503 \text{ mmol} \quad (1 : 1)$

$M = 126,04 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

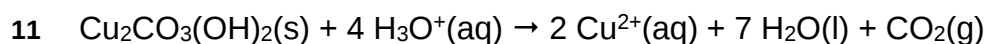
$m = n \cdot M = 1,503 \cdot 10^{-3} \cdot 126,04 = 0,1894 \text{ g}$

Dit is berekend voor $10,00 \text{ mL}$ oplossing, dus $250,0 \text{ mL}$ van de oplossing bevatte $25 \times 0,1894 = 4,735 \text{ g Na}_2\text{SO}_3$.

Het massapercentage Na_2SO_3 in de onderzochte vaste stof is dus:

$$\text{massa}\% = \frac{4,735}{5,030} \cdot 100 = \underline{\underline{94,14 \text{ massa}\%}}$$

10 $2 \times \text{OH}^-$ en $1 \times \text{CO}_3^{2-}$, dus $2 \times \text{Cu}^{2+}$.

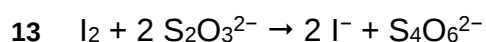


De koperdeeltjes veranderen niet van lading, dus geen redoxreactie (dit is een zuur-basereactie)

12 Indicator: zetmeel

Kleur voor equivalentiepunt: blauw

Kleur na equivalentiepunt: kleurloos



$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$: $V = 20,87 \text{ mL}$

$c = 0,1234 \text{ M}$

$$n = c \cdot V = 0,1234 \cdot 20,87 = 2,575 \text{ mmol} \quad (1 : 1)$$

$$\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \quad n = 2,575 \text{ mmol} \quad (1 : 1)$$

$$\text{I}_2: \quad n = 1,288 \text{ mmol} \quad (1 : 2)$$

$$\text{Cu}^{2+}: \quad n = 2,575 \text{ mmol} \quad (1 : 2)$$

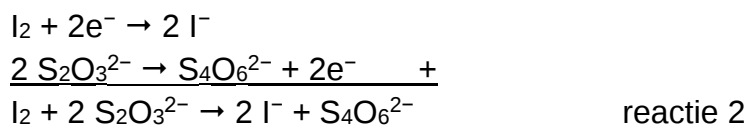
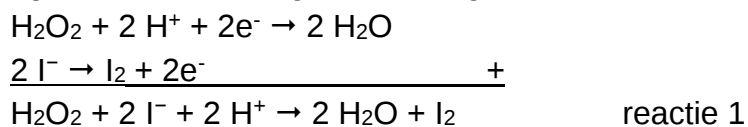
$$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2 \quad n = \frac{1}{2} \cdot 2,575 \text{ mmol} = 1,288 \text{ mmol} \quad (1 : 2)$$

$$M = 221,126 \text{ mg} \cdot \text{mmol}^{-1}$$

$$m = n \cdot M = 1,288 \cdot 221,126 = 284,7 \text{ mg} = 0,2847 \text{ g}$$

$$\text{massa}\% = \frac{0,2847}{2,317} \cdot 100\% = \underline{\underline{12,29 \text{ massa}\%}}$$

- 14 Dit is een indirecte titratie. Eerst laat men het H_2O_2 reageren met KI, waarbij de I^- ionen worden omgezet in I_2 moleculen. Deze I_2 moleculen worden vervolgens met zetmeel gekleurd en getitreerd met $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$:



- 15 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$: $V = 35,05 \text{ mL}$

$$c = 0,500 \text{ M} = 0,500 \text{ mmol} \cdot \text{mL}^{-1}$$

$$n = c \cdot V = 0,500 \cdot 35,05 = 17,53 \text{ mmol}$$

$$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}: \quad n = 17,53 \text{ mmol} \quad (1 : 1)$$

$$\text{I}_2: \quad n = \frac{1}{2} \cdot 17,53 = 8,763 \text{ mmol} \quad (1 : 2, \text{ reactie 2})$$

Deze hoeveelheid I_2 is ontstaan uit reactie 1, dus:

$$\text{H}_2\text{O}_2: \quad n = 8,763 \text{ mmol} \quad (1 : 1, \text{ reactie 1})$$

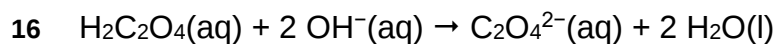
$$M = 34,016 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m = n \cdot M = 8,763 \cdot 10^{-3} \cdot 34,016 = 0,2981 \text{ g}$$

Dit zat in 10,00 mL oplossing dus 10,00 g oplossing ($\rho = 1,00 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$)

$$\text{massa}\% = \frac{0,2981}{10,00} \cdot 100 = \underline{\underline{2,981 \text{ massa}\%}}$$

Deze oplossing zal goedgekeurd worden.



NaOH: $V = 16,50 \text{ mL}$ (aflezen figuur 1)
 $c = 0,110 \text{ M} = 0,110 \text{ mmol} \cdot \text{mL}^{-1}$
 $n = c \cdot V = 0,110 \cdot 16,50 = 1,82 \text{ mmol}$

OH^- : $n = 1,82 \text{ mmol} (1 : 1)$

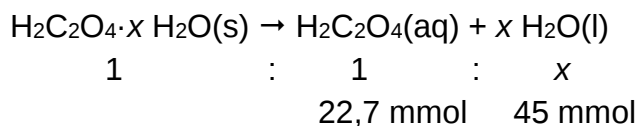
$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$: $n = \frac{1}{2} \cdot 1,815 = 0,908 \text{ mmol} (1 : 2)$

Dit is berekend voor 10,00 mL oplossing, dus 250,0 mL bevatte
 $25 \cdot 0,908 = 22,7 \text{ mmol H}_2\text{C}_2\text{O}_4$.

$n = 22,7 \text{ mmol}$
 $M = 90,036 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $m = n \cdot M = 22,7 \cdot 10^{-3} \cdot 90,036 = 2,04 \text{ g}$

Opgelost $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}$:	2,85 g
Gemeten $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$:	<u>2,04 g</u> -
	0,81 g

H_2O : $m = 0,81 \text{ g}$
 $M = 18,016 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $n = \frac{m}{M} = \frac{0,81}{18,016} = 0,045 \text{ mol} = 45 \text{ mmol}$



$$x = \frac{45}{22,7} = 2$$