

Oefenopgaven TITRATIES

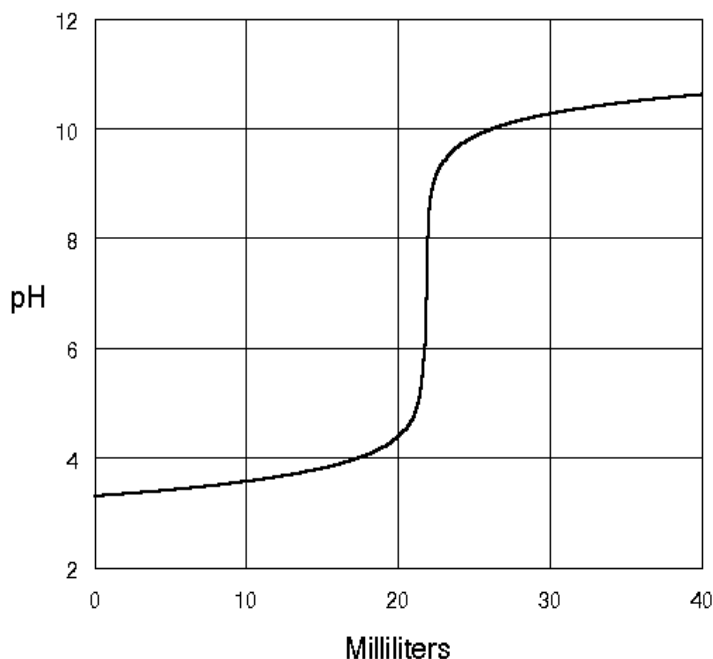
vwo

ZUURBASE-TITRATIES

OPGAVE 1

Tijdens een titratie wordt 10,00 mL $3,00 \cdot 10^{-4}$ M zwavelzuur getitreerd met natronloog van onbekende molariteit. Er is 21,83 mL natronloog nodig om het equivalentiepunt te bereiken. De titratiecurve van deze bepaling zie je hiernaast.

- 01 Bereken de pH aan het begin van de titratie.
- 02 Bereken de molariteit van natronloog.
- 03 Maak een keuze uit een geschikte indicator voor deze bepaling en leg uit waarom deze indicator geschikt is.
- 04 Bereken de pH als er 10,00 mL natronloog is toegevoegd. Als je bij onderdeel 02 geen antwoord hebt, neem dan voor natronloog dezelfde molariteit als van zwavelzuur.



De titratie wordt opnieuw uitgevoerd, maar nu met 10,00 mL 0,300 M mierenzuur (HCOOH) in plaats van zwavelzuur. De natronloog uit de buret heeft nu een molariteit van 0,265 M.

- 05 Bereken de pH aan het begin van de titratie.
- 06 Bereken na hoeveel mL toegevoegd natronloog het equivalentiepunt wordt bereikt.
- 07 Bereken de pH bij het equivalentiepunt.
- 08 Is het nodig om bij de titratie met mierenzuur een andere indicator te gebruiken dan die je bij onderdeel 03 gekozen hebt? Licht je antwoord toe.

Bij het toevoegen van natronloog aan mierenzuur zal op een gegeven moment een buffersysteem ontstaan. Dit is het geval als de pH (ongeveer) gelijk is aan 3,7.

- 09 Leg uit waarom bij (ongeveer) deze pH een buffersysteem is ontstaan. Ook bij een pH van 4,0 is er sprake van een buffersysteem. Welke pH de bufferoplossing heeft hangt af van de verhouding van de bestanddelen.
- 10 Bereken hoeveel mL natronloog je moet toevoegen aan de mierenzuuroplossing om een bufferoplossing met $\text{pH} = 4,0$ te krijgen.

OPGAVE 2

De molecuulmassa van een vast zwak eenwaardig zuur moet worden bepaald. We lossen 1,02 gram van het zuur op in water. Er wordt getitreerd met 0,241 M natronloog. Daarvan is 48,0 ml nodig om het equivalentiepunt te bereiken.

- 11 Bereken de molecuulmassa van het zuur.

OPGAVE 3

Men wil het stikstofgehalte in onzuiver ammoniumsulfaat, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, bepalen door middel van een titratie. Men weegt 1,080 g onzuiver ammoniumsulfaat af en lost dit op in water tot 50,0 mL oplossing. Dan pipetteert men hiervan 10,0 mL en titreert dit men 14,77 mL 0,200 M natronloog.

- 12 Bereken het stikstofgehalte in onzuiver ammoniumsulfaat in massaprocenten.

OPGAVE 4

Een oplossing bevat natriumhydroxide en bariumhydroxide. Men wil nagaan hoeveel gram natriumhydroxide en hoeveel gram bariumhydroxide in de oplossing aanwezig is. Hiertoe voegt men bij 30,0 mL van deze oplossing een overmaat natriumsulfaatoplossing. Het ontstane neerslag van bariumsulfaat wordt afgefiltreerd en na droging nauwkeurig gewogen. Het neerslag weegt 467 mg.

Men neemt vervolgens opnieuw 30,0 mL van de oorspronkelijke oplossing en titreert deze met 24,5 mL 0,200 M zoutzuur.

- 13 Geef de vergelijkingen van de bij deze analyse uitgevoerde reacties.
- 14 Bereken de hoeveelheden natrium- en bariumhydroxide in gram per liter oplossing.

OPGAVE 5

Een voorschrift voor de bepaling van het citroenzuurgehalte in citroensap luidt als volgt:

"Pers een citroen uit en zeef het sap. Pipetteer 10,0 mL van het gezeefde sap in een maatkolf van 100 mL. Vul met water aan tot 100 mL en schud goed. Pipetteer 10,0 mL van het verdunde citroensap en titreer dit met 0,1 M NaOH-oplossing. Gebruik thymolblauw als indicator."

Iemand voert de proef uit en heeft gemiddeld 9,20 mL 0,102 M NaOH-oplossing nodig voor de titratie. Citroenzuur, $C_6H_8O_7$, is een driewaardig zuur. Er wordt uitgegaan van een volledige omzetting.

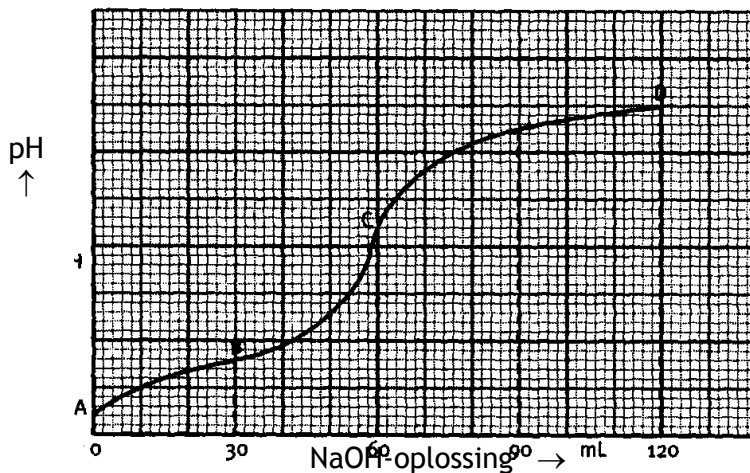
- 15 Leg uit waarom de citroensap verdund wordt.
- 16 Bereken het aantal gram citroenzuur per liter citroensap.

Het eindpunt van de titratie is bepaald met de indicator thymolblauw. Nu staan in tabel 52 van BINAS twee omslagtrajecten van thymolblauw.

- 17 Leg uit van welke kleur naar welke kleur het eindpunt van deze titratie zichtbaar is.

OPGAVE 6

Als we 20,0 mL van een oplossing van azijnzuur (CH_3COOH) titreren met $5,00 \cdot 10^{-2}$ M natriumhydroxide, ontstaat de onderstaande titratiecurve:



- 18 Bereken de molariteit van de oorspronkelijke oplossing van azijnzuur.
- 19 Bereken de concentratie van acetaationen in punt A.
- 20 Is in één van de punten (A, B, C of D) de pH gelijk aan 7? Motiveer je antwoord.
- 21 Hoe groot is de pH van de oplossing in B?
- 22 In welk punt heeft de oplossing de sterkst bufferende werking?

OPGAVE 7

Vaak kunnen we via één titratie de concentraties van twee verschillende zuren of basen in een oplossing bepalen. Als we bij zo'n titratie gebruik maken van een pH-meter, zien we in de regel twee equivalentiepunten verschijnen. De twee equivalentiepunten zijn vaak ook te bepalen met behulp van indicatoren. We moeten dan twee indicatoren toevoegen.

- 23 Waarom moeten we bij de titratie van twee zuren (of basen) in een oplossing ook gebruik maken van twee indicatoren?

Als in een oplossing naast ionen OH^- ook ionen CO_3^{2-} voorkomen (in vergelijkbare concentraties), lukt het niet om de concentraties van deze ionen via één titratie vast te stellen, waarbij uitsluitend gebruik wordt gemaakt van indicatoren. De oorzaak hiervan is de relatief grote K_b -waarde van CO_3^{2-} .

- 24 Verklaar waarom de bovenstaande titratie niet met behulp van indicatoren kan worden uitgevoerd.

We kunnen toch op vrij simpele wijze de concentraties van OH^- en CO_3^{2-} in een oplossing bepalen:

- 1 De oplossing met OH^- en CO_3^{2-} wordt getitreerd.
- 2 We nemen opnieuw een hoeveelheid van de oplossing met OH^- en CO_3^{2-} en voegen een overmaat van een oplossing van bariumchloride toe. Er ontstaat een neerslag. Het is niet nodig dit neerslag door filtratie te verwijderen.
- 3 Het mengsel bij 2 wordt vervolgens getitreerd.

In een experiment titreren we 50,0 ml van een oplossing met OH^- en CO_3^{2-} . Tijdens de titratie reageren beide basen en wordt CO_3^{2-} omgezet in H_2O en CO_2 , dat ontwijkt. Voor de titratie blijkt 28,60 mL 0,104 M zoutzuur nodig te zijn.

- 25 Leg uit welke indicator geschikt is voor deze titratie. Maak gebruik van tabel 52 van BINAS.

In een tweede experiment wordt aan eveneens 50,0 ml van de oplossing een overmaat BaCl_2 -oplossing toegevoegd. Daarna wordt getitreerd en er is 11,20 mL 0,104 M zoutzuur nodig.

- 26 Bereken de concentraties van OH^- en CO_3^{2-} in de oorspronkelijke oplossing.

OPGAVE 8

De hardheid van water wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van calciumionen en wordt uitgedrukt in Duitse Hardheidsgraden (DH). Er geldt dat 1,0 DH overeenkomt met 7,1 mg Ca^{2+} per liter.

- 27 Bereken de concentratie Ca^{2+} in mol per liter in water met een hardheid van 5,3 DH.

Hard water ontstaat doordat kalk in de bodem, CaCO_3 , in contact komt met regenwater. Dit water bevat opgelost CO_2 en is daardoor enigszins zuur.

- 28 Geef de vergelijking van de reactie van kalk met regenwater.

Je kunt ook kunstmatig hard water maken. Je maakt dan een oplossing van calciumwaterstofcarbonaat in water.

- 29 Beredeneer met behulp van tabel 49 van BINAS of een oplossing van calciumwaterstofcarbonaat een zure, basische of neutrale oplossing is.

Tijdens een practicum moet Eduard de hardheid van leidingwater bepalen door middel van een titratie. Hij voegt 25,0 mL 0,00200 M $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ -oplossing bij 10,0 ml leidingwater. Er ontstaat een neerslag van calciumoxalaat. Dit neerslag wordt afgefiltreerd en gewassen met gedestilleerd water. Het waswater titreert Eduard met 9,87 mL 0,00400 M natronloog.

- 30 Bereken de hardheid van het leidingwater in Duitse Hardheidsgraden.

REDOXTITRATIES

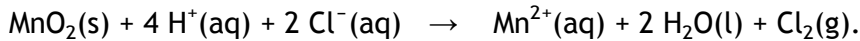
OPGAVE 9 *Bepaling van het massa-% ijzer in ijzerdraad.*

Men lost 1,30 gram ijzerdraad op in een overmaat verdund zwavelzuur. De ontstane oplossing wordt getitreerd met 13,8 mL 0,284 M kaliumpermanganaatoplossing.

- 31 Bereken het massa-% ijzer in ijzerdraad.

OPGAVE 10 *Bepaling van het massa-% MnO₂ in bruinsteen.*

Men verhit 150 mg bruinsteen met een overmaat zoutzuur:



Het gevormde chloorgas leidt men vervolgens in een overmaat KI-oplossing. Hierbij ontstaat jood dat men titreert met 20,5 mL 0,1500 molair natriumthiosulfaatoplossing.

- 32 Bereken het massa-% MnO₂ in bruinsteen.

OPGAVE 11 *Bepaling van het massa-% Na₂SO₃ in onzuiver natriumsulfiet.*

Aan 1,63 gram onzuiver natriumsulfiet wordt een overmaat zoutzuur toegevoegd. Het hierbij ontstane zwaveldioxidegas wordt geleid door 50,0 mL 0,300 M aangezuurde oplossing van waterstofperoxide. Het restant van de waterstofperoxide wordt getitreerd met 12,8 mL 0,368 M kaliumjodide-oplossing met zetmeel als indicator.

- 33 Er vinden bij deze bepaling *drie* reacties plaats. Geef van alle reacties de reactievergelijking.
34 Bereken het massapercentage Na₂SO₃ in 1,63 gram onzuiver natriumsulfiet.

OPGAVE 12 *Bepaling van de molariteit van oxaalzuur en azijnzuur in een mengsel.*

Men heeft een mengsel van oxaalzuur, H₂C₂O₄, en azijnzuur, CH₃COOH, in water. Van *beide* zuren wil men de molariteit bepalen door middel van twee verschillende titraties.

Titratie A: Aan 10,0 mL van het mengsel wordt een overmaat zwavelzuur toegevoegd en verwarmd. Vervolgens wordt getitreerd met 10,90 mL 0,0500 M oplossing van kaliumpermanganaat.

Titratie B: Aan 5,00 mL van het mengsel wordt fenolftaleïne toegevoegd en getitreerd met 8,80 mL 0,500 molair natronloog.

- 35 Bepaal de molariteit van oxaalzuur en van azijnzuur in het mengsel. Hint: oxaalzuur kan als zuur maar ook als reductor reageren.

OPGAVE 13 *Bepaling van het alcoholpercentage in wijn.*

Aan 10,00 mL ontkleurde wijn wordt 14,0 mL 0,500 M aangezuurde K₂Cr₂O₇-oplossing toegevoegd, totdat de kleur verandert. Ethanol wordt hierbij omgezet in ethanal.

- 36 Bereken het alcoholpercentage in volume-%.

OPGAVE 14 *Bepaling van aantal moleculen kristalwater in blauw kopersulfaat.*

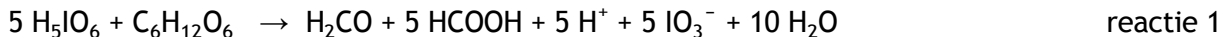
Er wordt 1,0 gram blauw kopersulfaat, CuSO₄·xH₂O, opgelost in water tot een volume van 100 mL. Hiervan wordt 25,0 mL gepipetteerd. Er wordt 25 mL 0,1 M KI-oplossing toegevoegd (een overmaat), waarbij, naast I₂, een neerslag van CuI(s) ontstaat. Daarna wordt getitreerd met 10,0 mL 0,100 M Na₂S₂O₃-oplossing.

- 37 Bereken het aantal moleculen kristalwater (x) in blauw kopersulfaat.

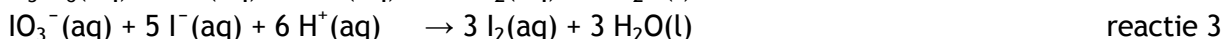
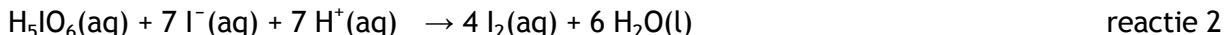
OPGAVE 15

Bij de bepaling van het glucosegehalte van een oplossing maakt men gebruik van orthoperjoodzuur, H_5IO_6 . Deze stof reageert snel en volledig met glucose. Een voorbeeld van zo'n bepaling is hieronder beschreven.

Aan 10,0 mL van een glucose-oplossing wordt 20,0 mL 0,0100 molair oplossing van orthoperjoodzuur toegevoegd. Het toegevoegde orthoperjoodzuur is een overmaat. Bij het samenvoegen treedt de volgende reactie op:



Na afloop van de reactie wordt, na aanzuren, een overmaat kaliumjodide in oplossing aan het mengsel toegevoegd. Zowel het overgebleven orthoperjoodzuur als het ontstane IO_3^- worden volledig omgezet; bij beide reacties ontstaat jood:



- 38 Geef de vergelijkingen van de twee halfreacties waaruit reactie 2 afgeleid kan worden.

Het vrijgekomen jood wordt getitreerd met een 0,1000 molair natriumthiosulfaatoplossing ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$). Uitgaande van het aantal mL natriumthiosulfaatoplossing dat nodig was voor het bereiken van het eindpunt van de titratie, werd berekend dat in de oorspronkelijke 10,0 mL oplossing $3,60 \cdot 10^{-3}$ mmol glucose zat.

- 39 Bereken hoeveel mL 0,100 M natriumthiosulfaatoplossing nodig was voor het bereiken van het eindpunt van de titratie.

OPGAVE 16

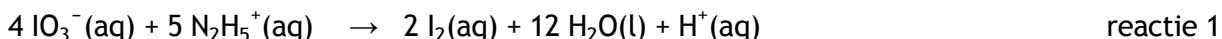
Water dat in fabrieken gebruikt wordt voor het maken van stoom, zogenoemd ketelwater, mag geen corrosie veroorzaken. Daarom moet de opgeloste zuurstof verwijderd worden. Daartoe wordt aan het ketelwater een stof toegevoegd die snel en volledig met zuurstof kan reageren. Hydrazine, N_2H_4 , is zo'n stof. Bij de reactie van hydrazine met opgeloste zuurstof ontstaan uitsluitend water en stikstof.

- 40 Bereken hoeveel liter water dat 0,75 mg opgeloste zuurstof per liter bevat men met 1,0 kg hydrazine zuurstofvrij kan maken.

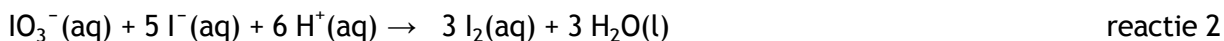
Een bijkomend voordeel van hydrazine is dat eventueel aanwezige roest door hydrazine wordt omgezet in een afsluitend laagje Fe_3O_4 . Roest kan worden weergegeven met de formule $\text{FeO}(\text{OH})$.

- 41 Geef de vergelijking van de reactie van hydrazine met $\text{FeO}(\text{OH})$. Neem hierbij aan dat behalve Fe_3O_4 er uitsluitend stikstof en water gevormd worden.

Omdat het gehalte aan hydrazine in ketelwater steeds boven een bepaalde minimumwaarde moet liggen, wordt de molariteit regelmatig bepaald. Hiertoe wordt eerst 10 mL ketelwater aangezuurd waardoor alle N_2H_4 werd omgezet in N_2H_5^+ . Daarna wordt 0,025 mmol kaliumjodaat, KIO_3 , in oplossing toegevoegd; dit is een overmaat. Er treedt een reactie op onder vorming van onder andere jood:



Na volledige omzetting van de N_2H_5^+ wordt een overmaat kaliumjodide in oplossing toegevoegd. Het overgebleven jodaat wordt daardoor omgezet in jood:



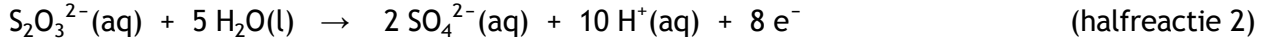
Tenslotte wordt de ontstane oplossing getitreerd met een natriumthiosulfaatoplossing. Hierbij reageert zowel het jood dat in reactie 1 is ontstaan als het jood dat in reactie 2 is ontstaan.

Voor de titratie is 0,090 mmol $S_2O_3^{2-}$ nodig.

- 42 Geef de reactievergelijking van de titratie reactie.
43 Bereken de molariteit van het hydrazine in het ketelwater.

OPGAVE 17

Als oplossingen van broom en natriumthiosulfaat worden samengevoegd kan het thiosulfaat volgens beide onderstaande halfreacties reageren:



- 44 Geef met behulp van bovenstaande halfreacties en de halfreactie van broom de twee optredende somreacties.

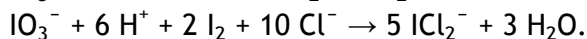
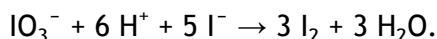
Omdat de reductorsterkte van het thiosulfaat in de halfreacties verschillend is zal broom een voorkeur hebben voor één van de twee. Dat wil zeggen dat het merendeel van de hoeveelheid broom volgens één van beide reacties reageert. Om dit uit te zoeken voert men een titratie uit. In een erlenmeyer wordt aan 0,120 mmol broom in oplossing 0,188 mmol natriumthiosulfaat in oplossing toegevoegd. De toegevoegde hoeveelheid thiosulfaat is een overmaat. Tijdens het samenvoegen van de oplossingen wordt goed geroerd. Men neemt aan dat het broom volledig wordt omgezet. Vervolgens wordt het restant thiosulfaat dat niet met broom heeft gereageerd, getitreerd met een joodoplossing. Hiervoor blijkt 0,0458 mmol jood nodig te zijn. Jood reageert uitsluitend met thiosulfaat zoals in halfreactie 1 staat aangegeven.

- 45 Bereken het totale aantal mmol thiosulfaat dat wel met broom heeft gereageerd.
46 Toon door middel van een berekening aan dat 0,075 mmol thiosulfaat met broom heeft gereageerd volgens *halfreactie 1*. Stel bij je berekening dit aantal mmol thiosulfaat x .

OPGAVE 18

Joodtinctuur is een bekend ontsmettingsmiddel. Het kan worden gemaakt door jood in natriumjodide samen op te lossen in een mengsel van alcohol en water. Volgens een wettelijke norm moet bij het maken van 10,0 mL joodtinctuur 193 mg jood en 241 mg natriumjodide opgelost worden. Om te controleren of men joodtinctuur dat volgens deze norm is gemaakt niet verdund heeft (bijvoorbeeld door toevoeging van extra water) kan gebruik worden gemaakt van de hieronder beschreven methode.

Aan 10,0 mL joodtinctuur wordt een hoeveelheid tamelijk geconcentreerd zoutzuur toegevoegd. Tevens wordt een geschikte indicator toegevoegd. De verkregen oplossing wordt getitreerd met een 0,100 M oplossing van kaliumjodaat (KIO_3). Tijdens de titratie treden achtereenvolgens de volgende redoxreacties op:



Het eindpunt van de titratie is bereikt als juist alle I_2 is omgezet in ICl_2^- .

- 47 Geef de vergelijking van de halfreactie waarbij I_2 wordt omgezet in ICl_2^- .
48 Bereken hoeveel mL 0,100 M kaliumjodaatoplossing nodig is voor de titratie van 10,0 mL joodtinctuur waarvan de samenstelling voldoet aan de wettelijke norm.

UITWERKINGEN**OPGAVE 1**

- 01** Zwavelzuur = H_2SO_4 , dus in $3,00 \cdot 10^{-4}$ M zwavelzuur geldt:
 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 2 \times 3,00 \cdot 10^{-4} \text{ M} = 6,00 \cdot 10^{-4} \text{ M}$ (want: $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-}$)
 $\text{pH} = -\log(6,00 \cdot 10^{-4}) = \mathbf{3,22}$.
- 02** Aanwezig: $10,00 \times 6,00 \cdot 10^{-4} = 0,00600 \text{ mmol H}_3\text{O}^+$.
 Dit reageert met $0,00600 \text{ mol OH}^-$.
 Dit is aanwezig in $21,83 \text{ mL} \rightarrow [\text{OH}^-] = \frac{0,00600}{21,83} = \mathbf{2,75 \cdot 10^{-4} \text{ M}}$.
- 03** Alle indicatoren met een omslagtraject tussen $\text{pH} \approx 4,5$ en $\text{pH} \approx 8,5$ zijn geschikt. Het steile gebied in de curve, waar de pH zeer snel stijgt.
 In tabel 52 van BINAS zijn dat de indicatoren methylrood t/m kresolrood.
- 04** Je hebt toegevoegd: $10,00 \text{ mL} \times 2,75 \cdot 10^{-4} \text{ M} = 0,00275 \text{ mmol natronloog}$.
 Er verdwijnt dus $0,00275 \text{ mmol H}_3\text{O}^+$ en er blijft $0,00600 - 0,00275 = 0,00325 \text{ mmol H}_3\text{O}^+$ over.
 Dit zit in $10,00 + 10,00 = 20,00 \text{ mL}$ oplossing.
 $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{0,00325 \text{ mmol}}{20,00 \text{ mL}} = 1,625 \cdot 10^{-4} \text{ M}$.
 $\text{pH} = -\log(1,625 \cdot 10^{-4}) = \mathbf{3,79}$.
- 05** HCOOH is een zwak zuur: $\text{HCOOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HCOO}^-$
 $K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HCOO}^-]}{[\text{HCOOH}]} \rightarrow 1,8 \cdot 10^{-4} = \frac{x^2}{0,300 - x} \rightarrow x = 7,26 \cdot 10^{-3} = [\text{H}_3\text{O}^+]$.
 $\text{pH} = -\log(7,26 \cdot 10^{-3}) = \mathbf{2,14}$.
- 06** Natronloog en mierenzuur reageren 1 : 1.
 Je hebt $10,00 \times 0,300 = 3,00 \text{ mmol HCOOH}$. Dit reageert met $3,00 \text{ mmol OH}^-$.
 Nodig: $\frac{3,00 \text{ mmol}}{0,265 \text{ mmol mL}^{-1}} = \mathbf{11,3 \text{ mL}}$ natronloog.
- 07** $\text{HCOOH} + \text{OH}^- \rightarrow \text{HCOO}^- + \text{H}_2\text{O}$.
 Bij het equivalentiepunt heb je een oplossing met ionen HCOO^- . De oplossing is basisch.
 Je had $3,00 \text{ mmol HCOOH}$ en er is dus $3,00 \text{ mmol HCOO}^-$ ontstaan.
 Dit zit nu in $10,00 + 11,3 = 21,3 \text{ mL}$, dus $[\text{HCOO}^-] = \frac{3,00 \text{ mmol}}{21,3 \text{ mL}} = 0,141 \text{ M}$.
 De vraag is nu de pH te berekenen van een oplossing met $[\text{HCOO}^-] = 0,141 \text{ M}$.
 HCOO^- is een zwakke base: $\text{HCOO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCOOH} + \text{OH}^-$.
 $K_b = \frac{[\text{OH}^-][\text{HCOOH}]}{[\text{HCOO}^-]} \rightarrow 5,6 \cdot 10^{-11} = \frac{x^2}{0,141 - x}$
 $\rightarrow x = 2,81 \cdot 10^{-6} = [\text{OH}^-] \rightarrow \text{pOH} = -\log(2,81 \cdot 10^{-6}) = 5,55 \rightarrow \text{pH} = 14,00 - 5,55 = \mathbf{8,45}$.

- 08 Het begin van de pH-curve ligt hoger dan die bij zwavelzuur. Het steile gebied wordt aan de onderkant kleiner, zodat de keuze van de indicator iets beperkter wordt. Kies dus vooral een indicator met een omslagtraject in het basische gebied.
- 09 Bij een buffer komen zwak zuur en geconjugeerde base in ongeveer gelijke hoeveelheden voor. Als in de bufferoplossing HCOOH en HCOO⁻ in de verhouding 1 : 1 voorkomen, is de pH gelijk aan de K_z. Deze bedraagt 3,75.
- 10 De pH van de bufferoplossing bepaalt de verhouding $\frac{\text{HCOO}^-}{\text{HCOOH}}$. Bereken dit met behulp van de K_z-formule van HCOOH, waarbij [H₃O⁺] = 10^{-pH}.

$$1,8 \cdot 10^{-4} = 1,00 \cdot 10^{-4} \times \frac{\text{HCOO}^-}{\text{HCOOH}}, \text{ maar ook goed is:}$$

$$1,8 \cdot 10^{-4} = 1,00 \cdot 10^{-4} \times \frac{\text{mmol HCOO}^-}{\text{mmol HCOOH}}.$$

$$\rightarrow \frac{\text{mmol HCOO}^-}{\text{mmol HCOOH}} = 1,8.$$

Je voegt x mmol OH⁻ toe, waarbij er x mmol HCOO⁻ ontstaat en x mmol HCOOH verdwijnt. Van HCOOH blijft er dan $3,00 - x$ mmol over.

$$\text{Invullen levert: } \frac{x}{3,00 - x} = 1,8 \rightarrow x = 1,9 \triangleq \text{aantal mmol toegevoegd OH}^-.$$

$$\text{Volume natronloog} = \frac{1,9}{0,265} = \mathbf{7,3 \text{ mL}}.$$

OPGAVE 2

- 11 Er wordt $0,241 \times 48,0 = 11,6$ mmol OH⁻ gebruikt voor de titratie. Omdat het zuur eenwaardig is, was er ook 11,6 mmol zuur aanwezig. Dit komt overeen met 1,02 gram. De molmassa van het zuur in gram \triangleq de molecuulmassa van het zuur in u. $M = 1,02 \text{ gram per } 11,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = \mathbf{88,2 \text{ u}}$.

OPGAVE 3

- 12 Titratie reactie: $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$.
 Er reageert $14,77 \times 0,200 = 2,95$ mmol OH⁻, dus was er ook 2,95 mmol NH₄⁺ aanwezig. Dit bevat 2,95 mmol N $\triangleq 2,95 \times 14,01 = 41,4$ mg N.
 Er is 10,0 mL gepipetteerd uit een oorspronkelijke oplossing van 50,0 mL. In de oorspronkelijk oplossing was dus $5 \times 41,4 = 207$ mg N = 0,207 g N aanwezig.
 Dit is afkomstig uit 1,080 g (NH₄)₂SO₄, dus massapercentage N = $\frac{0,207}{1,080} \times 100\% = \mathbf{19,2 \%}$.
 (N.B. in zuiver (NH₄)₂SO₄ bedraagt het massapercentage stikstof 21,2 %).

OPGAVE 4

- 13 Reacties met verdund zwavelzuur: $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4(\text{s})$.
Reactie met zoutzuur: $\text{OH}^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ (OH^- zowel van NaOH als van $\text{Ba}(\text{OH})_2$).
- 14 Er is 467 mg BaSO_4 ontstaan $\triangleq \frac{467 \text{ mg}}{233,39 \text{ mg mmol}^{-1}} = 2,00 \text{ mmol BaSO}_4$. Dus was er in 30,0 mL oplossing ook 2,00 mmol $\text{Ba}(\text{OH})_2$ aanwezig $\triangleq \frac{2,00 \text{ mmol}}{30,0 \text{ mL}} = 0,0667 \text{ mol per liter}$.
 $0,0667 \text{ mol Ba}(\text{OH})_2 \text{ per liter} \triangleq 0,0667 \times 171,3 = \mathbf{11,4 \text{ gram Ba}(\text{OH})_2 \text{ per liter}}$.
Bij de titratie reageert $24,5 \times 0,200 = 4,90 \text{ mmol H}_3\text{O}^+$ met $4,90 \text{ mmol OH}^-$.
Er was 2,00 mmol $\text{Ba}(\text{OH})_2$ aanwezig en dit levert $4,00 \text{ mmol OH}^-$.
Blijft over: $4,90 - 4,00 = 0,90 \text{ mmol OH}^-$ van NaOH.
Per liter is $\frac{0,90 \text{ mmol}}{30,0 \text{ mL}} = 0,030 \text{ mol NaOH aanwezig} \triangleq 0,030 \times 40,00 = \mathbf{1,2 \text{ gram NaOH per liter}}$.

OPGAVE 5

- 15 Anders heb je 10× zoveel natronloog nodig.
- 16 Verbruik OH^- : $9,20 \times 0,102 = 0,938 \text{ mmol}$.
Verbruik $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$: $\frac{0,938}{3} = 0,313 \text{ mmol}$ (in 10,0 mL verdunde citroensap).
Oorspronkelijk: $3,13 \text{ mmol C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ in 10,0 mL citroensap $\triangleq 0,313 \text{ mol per liter}$.
 $0,313 \times 192 = \mathbf{60,0 \text{ gram C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \text{ per liter}}$.
- 17 Er vindt een volledige omzetting plaats. Wat overblijft is een oplossing met ionen $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-}$. Dit is een basische oplossing. De kleuromslag van de indicator moet dan ook in het basische gebied liggen. Voor thymolblauw is die kleuromslag van geel naar blauw.

OPGAVE 6

- 18 Er wordt 60 mL NaOH-oplossing gebruikt met een molariteit van $5,00 \cdot 10^{-2} \text{ M}$.
Er is dus toegevoegd: $60 \times 5,00 \cdot 10^{-2} = 3,0 \text{ mmol OH}^-$.
In 20,0 mL azijnzuuroplossing was dus 3,0 mmol azijnzuur aanwezig \rightarrow
 $[\text{azijnzuur}] = \frac{3,0}{20,0} = \mathbf{0,15 \text{ mol per liter}}$.
- 19 $K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \rightarrow 1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{x^2}{0,15 - x} \rightarrow x = [\text{CH}_3\text{COO}^-] = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ M}$.
- 20 De pH is hooguit bij het equivalentiepunt (punt C) gelijk aan 7. Maar dan alleen als het gaat om een sterk zuur met sterke base. Bij het equivalentiepunt is een oplossing van natriumacetaat ontstaan en dit is een basische oplossing. Het punt waarbij $\text{pH} = 7$ zal liggen tussen punt B en C.
- 21 In punt B is de helft van de aanwezige azijnzuur omgezet. Er is een oplossing ontstaan met evenveel azijnzuur als acetaat. Zo'n oplossing is een bufferoplossing. In het geval dat de verhouding $[\text{zuur}] : [\text{gec. base}] = 1 : 1$ (zoals hier) geldt: $\text{pH} = \text{p}K_z$.
In punt B zal de pH gelijk zijn aan de $\text{p}K_z$ van azijnzuur: 4,74.
- 22 De sterkst bufferende werking heeft een oplossing als hierin de verhouding $[\text{zuur}] : [\text{gec. base}]$ gelijk is aan 1. Dit is het geval in punt B.

OPGAVE 7

- 23 Het omslagtraject van een indicator betreft maar een klein pH-gebied. Als bijvoorbeeld het eerste equivalentiepunt ligt bij pH=4 en het tweede bij pH=8, dan heb je een indicator nodig die rond pH=4 van kleur verandert en een indicator die rond pH=8 van kleur verandert.
- 24 De relatief grote K_b -waarde van CO_3^{2-} impliceert dat carbonaat zich in water als een behoorlijk sterke base gedraagt. De basen OH^- en CO_3^{2-} zijn dan vergelijkbaar in sterkte en de equivalentiepunten zullen ongeveer dezelfde pH-waarde hebben. Dit kleine verschil is niet met twee indicatoren zichtbaar te maken.
- 25 Na afloop blijft een zwakzure oplossing van H_2CO_3 over (in evenwicht met H_2O en CO_2). Het omslagtraject van de indicator moet dan in het lage pH-gebied liggen. Een geschikte indicator is bijvoorbeeld dimethylgeel. Deze is ook geschikt voor OH^- omdat rond het equivalentiepunt een grote pH-sprong optreedt.
- 26 Bij de eerste titratie reageert $28,60 \times 0,104 = 2,97$ mmol H_3O^+ . Dit reageert met zowel OH^- als CO_3^{2-} .
Bij de tweede titratie reageert $11,20 \times 0,104 = 1,16$ mmol H_3O^+ . Dit heeft alleen met OH^- gereageerd, want CO_3^{2-} is neergeslagen met Ba^{2+} .
In 50,0 mL oplossing is dus 1,16 mmol OH^- aanwezig $\rightarrow [\text{OH}^-] = \mathbf{0,0233 \text{ M}}$.
Met CO_3^{2-} heeft tijdens de eerste titratie $2,97 - 1,16 = 1,81$ mmol H_3O^+ gereageerd in de molverhouding $\text{CO}_3^{2-} : \text{H}_3\text{O}^+ = 1 : 2$. Er was dus $\frac{1}{2} \times 1,81 = 0,905$ mmol CO_3^{2-} aanwezig in 50,0 mL oplossing $\rightarrow [\text{CO}_3^{2-}] = \mathbf{0,0181 \text{ M}}$.

OPGAVE 8

- 27 $5,3 \times 7,1 = 37,63$ mg Ca^{2+} per liter $\triangleq \frac{37,63 \text{ mg}}{40,08 \text{ mg mmol}^{-1}} = 0,94$ mmol Ca^{2+} per liter
 $\rightarrow [\text{Ca}^{2+}] = \mathbf{9,4 \cdot 10^{-4} \text{ M}}$.
- 28 $\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2 \text{HCO}_3^-$.
- 29 $K_b(\text{HCO}_3^-) = 2,2 \cdot 10^{-8}$ en $K_z(\text{HCO}_3^-) = 4,7 \cdot 10^{-11}$. $K_b > K_z$, dus basisch.
- 30 Toegevoegd: $9,87 \times 0,00400 = 0,0395$ mmol OH^- , dus ook 0,0395 mmol HCO_3^- (1:1).
 $\text{Ca}^{2+} : \text{HCO}_3^- = 1 : 2$, dus $\frac{1}{2} \times 0,0395 = 0,0197$ mmol Ca^{2+} in 10,0 mL leidingwater.
 $[\text{Ca}^{2+}] = 1,97 \cdot 10^{-3} \text{ M} \rightarrow \frac{1,97 \cdot 10^{-3}}{9,4 \cdot 10^{-4}} \times 5,3 = 11,1 \text{ DH}$.
OF: $[\text{Ca}^{2+}] = 1,97 \cdot 10^{-3} \times 1000 \times \frac{40,08}{7,1} = \mathbf{11,1 \text{ DH}}$.

OPGAVE 9

- 31 Reactie ijzer met verdund zwavelzuur: BINAS tabel 48:
(bij 0,00 en)
 $\text{Fe}(\text{s}) + 2 \text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{H}_2(\text{g})$
Reactie ijzerionen met permanganaat:
 $5 \text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 8 \text{H}^+ \rightarrow 5 \text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4 \text{H}_2\text{O}$ (bij +1,52 en +0,77)
 $13,8 \text{ mL} \times 0,284 \text{ M} = 3,92 \text{ mmol MnO}_4^- \times 5 = 19,6 \text{ mmol Fe}^{2+} \rightarrow$
 $19,6 \text{ mmol Fe} \rightarrow 0,0196 \text{ mol Fe}$.
 $0,0196 \text{ mol Fe} \times 55,85 = 1,09 \text{ gram Fe}$ in 1,30 gram ijzerdraad.
 $\frac{1,09}{1,30} \times 100\% = \mathbf{84,2 \text{ massa-\% Fe}}$.

OPGAVE 10

- 32 Reactie chloor met kaliumjodide-oplossing:



Reactie gevormde jood met natriumthiosulfaatoplossing:



$$20,5 \text{ mL} \times 0,1500 \text{ M} = 3,08 \text{ mmol } \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \times \frac{1}{2} = 1,54 \text{ mmol } \text{I}_2 \times 1 = 1,54 \text{ mmol } \text{Cl}_2.$$

$$1,54 \text{ mmol } \text{Cl}_2 \times 1 = 1,54 \text{ mmol } \text{MnO}_2 \times 86,94 = 134 \text{ mg } \text{MnO}_2 \text{ in } 150 \text{ mg bruinsteen.}$$

$$\frac{134 \text{ mg } \text{MnO}_2}{150 \text{ mg bruinsteen}} \times 100\% = \mathbf{89,1 \text{ massa-\% MnO}_2}.$$

OPGAVE 11

- 33 $\text{Na}_2\text{SO}_3(\text{s}) + 2 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{SO}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$



- 34 $12,8 \text{ mL} \times 0,386 \text{ M} = 4,94 \text{ mmol } \text{I}^- \times \frac{1}{2} = 2,47 \text{ mmol } \text{H}_2\text{O}_2 \text{ (restant)}$

$$\text{Totaal was aanwezig: } 50,0 \text{ mL} \times 0,300 \text{ M} = 15,0 \text{ mmol } \text{H}_2\text{O}_2.$$

$$\text{Gereageerd met } \text{SO}_2 \text{ heeft: } 15,0 - 2,47 = 12,5 \text{ mmol } \text{H}_2\text{O}_2$$

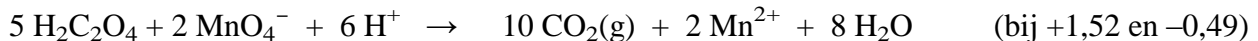
$$\text{H}_2\text{O}_2 : \text{SO}_2 : \text{Na}_2\text{SO}_3 = 1 : 1 : 1, \text{ dus was er } 12,5 \text{ mmol } \text{Na}_2\text{SO}_3 \rightarrow 0,0125 \text{ mol } \text{Na}_2\text{SO}_3.$$

$$0,0125 \text{ mol } \text{Na}_2\text{SO}_3 \times 126,0 = 1,58 \text{ gram } \text{Na}_2\text{SO}_3 \text{ in } 1,63 \text{ gram onzuiver natriumsulfiet.}$$

$$\frac{1,58 \text{ gram } \text{Na}_2\text{SO}_3}{1,63 \text{ gram onzuiver natriumsulfiet}} \times 100\% = \mathbf{96,6 \text{ massa-\% Na}_2\text{SO}_3}.$$

OPGAVE 12

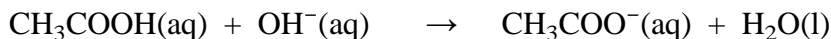
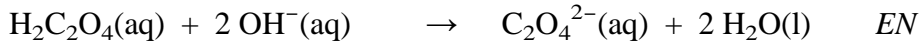
- 35 *Reactie titratie A:*



$$10,90 \text{ mL} \times 0,0500 \text{ M} = 0,545 \text{ mmol } \text{MnO}_4^- \times \frac{5}{2} = 1,36 \text{ mmol } \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \text{ in } 10,0 \text{ mL mengsel.}$$

$$\text{Dus } [\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4] = \frac{1,36 \text{ mmol}}{10,0 \text{ mL}} = \mathbf{0,136 \text{ M}}.$$

Reacties titratie B:



Er reageert $8,80 \text{ mL} \times 0,500 = 4,40 \text{ mmol } \text{OH}^-$ met de zuren uit $5,00 \text{ mL}$ mengsel.

$$5,0 \text{ mL mengsel bevat } \frac{1}{2} \times 1,36 = 0,681 \text{ mmol } \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4.$$

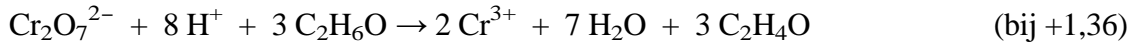
$$\text{Dit reageert met } 2 \times 0,681 = 1,36 \text{ mmol } \text{OH}^-.$$

$$\text{Blijft over voor } \text{CH}_3\text{COOH}: 4,40 - 1,36 = 3,04 \text{ mmol } \text{CH}_3\text{COOH} \text{ in } 5,00 \text{ mL mengsel.}$$

$$\text{Dus } [\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{3,04 \text{ mmol}}{5,00 \text{ mL}} = \mathbf{0,608 \text{ M}}.$$

OPGAVE 13

36 Titratie reactie:



$$14,0 \text{ mL} \times 0,500 \text{ M} = 7,00 \text{ mmol Cr}_2\text{O}_7^{2-}.$$

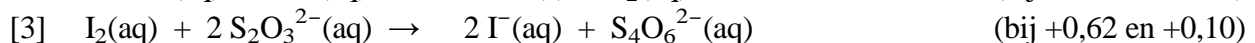
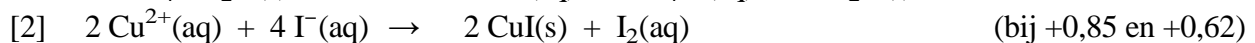
Dit heeft gereageerd met $7,00 \times 3 = 21,0 \text{ mmol C}_2\text{H}_6\text{O}$.

$21,0 \times 32,0 = 966 \text{ mg} = 0,966 \text{ g C}_2\text{H}_6\text{O}$. Omreken naar volume met dichtheid ($\rho = 0,80 \text{ g mL}^{-1}$).

$$\frac{0,966 \text{ g}}{0,80 \text{ g mL}^{-1}} = 1,2 \text{ mL C}_2\text{H}_6\text{O}. \text{ Dit zit in } 10,00 \text{ mL wijn, dus percentage} = \mathbf{12\%}.$$

OPGAVE 14

37 Reacties:



$$\text{mmol S}_2\text{O}_3^{2-} : 10,0 \text{ mL} \times 0,100 \text{ M} = 1,00 \text{ mmol S}_2\text{O}_3^{2-}$$

$$\text{mmol I}_2 : \frac{1}{2} \times 1,00 = 0,500 \text{ mmol I}_2 \text{ via molverhouding in [3]}$$

$$\text{mmol Cu}^{2+} : 2 \times 0,500 = 1,00 \text{ mmol Cu}^{2+} \text{ via molverhouding in [2]}$$

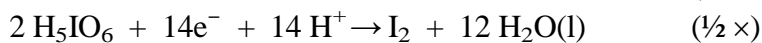
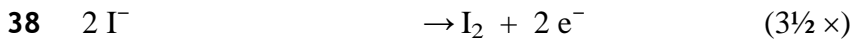
$$\text{mmol CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O} : 1,00 \times 4 = 4,00 \text{ mmol vanwege pipetteren.}$$

4,00 mmol $\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ komt overeen met 1,0 gram, dus $M = 250 \text{ g mol}^{-1}$

$$M(\text{CuSO}_4) = 159,61 \text{ g mol}^{-1}, \text{ dus } x\text{H}_2\text{O} = 250 - 159,61 = 90,39 \text{ g mol}^{-1} = x \times 18,02$$

$$x = \frac{90,39}{18,015} \rightarrow \mathbf{x = 5,0}$$

OPGAVE 15



39 Toegevoegd: $20,0 \times 0,0100 = 0,200 \text{ mmol H}_5\text{IO}_6$ (overmaat)

Aanwezig: $0,03600 \text{ mmol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (gegeven)

Reactie 1: er reageert $5 \times 0,03600 = 0,180 \text{ mmol H}_5\text{IO}_6$

Blijft over: $0,200 - 0,180 = 0,020 \text{ mmol H}_5\text{IO}_6$

Reactie 1: er ontstaat $1 \times 0,180 = 0,180 \text{ mmol IO}_3^-$

Reactie 2: er ontstaat $4 \times 0,020 = 0,080 \text{ mmol I}_2$ (uit $0,020 \text{ mmol H}_5\text{IO}_6$)

Reactie 3: er ontstaat $3 \times 0,180 = 0,540 \text{ mmol I}_2$ (uit $0,180 \text{ mmol IO}_3^-$)

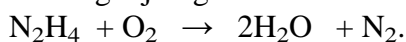
Totaal: $0,080 + 0,540 = 0,620 \text{ mmol I}_2$.

Titratie: er is nodig $2 \times 0,620 = 1,24 \text{ mmol S}_2\text{O}_3^{2-}$ (want: $\text{I}_2 + 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2 \text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$)

$$\rightarrow \frac{1,24 \text{ mmol}}{0,100 \text{ M}} = \mathbf{12,4 \text{ mL Na}_2\text{S}_2\text{O}_3\text{-oplossing.}$$

OPGAVE 16

40 De vergelijking van de reactie tussen hydrazine en zuurstof luidt:



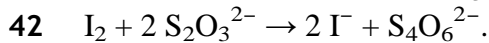
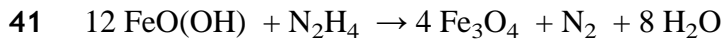
$$1,0 \text{ kg N}_2\text{H}_4 \cong \frac{1,0 \cdot 10^3}{32,05} = 31,3 \text{ mol N}_2\text{H}_4.$$

$\text{N}_2\text{H}_4 : \text{O}_2 = 1 : 1$ dus ook $31,3 \text{ mol O}_2$.

$$31,3 \text{ mol O}_2 \cong 31,3 \times 32,00 = 1,0 \cdot 10^3 \text{ g O}_2.$$

1 liter water bevat 0,75 mg $O_2 = 0,75 \cdot 10^{-3}$ g O_2 .

$$\frac{1,0 \cdot 10^3}{0,75 \cdot 10^{-3}} = \mathbf{1,3 \cdot 10^6 \text{ L water.}}$$



43 Met 0,090 mmol $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ is 0,045 mmol I_2 omgezet.

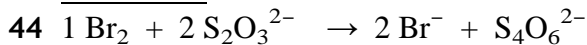
Deze hoeveelheid is gevormd met 0,025 mmol IO_3^- (gegeven). Stel dat x mmol IO_3^- reageert in reactie 1, dan levert dat $0,5x$ mmol I_2 (zie vergelijking in opgave). In reactie 2 reageert dan $(0,025 - x)$ mmol IO_3^- tot $(0,075 - 3x)$ mmol I_2 (zie vergelijking in opgave).

De totaal gevormd hoeveelheid I_2 is bekend (0,045 mmol) $\rightarrow 0,5x + 0,075 - 3x = 0,045$.

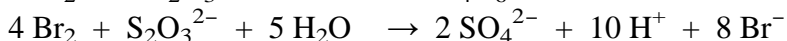
$\rightarrow x = 0,012 \rightarrow$ in reactie 1 is 0,012 mmol IO_3^- gebruikt en daarmee is $\frac{5}{4} \times 0,012 = 0,015$ mmol N_2H_5^+ omgezet.

$$10 \text{ mL ketelwater bevatte dus } 0,015 \text{ mmol } \text{N}_2\text{H}_4 \rightarrow [\text{N}_2\text{H}_4] = \frac{0,015 \text{ mmol}}{10 \text{ mL}} = \mathbf{1,5 \cdot 10^{-3} \text{ M.}}$$

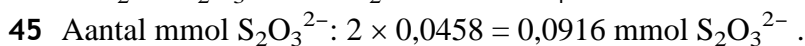
OPGAVE 17



reactie 1



reactie 2



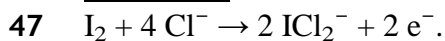
Met broom heeft dus $0,188 - 0,0916 = 0,096$ mmol $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ gereageerd.

46 In reactie 1 heeft $\frac{1}{2}x$ mmol Br_2 gereageerd.

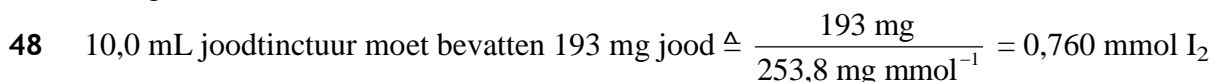
In reactie 2 heeft $4 \times (0,096 - x)$ mmol Br_2 gereageerd.

Totaal aan Br_2 : $\frac{1}{2}x + 4 \times (0,096 - x) = 0,120$ mmol $\text{Br}_2 \rightarrow x = \mathbf{0,075 \text{ mmol } \text{S}_2\text{O}_3^{2-}}$.

OPGAVE 18



Ook goed is: $\text{I}^- + 2 \text{ I}_2 + 10 \text{ Cl}^- \rightarrow 5 \text{ ICl}_2^- + 6 \text{ e}^-$.



en 241 mg NaI $\triangleq \frac{241 \text{ mg}}{149,89 \text{ mg mmol}^{-1}} = 1,61$ mmol NaI.

Die hoeveelheid I^- reageert volgens de reactievergelijking met $\frac{1,61}{5} = 0,322$ mmol IO_3^- .

Hierbij wordt $\frac{3}{5} \times 1,61 = 0,966$ mmol I_2 gevormd.

In totaal is er dus $0,760 + 0,966 = 1,726$ mmol I_2 dat volgens de tweede reactievergelijking reageert met $\frac{1}{2} \times 1,726 = 0,863$ mmol IO_3^- .

In totaal is dus $0,322 + 0,863 = 1,185$ mmol IO_3^- nodig.

Om dit te halen uit een 0,100 M KIO_3 -oplossing is er $\frac{1,185 \text{ mmol}}{0,100 \text{ M}} = \mathbf{11,9 \text{ mL}}$ nodig.