

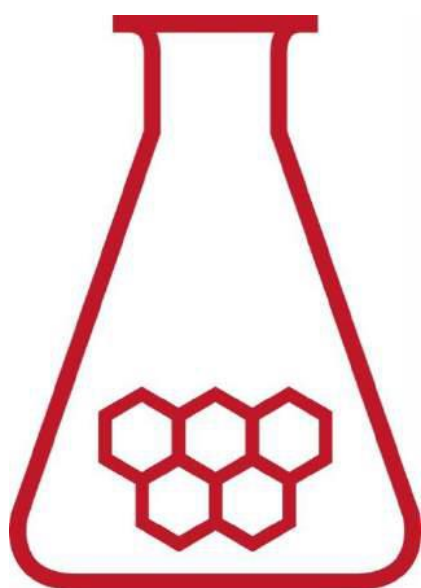
45^e Nationale Scheikundeolympiade

Universiteit Maastricht

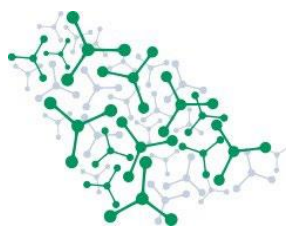
PRACTICUMTOETS

opgavenboekje

donderdag 6 juni 2024



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



56th IChO International
Chemistry Olympiad
Saudi Arabia 2024



Maastricht University

De experimenten voor deze toets zijn voorbereid door:

Dr. Kathia Jimenez Monroy

Richard Matysek

Joeri Noordijk

Dr. Giudetta Perversi

Dr. Erik Steen Redeker

Dr. Veaceslav Vieru

Het NSO comité:

Emiel de Kleijn

De eindredactie was in handen van:

Drs. Kees Beers, drs. Dick Hennink

Aanwijzingen/hulpmiddelen

- Deze practicumtoets bestaat uit twee onderdelen:
 - De bepaling van de hoeveelheid kristalwater (x) in een mengsel van $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ en NaHCO_3 .
 - Kinetisch onderzoek naar de ontleding van tris-(oxalato)-mangaan(III) ionen.
- Na 4 uur eindigt de practicumtoets. Binnen deze tijd moeten:
 - de bijgevoegde antwoordbladen zijn ingevuld;
 - alle vragen zijn beantwoord.
- Na afloop van de practicumtoets, als je alles hebt ingeleverd, moet het glaswerk nog worden schoongemaakt en opgeruimd.
- De maximumscore voor de practicumtoets bedraagt 80 punten.
- De score wordt bepaald door:
 - praktische vaardigheid, netheid, veiligheid maximaal 20 punten
 - resultaten van de bepalingen en beantwoording van de vragen maximaal 60 punten
- Benodigde hulpmiddelen: (grafische) rekenmachine, lineaal/geodriehoek en Binas of ScienceData.
- Lees eerst de inleiding en alle opdrachten door en begin daarna pas met de uitvoering.
- Noteer de antwoorden op de vragen in de boxen op de antwoordbladen. Als je niet genoeg ruimte hebt, mag je extra papier vragen.

Extra:

- Dit is een toets; het is niet toegestaan te overleggen met andere deelnemers.
- Wanneer je een vraag hebt, dan kun je deze stellen aan de begeleider.
- Mocht er iets niet in orde zijn met je glaswerk of apparatuur, meld dit dan bij de begeleider zodra je het ontdekt. Leen geen spullen van een ander!

Experiment 1 De bepaling van de hoeveelheid kristalwater (x) in een mengsel van $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ en NaHCO_3

40 punten

Inleiding

Een grondstof voor natriumcarbonaat is het mineraal Trona. Het is een mengsel van gehydrateerd natriumcarbonaat ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) en natriumwaterstofcarbonaat (NaHCO_3).



Het doel van dit onderzoek is om te bepalen hoeveel kristalwater gebonden is aan het natriumcarbonaat in een vast mengsel van gehydrateerd natriumcarbonaat ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) en natriumwaterstofcarbonaat (NaHCO_3).

Voor deze bepaling worden twee afzonderlijke titraties met zoutzuur gebruikt:

- een titratie met methylooranje als indicator;
- een titratie met fenolftaleïne als indicator.

Elke titratie wordt in duplo uitgevoerd. Voer van tevoren een proeftitratie uit.

Chemicaliën

- een afgewogen mengsel van $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ en NaHCO_3
- 0,1000 M zoutzuur
- een oplossing van methylooranje
- een oplossing van fenolftaleïne
- gedemineraliseerd water

Veiligheid

- draag een veiligheidsbril
- wanneer je huid in contact komt met één van de chemicaliën, spoel het dan onmiddellijk af

Materialen

- een 250 mL maatkolf met passende stop
- een trechter voor de maatkolf
- een 50 mL buret
- een trechter voor de buret
- vier bekeerglazen
- vier kleine plastic pipetjes
- een pipetteerballon
- een 25 mL pipet
- een 50 mL erlenmeyer voor de titraties
- een markeerstift
- een magnetische roerder
- een roervlo

Procedure

- 1 Maak van je monster een oplossing in de 250 mL maatkolf.
- 2 Vul de buret met het 0,1000 M zoutzuur. N.B.: je moet waarschijnlijk tijdens de bepaling de buret enkele malen bijvullen.
- 3 Voer bij elk van onderstaande titraties eerst een (ruwe) proeftitratie uit en voer daarna elke titratie in duplo uit.

Titratie met fenolftaleïne

- 4 Breng 25,00 mL van de oplossing die in de maatkolf zit, over in de 50 mL erlenmeyer.
- 5 Voeg drie druppels fenolftaleïne-oplossing toe.
- 6 Doe de roervlo in de oplossing en begin te roeren (niet verwarmen).
- 7 Titreer totdat de rose kleur geheel verdwenen is.
- 8 Herhaal de punten 4 t/m 7.

Titratie met methylooranje

- 9 Breng 25,00 mL van de oplossing die in de maatkolf zit, over in de 50 mL erlenmeyer.
- 10 Voeg drie druppels methylooranje-oplossing toe.
- 11 Titreer totdat de oplossing een rode kleur krijgt.
- 12 Herhaal de punten 9 t/m 11.

Vragen - noteer de antwoorden op de antwoordbladen

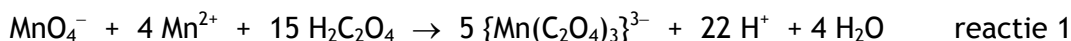
- 1 Noteer:
 - de massa van het monster
 - de molariteit van het zoutzuur
 - alle buretstanden8
- 2 Geef de vergelijkingen van de reacties die tijdens de titraties optreden. 4
- 3 Bereken het aantal mmol $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ en het aantal mmol NaHCO_3 in je monster. 10
- 4 Bereken de waarde van x in $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$. 4
- 5 Je zou de bepaling ook kunnen uitvoeren door gebruik te maken van een neerslagreactie (en de massa van het neerslag te bepalen) in plaats van één van de titraties. Leg uit welke oplossing je dan kunt gebruiken en welke titratie je dan niet hoeft te doen. 4

Experiment 2 Kinetisch onderzoek naar de ontleding van tris-(oxalato)-mangaan(III) ionen

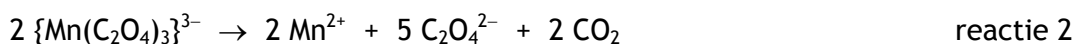
40 punten

Inleiding

Wanneer oplossingen van mangaan(II)sulfaat, kaliumpermanganaat en oxaalzuur worden samengevoegd, ontstaan zogenoemde tris-(oxalato)-mangaan(III) ionen, $\{\text{Mn}(\text{C}_2\text{O}_4)_3\}^{3-}$, volgens de volgende reactievergelijking:



Zodra deze ionen gevormd zijn, beginnen ze te ontleden onder vorming van Mn^{2+} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ en CO_2 :



De reactiesnelheid van reactie 2 kan als volgt worden weergegeven:

$$s = -\frac{d[\{\text{Mn}(\text{C}_2\text{O}_4)_3\}^{3-}]}{dt} = k[\{\text{Mn}(\text{C}_2\text{O}_4)_3\}^{3-}]^n$$

Het doel van dit experiment is:

- aan te tonen dat reactie 2 een eerste orde reactie is;
- te bepalen wat de waarde is van de reactiesnelheidsconstante k .

Omdat ionen $\{\text{Mn}(\text{C}_2\text{O}_4)_3\}^{3-}$ aan de oplossing een lichtbruine kleur geven ($\lambda_{\text{max}} = 440 \text{ nm}$) en de reactieproducten kleurloos zijn, kan het verloop van de reactie spectrofotometrisch worden gevolgd, door op gezette tijden de extinctie (E) van de oplossing te meten. De gemiddelde reactiesnelheid in een tijdsinterval Δt kan dan worden berekend met behulp van de volgende uitdrukking:

$$s = -\frac{\Delta E}{\Delta t \times \varepsilon \times l} = k[\{\text{Mn}(\text{C}_2\text{O}_4)_3\}^{3-}]^n$$

Hierin is ΔE de verandering in de extinctie in het tijdsinterval Δt en is $[\{\text{Mn}(\text{C}_2\text{O}_4)_3\}^{3-}]$ de beginconcentratie van het complex in dat tijdsinterval.

Verder geldt $\varepsilon = 70 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ en $l = 1,00 \text{ cm}$.

Het experiment wordt uitgevoerd in twee varianten, met twee sets van oplossingen die in concentratie verschillen.

Voor de metingen met de spectrofotometer kun je hulp krijgen van de assistent.

Chemicaliën

- oplossingen van MnSO_4 : 0,20 M en 0,075 M
- oplossingen van $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$: 0,20 M en 0,075 M
- oplossingen van KMnO_4 : 0,020 M en 0,0075 M

Veiligheid

- draag een veiligheidsbril
- wanneer je huid in contact komt met één van de chemicaliën, spoel het dan onmiddellijk af

Materialen

- een 2 mL pipet
- een 10 mL pipet
- een 25 mL pipet
- drie plastic pipetten
- drie UV cuvetten
- een pipetteerballon
- twee 50 mL erlenmeyers
- vier bekeerglazen
- een magnetische roerder
- een roervlo
- een stopwatch

Procedure

Variant I

- 1 Breng achtereenvolgens 2,0 mL van de 0,20 M MnSO_4 oplossing en 14,0 mL van de 0,20 M $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ oplossing in de 50 mL erlenmeyer.
- 2 Doe de roervlo in de oplossing en begin te roeren (niet verwarmen).
- 3 Voeg 4,0 mL 0,020 M KMnO_4 oplossing toe en start de tijdmeting.
- 4 Neem onmiddellijk na het starten van de tijdmeting met behulp van een plastic pipet wat uit de oplossing, doe dit in een cuvet en meet de extinctie.
- 5 Noteer de gemeten extinctie en het tijdstip van de meting in de tabel op je antwoordblad.
- 6 Leeg de cuvet in de oplossing in de erlenmeyer.
- 7 Neem na ongeveer 60 s opnieuw een monster uit de oplossing en meet de extinctie. Noteer de extinctie en het tijdstip van de meting in de tabel op je antwoordblad.
- 8 Leeg de cuvet in de oplossing in de erlenmeyer.
- 9 Herhaal de punten 7 en 8 nog drie keer om de ongeveer 60 s.

Variant II

- 10 Herhaal de punten 1 t/m 7 van de procedure van variant I, maar nu met de 0,075 M oplossing van MnSO_4 , de 0,075 M oplossing van $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ en de 0,0075 M oplossing van KMnO_4 .

Vragen over Experiment 2 - noteer de antwoorden op de antwoordbladen

- 6 Noteer alle gemeten extincties en de tijdstippen waarop die extincties gemeten zijn in de daartoe bestemde tabellen op je antwoordblad. 2
- 7 Bereken de reactiesnelheid in het eerste tijdsinterval van beide varianten. Schrijf je berekening op in de daartoe bestemde tabellen. 2

De orde van de reactie kan worden berekend met behulp van de volgende formule:

$$n = \frac{\log s_{II} - \log s_I}{\log[\{\text{Mn}(\text{C}_2\text{O}_4)_3\}^{3-}]_{II} - \log[\{\text{Mn}(\text{C}_2\text{O}_4)_3\}^{3-}]_I}$$

Hierin zijn s_I en s_{II} de reactiesnelheden in het eerste tijdsinterval van respectievelijk variant I en variant II, en zijn $[\{\text{Mn}(\text{C}_2\text{O}_4)_3\}^{3-}]_I$ en $[\{\text{Mn}(\text{C}_2\text{O}_4)_3\}^{3-}]_{II}$ de beginconcentraties van het complex in het eerste tijdsinterval van beide varianten.

Deze zijn bij benadering gelijk aan de concentraties van het complex op $t = 0$:

$$[\{\text{Mn}(\text{C}_2\text{O}_4)_3\}^{3-}]_I = 0,020 \text{ mol L}^{-1} \text{ en } [\{\text{Mn}(\text{C}_2\text{O}_4)_3\}^{3-}]_{II} = 0,0075 \text{ mol L}^{-1}.$$

- 8 Bereken n met behulp van je metingen. 8
- 9 Volgt uit jouw metingen dat reactie 2 een eerste orde reactie is? Motiveer je antwoord. 2
- 10 Bereken de reactiesnelheden voor het tweede, derde en vierde tijdsinterval van variant I. Schrijf je berekeningen op in de daartoe bestemde tabel op je antwoordblad. 3
- 11 Bereken de gemiddelde reactiesnelheidsconstante k die hieruit volgt. Ga er hierbij vanuit dat reactie 2 een eerste orde reactie is. Schrijf je berekeningen op in de daartoe bestemde tabel op je antwoordblad. 9
- 12 Laat met een berekening zien dat de beginconcentratie van $\{\text{Mn}(\text{C}_2\text{O}_4)_3\}^{3-}$ in variant I gelijk is aan $0,020 \text{ mol L}^{-1}$. 4