

NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE

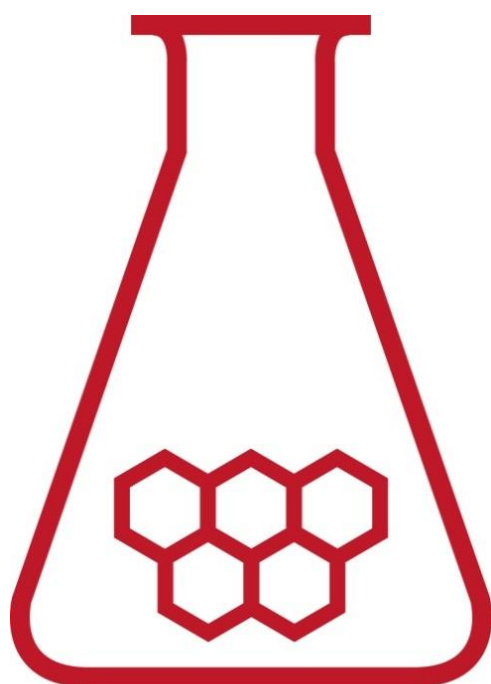
2023

Opgaven en correctievoorschriften

Vorrunde 1

Vorrunde 2

Eindronde



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023



Universiteit Leiden

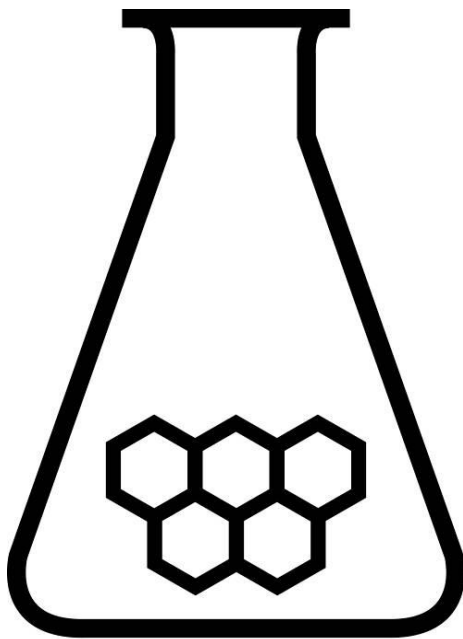
Inhoud

Opgaven voorronde 1	3
Opgave 1 Meerkeuzevragen	5
Opgave 2 Goud in oplossing	12
Opgave 3 Klikchemie	14
Opgaven voorronde 2	19
Opgave 1 Meerkeuzevragen	20
Opgave 2 Methyfenidaat	28
Opgave 3 De ontleding van azomethaan	31
Opgave 4 Superfosfaat	32
Opgaven eindronde Theorietoets	37
Opgave 1 Lithium-ion batterij	39
Opgave 2 <i>G</i> en <i>K</i>	40
Opgave 3 Sulfurylchloride	41
Opgave 4 NO	42
Opgave 5 Geinige geurtjes	44
Opgave 6 Synthese van Oseltamivir	46
Opgave 7 Oseltamivirbepaling	48
Opgaven eindronde uitwerkbijlage theorietoets	51
Opgaven eindronde Practicumtoets	55
Experiment 1 Synthese van Hantzsch ester en oxidatie naar de pyridine-vorm	59
Experiment 2 Bepaling van de molaire extinctiecoëfficiënt van Hantzsch ester bij 400 nm	66
Opgaven eindronde antwoordbladen practicumtoets	71
Correctievoorschrift voorronde 1	77
Opgave 1 Meerkeuzevragen	78
Opgave 2 Goud in oplossing	82
Opgave 3 Klikchemie	84
Correctievoorschrift voorronde 2	87
Opgave 1 Meerkeuzevragen	88
Opgave 2 Methyfenidaat	92
Opgave 3 De ontleding van azomethaan	95
Opgave 4 Superfosfaat	98
Correctievoorschrift eindronde Theorietoets	101
Opgave 1 Lithium-ion batterij	102
Opgave 2 <i>G</i> en <i>K</i>	104
Opgave 3 Sulfurylchloride	105
Opgave 4 NO	107
Opgave 5 Geinige geurtjes	111
Opgave 6 Synthese van Oseltamivir	113
Opgave 7 Oseltamivirbepaling	115
Correctievoorschrift eindronde Practicumtoets	117
Experiment 1 Synthese van Hantzsch ester en oxidatie naar de pyridine-vorm	118
Experiment 2 Bepaling van de molaire extinctiecoëfficiënt van Hantzsch ester bij 400 nm	121

NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2023

OPGAVEN VOORRONDE 1

af te nemen in de periode van
11 tot en met 27 januari 2023



SCHEIKUNDE OLYMPIADE



Universiteit Leiden

- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 8 onderwerpen en 2 opgaven met in totaal 14 open vragen alsmede een antwoordblad voor de meerkeuzevragen.
- Gebruik voor de beantwoording van de meerkeuzevragen het antwoordblad.
- Gebruik voor de beantwoording van elke opgave met open vragen een apart antwoordvel, voorzien van naam.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 77 punten.
- De voorronde duurt 2 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e druk of ScienceData 1^e druk.
- Bij elke vraag is het aantal punten vermeld dat een juist antwoord op die vraag oplevert.
- Tenzij anders is vermeld, is er sprake van standaardomstandigheden: $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$.

Deze toets is tot stand gekomen dankzij de medewerking van de volgende personen:

Olav Altenburg
Alex Blokhuis
Johan Broens
Martin Groeneveld
Mees Hendriks
Jacob van Hengst
Emiel de Kleijn
Jasper Landman
Bob Lefeber
Marte van der Linden
Han Mertens
Geert Schulpen
Niels Vreeswijk
Eveline Wijbenga
Amin Zadeh
Emmy Zeetsen

De eindredactie was in handen van:

Kees Beers, Dick Hennink, Marijn Jonker en Piet Mellema

Opgave 1 Meerkeuzevragen

(totaal 40 punten)

Schrijf bij elke vraag je antwoord (letter) op het antwoordblad. Dit antwoordblad vind je aan het eind van dit opgavenboekje.

Normering: 2 punten per juist antwoord.

Koolstofchemie

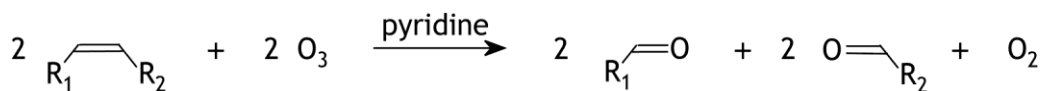
1 Bij de hydrolyse van een molecuul trehalose ontstaan twee moleculen glucose. Wat is de molecuulformule van trehalose?

- A $C_{11}H_{22}O_{11}$
- B $C_{11}H_{22}O_{12}$
- C $C_{11}H_{24}O_{12}$
- D $C_{12}H_{22}O_{11}$
- E $C_{12}H_{22}O_{12}$
- F $C_{12}H_{24}O_{12}$

2 Epoxiden zijn koolstofverbindingen met de groep $\begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{C} - \text{C} \end{array}$ in het molecuul. Hoeveel epoxiden met molecuulformule C_4H_8O zijn er? Houd rekening met stereo-isomerie.

- A 2
- B 3
- C 4
- D 5
- E 6
- F 7

3 Een alkeen kan in een zogenoemde ozonolysereactie reageren met ozon. Tijdens deze reactie wordt de $C = C$ binding verbroken. Wanneer pyridine als katalysator wordt gebruikt, ontstaan aldehydes en/of ketonen. Zie onderstaande reactievergelijking, waarbij twee aldehydes ontstaan.



In deze reactie kunnen onder andere de alkenen pent-2-een, hex-3-een en cyclopenteen gebruikt worden.

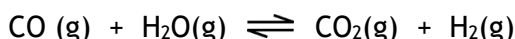
Met welke van de bovenstaande alkenen ontstaat via bovenstaande reactie, behalve O_2 , slechts één andere stof?

- A met geen van alle
- B alleen met pent-2-een
- C alleen met hex-3-een
- D alleen met cyclopenteen
- E alleen met pent-2-een en hex-3-een
- F alleen met pent-2-een en cyclopenteen
- G alleen met hex-3-een en cyclopenteen
- H met alle drie

Reactiesnelheid en evenwicht

4

In een onderzoek naar de volgende reactie



heeft men vier proeven uitgevoerd in een reactor waarbij het volume constant is en geen stof kan ontsnappen. Daarbij zijn de volgende gegevens verkregen:

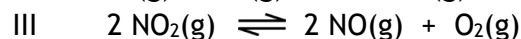
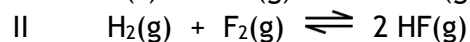
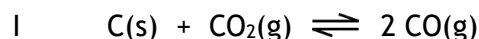
temperatuur	evenwichtsconstante
298 K	$9,9 \cdot 10^4$
500 K	$1,2 \cdot 10^2$
750 K	4,5
1000 K	0,86

Is de reactie naar rechts endotherm of exotherm? En is er bij hoge temperatuur meer of minder H_2 aanwezig bij evenwicht dan bij lage temperatuur?

- | | | |
|---|---------------------|--------------------------|
| | reactie naar rechts | hoeveelheid H_2 |
| A | endotherm | meer |
| B | endotherm | minder |
| C | exotherm | meer |
| D | exotherm | minder |

5

Bij welk(e) van onderstaande evenwichten verschuift de ligging van het evenwicht naar rechts bij het vergroten van het volume van de reactor?



- A bij geen van alle
- B alleen bij I
- C alleen bij II
- D alleen bij III
- E alleen bij I en II
- F alleen bij I en III
- G alleen bij II en III
- H bij alle drie

6

In de reactie $\text{N}_2\text{(g)} + 3 \text{H}_2\text{(g)} \rightarrow 2 \text{NH}_3\text{(g)}$ is de snelheid waarmee H_2 reageert gelijk aan $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol s}^{-1}$.

Hoe groot is de snelheid waarmee NH_3 ontstaat?

- A $8,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol s}^{-1}$
- B $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol s}^{-1}$
- C $1,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol s}^{-1}$
- D $2,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol s}^{-1}$

Structuren en formules

- 7 Welke soort(en) binding komt/komen voor in vast magnesiumsulfaat?
- A alleen atoombindingen
 - B alleen atoombindingen en ionbindingen
 - C alleen atoombindingen en metaalbindingen
 - D alleen atoombindingen, ionbindingen en metaalbindingen
 - E alleen ionbindingen
 - F alleen ionbindingen en metaalbindingen
 - G alleen metaalbindingen
- 8 Welke van onderstaande uitspraken over een molecuul zuurstofdifluoride, OF_2 , is/zijn juist?
- I Een molecuul zuurstofdifluoride is lineair.
 - II Een molecuul zuurstofdifluoride is een dipoolmolecuul.
- A geen van beide
 - B alleen I
 - C alleen II
 - D beide
- 9 Hoeveel elektronen worden weergegeven in de lewisstructuur van een persulfaat, SO_5^{2-} ?
- A 32
 - B 34
 - C 36
 - D 38

pH / zuur-base

- 10 Aan een oplossing van ammoniumchloride (NH_4Cl) wordt een hoeveelheid natronloog toegevoegd. De resulterende oplossing heeft een pH van 9,50. Hoeveel % van het NH_4^+ is hierbij omgezet tot NH_3 ?
- A 23%
 - B 36%
 - C 44%
 - D 56%
 - E 64%
 - F 77%

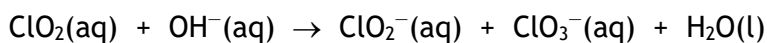
- 11 200 mL 0,0657 M natronloog, 140 mL 0,107 M zoutzuur en 160 mL water worden gemengd.

Wat is de pH van de oplossing die ontstaat?

- A 2,27
B 2,43
C 2,74
D 3,04

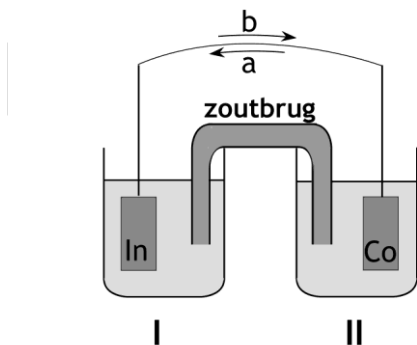
Redox en elektrochemie

- 12 In een basische oplossing reageert chloordioxide volgens onderstaande onvolledige reactievergelijking. In deze onvolledige reactievergelijking ontbreken uitsluitend de coëfficiënten.

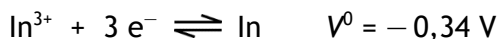


Wat is de verhouding tussen de coëfficiënten van ClO_2 en ClO_3^- in de kloppend gemaakte vergelijking van deze reactie?

- A $\text{ClO}_2 : \text{ClO}_3^- = 1 : 1$
B $\text{ClO}_2 : \text{ClO}_3^- = 2 : 1$
C $\text{ClO}_2 : \text{ClO}_3^- = 3 : 1$
D $\text{ClO}_2 : \text{ClO}_3^- = 3 : 2$
E $\text{ClO}_2 : \text{ClO}_3^- = 4 : 1$
- 13 In onderstaande elektrochemische cel bevindt zich in halfcel I een 1,0 M oplossing van indium(III)nitraat met een indiumelektrode en in halfcel II een 1,0 M oplossing van kobalt(II)nitraat met een kobaltelektrode.



Er gelden de volgende standaardelektrodepotentialen:



Welke pijl geeft de juiste richting weer waarin de elektronen zich bewegen als de cel stroom levert en wat is de bronspanning van deze elektrochemische cel?

- | | weergave elektronenstroom | bronspanning |
|---|---------------------------|--------------|
| A | pijl a | 0,06 V |
| B | pijl a | 0,62 V |
| C | pijl b | 0,06 V |
| D | pijl b | 0,62 V |

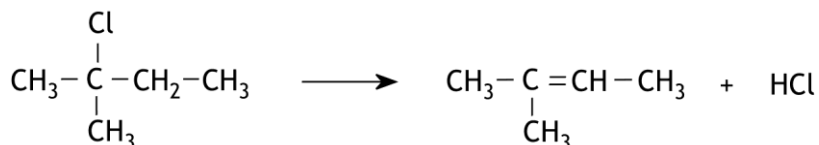
Rekenen

- 14 Een bepaalde soort tafellazijn bevat 5,00 massaprocent azijnzuur, CH_3COOH ($M = 60,0 \text{ g mol}^{-1}$).
- Wat is de molariteit van azijnzuur in deze tafellazijn? De dichtheid van de tafellazijn is $1,00 \text{ g mL}^{-1}$.
- A $0,833 \text{ mol L}^{-1}$
 - B $1,00 \text{ mol L}^{-1}$
 - C $1,20 \text{ mol L}^{-1}$
 - D $3,00 \text{ mol L}^{-1}$
- 15 Van een legering van koper en zilver wordt 3,00 g in overmaat verdund salpeterzuur gebracht. Er ontstaat een oplossing. Daarna wordt aan de oplossing een overmaat natriumfosfaat toegevoegd. De ontstane suspensie wordt gefiltreerd en het residu gedroogd en gewogen. Het residu bestaat uit zilverfosfaat ($M = 418,58 \text{ g mol}^{-1}$) en koper(II)fosfaat ($M = 380,59 \text{ g mol}^{-1}$). De massa van het gedroogde residu was 4,25 g.
- Wat was het massapercentage zilver in de legering?
- A 10% à 11%
 - B 17% à 18%
 - C 82% à 83%
 - D 89% à 90%

Thermochemie en Groene chemie

- 16 Epoxyethaan wordt industrieel bereid uit de reactie van etheen met zuurstof:
- $$2 \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{C}_2\text{H}_4\text{O}(\text{g})$$
- De reactiewarmte (bij 298 K, $p = p_0$) van deze synthese bedraagt -148 kJ per mol etheen.
- Wat is de vormingswarmte (bij 298 K, $p = p_0$) van epoxyethaan? Gegeven: de vormingswarmte (bij 298 K, $p = p_0$) van etheen is $+52 \text{ kJ mol}^{-1}$.
- A -200 kJ mol^{-1}
 - B -148 kJ mol^{-1}
 - C -96 kJ mol^{-1}
 - D $+96 \text{ kJ mol}^{-1}$
 - E $+148 \text{ kJ mol}^{-1}$
 - F $+200 \text{ kJ mol}^{-1}$

- 17 Hieronder staat een voorbeeld van een eliminatiereactie:



Het rendement van de productie van 2-methylbut-2-een is 77%.

Wat is de *E*-factor van dit proces?

- A 0,17
B 0,51
C 0,52
D 0,97
E 1,9
- 18 We vergelijken de absolute waarden van de verbrandingswarmtes, uitgedrukt in verschillende eenheden, van de volgende gassen: methaan, methanal en waterstof. Welk gas heeft de grootste verbrandingswarmte (bij 298 K, $p = p_0$) uitgedrukt in J kg^{-1} en welk gas heeft de grootste verbrandingswarmte (bij 298 K, $p = p_0$) uitgedrukt in J m^{-3} ? Maak hierbij onder andere gebruik van Binas-tabellen 56 en 57A of ScienceData tabellen 8.7 en 9.2.

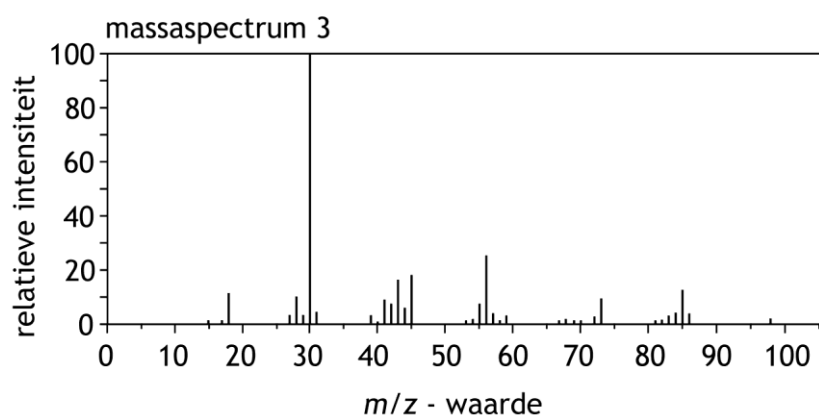
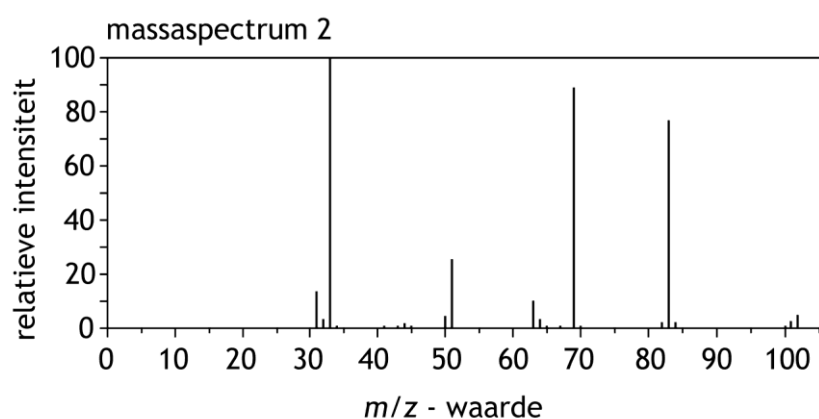
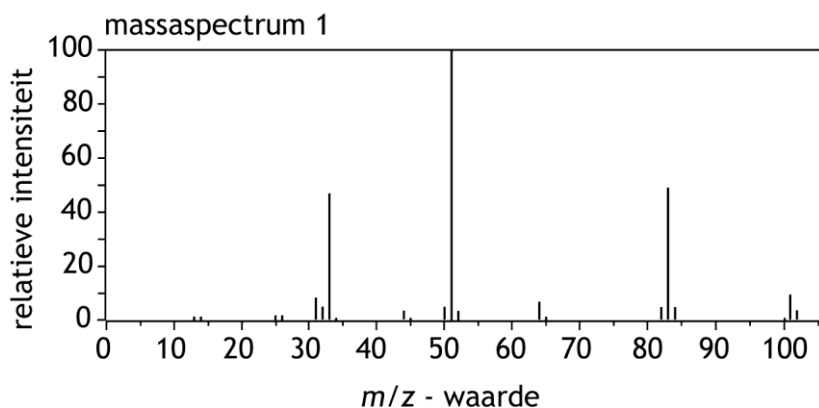
	grootste verbrandingswarmte in J kg^{-1}	grootste verbrandingswarmte in J m^{-3}
A	methaan	methaan
B	methaan	methanal
C	methaan	waterstof
D	methanal	methaan
E	methanal	methanal
F	methanal	waterstof
G	waterstof	methaan
H	waterstof	methanal
I	waterstof	waterstof

Analyse

- 19 Gerrit onderzoekt een oplossing van een onbekend zout in water. Hij voert twee proeven uit:
- Proef 1: Hij voegt zoutzuur toe aan een deel van de oplossing van het onbekende zout. Hierbij ontstaat een gas en een oplossing.
- Proef 2: Hij voegt een oplossing van bariumjodide toe aan een deel van de oplossing van het onbekende zout. Hierbij ontstaat een oplossing.
- Welk van de onderstaande zouten kan het onbekende zout zijn?
- A $\text{Ba}(\text{OH})_2$
B K_2CO_3
C $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
D NaOH
E $\text{Pb}(\text{HCO}_3)_2$

20

Hieronder staan de massaspectra van pentaan-1,5-diamine, 1,1,1,2-tetrafluorethaan en 1,1,2,2-tetrafluorethaan.



Welk spectrum hoort bij welke stof?

	massaspectrum 1	massaspectrum 2	massaspectrum 3
A	pentaan-1,5-diamine	1,1,1,2-tetrafluorethaan	1,1,2,2-tetrafluorethaan
B	pentaan-1,5-diamine	1,1,2,2-tetrafluorethaan	1,1,1,2-tetrafluorethaan
C	1,1,1,2-tetrafluorethaan	pentaan-1,5-diamine	1,1,2,2-tetrafluorethaan
D	1,1,1,2-tetrafluorethaan	1,1,2,2-tetrafluorethaan	pentaan-1,5-diamine
E	1,1,2,2-tetrafluorethaan	pentaan-1,5-diamine	1,1,1,2-tetrafluorethaan
F	1,1,2,2-tetrafluorethaan	1,1,1,2-tetrafluorethaan	pentaan-1,5-diamine

Open opgaven

(totaal 37 punten)

■ Opgave 2 Goud in oplossing

(19 punten)

Goud is een edel metaal, dat met vrijwel geen enkel zuur reageert. Eén van de weinige vloeistoffen waarmee goud kan reageren, is koningswater. Dit is een mengsel van geconcentreerd zoutzuur en geconcentreerd salpeterzuur in de volumeverhouding 3,0 : 1,0. De molariteit van geconcentreerd zoutzuur is 12 mol L^{-1} en de molariteit van geconcentreerd salpeterzuur is 15 mol L^{-1} .

Koningswater heeft een heel lage pH.

- 1 Bereken de pH van koningswater. Geef je antwoord in het juiste aantal significante cijfers. Ga ervan uit dat beide zuren volledig zijn geïoniseerd. 3

Als goud met koningswater reageert, wordt het goud voornamelijk omgezet tot ionen AuCl_4^- . Tevens ontstaat stikstofdioxide. Dit is een redoxreactie.

- 2 Geef van deze redoxreactie de vergelijkingen van beide halfreacties en de totale reactievergelijking. 3

Wanneer je alleen rekening houdt met de V^0 waarden van deze halfreacties, die in Binas of ScienceData zijn vermeld, zou je kunnen concluderen dat deze redoxreactie niet kan optreden.

- 3 Geef een mogelijke verklaring waarom deze redoxreactie toch optreedt. 1

Behalve ionen AuCl_4^- bestaan er ook ionen AuCl_2^- . AuCl_2^- ionen zijn echter instabiel; bij kamertemperatuur worden zij omgezet tot vast goud en AuCl_4^- . Dit is een evenwichtsreactie. De onvolledige reactievergelijking voor deze omzetting is:



In deze vergelijking ontbreken uitsluitend de coëfficiënten.

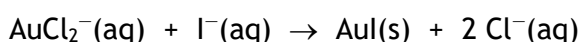
- 4 Neem bovenstaande onvolledige vergelijking over en maak hem kloppend. 3

Om de evenwichtsconstante van evenwicht I te bepalen, wordt een mengsel waarin evenwicht I zich heeft ingesteld, onderzocht. In dit evenwichtsmengsel bevinden zich geen andere negatieve ionen dan AuCl_4^- , AuCl_2^- en Cl^- . Als positieve ionen bevinden zich uitsluitend H_3O^+ ionen in het mengsel.

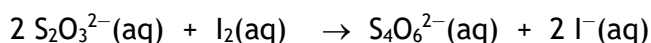
Eerst wordt het evenwichtsmengsel gefiltreerd. Daarna wordt de $[\text{AuCl}_4^-]$ in het filtraat bepaald. Hierbij wordt eerst aan een monster van 10,00 mL uit het filtraat een overmaat van een kaliumjodide-oplossing toegevoegd, waarbij de volgende reacties optreden:



en



Het gevormde jood wordt daarna getitreerd met een oplossing van natriumthiosulfaat, waarbij de volgende reactie optreedt:



Voor deze titratie was 5,34 mL van een 0,0100 M natriumthiosulfaatoplossing nodig.

Aangenomen mag worden dat door het filtreren, het toevoegen van de kaliumjodide-oplossing en het titreren geen verschuiving van de ligging van evenwicht I plaatsvindt.

- 5 Bereken de $[\text{AuCl}_4^{-}]$ in mol L^{-1} in het onderzochte evenwichtsmengsel. 3

Wanneer de $[\text{AuCl}_4^{-}]$ bekend is, moeten nog meer bepalingen worden gedaan om de evenwichtsconstante te kunnen berekenen.

De $[\text{AuCl}_2^{-}]$ in het evenwichtsmengsel is te berekenen door het mengsel dat is ontstaan na afloop van de titratie te filtreren en de massa van het residu te bepalen. Hiermee, en met het aantal mmol AuCl_4^{-} in het monster van 10,00 mL, kun je namelijk berekenen hoeveel mmol AuCl_2^{-} in het monster van 10,00 mL aanwezig was.

- 6 Leg uit hoe je uit het aantal mmol AuI in het residu en het aantal mmol AuCl_4^{-} in het monster van 10,00 mL, het aantal mmol AuCl_2^{-} in het monster van 10,00 mL kunt berekenen. 2

Door de pH van het evenwichtsmengsel te bepalen, is de $[\text{Cl}^{-}]$ in het evenwichtsmengsel uit te rekenen. Er bestaat namelijk een verband tussen de $[\text{H}_3\text{O}^{+}]$, de $[\text{AuCl}_4^{-}]$, de $[\text{AuCl}_2^{-}]$ en de $[\text{Cl}^{-}]$.

- 7 Leg uit welk verband er bestaat tussen de $[\text{H}_3\text{O}^{+}]$, de $[\text{AuCl}_4^{-}]$, de $[\text{AuCl}_2^{-}]$ en de $[\text{Cl}^{-}]$ in het evenwichtsmengsel. 2

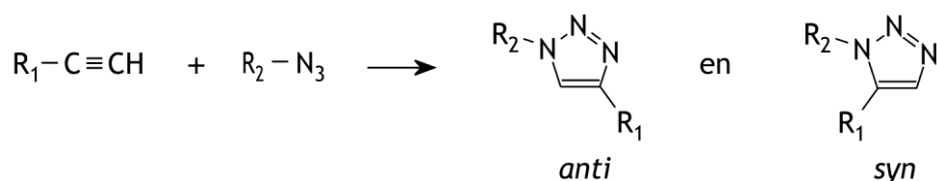
- 8 Moet ook nog de concentratie van Au in het evenwichtsmengsel worden bepaald om de evenwichtsconstante van evenwicht I te kunnen berekenen? Geef een verklaring voor je antwoord. 2

Opgave 3 Klikchemie

(18 punten)

De Nobelprijs voor de scheikunde werd in 2022 gewonnen door Carolyn Bertozzi, Barry Sharpless en Morten Meldal voor het bedenken en ontwikkelen van het concept klikchemie. Bij klikchemie neemt men twee moleculen die als het ware aan elkaar worden ‘geklikt’ net zoals legosteentjes.

Een voorbeeld van een klikreactie is die tussen een alkyne ($R_1 - C \equiv CH$) en een organisch azide ($R_2 - N_3$), onder vorming van een zogenoemd triazool. Wanneer men geen specifieke katalysator gebruikt, ontstaat een mengsel van twee verbindingen: het zogenoemde *anti*-product en het zogenoemde *syn*-product:

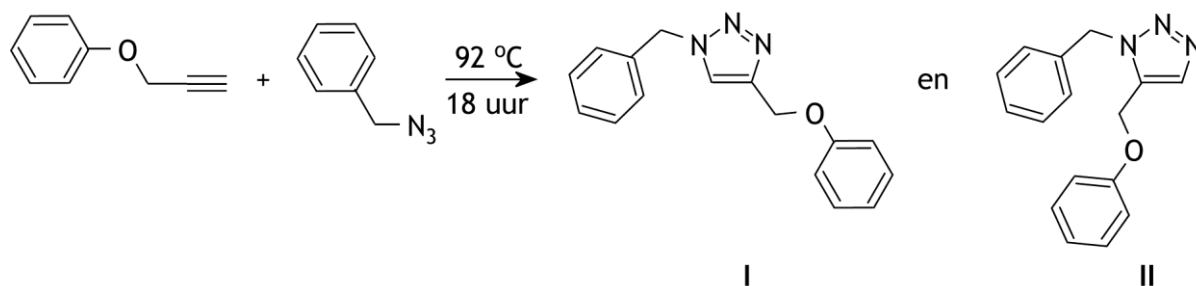


In veel gevallen worden gelijke hoeveelheden van het *anti*-product en het *syn*-product gevormd.

- 9 Is het *anti*-product een stereo-isomeer van het *syn*-product? Geef een verklaring voor je antwoord.

2

Wanneer R_1 en/of R_2 grote groepen zijn (en geen katalysator wordt gebruikt), blijkt er een voorkeur te zijn voor de vorming van het *anti*-product. Dit komt doordat de grote groepen elkaar in de weg zitten (sterische hindering). Een voorbeeld van zo'n reactie waarbij het *anti*-product en het *syn*-product niet in gelijke hoeveelheden worden gevormd, is de onderstaande omzetting:



Hierin worden het *anti*-product (I) en het *syn*-product (II) in de molverhouding 1,6 : 1,0 gevormd.

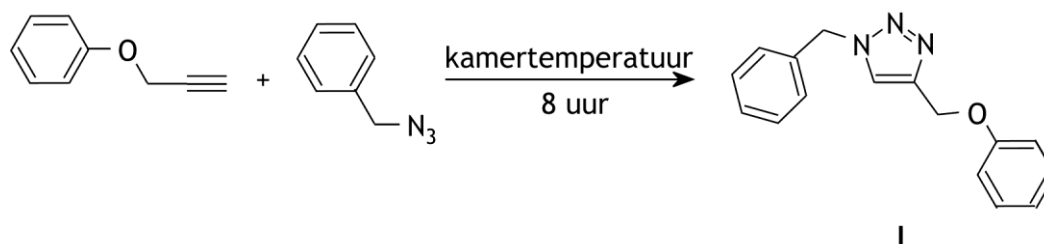
In een experiment waarin men 10 g van het alkyne met de juiste hoeveelheid azide liet reageren, ontstond 11 g van het *anti*-product (I).

- 10 Bereken hoeveel procent in totaal van het alkyne is omgezet tot de producten I en II.

5

Het werk waarvoor de Nobelprijs werd uitgereikt, betrof onder andere het onderzoek aan katalysatoren waarbij specifiek het *anti*- of *syn*-product wordt verkregen. Zo ontdekten zij dat bij gebruik van een koper(I)katalysator uitsluitend het *anti*-product wordt gevormd en bij gebruik van een rutheniumkatalysator uitsluitend het *syn*-product.

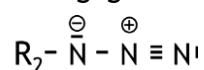
Hieronder is de vorming van verbinding I met gebruik van een koper(I)katalysator weergegeven.



Wanneer men alleen het *anti*-product I wil verkrijgen, voldoet de reactie met gebruik van de koper(I)katalysator beter aan de uitgangspunten van de Groene Chemie dan de reactie zonder katalysator.

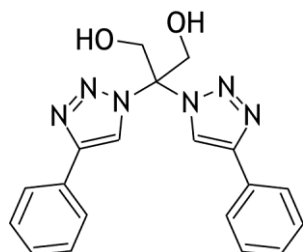
- 11 Geef voor de uitgangspunten 2 en 6 (zie Binas-tabel 97F of ScienceData tabel 38.6) aan waarom de reactie met de koper(I)katalysator ‘groener’ is dan de reactie zonder katalysator. Maak gebruik van in deze opgave verstrekte gegevens. 2

Voor een molecuul $R_2 - N_3$ zijn voor de azidegroep twee mesomere grensstructuren te tekenen die aan de octetregel voldoen. Hieronder is één van die grensstructuren weergegeven.



- 12 Teken de andere mesomere grensstructuur van het $R_2 - N_3$ molecuul. Geef hierin ook eventuele formele ladingen aan. 2
- 13 Geef een mogelijk reactiemechanisme voor de vorming van het *anti*-product uit $R_1 - C \equiv CH$ en $R_2 - N_3$. 4
- Ga uit van de hierboven weergegeven grensstructuur van het azide.
 - Geef met kromme pijlen (\curvearrowright) aan hoe elektronenparen verschuiven bij het vormen en verbreken van bindingen.
 - Geef in het product alle niet-bindende elektronenparen weer.

De klikreactie is gebruikt om tal van stoffen te maken. Hieronder is een product van een reactie gegeven dat gebruikt werd als onderdeel van een studie naar de medicinale werking van dit soort stoffen. Om deze stof te bereiden, zijn twee stoffen gebruikt: een alkyne en een stof met azidegroepen in de moleculen. Bij deze reactie is een katalysator gebruikt.



- 14 Geef de structuurformules van de twee stoffen die gebruikt zijn om de stof met bovenstaande structuurformule te synthetiseren. Noteer de azidegroep als N_3 . Geef ook aan of een koper(I)katalysator of een rutheniumkatalysator is gebruikt tijdens de reactie. 3

44^e Nationale Scheikundeolympiade 2023 voorronde 1
Antwoordblad meerkeuzevragen

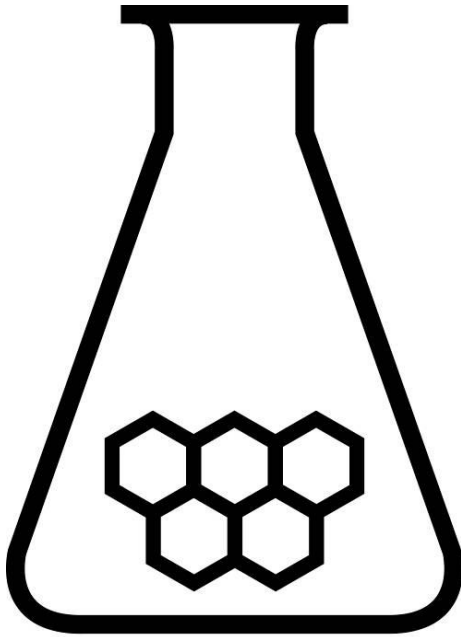
naam:

nr.	keuze letter	(score)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
Totaal		

NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2023

OPGAVEN VOORRONDE 2

af te nemen in de periode van
20 maart tot en met 24 maart 2023



SCHEIKUNDE OLYMPIADE



Universiteit Leiden

- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 8 onderwerpen en 3 opgaven met in totaal 17 open vragen alsmede een antwoordblad voor de meerkeuzevragen.
- Gebruik voor de beantwoording van de meerkeuzevragen het antwoordblad.
- Gebruik voor de beantwoording van elke opgave met open vragen een apart antwoordvel, voorzien van naam.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 94 punten.
- De voorronde duurt maximaal 3 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e druk of ScienceData 1^e druk.
- Bij elke vraag is het aantal punten vermeld dat een juist antwoord op die vraag oplevert.
- Tenzij anders is vermeld, is er sprake van standaardomstandigheden: $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$.

Opgave 1 Meerkeuzevragen

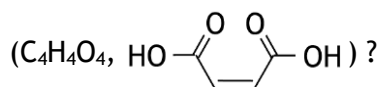
(totaal 40 punten)

Schrijf bij elke vraag je antwoord (letter) op het antwoordblad. Dit antwoordblad vind je aan het eind van dit opgavenboekje.

Normering: 2 punten per juist antwoord.

Koolstofchemie

1 Hoeveel σ -bindingen en hoeveel π -bindingen heeft een molecuul maleïnezuur

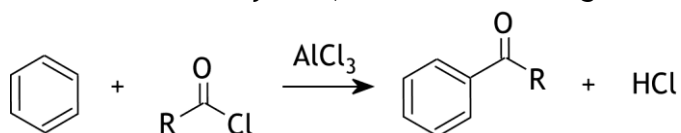


	aantal σ -bindingen	aantal π -bindingen
A	4	6
B	6	3
C	6	6
D	7	3
E	8	3
F	8	6
G	9	3
H	9	6
I	11	3
J	11	6

2

Wanneer men een acylchloride, $R-\overset{O}{\parallel}Cl$, laat reageren met benzeen,

met $AlCl_3$ als katalysator, dan treedt de volgende reactie op:

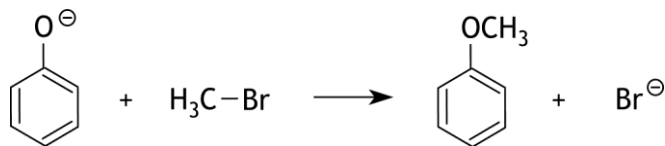


Wat voor soort reactie is dit?

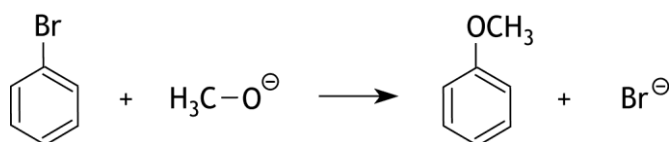
- A additie
- B condensatie
- C eliminatie
- D substitutie

- 3 Iemand wil anisol (methoxybenzeen) maken. Hij heeft daarvoor de volgende twee methodes bedacht:

Methode I: een reactie van fenol (hydroxybenzeen) met broommethaan in basisch milieu. Nadat de base een H^+ van een fenolmolecuul heeft gebonden, moet de volgende reactie optreden:



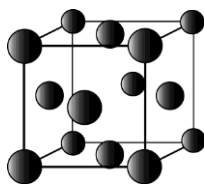
Methode II: een reactie van broombenzeen met methanol onder invloed van een zeer sterke base. Nadat de base een H^+ van een methanolmolecuul heeft gebonden, moet de volgende reactie optreden:



Welke methode(s) is(zijn) geschikt?

- A geen van beide
 - B alleen methode I
 - C alleen methode II
 - D allebei
- Structuren en formules**
- 4 Wat is de formele lading van het zwavelatoom in de lewisstructuur van SO_2 waarin alle atomen voldoen aan de oktetregel?
- A 4-
 - B 2-
 - C 1-
 - D 1+
 - E 2+
 - F 4+

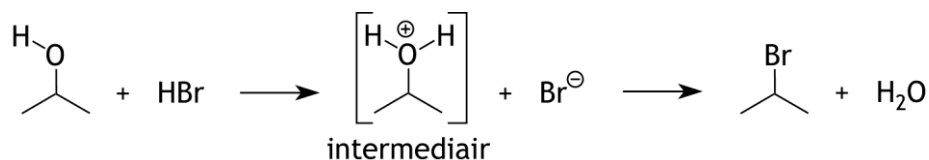
- 5 De eenheidscel van het metaal goud is een vlakgecentreerde kubus, FCC, zie onderstaande figuur.



De dichtheid van goud is $19,3 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$.

Hoe groot is de kleinste afstand tussen de kernen van twee goudatomen?

- A $1,44 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
 B $2,88 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
 C $4,08 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
 D $5,77 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
- 6 Bij de reactie tussen propaan-2-ol en waterstofbromide wordt 2-broompropaan gevormd. Eerst wordt een alcoholmolecuul geprotoneerd, waarbij een intermediair ontstaat:



Wat is de hybridisatie van het O atoom in een molecuul propaan-2-ol en in het intermediair?

in een molecuul propaan-2-ol

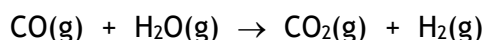
in het intermediair

- | | | |
|---|--------|--------|
| A | sp | sp |
| B | sp | sp^2 |
| C | sp | sp^3 |
| D | sp^2 | sp |
| E | sp^2 | sp^2 |
| F | sp^2 | sp^3 |
| G | sp^3 | sp |
| H | sp^3 | sp^2 |
| I | sp^3 | sp^3 |
- 7 Welke set kwantumgetallen kan overeenkomen met één van de valentie-elektronen in een O atoom in de grondtoestand?

	n	l	m_l	m_s
A	1	0	0	$+\frac{1}{2}$
B	1	1	0	$-\frac{1}{2}$
C	2	0	-1	$+\frac{1}{2}$
D	2	1	-1	$-\frac{1}{2}$
E	3	0	0	$+\frac{1}{2}$
F	3	1	0	$-\frac{1}{2}$

Thermochemie

- 8 In de water-gas-shift-reactie reageert koolstofmono-oxide met waterdamp, waarbij koolstofdioxide en waterstof worden gevormd:



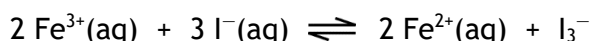
Bij deze reactie is de entropieverandering $\Delta S^0 = -42 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Ga er bij deze vraag vanuit dat ΔH en ΔS onafhankelijk zijn van de temperatuur en dat de reactie onder standaarddruk optreedt.

Er worden twee uitspraken gedaan:

- I Deze reactie is een exotherme reactie.
II Deze reactie vindt spontaan plaats bij temperaturen boven 1200 K.

Welke van bovenstaande uitspraken is/zijn waar?

- A geen van beide
B alleen I
C alleen II
D allebei
- 9 Wanneer aan een oplossing van ijzer(III)chloride een oplossing van kaliumjodide wordt toegevoegd, stelt zich het volgende evenwicht in:



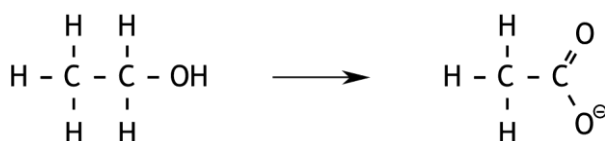
Voor de verandering in de Gibbs energie geldt: $\Delta G^0 = -nF\Delta E^0$.

Wat is de waarde van de evenwichtsconstante bij 298 K en $p = p_0$?

- A $1,7 \cdot 10^{-8}$
B $1,3 \cdot 10^{-4}$
C $7,8 \cdot 10^3$
D $6,0 \cdot 10^7$

Redox en elektrochemie

- 10 Gegeven is het redoxkoppel ethanol/ethanoaat:



Hoeveel elektronen (e^{-}) komen voor in de vergelijking van de halfreactie van dit redoxkoppel en aan welke kant van de pijl staan ze?

- A $2 e^{-}$ links van de pijl
B $2 e^{-}$ rechts van de pijl
C $4 e^{-}$ links van de pijl
D $4 e^{-}$ rechts van de pijl
E $6 e^{-}$ links van de pijl
F $6 e^{-}$ rechts van de pijl

- 11 Een oplossing die evenveel mol NiCl_2 als CuBr_2 bevat, wordt geëlektrolyseerd. Hierbij wordt het voltage van de stroombron die gebruikt wordt voor de elektrolyse langzaam opgevoerd.

Welke producten worden als eerste gevormd?

aan de negatieve elektrode		aan de positieve elektrode	
A	$\text{Br}_2(\text{aq})$		$\text{Cu}(\text{s})$
B	$\text{Br}_2(\text{aq})$		$\text{Ni}(\text{s})$
C	$\text{Cl}_2(\text{aq})$		$\text{Cu}(\text{s})$
D	$\text{Cl}_2(\text{aq})$		$\text{Ni}(\text{s})$
E	$\text{Cu}(\text{s})$		$\text{Br}_2(\text{aq})$
F	$\text{Cu}(\text{s})$		$\text{Cl}_2(\text{aq})$
G	$\text{Ni}(\text{s})$		$\text{Br}_2(\text{aq})$
H	$\text{Ni}(\text{s})$		$\text{Cl}_2(\text{aq})$

pH / zuur-base

- 12 Moleculen van aminozuren bevatten standaard een aminogroep en een carbonzuurgroep. De aminogroep kan als base optreden en de carbonzuurgroep als zuur. Voor glycine geldt dat de $\text{p}K_{\text{b}}$ van de aminogroep gelijk is aan 4,22 en de $\text{p}K_{\text{z}}$ van de carbonzuurgroep gelijk is aan 2,35.

In welke vorm komt glycine hoofdzakelijk voor in een oplossing waarvan de pH op 4,60 is gebracht met zoutzuur?

- A $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COO}^-$
B $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
C $^+\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-$
D $^+\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
- 13 Aan 1,50 L van een oplossing met 0,100 mol melkzuur (2-hydroxypropaanzuur, $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$) en 0,120 mol natriumlactaat (lactaat is het zuurrest-ion van melkzuur) wordt 0,020 mol NaOH toegevoegd.

Wat wordt de pH?

- A 3,61
B 3,77
C 3,93
D 4,10
E 4,27

Rekenen

- 14 Er wordt 600 mg ijzer(III)oxide afgewogen. Men laat dit reageren met waterstofgas. Hierbij ontstaan waterdamp en een vaste stof die uitsluitend uit ijzerionen en oxide-ionen bestaat. Op een bepaald moment is 22,6 mg waterdamp ontstaan.

Wat is de molverhouding tussen Fe en O in de overgebleven vaste stof?

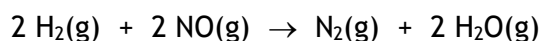
	Fe	:	O
A	1	:	1
B	3	:	4
C	4	:	5
D	5	:	6
E	6	:	7
F	7	:	8

- 15 Welk gas heeft een dichtheid van $2,16 \text{ g dm}^{-3}$ bij $200 \text{ }^\circ\text{C}$ en $3,00 \text{ atm}$?

- A argon
- B krypton
- C neon
- D stikstof
- E waterstof
- F zuurstof

Reactiesnelheid en evenwicht

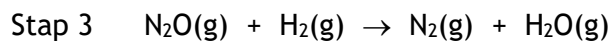
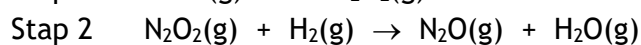
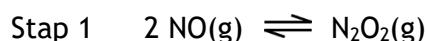
- 16 Voor de reactie



geldt de reactiesnelheidsvergelijking

$$s = k[\text{H}_2][\text{NO}]^2$$

Het volgende mechanisme wordt voorgesteld:



Welke bewering(en) over deze reactiesnelheidsvergelijking en het voorgestelde mechanisme kan(kunnen) juist zijn?

Bewering I Het mechanisme is in overeenstemming met de reactiesnelheidsvergelijking als stap 1 de snelheidsbepalende stap is.

Bewering II Het mechanisme is in overeenstemming met de reactiesnelheidsvergelijking als stap 2 de snelheidsbepalende stap is.

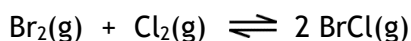
- A geen van beide
- B alleen bewering I
- C alleen bewering II
- D allebei

- 17 Bij 50 mL van een 0,010 M BaCl₂ oplossing wordt langzaam een 0,015 M ZnF₂ oplossing toegevoegd. Na het toevoegen van 50 mL van deze oplossing ontstaat voor het eerst een neerslag van BaF₂.

Wat is het oplosbaarheidsproduct van BaF₂ volgens deze gegevens?

- A $2,8 \cdot 10^{-7}$
- B $1,1 \cdot 10^{-6}$
- C $9,0 \cdot 10^{-6}$
- D $3,8 \cdot 10^{-5}$
- E $7,5 \cdot 10^{-5}$
- F $1,5 \cdot 10^{-4}$

- 18 Men verhit een mengsel van 1,00 mol broom en 1,00 mol chloor tot 190 °C. Het volgende evenwicht stelt zich in:



De evenwichtsconstante K_c voor dit evenwicht bij 190 °C is 6,80.

Wat is het massapercentage BrCl in het evenwichtsmengsel bij 190 °C?

- A 28,3%
- B 32,4%
- C 36,1%
- D 56,6%
- E 64,8%
- F 72,3%
- G 77,2%

Analyse

- 19 Een leerling krijgt de opdracht om te onderzoeken of een witte vaste stof bariumcarbonaat, zinkcarbonaat of calciumhydroxide is.

De leerling stelt de volgende twee werkplannen voor:

Werkplan 1: Voeg aan een deel van de witte vaste stof een overmaat zoutzuur toe.

Werkplan 2: Voeg aan een deel van de witte vaste stof een overmaat zwavelzuuroplossing toe.

Met welk werkplan of welke werkplannen krijgt de leerling zichtbare waarnemingen waarmee kan worden vastgesteld welke stof de witte vaste stof is?

- A met geen van beide werkplannen
- B alleen met werkplan 1
- C alleen met werkplan 2
- D zowel met werkplan 1 als met werkplan 2

- 20 Een leerling bepaalt de concentratie van een gekleurde zoutoplossing door de extinctie te meten bij de golflengte waarbij de extinctie het grootst is (λ_{\max}) en de concentratie te berekenen met de wet van Lambert-Beer.
- Bij welke onderstaande handeling(en) vindt zij een hogere concentratie dan de werkelijke concentratie?
- I Ze spoelt de cuvet schoon met water en vult deze daarna met de zoutoplossing.
 - II Ze stelt de spectrofotometer in bij een hogere golflengte dan (λ_{\max}).
- A bij geen van beide
 - B alleen bij I
 - C alleen bij II
 - D bij beide

Open opgaven

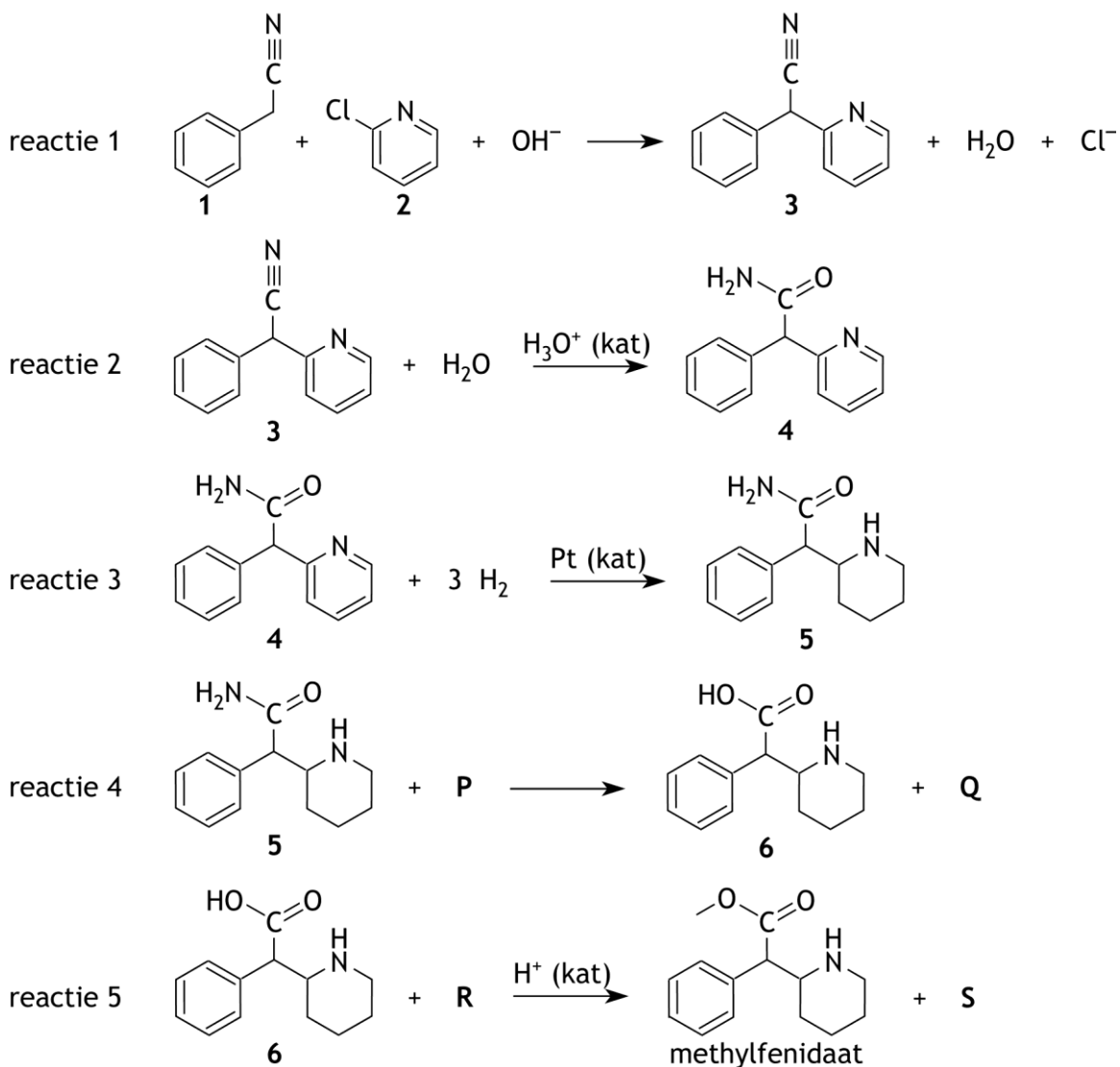
(totaal 54 punten)

■ Opgave 2 Methyfenidaat

25 punten

Methyfenidaat is het werkzame bestanddeel van het medicijn Ritalin®.

In 1944 werd methyfenidaat voor het eerst gesynthetiseerd door Panizzon. Hieronder is de syntheseroute weergegeven.

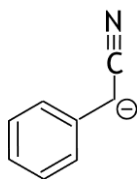


In deze syntheseroute treden reacties op waarbij stereo-isomeren worden gevormd. Mengsels van stereo-isomeren die tijdens de syntheseroute ontstaan, worden niet gescheiden.

□1 In welke reactie(s) neemt het aantal stereo-isomeren toe?

2

In reactie 1 reageert eerst een hydroxide-ion met een molecuul 1 onder vorming van het onderstaande negatieve ion.



In dit ion is de minlading niet gelokaliseerd op één atoom, maar verdeeld over meerdere atomen. Dit is te verklaren met behulp van mesomerie.

- 2 Neem de structuurformule van het negatieve ion over en geef daarin met sterretjes aan welke atomen, behalve het C atoom in bovenstaande formule, negatief geladen zijn. 2

Het ontstane negatieve ion reageert met een molecuul 2.

- 3 Neem de volgende zin over en maak daarbij de juiste keuzes tussen de cursief getypte alternatieven:

De reactie van het negatieve ion van 1 met een molecuul 2 onder vorming van een molecuul 3 is een *additiereactie/eliminatiereactie/substitutiereactie* waarbij het negatieve ion van 1 fungeert als *elektrofiel/nucleofiel* deeltje. 2

In reactie 2 reageert het gevormde molecuul 3 met water, waarbij zwavelzuur als katalysator optreedt. Het mechanisme van deze reactie is hieronder stap voor stap beschreven.




Stap 1: het vrije elektronenpaar op het N atoom van de CN groep in 3 bindt een H⁺ van een H₃O⁺ ion.

Stap 2: een watermolecuul wordt gebonden aan het C atoom van de CN groep, waarbij ook een neutrale NH groep ontstaat.

Stap 3: er vindt uitwisseling van een proton plaats tussen de gevormde OH₂⁺ groep en het N atoom.

Stap 4: er vindt overdracht plaats van een proton van de OH groep naar een watermolecuul, tevens verschuiven bindingen zodat 4 ontstaat.

- 4 Geef de stappen 1 tot en met 4 van het mechanisme weer met structuurformules.

- Gebruik de volgende notaties voor de zijgroepen:  = R₁ en  = R₂.
- Teken alle bindende en niet-bindende elektronenparen.
- Geef met kromme pijlen () aan hoe elektronenparen verschuiven bij het vormen en verbreken van bindingen.
- Zet alle formele ladingen op de juiste plaats

8

In reactie 3 reageert de pyridine-ring (R_2 bij vraag 4) met waterstof. Bij deze reactie reageert de benzeenring (R_1 bij vraag 4) niet met waterstof.

Dit ligt aan het verschil tussen de zogenoemde resonantie-energie (= mesomerie-energie) van beide groepen.

De resonantie-energie van de benzeenring ($1,50 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$) is het verschil van de energie die vrijkomt bij de volledige hydrogenering van drie mol $C = C$ bindingen en de energie die vrijkomt bij de volledige hydrogenering van een mol benzeenringen.

De resonantie-energie van de pyridine-ring ($1,07 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$) is het verschil van de energie die vrijkomt bij de volledige hydrogenering van twee mol $C = C$ bindingen plus één mol $C = N$ bindingen en de energie die vrijkomt bij de volledige hydrogenering van een mol pyridine-ringen.

Als verklaring voor het feit dat in reactie 3 de pyridine-ring met waterstof reageert en de benzeenring niet, veronderstelt Gerrit dat bij de reactie van de pyridine-ring met waterstof meer energie vrijkomt dan bij de reactie van de benzeenring met waterstof.

- 5 Ga door middel van een berekening na of bij de hydrogenering van een mol pyridine-ringen meer energie vrijkomt dan bij de hydrogenering van een mol benzeenringen.
- Maak gebruik van gegevens uit Binas tabel 58 of ScienceData tabel 9.3.
 - De resonantie-energie van de pyridine-ring is $1,07 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.
 - Bij de volledige hydrogenering van de benzeenring komt $2,1 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ vrij.
- 6 Geef een andere mogelijke verklaring voor het feit dat in reactie 3 de benzeenring niet wordt gehydrogeneerd.

6

1

In reactie 4 laat men stof 5 reageren met zoutzuur.

- 7 Geef de formules van **P** en **Q**. Noteer je antwoord als volgt:

P is

Q is ... 2

- 8 Geef de formules van **R** en **S**. Noteer je antwoord als volgt:

R is

S is ... 2

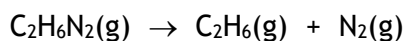
■ Opgave 3 De ontleding van azomethaan

(14 punten)

Azomethaan heeft de molecuulformule $C_2H_6N_2$. In een molecuul azomethaan zijn de twee stikstofatomen aan elkaar gebonden en is aan elk stikstofatoom een methylgroep gebonden.

- 9 Geef de lewisstructuur van een molecuul azomethaan. Noteer de methylgroepen als CH_3 . 2
- 10 Leg uit of er stereo-isomeren van azomethaan mogelijk zijn. 3

Azomethaan ontleedt gemakkelijk onder vorming van ethaan en stikstof:



Bij een onderzoek naar de kinetiek van deze reactie heeft men in een reactievat met een vast volume een bepaalde hoeveelheid azomethaan gebracht en de druk in het vat op een aantal tijdstippen gemeten. De temperatuur was tijdens het experiment constant. De volgende gegevens zijn verkregen:

t	10,0 min	21,0 min	35,0 min	∞
p_{totaal}	$0,656 \cdot 10^5$ Pa	$0,732 \cdot 10^5$ Pa	$0,813 \cdot 10^5$ Pa	$1,144 \cdot 10^5$ Pa

Op $t = \infty$ is alle azomethaan omgezet.

- 11 Laat zien dat de ontleding van azomethaan een eerste orde reactie is en bereken de reactiesnelheidsconstante k voor deze reactie bij deze temperatuur. 7
- 12 Geef aan wat je moet doen als je de activeringsenergie van deze reactie wilt bepalen. 2

■ Opgave 4 Superfosfaat

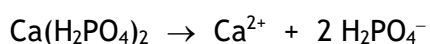
(15 punten)

De kunstmeststof superfosfaat is een mengsel van hoofdzakelijk calciumdiwaterstoffosfaat ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) en calciumsulfaat (CaSO_4). Superfosfaat wordt bereid door een erts dat hoofdzakelijk bestaat uit fluorapatiet ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$) bij normale temperatuur en druk te laten reageren met zuiver zwavelzuur. Bij deze reactie ontstaan uitsluitend gasvormig waterstoffluoride (HF), vast calciumdiwaterstoffosfaat en vast calciumsulfaat.

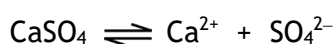
- 13 Geef de vergelijking van deze reactie tussen fluorapatiet en zwavelzuur. Noteer in deze vergelijking ook alle toestandsaanduidingen. 3
- 14 Bereken het massapercentage calciumdiwaterstoffosfaat, afgerond op een geheel getal, in superfosfaat als dit bereid zou worden uit zuiver fluorapatiet en zuiver zwavelzuur. 3

Van de bestanddelen van superfosfaat is alleen calciumdiwaterstoffosfaat werkzaam als meststof. Calciumdiwaterstoffosfaat is bij kamertemperatuur goed oplosbaar in water. Men kan de andere bestanddelen uit superfosfaat verwijderen door aan het superfosfaat water toe te voegen en vervolgens de verkregen troebele vloeistof bij kamertemperatuur te filtreren.

Bij toevoeging van water aan superfosfaat vindt het volgende plaats:



en



Bij kamertemperatuur is calciumsulfaat matig oplosbaar in water. Wanneer echter water aan superfosfaat wordt toegevoegd, lost calciumsulfaat veel minder goed op, dan wanneer water aan zuiver calciumsulfaat wordt toegevoegd.

- 15 Leg uit hoe het komt dat bij toevoeging van water aan superfosfaat het calciumsulfaat veel minder goed oplost, dan wanneer water aan zuiver calciumsulfaat wordt toegevoegd. 2

Emmy wil van een kleine hoeveelheid superfosfaat bepalen hoeveel mmol calciumdiwaterstoffosfaat er in zit. Zij gaat daarbij als volgt te werk.

Aan de te onderzoeken hoeveelheid superfosfaat wordt water toegevoegd totdat het volume van de vloeistof 100,0 mL is. Al het calciumdiwaterstoffosfaat lost daarbij op. Nadat de niet opgeloste bestanddelen van het superfosfaat zijn bezonken, worden aan 10,00 mL van de ontstane heldere vloeistof twee oplossingen in overmaat toegevoegd: een oplossing van ammoniak en een oplossing van een bepaalde verbinding van molybdeen (Mo). Hierdoor reageren alle H_2PO_4^- ionen in de oplossing tot vast $(\text{NH}_4)_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$. Deze vaste stof wordt vervolgens afgefiltreerd. De vaste stof wordt daarna toegevoegd aan een oplossing die 10,00 mmol opgelost NaOH bevat. De hoeveelheid opgelost NaOH is een kleine overmaat.

Bij de toevoeging van de vaste stof aan de NaOH oplossing reageert alle $(\text{NH}_4)_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$ met OH^- ; daarbij worden uitsluitend MoO_4^{2-} , HPO_4^{2-} , H_2O en NH_3 gevormd.

Tenslotte wordt na toevoegen van een geschikte indicator de hoeveelheid niet gereageerd OH^- bepaald door titratie met zoutzuur.

Toen Emmy de bepaling op de hierboven beschreven manier uitvoerde, had ze voor de titratie 0,380 mmol H_3O^+ nodig. Aangenomen mag worden dat deze H_3O^+ alleen met OH^- reageert.

Om het aantal mmol calciumdiwaterstoffosfaat in de onderzochte hoeveelheid superfosfaat te kunnen berekenen, moet bekend zijn in welke molverhouding $(\text{NH}_4)_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$ en OH^- met elkaar reageren.

Die (vrij extreme) verhouding kan gevonden worden door een deel van de reactievergelijking op te stellen en vervolgens te letten op de ladingen links en rechts van de pijl.

- 16 Stel een deel van de reactievergelijking op en leg uit, aan de hand van de ladingen links en rechts van de pijl, hoeveel mol OH^- reageert met 1 mol $(\text{NH}_4)_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$. 3
- 17 Bereken het aantal mmol calciumdiwaterstoffosfaat in de onderzochte hoeveelheid superfosfaat. 4

Deze toets is tot stand gekomen dankzij de medewerking van de volgende personen:

Olav Altenburg
Alex Blokhuis
Johan Broens
Martin Groeneveld
Mees Hendriks
Jacob van Hengst
Emiel de Kleijn
Jasper Landman
Bob Lefeber
Marte van der Linden
Han Mertens
Geert Schulpen
Niels Vreeswijk
Eveline Wijbenga
Amin Zadeh
Emmy Zeetsen

De eindredactie was in handen van:

Kees Beers, Dick Hennink, Marijn Jonker en Piet Mellema

44^e Nationale Scheikundeolympiade 2023 voorronde 2

Antwoordblad meerkeuzevragen

naam:

nr.	keuze letter	(score)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
totaal		

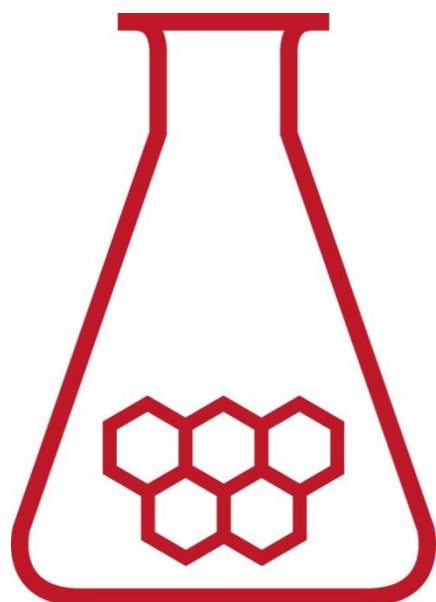
44^e Nationale Scheikundeolympiade

Universiteit Leiden

THEORIETOETS

opgavenboekje

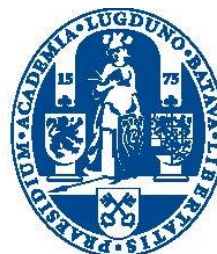
maandag 12 juni 2023



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023



Universiteit Leiden

- Deze toets bestaat uit 7 opgaven met 39 open vragen en een uitwerkbijlage.
- Gebruik voor elke opgave een apart antwoordblad, voorzien van je naam. Houd aan alle zijden 2 cm als marge aan.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 120 punten.
- De toets duurt maximaal 4 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en Binas 6^e druk of ScienceData 1^e druk.
- Bij elke vraag is het aantal punten vermeld dat een juist antwoord op die vraag oplevert.

Deze toets is tot stand gekomen dankzij de medewerking van de volgende personen:

Edgar Blokhuis

Lies Bouwman

Irene Groot

Ludo Juurlink

Marc Koper

Stefan van der Vorm

De eindredactie was in handen van:

Kees Beers, Dick Hennink, Marijn Jonker en Piet Mellema

Opgave 1 Lithium-ion batterij

(13 punten)

In 2019 kregen John B. Goodenough, M. Stanley Whittingham en A. Yoshino de Nobelprijs voor de scheikunde voor de ontwikkeling van de lithium-ion batterij.

Een lithium-ion batterij bestaat uit een koper elektrode, bedekt met een laagje grafiet waarin zich lithium bevindt, weergegeven met LiC_6 , en een aluminium elektrode, bedekt met een laagje LiCoO_2 .

De vergelijkingen van de halfreacties waar de werking van de cel op berust, met de bijbehorende standaard elektrodepotentialen onder standaardomstandigheden, kunnen als volgt worden weergegeven:



en

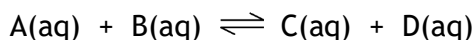


- 1 Geef de vergelijking van de totaalreactie die optreedt als een lithium-ion batterij stroom levert. 2
- 2 Bereken de bronspanning van een volledig opgeladen batterij onder standaardomstandigheden. 1
- 3 Geef de ladingen van de deeltjes in het CoO_2 en het LiCoO_2 . Noteer deze ladingen in de zinnen op de uitwerkbijlage. 3
- Een belangrijk kenmerk van een batterij is de capaciteit. Deze wordt uitgedrukt in mAh.
- 4 Bereken hoeveel g lithium minstens in een lithium-ion batterij moet zitten om gedurende 2 dagen een stroom van 200 mA te leveren. 3
- Je zou ook een batterij kunnen maken, gebaseerd op magnesium, die volgens hetzelfde principe werkt als de lithium-ion batterij.
- We vergelijken zo'n magnesium-ion batterij met een lithium-ion batterij. In volledig opgeladen toestand zit er in beide batterijen evenveel gram van het metaal. We laten beide batterijen dezelfde constante stroom leveren tot ze volledig ontladen zijn.
- 5 Leg uit welke batterij het langst stroom kan leveren en bereken hoeveel keer zolang deze batterij stroom levert als de andere (tot volledige ontlading). 4

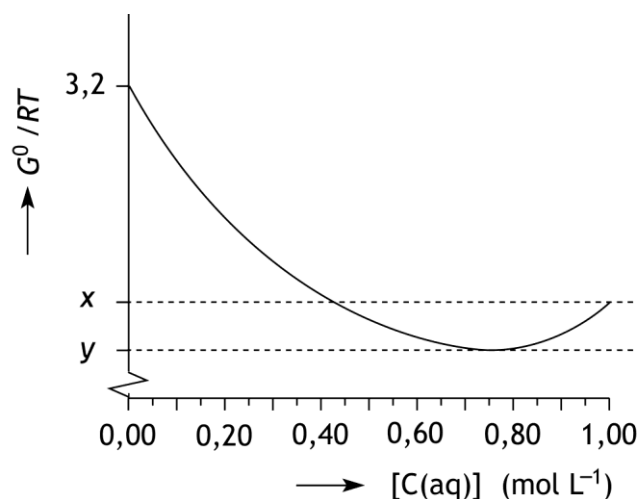
Opgave 2 G en K

(13 punten)

We beschouwen de volgende algemene chemische reactie in waterig milieu:



Men maakt 1,00 liter oplossing met 1,00 mol van de stoffen A en B en laat die met elkaar reageren. Het verloop van de Gibbs vrije energie, G^0 (in eenheden RT), van het systeem tegen de concentratie van C bij 298 K is als volgt:



Met behulp van dit diagram kan de evenwichtsconstante K , bij 298 K, voor dit evenwicht worden berekend.

- 6 Doe dat. 4
- 7 Bereken $\Delta_r G^0$ in $J mol^{-1}$. (Voor deze berekening heb je de uitkomst van vraag 6 nodig. Als je die niet hebt, neem dan $K = 12$ - dit is niet het goede antwoord op vraag 6.) 2
- 8 Leg uit welke getallen bij x en y langs de verticale as komen te staan. 4

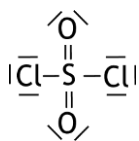
Men voegt nog 1,00 mol B toe aan de oplossing waarin zich het evenwicht heeft ingesteld. Dit heeft geen invloed op de temperatuur en het volume van de oplossing.

- 9 Wat kun je zeggen van $[A]$, $[B]$, $[C]$ en $[D]$ als het evenwicht zich weer heeft ingesteld, vergeleken met $[A]$, $[B]$, $[C]$ en $[D]$ in het oorspronkelijk evenwicht? Geef je antwoord op de uitwerkbijlage door je keuze uit 'groter dan', 'gelijk aan' en 'kleiner dan' te omcirkelen. 3

■ Opgave 3 Sulfurylchloride

(12 punten)

Sulfurylchloride is een verbinding van zwavel, chloor en zuurstof. De molecuulformule is SO_2Cl_2 . De lewisstructuur van sulfurylchloride is als volgt:

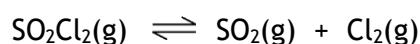


Bij de vorming van de bindingen in het molecuul moet worden uitgegaan van de volgende aangeslagen toestand van een zwavelatoom: $3s^1, 3p^3, 3d^2$.

- 10 Geef een beschrijving van een sulfurylchloridemolecuul. Besteed hierin aandacht aan:
- de ruimtelijke bouw van het molecuul;
 - de soort hybridisatie van het zwavelatoom en de zuurstofatomen;
 - de soort bindingen in het molecuul: π -bindingen, σ -bindingen; beschrijf ook hoe die bindingen tot stand komen.

6

Sulfurylchloride ontleedt bij hogere temperaturen gemakkelijk onder vorming van zwaveldioxide en chloor. Het volgende evenwicht stelt zich in:



Wanneer men 1,95 g sulfurylchloride verwarmt tot 157°C is het totale gasvolume bij evenwicht $1,00\text{ dm}^3$ en $p = p_0$.

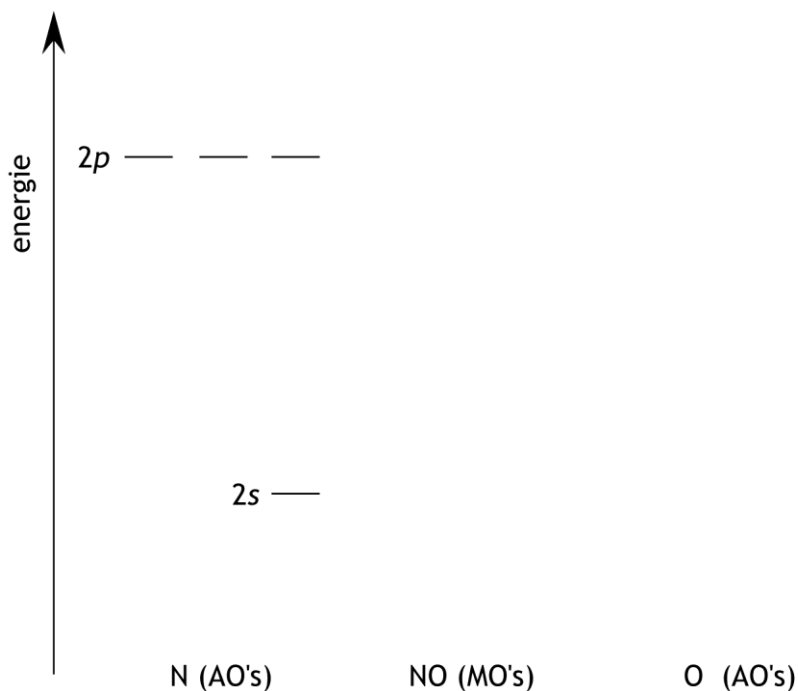
- 11 Bereken de waarde van K_p voor dit evenwicht bij 157°C .

6

Opgave 4 NO

(24 punten)

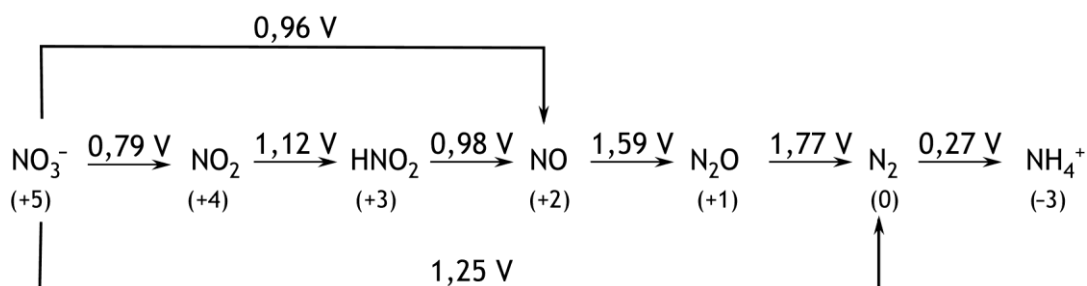
Hieronder staat een aanzet voor een MO schema van stikstofmono-oxide. De 2s en 2p niveaus van het stikstofatoom zijn hierin al ingetekend.



Dit schema staat ook op de uitwerkbijlage die bij deze toets hoort.

- 12 Teken in het schema op de uitwerkbijlage:
- de 2s en 2p niveaus van het zuurstofatoom
 - de moleculaire orbitalen van het stikstofmono-oxidemolecuul met de gebruikelijke aanduidingen voor 'bindend' en 'anti-bindend'
 - vul de atomaire en moleculaire orbitalen op met elektronen volgens het Aufbau-principe.
- 6
- 13 Bereken de bindingsorde van het NO molecuul. 2
- De sterkte van de binding tussen het N atoom en het O atoom in een stikstofmono-oxidemolecuul kan onder andere worden berekend uit de reactie-enthalpie van de reactie tussen NO(g) en H₂(g), waarbij N₂(g) en H₂O(g) worden gevormd.
- 14 Bereken de reactie-enthalpie van de reactie tussen NO(g) en H₂(g) onder vorming van N₂(g) en H₂O(g). 3
- 15 Bereken de bindingsenergie, in J mol⁻¹, van de binding tussen N en O in NO. 3

Thermodynamisch gezien is NO een instabiele verbinding bij 298 K. Dat is op te maken uit het latimerdiagram van stikstof, dat hieronder is weergegeven. De omstandigheden voor de omzettingen die hierin voorkomen zijn 298 K, $p = p_0$ en $\text{pH} = 0,00$ ($[\text{H}^+] = 1,0 \text{ M}$).



NO zou in een waterige oplossing bij $\text{pH} = 0,00$ in een zogenoemde autoredoxreactie kunnen worden omgezet tot HNO_2 en N_2O .

□16 Geef de vergelijking van deze reactie 3

□17 Bereken de evenwichtsconstante voor deze reactie. Maak hierbij onder andere gebruik van het feit dat de verandering in vrije energie van een redoxreactie gelijk is aan $\Delta G^0 = -nF\Delta V^0$. 4

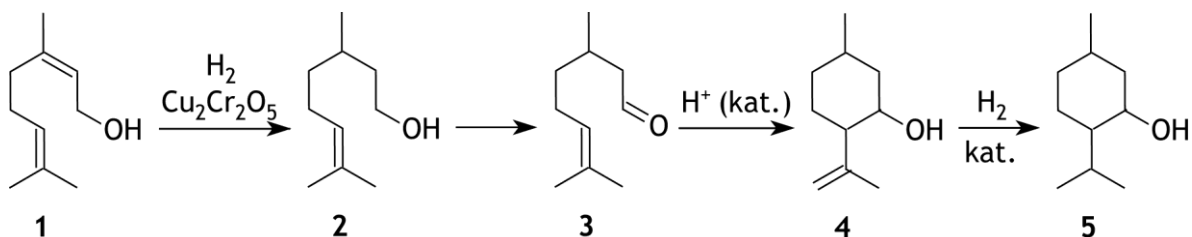
Voor elke omzetting in bovenstaand latimerdiagram geldt dat $\Delta G^0 = -nFV^0$. Met behulp van deze betrekking en gegevens uit bovenstaand latimerdiagram kan de V^0 voor de omzetting van NO tot NH_4^+ als volgt worden berekend: $\frac{1,59 + 1,77 + 3 \times 0,27}{5}$.

□18 Leid deze betrekking af. 3

Opgave 5 Geinige geurtjes

(27 punten)

In onderstaand schema zijn structuurformules weergegeven van geurstoffen die in planten voorkomen. Ze worden op grote schaal toegepast, onder andere in de parfumindustrie.

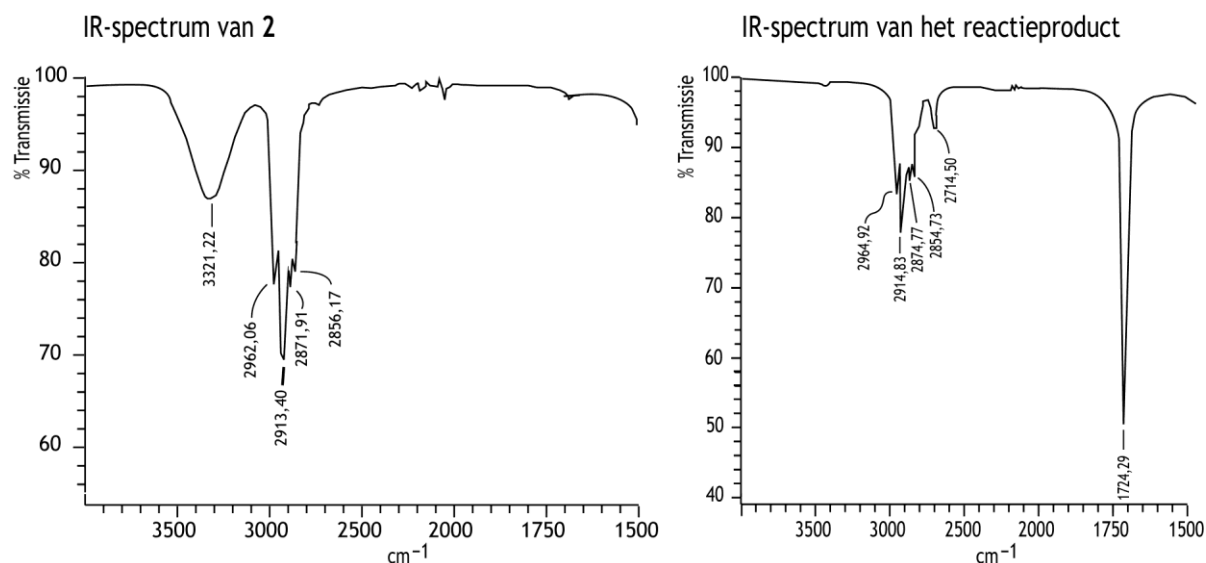


Het zijn nerol (1), citronellol (2), citronellal (3), isopulegol (4) en menthol (5).

Het isoleren van deze stoffen uit planten is niet altijd even eenvoudig. Ook zijn de verkregen hoeveelheden vaak niet toereikend. Daarom wordt bij de productie van deze geurstoffen ook gebruikgemaakt van synthetische omzettingen, die ook in het schema zijn weergegeven.

- 19 Geef de systematische naam van nerol (1). Gebruik hierin de *E/Z* aanduiding(en). 3
- 20 Ga na, aan de hand van het schema, of de omzetting van 1 tot 2 chemoselectief is. 2
- 21 Ga na, aan de hand van het schema, of de omzetting van 1 tot 2 stereoselectief is. 2
- 22 Welk reagens is geschikt / welke reagentia zijn geschikt voor de omzetting van 2 tot 3? Kies hierbij uit de volgende reagentia: 4
- CrO₃, pyridine
 - H₂ (Pd/C)
 - LiAlH₄
 - Na₂Cr₂O₇, H⁺, H₂O
 - O₃
 - PCC (pyridiniumchlorochromaat)

Na de reactie die tot de omzetting van 2 tot 3 moet leiden, wordt het IR-spectrum opgenomen van het reactieproduct. Hieronder is een deel van dat IR-spectrum weergegeven. Ook een deel van het IR-spectrum van 2 is weergegeven.



Uit deze IR-spectra kunnen argumenten worden ontleend die de omzetting van **2** tot **3** ondersteunen.

- 23 Geef twee van die argumenten en licht toe dat ze de gewenste omzetting ondersteunen. 2

Bij de structuurformule die voor isopulegol (**4**) is getekend, zijn verschillende stereo-isomeren mogelijk.

- 24 Leg uit hoeveel stereo-isomeren in totaal mogelijk zijn bij de structuurformule die voor isopulegol is getekend. 2

In de moleculen van menthol (**5**) bevinden de drie zijgroepen aan de cyclohexaanring zich in de equatoriale positie.

Op de uitwerkbijlage is de stoelvorm van een cyclohexaanring getekend.

- 25 Teken op de uitwerkbijlage de ruimtelijke structuur van een molecuul menthol. Maak hierbij gebruik van de reeds getekende cyclohexaanring en teken de drie zijgroepen in de equatoriale positie. 3

De synthese van **4** uitgaande van **3** kan worden uitgevoerd onder invloed van H^+ (zure oplossing) als katalysator. De ringsluiting die plaatsvindt, is op te vatten als een elektrofile additiereactie aan een $C=C$ binding, gevolgd door een $E1$ -eliminatiereactie. Het mechanisme verloopt in de volgende stappen:

- protonering van de carbonylgroep;
- elektrofile additie aan de $C=C$ binding waarbij een intermediair met een carbokation ontstaat;
- eliminatie van H^+ leidt tot het product.

Op de uitwerkbijlage is de structuur weergegeven van citronellal (**3**).

- 26 Geef op de uitwerkbijlage het mechanisme weer van de synthese van **4** uitgaande van **3**:
- ga hierbij uit van de reeds gegeven structuur van **3**;
- gebruik bij het weergeven van het mechanisme soortgelijke structuren als de reeds gegeven structuur;
- teken ook de niet-bindende elektronenparen;
- geef met kromme pijlen aan hoe elektronenparen verschuiven bij het vormen en verbreken van bindingen;
- zet alle formele ladingen op de juiste plaats. 6

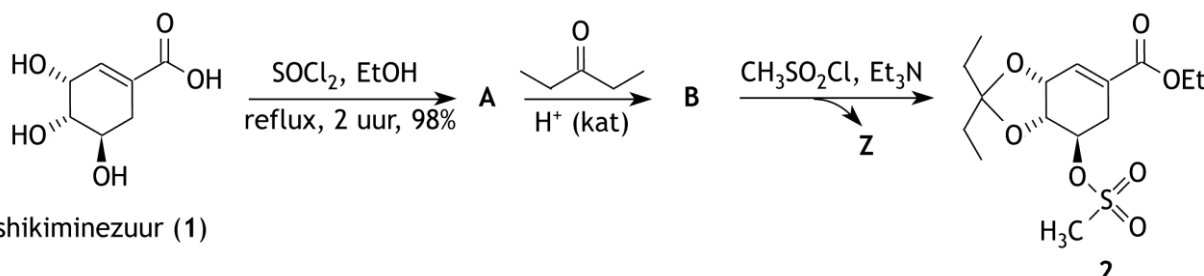
Op de uitwerkbijlage zijn drie 1H -NMR-spectra (van het gebied boven 2,5 ppm) weergegeven. Het zijn spectra van drie verbindingen uit de reeks **1 - 5**. De condities waaronder deze spectra zijn opgenomen zijn hetzelfde (oplosmiddel $CDCl_3$, 300 MHz) en de weergegeven integralen zijn aan elkaar gerelateerd.

- 27 Schrijf op de uitwerkbijlage bij elk spectrum het nummer van de betreffende verbinding. 3

Opgave 6 Synthese van Oseltamivir

(14 punten)

Oseltamivir is een geregistreerd geneesmiddel (Tamiflu®) tegen het influenzavirus. Omdat het een belangrijk medicijn is, zijn er vele synthesesroutes ontwikkeld voor Oseltamivir. Het eerste deel van één van de routes staat in onderstaand schema en begint met uit steranijs geïsoleerd shikiminezuur (1).



Bij de omzetting van shikiminezuur (1) tot verbinding A is ethanol zowel het oplosmiddel als het reagens. Aan een mengsel van shikiminezuur en ethanol wordt geleidelijk een ondermaat thionylchloride (SOCl_2) toegevoegd.

Uit de reactie van ethanol met thionylchloride ontstaat waterstofchloride, dat als katalysator optreedt bij de vorming van A uit shikiminezuur en ethanol.

Vervolgens reageert A met pentaan-3-on onder invloed van een zure katalysator tot verbinding B.

Tenslotte wordt, in aanwezigheid van triethylamine, $\text{CH}_3\text{SO}_2\text{Cl}$ gebruikt om verbinding 2 te bereiden.

Uit de reactie van ethanol met thionylchloride ontstaan, behalve waterstofchloride, nog twee stoffen.

□28 Geef de formules van die twee stoffen.

2

Hieronder is een uitvoering van de omzetting van shikiminezuur tot A beschreven:

In een 250 mL rondbodembkolf die is uitgerust met een refluxkoeler en een magnetische roerder, wordt onder een atmosfeer van een inert gas 19,90 g (= 0,114 mol) shikiminezuur gesuspenderd in 80 mL (= 1,4 mol) ethanol. Hieraan wordt gedurende 10 minuten geleidelijk 4,16 mL (= 0,057 mol) thionylchloride toegevoegd.

Het reactiemengsel wordt gedurende 2 uur gerefluxt.

Uiteindelijk wordt hieruit A geïsoleerd met een opbrengst van 98%.

Doordat in de shikiminezuurmoleculen OH groepen voorkomen, kan thionylchloride behalve met ethanol ook met shikiminezuur reageren. Of die reactie invloed heeft op de uiteindelijke opbrengst van A is afhankelijk van de soort OH groepen in shikiminezuur die reageren.

Wanneer die reactie optreedt met de OH groep van de COOH groep heeft dit geen invloed op de opbrengst van A.

Wanneer die reactie optreedt met de alcoholische OH groepen heeft dit wel invloed op de opbrengst van A.

□29 Leg uit dat reactie van thionylchloride met shikiminezuur waarbij de OH groep van de COOH groep reageert, geen invloed heeft op de opbrengst van A.

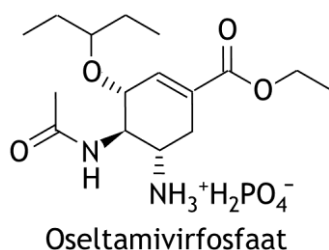
2

- 30 Leg uit dat, voor de reactie met thionylchloride, uit de gegevens in de bovenstaande beschrijving kan worden afgeleid dat de reactiviteit van de OH groepen van ethanol groter is dan de reactiviteit van de alcoholische OH groepen van shikiminezuur. 3
- 31 Geef de formule van Z. 2
- 32 Leg uit, aan de hand van het schema, of de reactie van A met pentaan-3-on regioselectief is. 2
- 33 Leg uit of het 'onderste' C atoom (waaraan de $-\text{OSO}_2\text{CH}_3$ groep is gebonden) in de zesring van verbinding 2 de *R*- of de *S*-configuratie heeft. Gebruik in je uitleg een tekening. 3

Opgave 7 Oseltamivirbepaling

(17 punten)

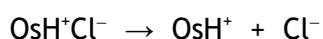
Oseltamivir wordt verkocht als het wateroplosbare zout van fosforzuur, oseltamivirfosfaat:



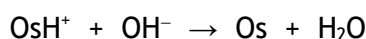
Oseltamivirfosfaat wordt verder in deze opgave weergegeven als $\text{OsH}^+\text{H}_2\text{PO}_4^-$.

Om de kwaliteit van oseltamivirfosfaat te garanderen, moet de zuiverheid van het product regelmatig worden gecontroleerd. Dat kan bijvoorbeeld door het oseltamivirfosfaat eerst om te zetten tot oseltamivirchloride, OsH^+Cl^- , en aan een oplossing hiervan overmaat natronloog toe te voegen en daarna terug te titreren met zoutzuur.

OsH^+Cl^- lost op volgens:



OsH^+ is een zwak zuur, met $\text{p}K_z = 7,90$. Bij toevoegen van natronloog treedt de volgende reactie op:



Bij zo'n bepaling wordt het oseltamivirfosfaat van één capsule van 75,0 mg volledig omgezet tot oseltamivirchloride. Dit wordt vervolgens opgelost in gedemineraliseerd water, waarna de oplossing wordt aangevuld tot een volume van 50,0 mL. Aan 10,0 mL van deze oplossing wordt 1,00 mL $5,00 \cdot 10^{-2}$ M natronloog toegevoegd. De overmaat natronloog wordt tenslotte teruggetitreerd met $1,00 \cdot 10^{-3}$ M zoutzuur. Hiervan was 13,6 mL nodig.

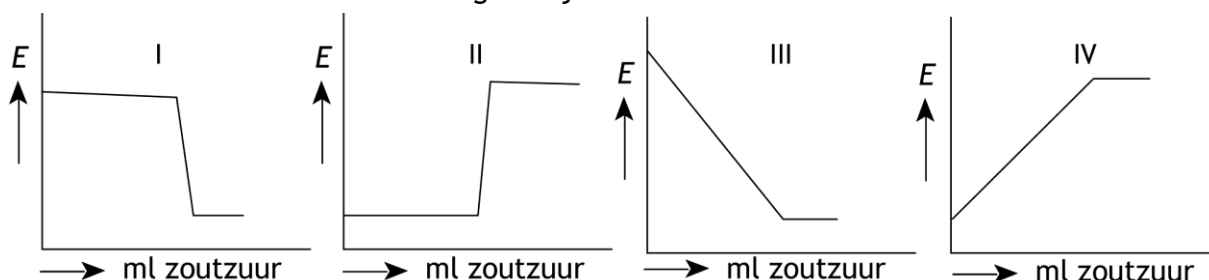
- 34 Bereken het massapercentage oseltamivirfosfaat in de capsule. Ga ervan uit dat tijdens het toevoegen van de natronloog en de titratie de esterbinding niet reageert. 6

Bij de terugtitratie wordt fenolftaleïne als indicator gebruikt.

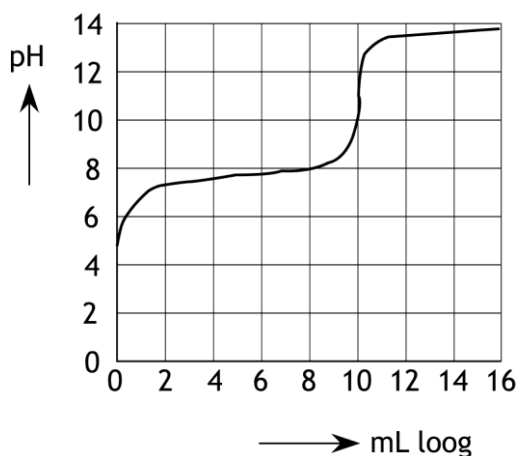
- 35 Zou je ook methylooranje kunnen gebruiken, of krijg je dan een te hoge of een te lage uitkomst? Geef een verklaring voor je antwoord. 3

Om het equivalentiepunt van de titratie nauwkeurig te bepalen, zou je de titratie kunnen uitvoeren en de extinctie kunnen volgen die wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van fenolftaleïne.

- 36 Welke van onderstaande figuren geeft het verloop van de extinctie gedurende de titratie het beste weer? Geef een verklaring voor je antwoord. 2



Om na te gaan of de bepaling ook zou kunnen worden uitgevoerd door de capsule met het oseltamivirfosfaat in water op te lossen en de oplossing rechtstreeks te titreren met natronloog, is op basis van een pK_z van 7,90 voor het OsH^+ een titratiecurve voor een oplossing van oseltamivirfosfaat met natronloog opgesteld:



Wat opvalt aan deze titratiecurve is dat er slechts één steil gebied in voorkomt, terwijl $OsH^+H_2PO_4^-$ een driewaardig zuur is.

- 37 Leg uit dat in de titratiecurve voor de titratie van een oplossing van oseltamivirfosfaat met natronloog slechts één steil gebied voorkomt, terwijl oseltamivirfosfaat een driewaardig zuur is. 2

Uit bovenstaande titratiecurve blijkt dat het mogelijk is om een oplossing van oseltamivirfosfaat rechtstreeks te titreren met natronloog.

- 38 Leg aan de hand van bovenstaande titratiecurve uit dat het mogelijk is om een oplossing van oseltamivirfosfaat rechtstreeks te titreren met natronloog; geef ook aan welke indicator je zou kunnen gebruiken en geef de kleuromslag van die indicator in het equivalentiepunt. 3
- 39 Wat is de molverhouding $OsH^+H_2PO_4^- : OH^-$ bij de rechtstreekse titratie van een oplossing van oseltamivirfosfaat met natronloog? 1

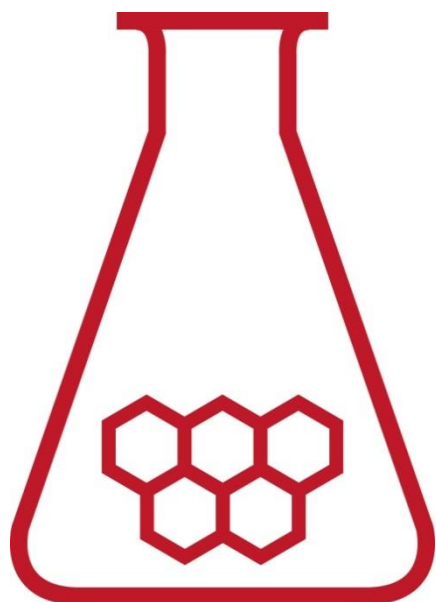
44^e Nationale Scheikundeolympiade

Universiteit Leiden

THEORIETOETS

uitwerkbijlage

maandag 12 juni 2023



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023



Universiteit Leiden

Naam: _____

N.B.: Vergeet niet je naam op het voorblad te zetten!

Vraag 3

In CoO_2 : de lading van Co is en de lading van O is

In LiCoO_2 : de lading van Li is, de lading van Co is en de lading van O is

Vraag 9

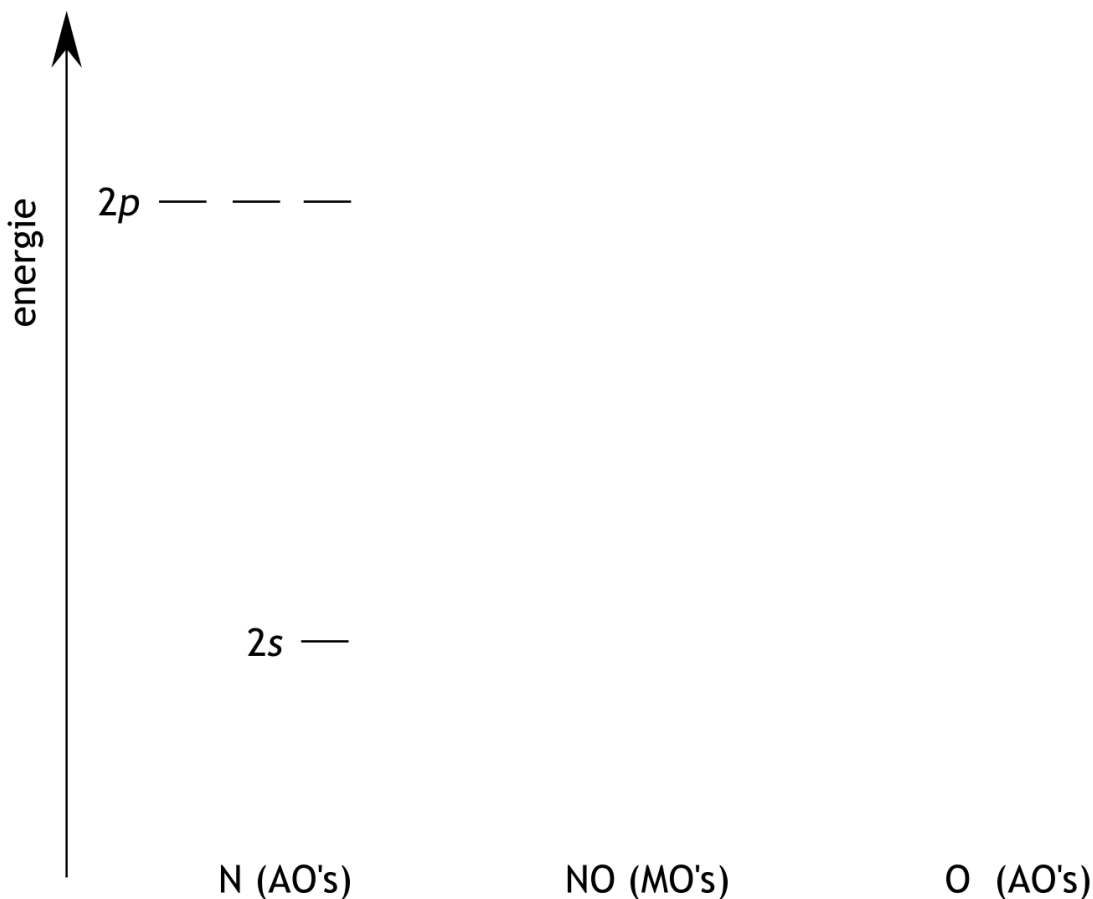
$[A]_{\text{nieuw}}$ is groter dan / gelijk aan / kleiner dan $[A]_{\text{oorspronkelijk}}$

$[B]_{\text{nieuw}}$ is groter dan / gelijk aan / kleiner dan $[B]_{\text{oorspronkelijk}}$

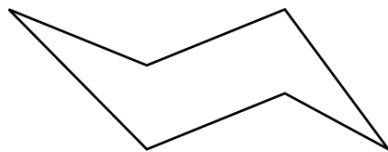
$[C]_{\text{nieuw}}$ is groter dan / gelijk aan / kleiner dan $[C]_{\text{oorspronkelijk}}$

$[D]_{\text{nieuw}}$ is groter dan / gelijk aan / kleiner dan $[D]_{\text{oorspronkelijk}}$

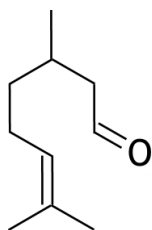
Vraag 12



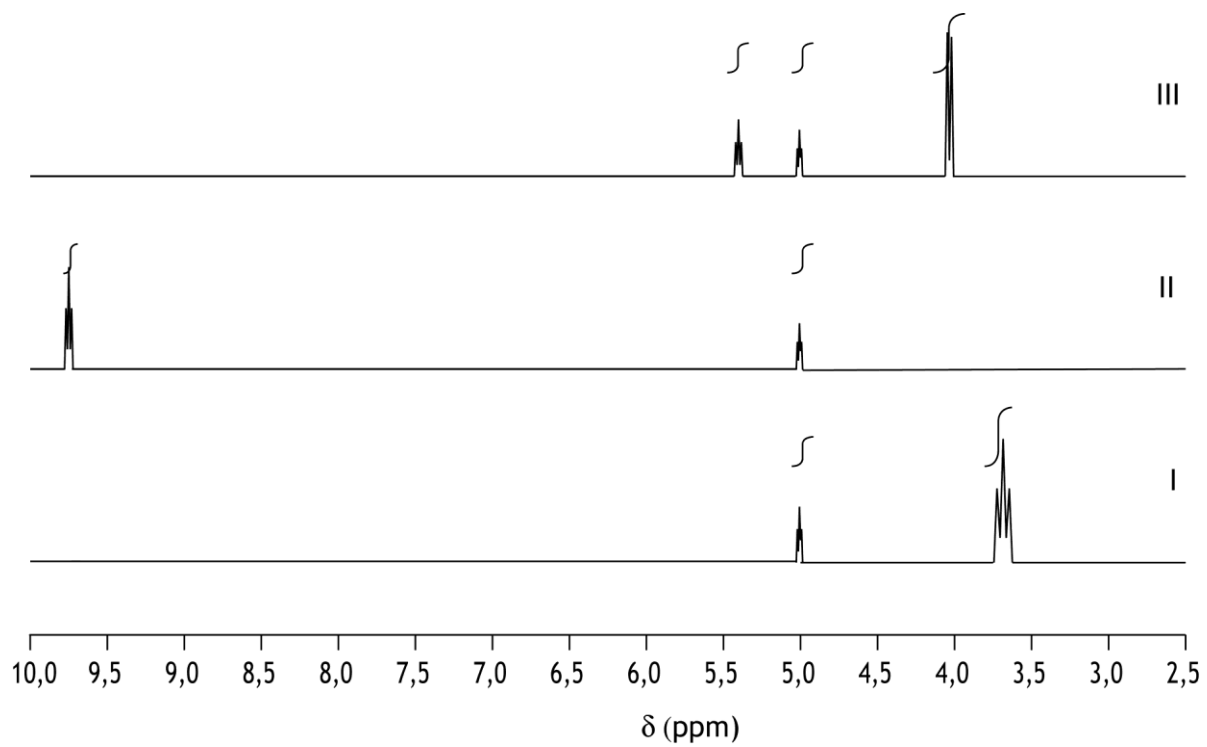
Vraag 25



Vraag 26



Vraag 27



44^e Nationale Scheikundeolympiade

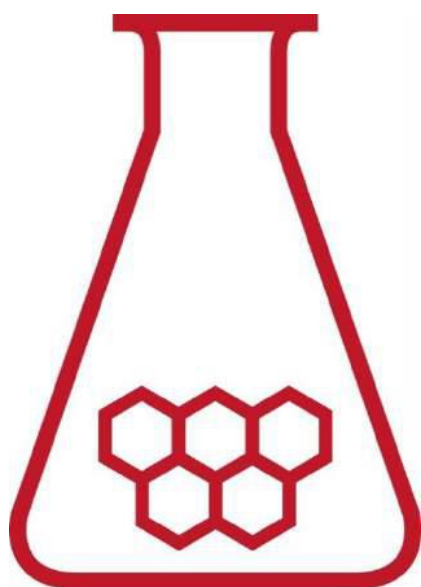
Universiteit Leiden

Leiden

PRACTICUMTOETS

opgavenboekje

dinsdag 13 juni 2023



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023



Universiteit Leiden

De experimenten voor deze toets zijn voorbereid door:
Stefan van der Vorm
Richard van den Berg
Luke Janssen

Het NSO comité:
Emiel de Kleijn

De eindredactie was in handen van:
Kees Beers, Dick Hennink, Marijn Jonker en Piet Mellema

Aanwijzingen/hulpmiddelen

- Deze practicumtoets bestaat uit twee geïntegreerde onderdelen:
 - De synthese van Hantzsch ester en Hantzsch pyridine;
 - De bepaling van de molaire extinctiecoëfficiënt van Hantzsch ester bij 400 nm.
- 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, liniaal/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!

Volgorde van experimenten

Deze toets bestaat uit twee experimenten.

Experiment 1 bestaat uit twee delen: de bereiding van de zogenoemde Hantzsch ester (**synthese deel 1**) en de oxidatie van Hantzsch ester naar de pyridine-vorm (**synthese deel 2**).

In **Experiment 2** wordt de molaire extinctiecoëfficiënt van Hantzsch ester bij 400 nm bepaald.

Om ervoor te zorgen dat in **Experiment 1** voldoende tijd over is voor het vormen, isoleren en drogen van het kristallijne Hantzsch pyridine en daarna het meten van ieders NMR spectrum, moet je **synthese deel 2** inzetten meteen na het starten van **synthese deel 1**. Je krijgt voor **synthese deel 2** van te voren bereide Hantzsch ester. Ook voor **Experiment 2** krijg je van te voren bereide Hantzsch ester.

Meermaals word je gevraagd enkele minuten te wachten, bijvoorbeeld tot er kristallen zijn gevormd. Gebruik deze tijd nuttig door vragen te beantwoorden of te beginnen aan **Experiment 2**. Je kan het beste een korte pauze nemen bij stap 13 van **synthese deel 2**.

Opstellingen:

In de zuurkast staan twee opstellingen klaar voor de twee reacties en een opstelling voor filtratie. Je kan voor de drie filtraties dezelfde afzuigerlenmeyer meermaals gebruiken, telkens met een schoon filter.

Opstelling 1 is voor **synthese deel 1** waarbij een verwarmingselement in combinatie met een roermotor wordt gebruikt. De temperatuur en de roersnelheid zijn al correct ingesteld, zowel de roermotor als het verwarmingselement moeten worden aangezet. Opstelling 2 is voor **synthese deel 2**. Hierbij wordt eerst alleen geroerd bij kamertemperatuur; de roersnelheid is al correct ingesteld. Bij de herkristallisatiestap wordt alleen de warmteplaat gebruikt; de temperatuur is al correct ingesteld.

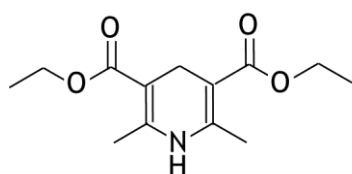
Experiment 1 Synthese van Hantzsch ester en oxidatie naar de pyridine-vorm

46 punten

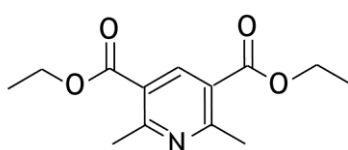
Inleiding

Hantzsch ester is een bijzonder veelzijdig molecuul. Het is een analogon van de biologische reductor NADH en als zodanig ook eenvoudig te oxideren tot een pyridine. Het wordt onder andere ingezet als hydride-donor in overdrachts-hydrogeneringsreacties. Derivaten van Hantzsch ester vinden ook toepassing als medicijn voor het blokkeren van Ca^{2+} ionkanalen, waarbij de bloeddruk wordt verlaagd.

De structuurformules van Hantzsch ester en de pyridine-vorm zijn als volgt:

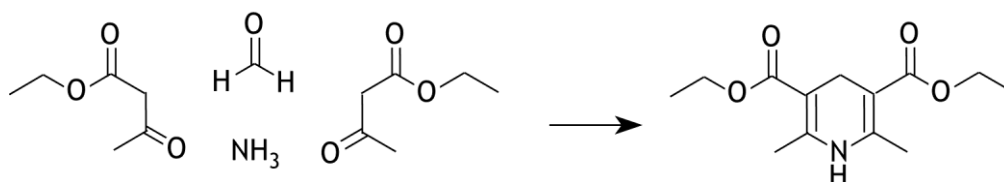


Hantzsch ester



Hantzsch pyridine

De synthese van Hantzsch ester is een zogenaemde multi-component condensatiereactie: meerdere reactanten reageren simultaan (tegelijkertijd) of sequentieel (na elkaar) in dezelfde oplossing. Schematisch kan dit als volgt worden weergegeven:



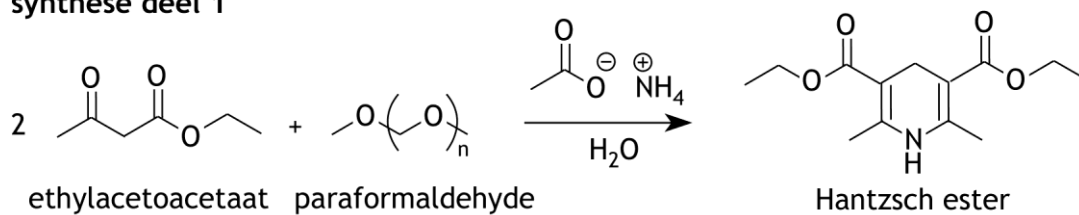
multicomponent-condensatiereactie

In de synthese die in dit experiment wordt uitgevoerd, wordt het polymeer paraformaldehyde gebruikt als bron voor het super-elektrofiel methanal (formaldehyde) en wordt ammoniumacetaat gebruikt als bron voor ammoniak.

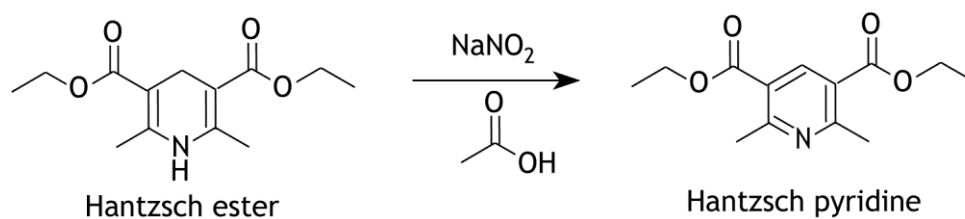
De synthese verloopt via tautomerisatie van een β -keto-ester (ethylacetoacetaat) naar zijn nucleofiele enol-vorm.

In onderstaande schema's worden **synthese deel 1** en **synthese deel 2** samengevat:

synthese deel 1



synthese deel 2



Chemicaliën en veiligheid

<p style="text-align: center;"><u>Ethylacetoacetaat</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Formule : $C_6H_{10}O_3$ ▪ CAS-Nr. : 141-97-9 ▪ Molaire massa : $130,14 \text{ g mol}^{-1}$ ▪ Dichtheid : $1,029 \text{ g mL}^{-1}$ ▪ Kookpunt : $181 \text{ }^\circ\text{C}$ ▪ Geen H/P zinnen 	<p style="text-align: center;"><u>Natriumnitriet</u></p> <p style="text-align: center;"></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Formule : $NaNO_2$ ▪ CAS-Nr. : 7632-00-0 ▪ Molaire massa : $69,00 \text{ g mol}^{-1}$ ▪ H272, H301, H319, H400 ▪ P210, P220, P264, P273, P301+P310, P305+P351+P338
<p style="text-align: center;"><u>Paraformaldehyde</u></p> <p style="text-align: center;"></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Formule : $[CH_2O]_n$ ▪ CAS-Nr. : 30525-89-4 ▪ Molaire massa : $30,03 \text{ g mol}^{-1}$ (monomeer) ▪ Dichtheid : $0,984 \text{ g mL}^{-1}$ ▪ H228, H302 + H332, H315, H317, H318, H335, H341, H350 ▪ P210, P280, P301+P312+P340, P305+P338+P351, P308+P313 	<p style="text-align: center;"><u>Ethanol (absoluut)</u></p> <p style="text-align: center;"></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Formule : C_2H_6O ▪ CAS-Nr. : 64-17-5 ▪ Molaire massa : $46,07 \text{ g mol}^{-1}$ ▪ Dichtheid : $0,789 \text{ g mL}^{-1}$ ▪ Kookpunt : $78 \text{ }^\circ\text{C}$ ▪ H225, H319 ▪ P210, P233, P240, P241, P242, P305+P351+P338
<p style="text-align: center;"><u>Ammoniumacetaat (1,0 M aq.)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Formule : $C_2H_7NO_2$ ▪ CAS-Nr. : 631-61-8 ▪ Molaire massa : $77,08 \text{ g mol}^{-1}$ ▪ Geen H/P zinnen 	<p style="text-align: center;"><u>Hantzsch ester (product 1)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Formule : $C_{13}H_{19}NO_4$ ▪ CAS-Nr. : 1149-23-1 ▪ Molaire massa : $253,29 \text{ g mol}^{-1}$ ▪ Geen H/P zinnen
<p style="text-align: center;"><u>Azijnzuur</u></p> <p style="text-align: center;"></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Formule : $C_2H_4O_2$ ▪ CAS-Nr. : 64-19-7 ▪ Molaire massa : $60,05 \text{ g mol}^{-1}$ ▪ Dichtheid : $1,049 \text{ g mL}^{-1}$ ▪ Kookpunt : $118 \text{ }^\circ\text{C}$ ▪ H226, H314 ▪ P210, P233, P240, P280, P303+P361+P353, P305+P351+P338 	<p style="text-align: center;"><u>Hantzsch pyridine (product 2)</u></p> <p style="text-align: center;"></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Formule : $C_{13}H_{17}NO_4$ ▪ CAS-Nr. : 1149-24-2 ▪ Molaire massa : $251,28 \text{ g mol}^{-1}$ ▪ H315, H319, H335 ▪ P261, P264, P271, P280, P302+P352, P305+P351+P338

Materialen (synthese deel 1)

- 50 mL rondbodemkolf met roervlo en septum
- 25 mL maatcilinder
- 5,0 mL verdeelpipet + pipetteerballon
- büchnerfilter
- horlogeglas met filtreerpapiertje
- 100 mL maatkolf + stop

Materialen (synthese deel 2)

- 50 mL rondbodemkolf met roervlo
- 25 mL maatcilinder (2x)
- 10 mL maatcilinder (2x)
- 100 mL bekersglas
- 25 mL bekersglas
- horlogeglas
- glasfilter (2x)
- weegflesje met 625 mg natriumnitriet

Materialen (algemeen)

- vlooienvanger (magneetstaaf)
- pincet
- spatel
- pH papier
- pan voor ijsbad
- spuitfles met demi-water
- monsterpotje

Synthese deel 1

1. In de 50 mL rondbodemkolf met roervlo in opstelling 1, bevindt zich 450 mg paraformaldehyde (dit levert 15,0 mmol methanal).
2. Meet in een maatcilinder circa 18 mL 1,0 M ammoniumacetaat (circa 18 mmol) af en voeg dit toe aan de rondbodemkolf.
3. Meet met een verdeelpipet 4,0 mL ethylacetoacetaat (32 mmol) af en voeg dit toe aan de rondbodemkolf.
4. Zet de roermotor aan en laat de reactie minimaal 1,5 uur roeren bij 65°C met een rubber septum lichtjes op de kolf.

Voer nu **synthese deel 2** uit.

Nadat je **synthese deel 2** hebt uitgevoerd, voer je de volgende handelingen (van **synthese deel 1**) hieronder uit.

5. Na minimaal 1,5 uur roeren:
 - schakel de roermotor uit;
 - haal de kolf uit het statief en plaats deze in een ijsbad;
 - laat de kolf 10 minuten op ijs staan.
6. Weeg het filtreerpapier en schrijf de massa op.
7. Filtreer het koude reactiemengsel met behulp van een vacuümpomp over een büchnerfilter met filtreerpapier. Spoel de kolf na met een kleine hoeveelheid demi-water en was hiermee de vaste stof op het filter. Laat de vaste stof nog 10 minuten drogen op het filter, met de pomp aan.
8. Haal met een pincet het filtreerpapier uit de büchnerfilter en plaats het op het horlogeglas. Laat dit zo lang mogelijk drogen aan de lucht.

Voer nu **Experiment 2** uit.

Nadat je **Experiment 2** hebt uitgevoerd, voer je de laatste handelingen (van **synthese deel 1**) hieronder uit.

9. Bepaal de massa van het filtreerpapier met product.
10. Weeg ongeveer 10 mg van je zelf bereide Hantzsch ester nauwkeurig af en noteer de exacte afgewogen massa en breng dit over in een 100 mL maatkolf en vul deze aan met ethanol. Schud krachtig zodat alles oplost.
11. Bepaal nu de extinctie (absorbantie) bij 400 nm van deze oplossing, zoals je in **Experiment 2** hebt gedaan, gebruik hiervoor houder '5' van de carrousel.

Synthese deel 2

1. In de 50 mL rondbodemkolf met roervlo in opstelling 2, bevindt zich 1,14 g Hantzsch ester.
2. Meet circa 15 mL azijnzuur af in een maatcilinder en voeg dit toe aan de kolf.
3. Plaats de kolf in het statief en roer het reactiemengsel.
4. Voeg, terwijl het reactiemengsel wordt geroerd, de 625 mg natriumnitriet uit het weegflesje in kleine porties toe aan de rondbodemkolf over een periode van 5 minuten.
5. Zet de rondbodemkolf op een kurken ring en haal de roervlo uit de kolf met de vlooienvanger. Spoel de vlo na met demi-water boven een 100 mL bekeerglas.
6. Voeg circa 40 mL demi-water toe aan het bekeerglas en laat dit even afkoelen in een ijsbad. Laat ook circa 10 mL demi-water in een maatcilinder afkoelen in het ijsbad.
7. Giet het reactiemengsel over in het bekeerglas en spoel de kolf na met een kleine hoeveelheid demi-water uit de spuitfles.
8. Neutraliseer de inhoud van het bekeerglas met waterig ammonia (25%). Je hebt ongeveer 18 mL nodig. Controleer met pH-papier (pH 7 à 8).
9. Filtreer, met behulp van vacuümfiltratie, de vaste stof over een glasfilter en spoel na met het koude water uit de maatcilinder. Laat de vaste stof nog enkele minuten drogen op het glasfilter met de vacuümpomp aan.
10. Bepaal de massa van het 25 mL bekeerglas, verzamel de vaste stof in het bekeerglas en bepaal de massa van het bekeerglas gevuld met de vaste stof.

Herkristallisatie:

11. Voeg 6 mL ethanol toe en verwarm het bekeerglas, met de warmteplaat op 120 °C, tot de kristallen zijn opgelost. Leg een horlogeglas op de bovenkant van het bekeerglas. Zwenk af en toe om het mengsel goed te homogeniseren.
12. Haal het bekeerglas van de warmteplaat en laat het, met het horlogeglas er op, afkoelen naar kamertemperatuur. Zwenk af en toe het bekeerglas.
13. Zet het bekeerglas nog 10 minuten op ijs. Zet ook 10 mL ethanol in een maatcilinder op ijs.
14. Filtreer, met behulp van vacuümfiltratie, de ontstane kristallen af over een glasfilter.
15. Spoel het bekeerglas na met het koude ethanol en was hiermee ook de kristallen op het filter. Laat de vacuümpomp nog enkele minuten lucht door de kristallen trekken.
16. Bepaal de massa van het lege monsterpotje, breng de kristallen over in het monsterpotje en bepaal de massa van het monsterpotje gevuld met kristallen.
17. Lever het monsterpotje in voor NMR-analyse.

Vragen bij Experiment 1 - noteer de antwoorden op de antwoordbladen

- 1 Noteer:
 - De massa van het lege 25 mL bekeerglas (**synthese deel 2** punt 10)
 - De massa van het 25 mL bekeerglas gevuld met vaste stof (Hantzsch pyridine) (**synthese deel 2** punt 10)
 - De massa van het lege monsterpotje (**synthese deel 2** punt 16)
 - De massa van het monsterpotje gevuld met kristallen (**synthese deel 2** punt 16)
 - De massa van het schone filtreerpapiertje (**synthese deel 1** punt 6)
 - De massa van het filtreerpapiertje met product (Hantzsch ester) (**synthese deel 1** punt 9)
 - De massa van Hantzsch ester toegevoegd aan de 100 mL maatkolf (**synthese deel 1** punt 10)
 - De extinctie van de oplossing van Hantzsch ester bij 400 nm (**synthese deel 1** punt 11) 4
- 2 Bereken de procentuele opbrengst van Hantzsch pyridine na herkristallisatie. 9
- 3 Beschouw het $^1\text{H-NMR}$ spectrum van Hantzsch pyridine dat van je product is gemaakt. Ken alle signalen die bij Hantzsch pyridine horen toe en geef daarbij een motivering. 5
- 4 De omzetting van Hantzsch ester naar de pyridine-vorm is een redoxreactie. De vergelijking van de halfreactie van de oxidator is $\text{HNO}_2 + \text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{NO}$. Geef de vergelijking van de halfreactie van de reductor (Hantzsch ester), gebruik molecuulformules voor de organische stoffen, en geef de totale reactievergelijking. 2
- 5 Bereken de procentuele opbrengst van Hantzsch ester. 13
- 6 Bereken aan de hand van de extinctie de zuiverheid van de gesynthetiseerde Hantzsch ester in procenten. Je mag aannemen dat eventueel aanwezige verontreinigingen niet absorberen. 3

Experiment 2 Bepaling van de molaire extinctiecoëfficiënt van Hantzsch ester bij 400 nm

34 punten

Inleiding

Hantzsch ester bevat een geconjugeerd systeem waardoor de verbinding een kleur heeft. Het absorptiemaximum van Hantzsch ester ligt bij 371 nm. De wet van Lambert-Beer beschrijft de extinctie (absorbantie) E van licht van een bepaalde golflengte volgens:

$$E = \varepsilon c l$$

Hierin is:

- ε de molaire extinctiecoëfficiënt
- c de concentratie (in mol L⁻¹) van de opgeloste stof
- l de lengte van pad van het licht (in cm)

In dit experiment wordt de ε bij 400 nm met behulp van een ijkreeks bepaald.

Chemicaliën en veiligheid

- absolute ethanol (zie experiment 1)
- Hantzsch ester (zie experiment 1)

Materialen

- 100 mL maatkolf
- 25 mL maatkolf (4x)
- volumetrische pipetten (4x)
- pasteurpipetten met ballonnetje
- 100 mL maatcilinder
- trechter
- 50 mL bekeerglas voor afvalvloeistof
- cuvetten, $l = 1,00$ cm

De bepaling van de molaire extinctiecoëfficiënt via UV-VIS

Om de molaire extinctiecoëfficiënt van Hantzsch ester te bepalen, wordt eerst een stockoplossing met een nauwkeurig vastgestelde concentratie gemaakt. Vanuit deze stockoplossing wordt een verdunningsreeks gemaakt. Vervolgens wordt de extinctie (E) bepaald van elk van de oplossingen uit de verdunningsreeks bij 400 nm tegenover een blanco. Door de meetresultaten uit te zetten in een diagram ontstaat een ijklijn. We maken gebruik van de Genesys 10s spectrofotometer.

Bereiden stockoplossing:

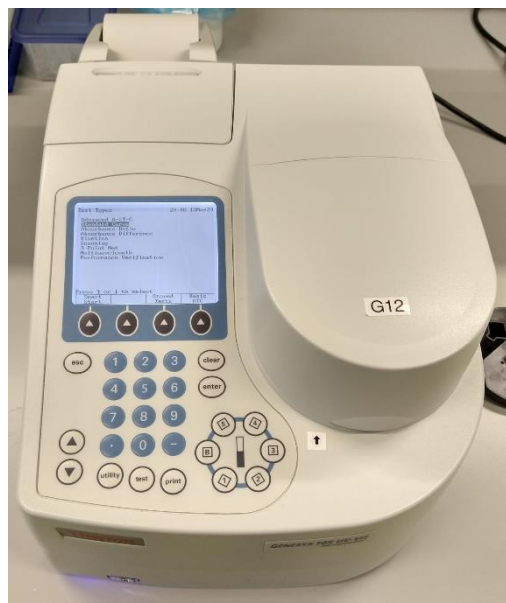
- Weeg ongeveer 25 mg van de aangeleverde Hantzsch ester nauwkeurig af op een weegpapiertje en noteer de exacte afgewogen massa.
- Breng dit over in de 100 mL maatkolf en vul de maatkolf aan tot 100 mL met ethanol.
- Doe een stop op de maatkolf en schud krachtig totdat alle stof is opgelost. Let op: dit kan enkele minuten duren.

Verdunningsreeks:

Label de vier 25 mL maatkolven '1' t/m '4'.

- Maak vier oplossingen volgens onderstaande tabel. Maak gebruik van volumetrische pipetten. Indien nodig spoel je de pipetten voor, laat ze daarbij leeglopen in het bekersglas voor afvalvloeistof. Vul de maatkolf telkens met ethanol aan tot 25 mL en homogeniseer de oplossing.

Verdunning nr.	Maatkolf (mL)	Volumetrische pipet (mL stockoplossing)
1	25	1,00
2	25	4,00
3	25	7,00
4	25	10,0

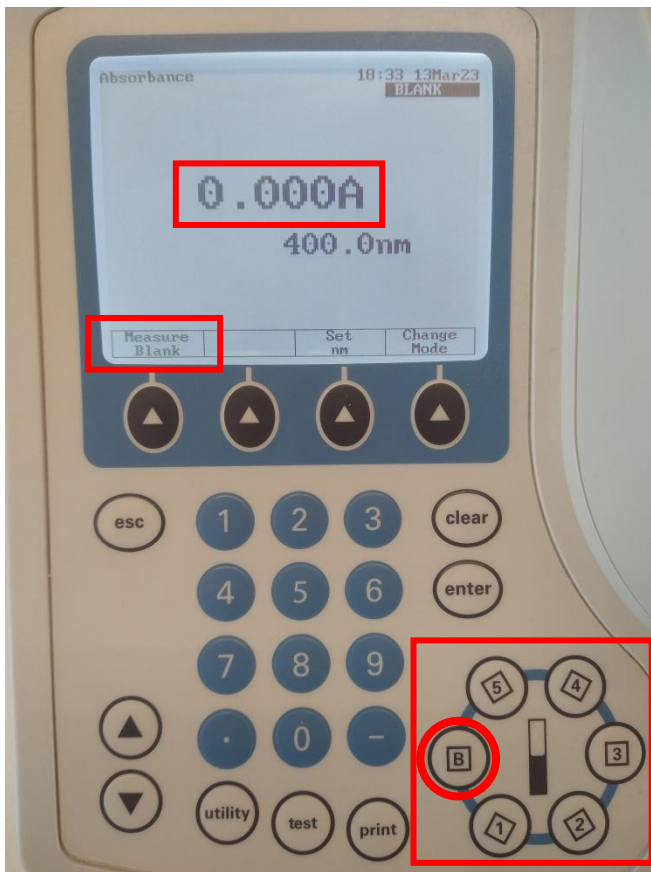


Figuur 1: de Genesys 10s spectrofotometer

Metten van de extincties:

Maak gebruik van de Genesys 10s spectrofotometer. De juiste instelling is al gekozen. Je vult de cuvetten telkens met behulp van pasteurpipetten en vult deze met één volume van een pasteurpipet.

- Voor het meten van de blanco vul je een cuvet met uitsluitend absolute ethanol, plaatst die in de carrousel van de spectrofotometer op positie 'B' en drukt op 'Measure Blank'.
- Vul een nieuwe cuvet met de eerste verdunning en plaats deze in de spectrofotometer op positie '1' van de carrousel.
- Herhaal de handelingen tot de overige drie verdunningen ook op de juiste positie ('2' t/m '4') zijn geplaatst.
- Druk achtereenvolgens op de knoppen '1' t/m '4' en neem de extincties over die op het scherm verschijnen.
- Laat de cuvetten in de carrousel zitten!



Figuur 2: het scherm en controleknoppen van de Genesys 10s.

Vragen over Experiment 2 - noteer de antwoorden op de antwoordbladen

- 7 Noteer:
- De massa van Hantzsch ester die is gebruikt voor het maken van de stockoplossing.
 - De gemeten extincties.
- 8 Bereken de concentratie in mol L⁻¹ van Hantzsch ester in de stockoplossing en in de vier oplossingen van de verdunningsreeks. 2
- 9 Zet de gemeten extincties bij 400 nm uit tegen de concentraties in mol L⁻¹ van Hantzsch ester. 6
- 10 Bereken de molaire extinctiecoëfficiënt bij 400 nm. 4
- 12

44^e Nationale Scheikundeolympiade

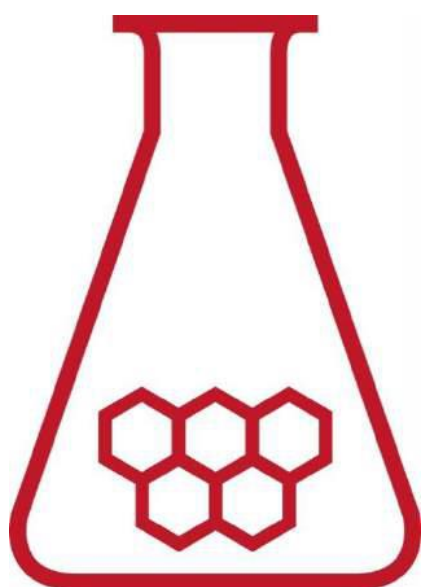
Universiteit Leiden

Leiden

PRACTICUMTOETS

Antwoordbladen

dinsdag 13 juni 2023



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023



Universiteit Leiden

NB.: Zet op elke bladzijde bovenaan je naam!

Naam:

**Antwoordbladen practicumtoets
Experiment 1**

Vraag 1

massa 25 mL bekerglas:

massa 25 mL bekerglas met vaste stof:

massa monsterpotje:

massa monsterpotje met kristallen:

massa filtreerpapier:

massa filtreerpapier met product:

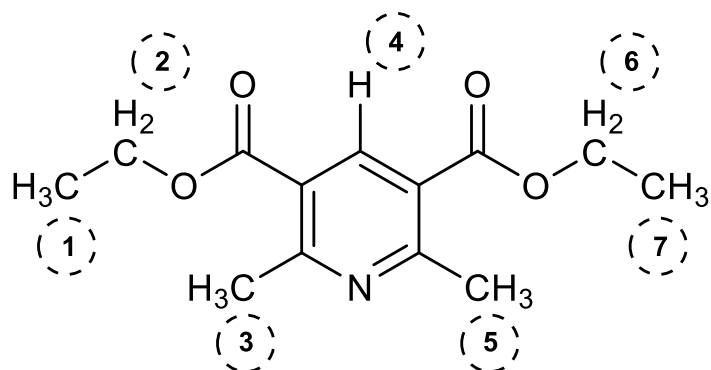
massa Hantzsch ester toegevoegd aan de 100 mL maatkolf:

extinctie van de oplossing van Hantzsch ester:

Vraag 2

Naam: _____

Vraag 3



Chemische verschuiving (ppm)	Integraal	Toekenning	Motivering

Naam:

Vraag 4

Vraag 5

Vraag 6

Naam:

**Antwoordbladen practicumtoets
Experiment 2**

Vraag 7 en 8

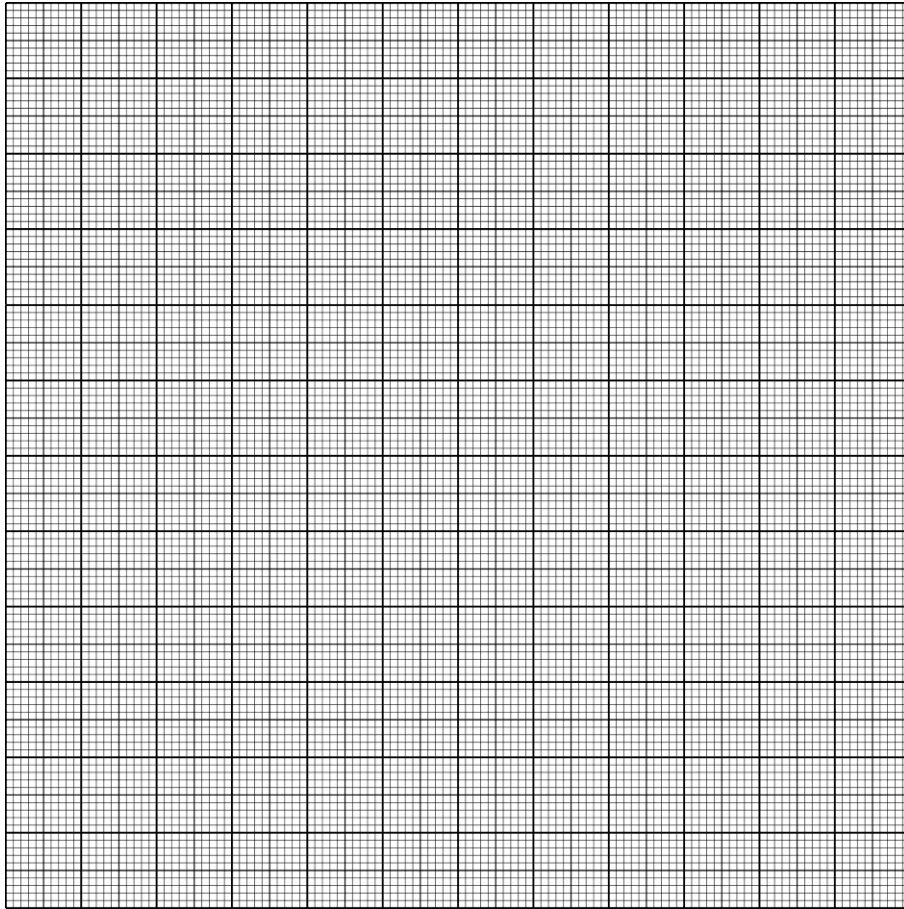
massa gebruikte Hantzsch ester:

Verdunning nr.	Concentratie (mol L ⁻¹)	Extinctie
0 (stock)		
1		
2		
3		
4		

Berekening

Naam:

Vraag 9

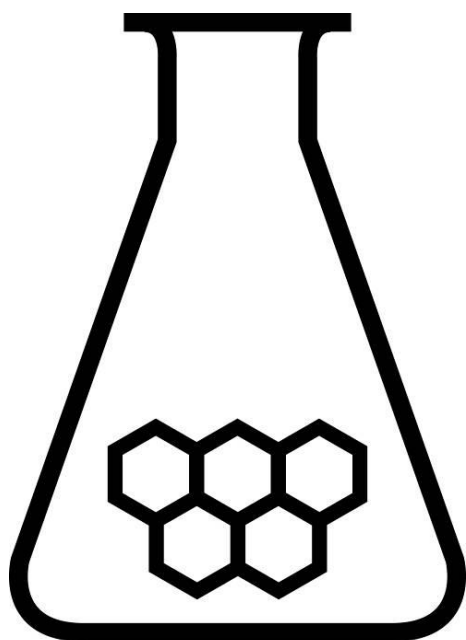


Vraag 10

SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2023

CORRECTIEMODEL VOORRONDE 1

af te nemen in de periode van
11 tot en met 27 januari 2023



SCHEIKUNDE OLYMPIADE



Universiteit Leiden

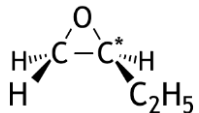
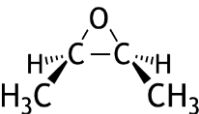
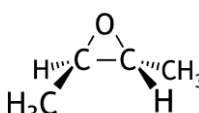
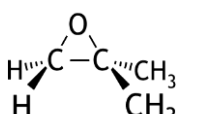
- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 8 onderwerpen en 2 opgaven met in totaal 14 open vragen.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 77 punten (geen bonuspunten).
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e druk of ScienceData 1^e druk.
- Bij elke vraag is het aantal punten vermeld dat een juist antwoord op die vraag oplevert.
- Bij de correctie van het werk moet bijgaand antwoordmodel worden gebruikt. Daarnaast gelden de algemene regels, zoals die bij de correctievoorschriften voor het CE worden verstrekt.

Opgave 1 Meerkeuzevragen

(totaal 40 punten)

per juist antwoord: 2 punten

Koolstofchemie

1	D	Glucose heeft de molecuulformule $C_6H_{12}O_6$. Twee glucosemoleculen hebben samen 12 C, 24 H en 12 O. Bij de hydrolyse wordt H_2O aan een molecuul trehalose toegevoegd. Een molecuul trehalose bevat dus 12 C, 22 H en 11 O.
2	E	 <p>1,2-epoxybutaan C* is asymmetrisch, dus twee stereo-isomeren</p>  <p><i>cis</i>-2,3-epoxybutaan het spiegelbeeld is identiek aan het origineel, dus één stereo-isomeer</p>  <p><i>trans</i>-2,3-epoxybutaan het spiegelbeeld is niet identiek aan het origineel, dus twee stereo-isomeren</p>  <p>2-methylepoxypropan het spiegelbeeld is identiek aan het origineel, geen asymmetrisch koolstofatoom, dus één stereo-isomeer</p>
3	G	Met cyclopenteen krijg je alleen pentaandial. Met pent-2-een krijg je ethanal en propanal. Met hex-3-een krijg je alleen propanal.

Reactiesnelheid en evenwicht

4	D	Bij verhoging van de temperatuur verschuift de ligging van het evenwicht naar de endotherme kant, dat is hier naar links. De reactie naar rechts is dus exotherm. De evenwichtsconstante wordt bij hogere temperatuur kleiner, dus is bij hogere temperatuur in het evenwicht minder H ₂ aanwezig dan bij lagere temperatuur.
5	F	Bij volumevergroting verschuift de ligging van een evenwicht waarbij gassen zijn betrokken naar de kant met het grootste aantal mol gas. Dat is het geval bij I en III.
6	A	De reactiesnelheid waarmee NH ₃ ontstaat, is $\frac{2}{3} \times 1,2 \cdot 10^{-3} = 8,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol s}^{-1}$.

Structuren en formules

7	B	Magnesiumsulfiet is MgSO ₃ . De stof bestaat uit Mg ²⁺ ionen en SO ₃ ²⁻ ionen. Tussen Mg ²⁺ en SO ₃ ²⁻ komt de ionbinding voor. In de SO ₃ ²⁻ ionen komen atoombindingen voor.
8	C	Een OF ₂ molecuul is, net als een H ₂ O molecuul, geknikt. De fluoratomen hebben een grotere elektronegativiteit dan het zuurstofatoom. Dus:
9	D	Het aantal valentie-elektronen van een S atoom is 6 en van de vijf O atomen $5 \times 6 = 30$. Twee elektronen extra zorgen voor de 2- lading. Dus in totaal worden in de lewisstructuur 38 elektronen weergegeven.

pH / zuur-base

10	E	Uit de K_z van NH ₄ ⁺ volgt: $\frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{K_z}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{5,6 \cdot 10^{-10}}{10^{-9,50}} = 1,77$ Dus percentage omgezet NH ₄ ⁺ = $\frac{1,77}{2,77} \times 100\% = 64\%$.
11	B	De natronloog bevat $200 \times 0,0657 = 13,14 \text{ mmol OH}^-$. Het zoutzuur bevat $140 \times 0,107 = 14,98 \text{ mmol H}^+$. Na de reactie van OH ⁻ met H ⁺ blijft $14,98 - 13,14 = 1,84 \text{ mmol H}^+$ over. $\text{pH} = -\log \frac{1,84 \text{ (mmol)}}{200 \text{ (mL)} + 140 \text{ (mL)} + 160 \text{ (mL)}} = 2,43$

Redox en elektrochemie

12	B	De reactievergelijking is: $2 \text{ClO}_2(\text{g}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{ClO}_2^-(\text{aq}) + \text{ClO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
13	C	Indium heeft de laagste V^0 waarde en is dus de reductor. Dan gaan de elektronen via stroomdraad van In naar Co. Dat is pijl b. De bronspanning is $V_{\text{ox}} - V_{\text{red}} = -0,28 \text{ V} - (-0,34 \text{ V}) = 0,06 \text{ V}$.

Rekenen

14	A	$\frac{5,00(\%) \times 1,00(\text{g mL}^{-1}) \times 10^3(\text{mL L}^{-1})}{100(\%) \times 60,0(\text{g mol}^{-1})} = 0,833(\text{mol L}^{-1})$
15	C	<p>Voorbeelden van een juiste berekening zijn:</p> <p>Stel er was x g zilver en y g Cu in de 3,00 g legering, dan is $x + y = 3,00$ (1).</p> <p>Er ontstaat $\frac{1}{3} \times \frac{x}{107,9}$ mol Ag_3PO_4 en dat is $\frac{1}{3} \times \frac{x}{107,9} \times 418,58$ g Ag_3PO_4 en</p> <p>$\frac{1}{3} \times \frac{y}{63,55}$ mol $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ en dat is $\frac{1}{3} \times \frac{y}{63,55} \times 380,59$ g $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$.</p> <p>Dus $\frac{1}{3} \times \frac{x}{107,9} \times 418,58 + \frac{1}{3} \times \frac{y}{63,55} \times 380,59 = 4,25$ (2).</p> <p>Oplossen van het stelsel van twee vergelijkingen (1) en (2) met twee onbekenden levert $x = 2,47$.</p> <p>Er zat dus 2,47 g zilver in de 3,00 g legering, dat is $\frac{2,47}{3,00} \times 100\% = 82\%$.</p> <p>En</p> <p>Wanneer het monster voor 100% uit zilver bestond, zou het residu uitsluitend uit Ag_3PO_4 bestaan en zou de massa $\frac{1}{3} \times \frac{3,00}{107,9} \times 418,58 = 3,88$ g zijn.</p> <p>Wanneer het monster voor 100% uit koper bestond, zou het residu uitsluitend uit $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ bestaan en zou de massa $\frac{1}{3} \times \frac{3,00}{63,55} \times 380,59 = 5,99$ g zijn.</p> <p>De massa van het residu is 4,25 g.</p> <p>Als het massapercentage Ag op y wordt gesteld, levert interpolatie</p> $\frac{4,25 - 3,88}{5,99 - 3,88} = \frac{100 - y}{100}$ <p>en $y = 82\%$.</p>

Thermochemie en Groene chemie

16	C	$\Delta H_{\text{reactie}} = \Delta H_{\text{vorming, epoxyethaan}} - \Delta H_{\text{vorming, etheen}}$ $\Delta H_{\text{vorming, epoxyethaan}} = \Delta H_{\text{reactie}} + \Delta H_{\text{vorming, etheen}} = -148 + (+52) = -96 \text{ kJ mol}^{-1}$																
17	D	<p>Uit 1 mol 2-chloor-2-methylbutaan ontstaat 0,77 mol 2-methylbut-2-een.</p> $m_{\text{beginstof}} = 5 \times 12,01 + 11 \times 1,008 + 35,45 = 106,59 \text{ g}$ $m_{\text{product}} = 0,77 \times (5 \times 12,01 + 10 \times 1,008) = 0,77 \times 70,13 = 54,00 \text{ g}$ <p>Dus $E\text{-factor} = \frac{106,59 - 54}{54} = 0,97$.</p>																
18	G	<p>Absolute waarden van de verbrandingswarmtes:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>in J mol^{-1}</th> <th>in J kg^{-1}</th> <th>in J m^{-3}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Methaan, CH_4</td> <td>$8,90 \cdot 10^5$</td> <td>$\frac{8,90 \cdot 10^5}{16,0} \times 10^3 = 5,56 \cdot 10^7$</td> <td>grootst</td> </tr> <tr> <td>Methanal, CH_2O</td> <td>$5,50 \cdot 10^5$</td> <td>$\frac{5,50 \cdot 10^5}{30,0} \times 10^3 = 1,83 \cdot 10^7$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Waterstof, H_2</td> <td>$2,86 \cdot 10^5$</td> <td>$\frac{2,86 \cdot 10^5}{2,02} \times 10^3 = 1,42 \cdot 10^8$ dus het grootst.</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>De verbrandingswarmte in J m^{-3} is evenredig met de verbrandingswarmte in J mol^{-1}, dus die van methaan is het grootst.</p>		in J mol^{-1}	in J kg^{-1}	in J m^{-3}	Methaan, CH_4	$8,90 \cdot 10^5$	$\frac{8,90 \cdot 10^5}{16,0} \times 10^3 = 5,56 \cdot 10^7$	grootst	Methanal, CH_2O	$5,50 \cdot 10^5$	$\frac{5,50 \cdot 10^5}{30,0} \times 10^3 = 1,83 \cdot 10^7$		Waterstof, H_2	$2,86 \cdot 10^5$	$\frac{2,86 \cdot 10^5}{2,02} \times 10^3 = 1,42 \cdot 10^8$ dus het grootst.	
	in J mol^{-1}	in J kg^{-1}	in J m^{-3}															
Methaan, CH_4	$8,90 \cdot 10^5$	$\frac{8,90 \cdot 10^5}{16,0} \times 10^3 = 5,56 \cdot 10^7$	grootst															
Methanal, CH_2O	$5,50 \cdot 10^5$	$\frac{5,50 \cdot 10^5}{30,0} \times 10^3 = 1,83 \cdot 10^7$																
Waterstof, H_2	$2,86 \cdot 10^5$	$\frac{2,86 \cdot 10^5}{2,02} \times 10^3 = 1,42 \cdot 10^8$ dus het grootst.																

Analyse

19	C	<p>Bij proef 1 ontstaat een gas. Dan vallen NaOH en Ba(OH)_2 af want daarbij ontstaat met zuur H_2O en geen CO_2 dat wel ontstaat bij de volgende reacties:</p> $2 \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow 3 \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2(\text{g})$ $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{HCO}_3^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2(\text{g})$ <p>Bij proef 2 ontstaat geen neerslag, dus $\text{Pb(HCO}_3)_2$ valt af want dat zou PbI_2 als neerslag geven en K_2CO_3 valt af want dat zou BaCO_3 als neerslag geven.</p>
20	F	<p>In spectrum 2 is $m/z = 69$ een aanwijzing voor CF_3^+ en die komt alleen voor in 1,1,1,2-tetrafluorethaan.</p> <p>In spectrum 3 is $m/z = 30$ een aanwijzing voor CH_2NH_2^+. Deze kan alleen voorkomen bij pentaan-1,5-diamine.</p> <p>De piek bij $m/z = 51$ geeft ook een aanwijzing voor 1,1,2,2-tetrafluorethaan. Dit is namelijk CHF_2^+ en die is het meest waarschijnlijk bij 1,1,2,2-tetrafluorethaan.</p> <p>Bij spectrum 1 is de piek bij $m/z = 51$ relatief het grootst, dus dit zal 1,1,2,2 tetrafluorethaan zijn.</p>

Open opgaven

(totaal 37 punten)

■ Opgave 2 Goud in oplossing

19 punten

□1 Maximumscore 3

$$\text{pH} = -\log \frac{3,0 \times 12 + 1,0 \times 15}{4,0} = -1,11$$

· berekening van de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ in koningswater (is gelijk aan de gemiddelde molariteit):

$$\frac{3,0 \times 12 + 1,0 \times 15}{4,0}$$

1

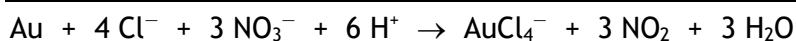
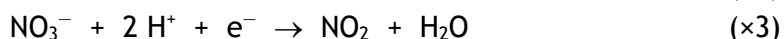
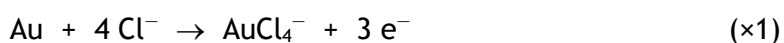
· berekening van de pH

1

· significantie juist

1

□2 Maximumscore 3



· de vergelijking van de halfreactie van Au juist

1

· de vergelijking van de halfreactie van NO_3^- juist

1

· juist optellen van beide vergelijkingen van de halfreacties

1

□3 Maximumscore 1

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

De V^0 waardes gelden voor oplossingen die 1,00 M zijn. De molariteit van het salpeterzuur in koningswater is veel hoger.

Opmerking

Wanneer een antwoord is gegeven als: „De V^0 waardes gelden bij een temperatuur van 298 K; misschien is de temperatuur tijdens de reactie waarbij het goud met koningswater reageert anders.”, dit goed rekenen.

□4 Maximumscore 3



· Au balans juist

1

· Cl balans juist

1

· ladingsbalans juist

1

Indien de volgende vergelijking is gegeven:



1

- 5 Maximumscore 3
- $$[\text{AuCl}_4^-] = \frac{(5,34 \times 0,0100)}{10,00} = 2,67 \cdot 10^{-3} \text{ (mol L}^{-1}\text{)}$$
- berekening van het aantal mmol $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ dat voor de titratie is gebruikt: 5,34 (mL) vermenigvuldigen met 0,0100 (mmol L^{-1}) 1
 - berekening van het aantal mmol AuCl_4^- in de onderzochte oplossing (is gelijk aan het aantal mmol I_2 dat is ontstaan): het aantal mmol $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ dat voor de titratie is gebruikt, delen door 2 1
 - berekening van de $[\text{AuCl}_4^-]$ in de onderzochte oplossing: het aantal mmol AuCl_4^- in de onderzochte oplossing delen door 10,00 (mL) 1
- 6 Maximumscore 2
- Een voorbeeld van een juist antwoord is:
 Na afloop van de titratie is alle Au in het Aul beland, dus het aantal mmol Aul is de som van het aantal mmol AuCl_2^- en het aantal mmol AuCl_4^- in het monster van 10,00 mL.
- notie dat na afloop van de titratie alle Au in het Aul terecht is gekomen 1
 - conclusie 1
- 7 Maximumscore 2
- Een voorbeeld van een juist antwoord is:
 De oplossing moet elektrisch neutraal zijn, dus geldt:
 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{AuCl}_2^-] + [\text{AuCl}_4^-] + [\text{Cl}^-]$
- de oplossing moet elektrisch neutraal zijn 1
 - conclusie 1
- 8 Maximumscore 2
- Een voorbeeld van een juist antwoord is:
 Nee, want goud is een vaste stof en een vaste stof wordt niet in de concentratiebreuk/evenwichtsvoorwaarde opgenomen.
- goud is een vaste stof 1
 - vaste stoffen worden niet in de concentratiebreuk/evenwichtsvoorwaarde opgenomen en conclusie 1
- Indien een antwoord is gegeven als: „Nee, want goud is een vaste stof en een vaste stof wordt niet in de evenwichtsconstante opgenomen.” 1
- Opmerking*
 Wanneer een antwoord is gegeven als: „Nee, want goud is een vaste stof en van een vaste stof kun je de concentratie in de oplossing niet bepalen.”, dit goed rekenen.

Opgave 3 Klikchemie

18 punten

□9 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Het zijn geen stereo-isomeren, want de groep R₁ zit op verschillende plaatsen in beide moleculen.

- de groep R₁ zit op verschillende plaatsen in beide moleculen 1
- conclusie 1

□10 Maximumscore 5

Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

$$\frac{11}{\frac{1,6}{2,6} \times \left(10 + \frac{133,16}{132,15} \times 10 \right)} \times 100\% = 89\%$$

- berekening van de molaire massa's van het alkyn (132,15 g mol⁻¹) en het azide (133,16 g mol⁻¹) 1
- berekening van het aantal g azide dat met 10 g alkyn reageert: de molaire massa van het azide delen door de molaire massa van het alkyn en het quotiënt vermenigvuldigen met 10 (g) 1
- berekening van de totale massa van de producten die ontstaan bij 100% omzetting (is gelijk aan de totale massa van de beginstoffen): 10 (g) optellen bij het aantal g azide dat met 10 g alkyn reageert 1
- berekening van het aantal g *anti*-product dat ontstaat bij 100% omzetting: de totale massa van de producten die ontstaan bij 100% omzetting vermenigvuldigen met 1,6 en delen door 2,6 1
- berekening van het omzettingspercentage: 11 (g) delen door het aantal g *anti*-product dat ontstaat bij 100% omzetting en vermenigvuldigen met 100% 1

en

$$\frac{11 + \frac{11}{1,6}}{10 + \frac{133,16}{132,15} \times 10} \times 100\% = 89\%$$

- berekening van de molaire massa's van het alkyn (132,15 g mol⁻¹) en het azide (133,16 g mol⁻¹) 1
- berekening van het aantal g azide dat met 10 g alkyn reageert: de molaire massa van het azide delen door de molaire massa van het alkyn en het quotiënt vermenigvuldigen met 10 (g) 1
- berekening van de totale massa van de producten die ontstaan bij 100% omzetting (is gelijk aan de totale massa van de beginstoffen): 10 (g) optellen bij het aantal g azide dat met 10 g alkyn reageert 1
- berekening van het aantal g *syn*-product dat in werkelijkheid is ontstaan: 11 (g) delen 1,6 1
- berekening van het omzettingspercentage: het aantal g *syn*-product dat in werkelijkheid is ontstaan, optellen bij 11 (g) en de som delen door de totale massa van de beginstoffen en het quotiënt vermenigvuldigen met 100% 1

en

Er reageert $\frac{10}{132,15}$ mol alkyn. Bij 100% omzetting moet dus ook in totaal $\frac{10}{132,15}$ mol

anti-product en *syn*-product ontstaan. Stel dat x mol *syn*-product ontstaat, dan ontstaat $1,6x$ mol *anti*-product.

Dus $\frac{10}{132,15} = 1,6x + x$, dit levert $x = 0,0291$. Bij 100% omzetting ontstaat dus

$1,6 \times 0,0291$ mol *anti*-product. Dat is $1,6 \times 0,0291 \times 265,31 = 12,4$ g.

Er is ontstaan 11 g, dus het omzettingspercentage was $\frac{11}{12,4} \times 100\% = 89\%$.

- berekening van de molaire massa's van het alkyn ($132,15 \text{ g mol}^{-1}$) en het product ($265,31 \text{ g mol}^{-1}$) 1
- berekening van het totaal aantal mol *anti*- en *syn*-product dat ontstaat (is gelijk aan het aantal mol alkyn dat reageert): 10 (g) delen door de molaire massa van het alkyn 1
- berekening van het aantal mol *syn*-product dat ontstaat bij 100% omzetting: x oplossen uit $\frac{10}{132,15} = 1,6x + x$ 1
- berekening van het aantal g *anti*-product dat ontstaat bij 100% omzetting: het aantal mol *syn*-product dat ontstaat bij 100% omzetting vermenigvuldigen met 1,6 en met de molaire massa van het product 1
- berekening van het omzettingspercentage: 11 (g) delen door het aantal g *anti*-product dat ontstaat bij 100% omzetting en vermenigvuldigen met 100% 1

□11 Maximumscore 2

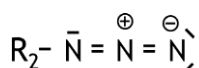
Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Uitgangspunt 2: Bij de reactie zonder katalysator worden twee producten gevormd. De atomeconomie is dus lager dan 100%. Bij de reactie met katalysator komen alle atomen in het product terecht. De atomeconomie is dan 100%.

Uitgangspunt 6: De reactie met katalysator (duurt korter en) wordt bij lagere temperatuur uitgevoerd dan de reactie zonder katalysator.

- argument voor uitgangspunt 2 juist 1
- argument voor uitgangspunt 6 juist 1

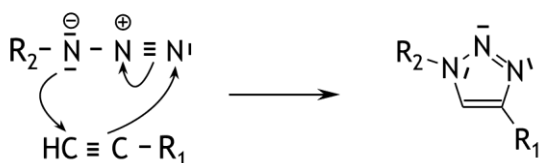
□12 Maximumscore 2



- tussen het linker en het middelste N atoom een dubbele binding en tussen het middelste en rechter N atoom een dubbele binding 1
- niet-bindende elektronenparen en ladingen op de juiste plek 1

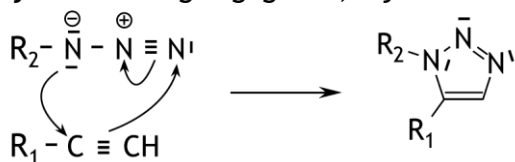
□13 Maximumscore 4

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- kromme pijl van het linker stikstofatoom (in het azide) naar het linker koolstofatoom (in het alkyn) 1
- kromme pijl van de drievoudige binding in het alkyn naar het rechter stikstofatoom (in het azide) 1
- kromme pijl van de N≡N naar het middelste stikstofatoom 1
- niet-bindende elektronenparen in het product juist weergegeven 1

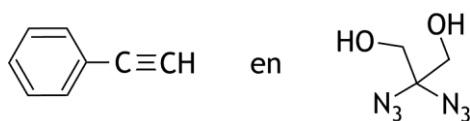
Indien in een overigens juist antwoord het mechanisme voor de vorming van de *syn*-verbinding is gegeven, bijvoorbeeld:



3

□14 Maximumscore 3

De gebruikte stoffen zijn:



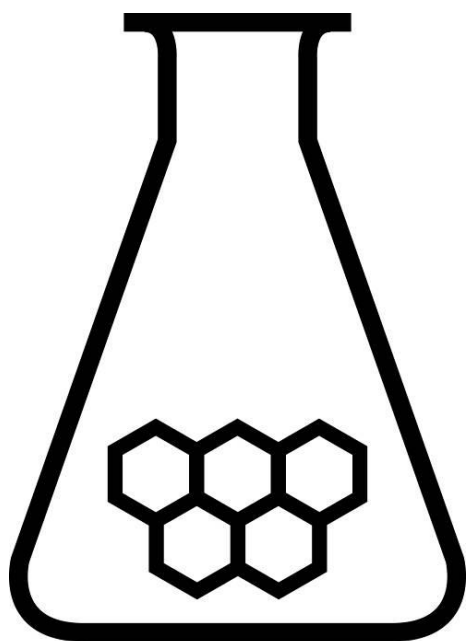
Er is gebruik gemaakt van een koper(I)katalysator.

- structuur van het alkyn juist 1
- structuur van het diazide juist 1
- er is gebruik gemaakt van een koper(I)katalysator 1

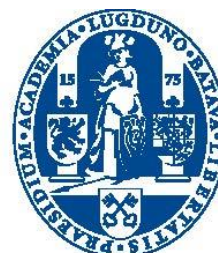
SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2023

CORRECTIEMODEL VOORRONDE 2

af te nemen in de periode van
20 maart tot en met 24 maart



SCHEIKUNDE OLYMPIADE




Universiteit Leiden

- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 8 onderwerpen en 3 opgaven met in totaal 17 open vragen.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 94 punten.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e druk of ScienceData 1^e druk.
- Bij elke vraag is het aantal punten vermeld dat een juist antwoord op die vraag oplevert.
- Bij de correctie van het werk moet bijgaand antwoordmodel worden gebruikt. Daarnaast gelden de algemene regels, zoals die bij de correctievoorschriften voor het CE worden verstrekt.

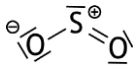
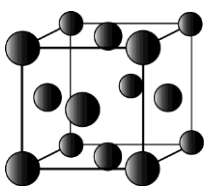
Opgave 1 Meerkeuzevragen**(totaal 40 punten)**

per juist antwoord: 2 punten

Koolstofchemie

1	I	De enkelvoudige bindingen tussen de C atomen en de H atomen zijn σ -bindingen, evenals de enkelvoudige bindingen tussen twee C atomen, tussen de C atomen en de O atomen van de OH groepen en tussen de O atomen en de H atomen. De dubbele binding tussen de C atomen bestaat uit een σ -binding en een π -binding. De dubbele bindingen tussen de C atomen en de O atomen bestaan uit een σ -binding en een π -binding.
2	D	Een H atoom wordt vervangen door een  groep.
3	B	Methode I is een nucleofiele substitutiereactie van het fenolaat op het broommethaan. Methode II zou ook een nucleofiele substitutiereactie zijn, van methanolaat aan de benzeenring, maar bij een benzeenring treedt alleen elektrofile substitutie op.

Structuren en formules

4	D	
5	B	De structuur van de FCC eenheidscel is:  De eenheidscel bevat $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ atomen. Als de ribbe van de eenheidscel op a m wordt gesteld, is de dichtheid $\frac{4 \times 197,0 \times 1,66 \cdot 10^{-27}}{a^3} = 19,3 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$. Dat levert $a = 4,08 \cdot 10^{-10} \text{ m}$. De kleinste afstand tussen twee goudkernen is dan de helft van de diagonaal van een vlak van de kubus, dus $\frac{4,08 \cdot 10^{-10}}{\sqrt{2}} = 2,88 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.
6	I	Het zuurstofatoom in het alcoholmolecuul heeft twee bindingen en twee vrije elektronenparen. Het is dus sp^3 gehybridiseerd. Het zuurstofatoom in het intermediair heeft drie bindingen en één vrij elektronenpaar. Het is dus ook sp^3 gehybridiseerd.
7	D	Zuurstof staat in periode 2, dus $n = 2$ en $l = 0$ of $l = 1$. Als $l = 0$ kan m_l niet -1 zijn.

Thermochemie

8	B	$\Delta H = -(-1,105 \cdot 10^5) - (-2,42 \cdot 10^5) + (-3,935 \cdot 10^5) = -0,41 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$, dit is negatief, dus de reactie is exotherm. Als de reactie spontaan optreedt, moet $\Delta G < 0$ zijn, dus moet $\Delta H - T\Delta S < 0$. Bij 1200 K is $\Delta H - T\Delta S = -0,41 \cdot 10^5 - 1200 \times (-42) = 9,4 \cdot 10^3 \text{ J mol}^{-1}$. Dit is groter dan nul en bij nog hogere temperaturen wordt ΔG nog groter.
9	D	$\Delta G^0 = -nF\Delta E^0 = -RT \ln K; n = 2 \text{ en } \Delta E^0 = (0,77 - 0,54) = 0,23 \text{ V, dus}$ $K = e^{\frac{nF\Delta E^0}{RT}} = e^{\frac{2 \times 9,649 \cdot 10^4 \times 0,23}{8,314 \times 298}} = 6,0 \cdot 10^7.$

Redox en elektrochemie

10	D	De vergelijking van de halfreactie is: $\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{H} - \text{C} - & \text{C} - \text{OH} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array} + 5 \text{ OH}^- \longrightarrow \begin{array}{c} \text{H} & \text{O} \\ & // \\ \text{H} - \text{C} - & \text{C} \\ & \backslash \\ \text{H} & \text{O}^\ominus \end{array} + 4 \text{ H}_2\text{O} + 4 \text{ e}^-$
11	E	De sterkste oxidator (Cu^{2+}) en de sterkste reductor (Br^-) reageren het eerst.

pH / zuur-base

12	C	Bij zeer hoge pH komt glycine voor als $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COO}^-$. Als de pH daalt, wordt een H^+ gebonden aan de groep die het sterkst basisch is, dat is de NH_2 groep ($\text{p}K_b = 4,22$, terwijl de $\text{p}K_b$ van de COO^- groep gelijk is aan $14,00 - 2,35 = 11,65$). Bij $\text{pH} = 4,60$ geldt voor het evenwicht $^+\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COOH} \rightleftharpoons ^+\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COO}^- + \text{H}^+$ $\text{p}K_z = \text{pH} - \log \frac{\text{aantal mol } ^+\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-}{\text{aantal mol } ^+\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COOH}}$, ingevuld: $2,35 = 4,60 - \log \frac{\text{aantal mol } ^+\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-}{\text{aantal mol } ^+\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COOH}}$, dus $\log \frac{\text{aantal mol } ^+\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-}{\text{aantal mol } ^+\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COOH}} = 4,60 - 2,35 = 2,25$ Dus aantal mol $^+\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COO}^- \gg$ aantal mol $^+\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$. Bij nog lagere pH waarden wordt ook de COO^- groep geprotoneerd. Bij $\text{pH} < 2,35$ komt glycine vooral als $^+\text{NH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ voor.
----	---	--

13	D	<p>0,020 mol OH⁻ reageert met 0,020 mol CH₃CHOHCOOH tot 0,020 mol CH₃CHOHCOO⁻. Na de reactie is dus 0,100 – 0,020 = 0,080 mol CH₃CHOHCOOH aanwezig en 0,120 + 0,020 = 0,140 mol CH₃CHOHCOO⁻, dus er is een bufferoplossing ontstaan.</p> <p>Dus $[H_3O^+] = K_z \times \frac{\text{aantal mol CH}_3\text{CHOHCOOH}}{\text{aantal mol CH}_3\text{CHOHCOO}^-} = 1,4 \cdot 10^{-4} \times \frac{0,080}{0,140} = 8,0 \cdot 10^{-5}$</p> <p>en pH = –log8,0·10⁻⁵ = 4,10.</p>
----	---	--

Rekenen

14	B	<p>600 mg Fe₂O₃ is $\frac{600}{159,69}$ mmol en daarin zit $2 \times \frac{600}{159,69} = 7,51$ mmol Fe en</p> <p>$3 \times \frac{600}{159,69} = 11,27$ mmol O.</p> <p>In 22,6 mg H₂O zit $\frac{22,6}{18,015} = 1,25$ mmol O, dus is er 11,27 – 1,25 = 10,02 mmol O over.</p> <p>De verhouding Fe : O is dus 7,51 : 10,02 = 3 : 4.</p>
15	D	<p>200 °C is 473 K, 3,00 atm is 3,00 × 1,01·10⁵ Pa en 2,16 g dm⁻³ is 2,16·10³ g m⁻³.</p> <p>Stel de molaire massa is M g mol⁻¹, dan zit in 1,00 m³ van het gas $\frac{2,16 \cdot 10^3}{M}$ mol.</p> <p>Volgens de ideale gaswet geldt $pV = nRT$ of $3,03 \cdot 10^5 \times 1,00 = \frac{2,16 \cdot 10^3}{M} \times 8,314 \times 473$ of</p> <p>$M = \frac{2,16 \cdot 10^3}{3,03 \cdot 10^5 \times 1,00} \times 8,314 \times 473 = 28,0$ g mol⁻¹.</p> <p>Dat is de molaire massa van stikstof, N₂.</p>

Reactiesnelheid en evenwicht

16	C	<p>Als stap 2 snelheidsbepalend is, is $s = k_2[N_2O_2][H_2]$</p> <p>Uit de evenwichtsvoorwaarde $\frac{[N_2O_2]}{[NO]^2} = K$ voor stap 1 volgt $[N_2O_2] = K[NO]^2$.</p> <p>Dus $s = k_2K[NO]^2[H_2]$ wat in overeenstemming is met de gegeven reactiesnelheidsvergelijking met $k = k_2K$.</p>
17	B	<p>$[Ba^{2+}] = \frac{50 \times 0,010}{50 + 50} = 0,0050$ mol L⁻¹ en $[F^-] = \frac{2 \times 50 \times 0,015}{50 + 50} = 0,015$ mol L⁻¹</p> <p>$K_s = [Ba^{2+}][F^-]^2 = 0,0050 \times (0,015)^2 = 1,1 \cdot 10^{-6}$</p>

18	D	$\text{Br}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2 \text{BrCl}$															
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; padding: 5px;">begin</td> <td style="width: 30%; text-align: center; padding: 5px;">1,00 mol</td> <td style="width: 10%; text-align: center; padding: 5px;">+</td> <td style="width: 30%; text-align: center; padding: 5px;">1,00 mol</td> <td style="width: 15%; text-align: center; padding: 5px;">0,00</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">omgezet/gevormd</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">x mol</td> <td></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">x mol</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">$2x$ mol</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">evenwicht</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">$(1,00 - x)$ mol</td> <td></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">$(1,00 - x)$ mol</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">$2x$ mol</td> </tr> </table>	begin	1,00 mol	+	1,00 mol	0,00	omgezet/gevormd	x mol		x mol	$2x$ mol	evenwicht	$(1,00 - x)$ mol		$(1,00 - x)$ mol	$2x$ mol
		begin	1,00 mol	+	1,00 mol	0,00											
omgezet/gevormd	x mol		x mol	$2x$ mol													
evenwicht	$(1,00 - x)$ mol		$(1,00 - x)$ mol	$2x$ mol													
<p> $K = \frac{[\text{BrCl}]^2}{[\text{Br}_2][\text{Cl}_2]} = \frac{\left(\frac{2x}{V}\right)^2}{\left(\frac{1,00 - x}{V}\right)^2} = 6,80, \text{ of } \frac{(2x)^2}{(1,00 - x)^2} = 6,80, \text{ hieruit volgt } x = 0,566.$ </p> <p> Er is dus gevormd $2 \times 0,566$ mol BrCl, dat is $2 \times 0,566 \times 115,35$ g BrCl. De totale massa is $1,00 \times 2 \times 79,90 + 1,00 \times 2 \times 35,45 = 230,7$ g, dus het massapercentage BrCl is $\frac{2 \times 0,566 \times 115,35}{230,7} \times 100 = 56,6\%$. </p>																	

Analyse

19	C	<p>Het toevoegen van zoutzuur zorgt bij de carbonaten voor gasontwikkeling en bij het hydroxide niet. Met zoutzuur ontstaat geen neerslag met bariumcarbonaat en ook niet met zinkcarbonaat.</p> <p>Het negatieve ion SO_4^{2-} van zwavelzuur geeft met Ba^{2+} en Ca^{2+} een neerslag en niet met Zn^{2+}. Met zwavelzuur geeft bariumcarbonaat gasontwikkeling en calciumhydroxide niet.</p>
20	A	<p>Doordat de cuvet niet wordt voorgespoeld met de te meten oplossing wordt door verdunning een kleinere extinctie gemeten en dus een kleinere concentratie gevonden. Bij een hogere golflengte dan λ_{max} is de extinctie kleiner. Wanneer dan wordt gerekend met de kleinere ϵ (molare extinctiecoëfficiënt) die bij die hogere golflengte hoort, komt de leerling uit op een zelfde concentratie als de werkelijke. Wanneer zou worden gerekend met ϵ die bij λ_{max} hoort, komt de leerling uit op kleinere concentratie dan de werkelijke.</p>

Open opgaven

(totaal 54 punten)

■ Opgave 2 Methylnitriid

25 punten

□1 Maximumscore 2

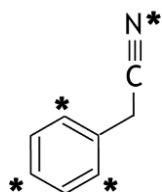
- in reactie 1 1
- in reactie 3 1

Opmerking

Wanneer een onjuiste reactie is genoemd, een punt aftrekken - de minimumscore voor deze vraag is 0 punten.

□2 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- sterretjes bij de drie koolstofatomen van de benzeenring juist 1
- sterretje bij het N atoom van de cyanidegroep 1

Opmerkingen

- Wanneer een sterretje bij een onjuist atoom van de benzeenring is geplaatst, de eerste deelscore niet toekennen.
- Wanneer ook een sterretje is geplaatst bij het C atoom van de cyanidegroep, de tweede deelscore niet toekennen.
- Wanneer ook een sterretje is geplaatst bij het C atoom waar de minlading in de gegeven structuurformule was getekend, dit niet aanrekenen.

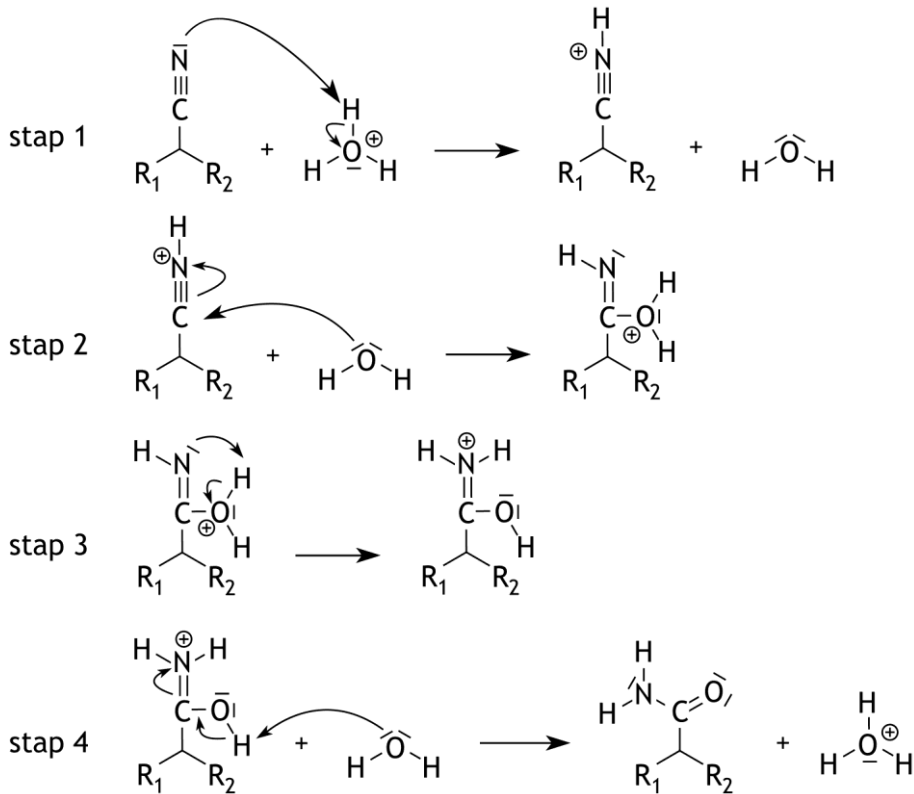
□3 Maximumscore 2

De reactie van het negatieve ion van **1** met een molecuul **2** onder vorming van een molecuul **3** is een *substitutiereactie* waarbij het negatieve ion van **1** fungeert als *nucleofiel* deeltje.

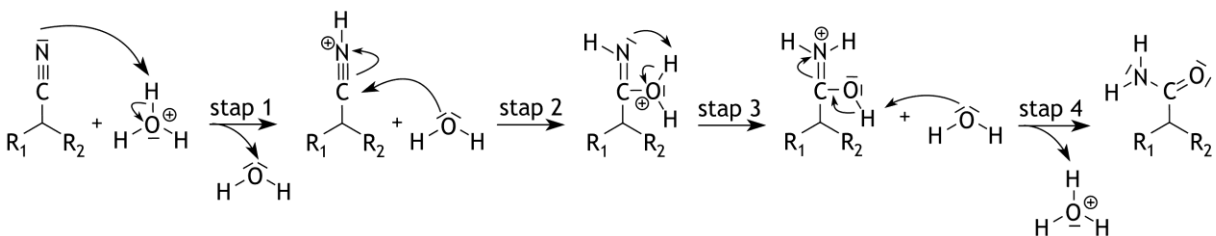
- substitutiereactie 1
- nucleofiel 1

□4 Maximumscore 8

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:



en



- in stap 1 de pijlen juist getekend 1
- in stap 1 de lewisstructuren en ladingen juist 1
- in stap 2 de pijlen juist getekend 1
- juiste lewisstructuur en lading na stap 2 1
- in stap 3 de pijlen juist getekend 1
- juiste lewisstructuur en lading na stap 3 1
- in stap 4 de pijlen juist getekend 1
- juiste lewisstructuren en lading na stap 4 1

Indien in een overigens juist antwoord één of meer pijlen ‘verkeerd-om’ staan 7

Opmerking

Wanneer in stap 1 rechts van de pijl H_2O niet is vermeld en/of in stap 4 rechts van de pijl H_3O^+ niet is vermeld, dit niet aanrekenen.

□5 Maximumscore 6

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:

De energieverandering bij de hydrogenering van 2 mol C = C bindingen en 1 mol C = N bindingen is:

$$2 \times (-BE_{C=C} - BE_{H-H} + BE_{C-C} + 2 \times BE_{C-H}) + (-BE_{C=N} - BE_{H-H} + BE_{C-N} + BE_{C-H} + BE_{N-H}) = 2 \times \{ -(-6,1 \cdot 10^5) - (-4,36 \cdot 10^5) + (-3,5 \cdot 10^5) + 2 \times (-4,1 \cdot 10^5) \} + \{ -(-6,2 \cdot 10^5) - (-4,36 \cdot 10^5) + (-2,8 \cdot 10^5) + (-4,1 \cdot 10^5) + (-3,9 \cdot 10^5) \} = -2,7 \cdot 10^5 \text{ J.}$$

Dus de hydrogeneringsenergie van een mol pyridine-ringen is

$$-2,7 \cdot 10^5 + 1,07 \cdot 10^5 = -1,6 \cdot 10^5 \text{ J.}$$

Dit is minder dan de $2,1 \cdot 10^5 \text{ J}$ die vrijkomt bij de hydrogenering van een mol benzeenringen.

- notie dat twee mol C = C bindingen en één mol C = N bindingen worden verbroken 1
- notie dat drie mol H – H bindingen worden verbroken 1
- notie dat twee mol C – C bindingen en één mol C – N bindingen worden gevormd 1
- notie dat vijf mol C – H bindingen en één mol N – H bindingen worden gevormd 1
- juiste sommatie van de bindingsenergieën 1
- berekening van de hydrogeneringsenergie van een mol pyridine-ringen en conclusie 1

□6 Maximumscore 1

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- De activeringsenergie voor de hydrogenering van benzeenringen is groter dan die voor de hydrogenering van pyridine-ringen.
- De katalysator is specifiek voor de hydrogenering van de pyridine-ring.

□7 Maximumscore 2

- P is H_3O^+ 1
 - Q is NH_4^+ 1
- Indien het antwoord P is H_2O en Q is NH_3 is gegeven 1

□8 Maximumscore 2

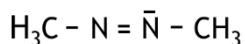
- R is CH_3OH 1
- S is H_2O 1

Opgave 3 De ontleding van azomethaan

14 punten

□9 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- enkelvoudige bindingen tussen N en C en dubbele binding tussen beide N atomen 1
- niet-bindende elektronenparen op beide N atomen 1

Opmerking

Wanneer het volgende antwoord is gegeven: $\text{CH}_3 - \underline{\text{N}} = \bar{\text{N}} - \text{CH}_3$, dit goed rekenen.

□10 Maximumscore 3

De stikstofatomen hebben een trigonale omringing.

Rondom de dubbele binding tussen de beide N atomen is geen vrije draaibaarheid / de dubbele binding is star, dus zijn er twee *cis-trans* isomeren.

- de stikstofatomen hebben een trigonale omringing 1
- er is geen vrije draaibaarheid rondom de dubbele binding tussen de beide N atomen / de dubbele binding is star 1
- conclusie 1

Opmerking

Wanneer een antwoord is gegeven als: „De volgende stereo-isomeren / *cis-trans* isomeren

zijn mogelijk: $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{N}=\text{N} \\ \diagup \\ \text{CH}_3 \end{array}$ en $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{N}=\text{N} \end{array}$.”, dit goed rekenen.

□11 Maximumscore 7

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

Voor een eerste orde reactie geldt $\ln \frac{[C_2H_6N_2]_0}{[C_2H_6N_2]_t} = kt$.

Voor gassen is de partiële druk evenredig met de concentratie, dus geldt ook

$$\ln \frac{(p_{C_2H_6N_2})_0}{(p_{C_2H_6N_2})_t} = kt \text{ of } k = \frac{\ln \frac{(p_{C_2H_6N_2})_0}{(p_{C_2H_6N_2})_t}}{t}.$$

Uit 1 mol gas ontstaan 2 mol gas, dus $(p_{C_2H_6N_2})_0 = \frac{(p_{C_2H_6N_2})_\infty}{2} = \frac{1,144 \cdot 10^5}{2} = 0,572 \cdot 10^5$ Pa.

Als op tijdstip t tijdens de reactie de partiële druk van $C_2H_6N_2$ met x Pa is gedaald, zijn de partiële drukken van C_2H_6 en N_2 met x Pa gestegen, de totaal druk is dan $(0,572 \cdot 10^5 + x)$ Pa, dus $(p_{C_2H_6N_2})_t = 0,572 \cdot 10^5 - x$.

Na 10,0 min is $p_{\text{totaal}} = 0,656 \cdot 10^5$ Pa, dus $x = 0,656 \cdot 10^5 - 0,572 \cdot 10^5 = 0,084 \cdot 10^5$ Pa en

$(p_{C_2H_6N_2})_{10,0} = 0,572 \cdot 10^5 - 0,084 \cdot 10^5 = 0,488 \cdot 10^5$ Pa en

$$\frac{\ln \frac{(p_{C_2H_6N_2})_0}{(p_{C_2H_6N_2})_{10,0}}}{10,0} = \frac{\ln \frac{0,572 \cdot 10^5}{0,488 \cdot 10^5}}{10,0} = 0,0159.$$

Na 21,0 min is $p_{\text{totaal}} = 0,732 \cdot 10^5$ Pa, dus $x = 0,732 \cdot 10^5 - 0,572 \cdot 10^5 = 0,160 \cdot 10^5$ Pa en

$(p_{C_2H_6N_2})_{21,0} = 0,572 \cdot 10^5 - 0,160 \cdot 10^5 = 0,412 \cdot 10^5$ Pa en

$$\frac{\ln \frac{(p_{C_2H_6N_2})_0}{(p_{C_2H_6N_2})_{21,0}}}{21,0} = \frac{\ln \frac{0,572 \cdot 10^5}{0,412 \cdot 10^5}}{21,0} = 0,0156.$$

Na 35,0 min is $p_{\text{totaal}} = 0,813 \cdot 10^5$ Pa, dus $x = 0,813 \cdot 10^5 - 0,572 \cdot 10^5 = 0,241 \cdot 10^5$ Pa en

$(p_{C_2H_6N_2})_{35,0} = 0,572 \cdot 10^5 - 0,241 \cdot 10^5 = 0,331 \cdot 10^5$ Pa en

$$\frac{\ln \frac{(p_{C_2H_6N_2})_0}{(p_{C_2H_6N_2})_{35,0}}}{35,0} = \frac{\ln \frac{0,572 \cdot 10^5}{0,331 \cdot 10^5}}{35,0} = 0,0156.$$

Er komt drie keer (vrijwel) hetzelfde uit voor $\frac{\ln \frac{(p_{C_2H_6N_2})_0}{(p_{C_2H_6N_2})_t}}{t}$, dus de reactie is van de eerste orde.

$$k = \frac{0,0159 + 0,0156 + 0,0156}{3} = 0,0157 \text{ min}^{-1}.$$

$$\text{In SI eenheden: } k = \frac{0,0157}{60} = 2,62 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}.$$

- notie dat voor de eerste orde reactie geldt $\ln \frac{(p_{\text{C}_2\text{H}_6\text{N}_2})_0}{(p_{\text{C}_2\text{H}_6\text{N}_2})_t} = kt$ of $k = \frac{\ln \frac{(p_{\text{C}_2\text{H}_6\text{N}_2})_0}{(p_{\text{C}_2\text{H}_6\text{N}_2})_t}}{t}$ 1
 - berekening van $(p_{\text{C}_2\text{H}_6\text{N}_2})_0$: $1,144 \cdot 10^5$ Pa delen door 2 1
 - notie dat de toename van de totaal druk gelijk is aan de afname van $(p_{\text{C}_2\text{H}_6\text{N}_2})$ 1
 - berekening van $(p_{\text{C}_2\text{H}_6\text{N}_2})_{10,0}$, $(p_{\text{C}_2\text{H}_6\text{N}_2})_{21,0}$ en $(p_{\text{C}_2\text{H}_6\text{N}_2})_{35,0}$ 1
 - berekening van $\frac{\ln \frac{(p_{\text{C}_2\text{H}_6\text{N}_2})_0}{(p_{\text{C}_2\text{H}_6\text{N}_2})_t}}{t}$ voor $t = 10,0$ min, $t = 21,0$ min en $t = 35,0$ min en conclusie dat het een eerste orde reactie is 1
 - berekening van k : het gemiddelde van de uitkomsten van $\frac{\ln \frac{(p_{\text{C}_2\text{H}_6\text{N}_2})_0}{(p_{\text{C}_2\text{H}_6\text{N}_2})_t}}{t}$ voor $t = 10,0$ min, $t = 21,0$ min en $t = 35,0$ min 1
 - juiste eenheid van k vermeld 1
- Indien in een overigens juist antwoord k slechts voor één tijdstip is berekend (en dus niet is aangetoond dat het een eerste orde reactie is) 5

Opmerkingen

- Wanneer de eenheid in min^{-1} is gegeven, dit niet aanrekenen.
- Wanneer met behulp van de gegevens op twee tijdstippen is aangetoond dat de reactie van de eerste orde is en voor de berekening van k het gemiddelde van de

beide uitkomsten van $\frac{\ln \frac{(p_{\text{C}_2\text{H}_6\text{N}_2})_0}{(p_{\text{C}_2\text{H}_6\text{N}_2})_t}}{t}$ is genomen, dit niet aanrekenen.

□12 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Je moet de reactiesnelheidsconstante bij nog een temperatuur bepalen en dan de wet van Arrhenius toepassen.

- de reactiesnelheidsconstante bij nog een temperatuur bepalen 1
- de wet van Arrhenius toepassen 1

■ Opgave 4 Superfosfaat

15 punten

□13 Maximumscore 3



- juiste formules met juiste toestandsaanduidingen aan de juiste kant van de pijl 1
- P balans en F balans juist 1
- Ca balans, H balans, S balans en O balans juist 1

□14 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\frac{3 \times 234,05}{3 \times 234,05 + 7 \times 136,14} \times 10^2 = 42 \text{ (massa\%)}$$

- berekening van de molaire massa van $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$: $234,05 \text{ g mol}^{-1}$ 1
- berekening van de som van de massa van 3 mol $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ en 7 mol CaSO_4 1
- rest van de berekening en de uitkomst afgerond op een geheel getal 1

Opmerkingen

- Wanneer een onjuist antwoord op vraag 14 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 13 en in dit onjuiste antwoord op vraag 13 de molverhouding $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 : \text{CaSO}_4$ niet gelijk is aan 1 : 1, dit niet aanrekenen.
- Wanneer in vraag 14 is gerekend met de molverhouding $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 : \text{CaSO}_4 = 1 : 1$, mag het tweede scorepunt niet worden toegekend.

□15 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan als volgt geformuleerd zijn:

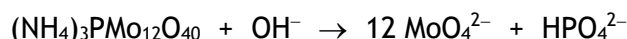
Door het oplossen van $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ neemt de $[\text{Ca}^{2+}]$ toe. Daardoor verschuift het oplosevenwicht van CaSO_4 naar links (en lost er minder op).

- door het oplossen van $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ neemt de $[\text{Ca}^{2+}]$ toe 1
- daardoor verschuift het oplosevenwicht van CaSO_4 naar links 1

Indien een antwoord is gegeven als: „Door het oplossen van $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ bevat de oplossing al zoveel ionen dat er minder Ca^{2+} en SO_4^{2-} bij kunnen.” 1

□16 Maximumscore 3

Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:



Het aantal minladingen rechts van de pijl is $12 \times 2 + 2 = 26$.

Dus er reageert 26 mol OH^- met 1 mol $(\text{NH}_4)_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$.

- per mol $(\text{NH}_4)_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$ ontstaan 12 mol MoO_4^{2-} en 1 mol HPO_4^{2-} 1
- berekening van het aantal minladingen rechts van de pijl 1
- aantal OH^- gelijkgesteld aan het aantal minladingen rechts van de pijl 1

Indien een antwoord is gegeven als: „Rechts van de pijl staan MoO_4^{2-} en HPO_4^{2-} , dat zijn vier minladingen, dus er reageert 4 (mol) OH^- .” 1

Opmerking

Wanneer de volledige, juiste reactievergelijking is gegeven, dit goed rekenen.

□17 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\frac{(10,00 - 0,380)}{26} \times \frac{1}{2} \times \frac{100,0}{10,00} = 1,85 \text{ (mmol)}$$

- berekening van het aantal mmol OH^- dat reageerde met het $(\text{NH}_4)_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$: $10,00 - 0,380$ (mmol) 1
- berekening van het aantal mmol $(\text{NH}_4)_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$: het berekende aantal mmol OH^- delen door 26 1
- berekening van het aantal mmol $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ dat aanwezig was in 10,00 mL oplossing: het berekende aantal mmol $(\text{NH}_4)_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$ delen door 2 1
- berekening van het aantal mmol $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ dat aanwezig was in 100,0 mL oplossing: het berekende aantal mmol $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ delen door 10,00 (mL) en vermenigvuldigen met 100,0 (mL) 1

Opmerkingen

- *Wanneer een onjuist antwoord op vraag 17 het consequente gevolg van een onjuist antwoord op vraag 16 en dit onjuiste antwoord op vraag 16 niet gelijk is aan 1 mol OH^- , dit niet aanrekenen.*
- *Wanneer in vraag 17 is gerekend met „per mol $(\text{NH}_4)_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$ reageert 1 mol OH^- (als antwoord op vraag 16)”, mag het tweede scorepunt niet worden toegekend.*

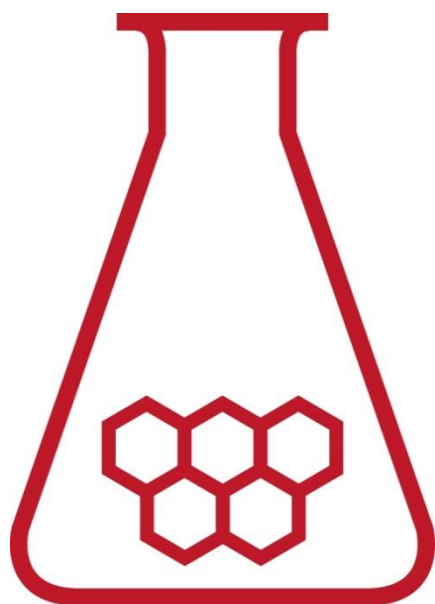
44^e Nationale Scheikundeolympiade

Universiteit Leiden

THEORIETOETS

correctievoorschrift

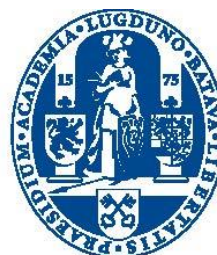
maandag 12 juni 2023



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023



Universiteit Leiden

- Deze toets bestaat uit 7 opgaven met in totaal 39 open vragen en een uitwerkbijlage.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 120 punten.
- De theorietoets duurt maximaal 4 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e druk of ScienceData 1^e druk.
- Bij elke vraag is het aantal punten vermeld dat een juist antwoord op die vraag oplevert.

■ Opgave 1 Lithium-ion batterij

13 punten

- 1 Maximumscore 2
 $\text{LiC}_6 + \text{CoO}_2 \rightarrow \text{C}_6 + \text{LiCoO}_2$
- $\text{LiC}_6 + \text{CoO}_2$ voor de pijl 1
 - $\text{C}_6 + \text{LiCoO}_2$ na de pijl 1
- Indien een evenwichtsteken is gebruikt in plaats van een enkele pijl 1
Indien de vergelijking $\text{LiC}_6 + \text{CoO}_2 + \text{Li}^+ \rightarrow \text{Li}^+ + \text{C}_6 + \text{LiCoO}_2$ is gegeven 1
Indien de vergelijking $\text{C}_6 + \text{LiCoO}_2 \rightarrow \text{LiC}_6 + \text{CoO}_2$ is gegeven 1
- 2 Maximumscore 1
 $V_{\text{bron}} = V_{\text{ox}}^0 - V_{\text{red}}^0 = +1,00 - (-3,05) = 4,05 \text{ V}$
- 3 Maximumscore 3
In CoO_2 : de lading van Co is + 4 en de lading van O is – 2
In LiCoO_2 : de lading van Li is + 1, de lading van Co is + 3 en de lading van O is – 2
- de lading van O in beide gevallen juist 1
 - de lading van Co in CoO_2 juist 1
 - de ladingen van Li en Co in LiCoO_2 juist 1
- 4 Maximumscore 3
Een voorbeeld van een juiste berekening is:
$$\frac{200 \times 10^{-3} \times 2 \times 24 \times 60 \times 60}{9,649 \cdot 10^4} \times 6,941 = 2,49 \text{ g} .$$
- berekening van het aantal coulomb dat gedurende twee dagen wordt getransporteerd: 200 (mA) vermenigvuldigen met 10^{-3} (A mA^{-1}) en met 2 (dagen) en met 24 (uur dag^{-1}) en met 60 (min uur^{-1}) en met 60 (sec min^{-1}) 1
 - berekening van het aantal mol elektronen (is gelijk aan het aantal mol lithium): het aantal coulomb dat gedurende twee dagen wordt getransporteerd, delen door de constante van Faraday 1
 - berekening het aantal g lithium: het aantal mol lithium vermenigvuldigen met 6,941 (g mol^{-1}) 1

□5 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Een magnesiumatoom kan twee elektronen leveren en een lithiumatoom één, dus, bij een gelijk aantal atomen zou de magnesium-ion batterij twee keer zolang stroom kunnen leveren als de lithium-ion batterij. Maar de atoommassa van magnesium is meer dan twee keer zo groot als de atoommassa van lithium, daardoor zitten er meer dan twee keer zoveel lithiumatomen in de lithium-ion batterij als magnesiumatomen in de magnesium-ion batterij. Dus de lithium-ion batterij doet er het langst over om ontladen te worden en wel

$$\frac{24,31}{\frac{6,941}{2}} = 1,75 \text{ keer zolang.}$$

- uitleg dat bij een gelijk aantal atomen de magnesium-ion batterij twee keer zolang stroom kan leveren als de lithium-ion batterij 1
- uitleg dat er meer dan twee keer zoveel lithiumatomen in de lithium-ion batterij zitten als magnesiumatomen in de magnesium-ion batterij 1
- conclusie welke batterij er het langst over doet om ontladen te worden 1
- berekening hoeveel keer zolang de lithium-ion batterij er over doet als de magnesium-ion batterij 1

■ Opgave 2 G en K

13 punten

□6 Maximumscore 4

Er is evenwicht als de curve op het minimum is. Dan is $[C] = 0,75 \text{ mol L}^{-1}$. $[D]$ is dan ook gelijk aan $0,75 \text{ mol L}^{-1}$. En $[A] = [B] = 1,00 - 0,75 = 0,25 \text{ mol L}^{-1}$.

$$\text{Dus } K = \frac{[C][D]}{[A][B]} = \frac{0,75 \times 0,75}{0,25 \times 0,25} = 9,0.$$

- notie dat er evenwicht is bij het minimum van de curve 1
- aflezen van $[C]$ en $[D]$ gelijk gesteld aan $[C]$ 1
- berekenen van $[A]$ en $[B]$ 1
- berekenen van K 1

□7 Maximumscore 2

$$\Delta_r G^0 = -RT \ln K = -8,314 \times 298 \times \ln 9,0 = -5,4 \cdot 10^3 \text{ J mol}^{-1}.$$

- $\Delta_r G^0 = -RT \ln K$ 1
- berekenen van $\Delta_r G^0$ 1

□8 Maximumscore 4

$$\Delta_r G^0 (\text{in eenheden } RT) = \frac{-5,4 \cdot 10^3}{8,314 \times 298} = -2,2.$$

De afstand tussen 3,2 en x is gelijk aan $\Delta_r G^0$ (in eenheden RT), dus bij x hoort de waarde $3,2 - 2,2 = 1,0$.

De afstand tussen 3,2 en x langs de verticale as is 2,8 cm. De afstand tussen x en y is

0,6 cm. In RT eenheden is dan de afstand tussen x en y $\frac{0,6}{2,8} \times 2,2 = 0,47$. Bij y komt dus te

staan $1,0 - 0,47 = 0,53$ (afgerond 0,5).

- berekening van $\Delta_r G^0$ (in eenheden RT) 1
- conclusie met betrekking tot x 1
- berekening van de afstand tussen x en y in RT eenheden 1
- conclusie met betrekking tot y 1

□9 Maximumscore 3

$[A]_{\text{nieuw}}$ is kleiner dan $[A]_{\text{oorspronkelijk}}$

$[B]_{\text{nieuw}}$ is groter dan $[B]_{\text{oorspronkelijk}}$

$[C]_{\text{nieuw}}$ is groter dan $[C]_{\text{oorspronkelijk}}$

$[D]_{\text{nieuw}}$ is groter dan $[D]_{\text{oorspronkelijk}}$

- $[A]_{\text{nieuw}}$ is kleiner dan $[A]_{\text{oorspronkelijk}}$ 1
- $[B]_{\text{nieuw}}$ is groter dan $[B]_{\text{oorspronkelijk}}$ 1
- $[C]_{\text{nieuw}}$ is groter dan $[C]_{\text{oorspronkelijk}}$ en $[D]_{\text{nieuw}}$ is groter dan $[D]_{\text{oorspronkelijk}}$ 1

■ Opgave 3 Sulfurylchloride

12 punten

□10 Maximumscore 6

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:

Het molecuul is tetraëdrisch.

Het zwavelatoom heeft sp^3 hybridisatie en de zuurstofatomen hebben sp^2 hybridisatie.

De binding tussen het zwavelatoom en een chlooratoom is een σ -binding, die gevormd is door overlap van een sp^3 orbitaal van het zwavelatoom met een p orbitaal van het chlooratoom.

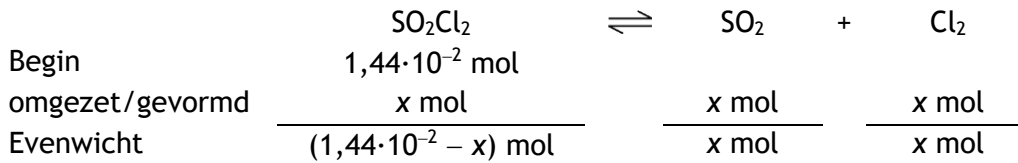
De binding tussen het zwavelatoom en een zuurstofatoom is een σ -binding en een π -binding. De σ -binding tussen het zwavelatoom en een zuurstofatoom is gevormd door overlap van sp^3 orbitaal van het zwavelatoom met een sp^2 orbitaal van het zuurstofatoom; de π -binding is gevormd door overlap van een d orbitaal van het zwavelatoom en een p orbitaal van het zuurstofatoom.

- tetraëdrische structuur 1
- juiste hybridisatie op het zwavelatoom en de zuurstofatomen 1
- σ -bindingen tussen S en Cl 1
- σ -bindingen en π -bindingen tussen S en O 1
- juiste beschrijving hoe de σ -bindingen in het molecuul tot stand komen 1
- juiste beschrijving hoe de π -bindingen in het molecuul tot stand komen 1

□11 Maximumscore 6

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$1,95 \text{ g SO}_2\text{Cl}_2 \text{ is } \frac{1,95}{135,0} = 1,44 \cdot 10^{-2} \text{ mol.}$$



In de evenwichtstoestand is dus $(1,44 \cdot 10^{-2} - x) + x + x = (1,44 \cdot 10^{-2} + x)$ mol gas aanwezig en dit heeft bij 157°C en $p = p_0$ een volume van $1,00 \text{ dm}^3$, dus via $pV = nRT$:

$$1,013 \cdot 10^5 \times 1,00 \cdot 10^{-3} = (1,44 \cdot 10^{-2} + x) \times 8,314 \times (273 + 157)$$

Dit levert $x = 1,39 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$.

In het evenwicht bevindt zich dus $1,44 \cdot 10^{-2} + 1,39 \cdot 10^{-2} = 2,83 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ gas.

Daarvan is $1,44 \cdot 10^{-2} - 1,39 \cdot 10^{-2} = 0,05 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ SO_2Cl_2 en $1,39 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ SO_2 en Cl_2 .

De partiële drukken zijn: $p_{\text{SO}_2\text{Cl}_2} = \frac{0,05 \cdot 10^{-2}}{2,83 \cdot 10^{-2}} \times 1,013 \cdot 10^5 = 2 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ en

$$p_{\text{SO}_2} = p_{\text{Cl}_2} = \frac{1,39 \cdot 10^{-2}}{2,83 \cdot 10^{-2}} \times 1,013 \cdot 10^5 = 4,98 \cdot 10^4 \text{ Pa.}$$

$$\text{Dus } K_p = \frac{\frac{p_{\text{Cl}_2} \times p_{\text{SO}_2}}{p_0 \times p_0}}{\frac{p_{\text{SO}_2\text{Cl}_2}}{p_0}} = \frac{p_{\text{Cl}_2} \times p_{\text{SO}_2}}{p_{\text{SO}_2\text{Cl}_2}} \times \frac{1}{p_0} = \frac{4,98 \cdot 10^4 \times 4,98 \cdot 10^4}{2 \cdot 10^3} \times \frac{1}{1,013 \cdot 10^5} = 1 \cdot 10^1.$$

- berekening van het aantal mol SO_2Cl_2 1
- (bij stellen van x mol omgezet SO_2Cl_2) berekening van het totaal aantal mol gas in de evenwichtstoestand: het aantal mol SO_2Cl_2 plus x 1
- berekening van het aantal mol SO_2 en Cl_2 in de evenwichtstoestand (is gelijk aan x) 1
- berekening van het aantal mol SO_2Cl_2 in de evenwichtstoestand 1
- berekening van de partiële drukken 1
- berekening van K_p 1

Opmerking

Wanneer K_p als volgt is berekend: $K_p = \frac{p_{\text{Cl}_2} \times p_{\text{SO}_2}}{p_{\text{SO}_2\text{Cl}_2}} = \frac{4,98 \cdot 10^4 \times 4,98 \cdot 10^4}{2 \cdot 10^3} = 1 \cdot 10^6 \text{ (Pa)}$, dit

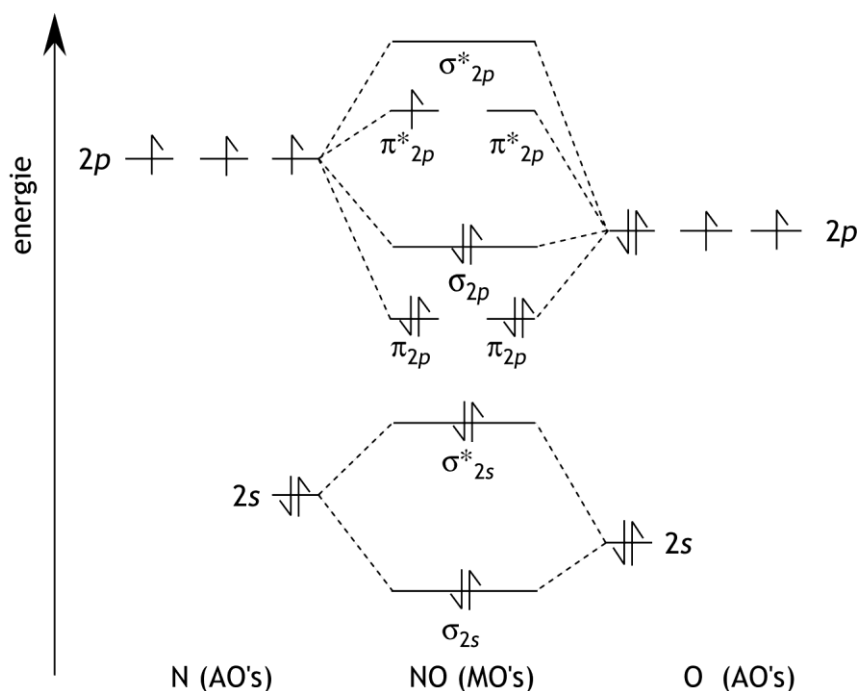
goed rekenen.

Opgave 4 NO

24 punten

□12 Maximumscore 6

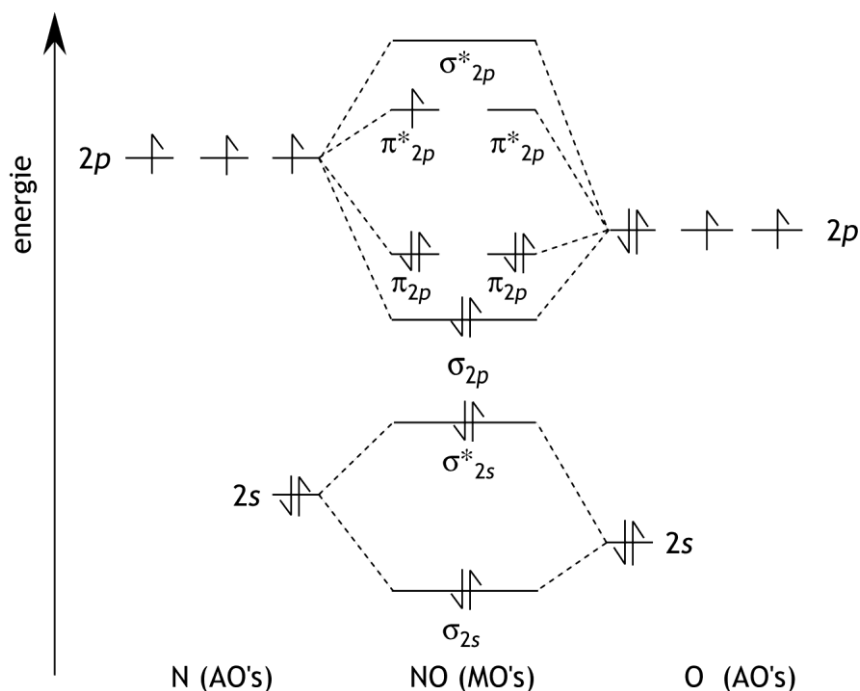
Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- 2s en 2p niveaus van het zuurstofatoom lager getekend dan de 2s en 2p niveaus van het stikstofatoom 1
- in het 2s niveau van het stikstofatoom een elektronenpaar en in het 2s niveau van het zuurstofatoom een elektronenpaar 1
- in het stikstofatoom drie ongepaarde elektronen in 2p 1
- in het zuurstofatoom één elektronenpaar en twee ongepaarde elektronen in 2p 1
- de niveau's van alle moleculaire orbitalen op een juiste manier en met de juiste aanduidingen weergegeven 1
- in het stikstofmono-oxidemolecuul elektronenparen in σ_{2s} , σ^*_{2s} , de twee π_{2p} 's en σ_{2p} en één ongepaard elektron in π^*_{2p} 1

Opmerking

Wanneer het volgende antwoord is gegeven, dit goed rekenen:



□13 Maximumscore 2

$$\text{bindingsorde} = \frac{8-3}{2} = 2,5$$

- aantal elektronen in bindende en antibindende MO's juist
- rest van de berekening

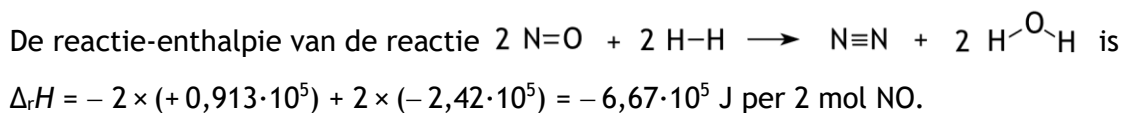
1
1

Opmerking

- Wanneer het antwoord bindingsorde = $\frac{6-1}{2} = 2,5$ is gegeven, dit goed rekenen.
- Wanneer een onjuist antwoord op vraag 13 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 12, dit antwoord op vraag 13 goed rekenen.

□14 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



- alle vormingswarmtes juist
- alle tekens juist verwerkt
- alle coëfficiënten juist verwerkt tot een uitkomst

1
1
1

□15 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

$\Delta_r H = -2 \times BE_{N=O} - 2 \times BE_{H-H} + BE_{N=N} + 4 \times BE_{O-H}$, dus

$$BE_{N=O} = \frac{-2 \times BE_{H-H} + BE_{N=N} + 4 \times BE_{O-H} - \Delta_r H}{2} =$$

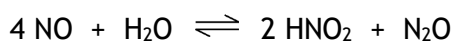
$$\frac{-2 \times (-4,36 \cdot 10^5) + (-9,45 \cdot 10^5) + 4 \times (-4,635 \cdot 10^5) - (-6,67 \cdot 10^5)}{2} = -6,30 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$$

- alle bindingsenergieën juist 1
- alle tekens en $\Delta_r H$ juist verwerkt 1
- alle coëfficiënten juist verwerkt tot een uitkomst 1

Opmerking

Wanneer een onjuist antwoord op vraag 15 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 14, dit antwoord op vraag 15 goed rekenen.

□16 Maximumscore 3



- NO en H₂O voor het evenwichtsteken 1
- HNO₂ en N₂O na het evenwichtsteken 1
- juiste coëfficiënten 1

Indien de vergelijking $3 \text{ NO} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{HNO}_2 + \text{N}_2\text{O}$ is gegeven 1

Opmerking

Wanneer een enkele pijl is gebruikt in plaats van een evenwichtsteken, dit goed rekenen.

□17 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Uit $\Delta G^0 = -RT \ln K$ en $\Delta G^0 = -nF \Delta V^0$ volgt:

$$K = e^{\frac{\Delta G^0}{RT}} = e^{\frac{-2 \times (1,59 - 0,98) \times 9,65 \cdot 10^4}{8,31 \times 298}} = 4,4 \cdot 10^{20}$$

- notie dat $n = 2$ 1
- berekening van ΔV^0 1
- berekening van ΔG^0 1
- rest van de berekening 1

□18 Maximumscore 3

Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:

De ΔG^0 voor de omzetting van NO tot N₂O is gelijk aan $-1 \times 9,65 \cdot 10^4 \times 1,59$.

De ΔG^0 voor de omzetting van N₂O tot N₂ is gelijk aan $-1 \times 9,65 \cdot 10^4 \times 1,77$.

De ΔG^0 voor de omzetting van N₂ tot NH₄⁺ is gelijk aan $-3 \times 9,65 \cdot 10^4 \times 0,27$.

Dus de ΔG^0 voor de omzetting van NO tot NH₄⁺ is gelijk aan
 $-1 \times 9,65 \cdot 10^4 \times 1,59 + (-1 \times 9,65 \cdot 10^4 \times 1,77) + (-3 \times 9,65 \cdot 10^4 \times 0,27)$.

Dan is

$$V^0 = -\frac{\Delta G^0}{n \times F} = -\frac{-1 \times 9,65 \cdot 10^4 \times 1,59 + (-1 \times 9,65 \cdot 10^4 \times 1,77) + (-3 \times 9,65 \cdot 10^4 \times 0,27)}{5 \times 9,65 \cdot 10^4}$$
$$= \frac{1,59 + 1,77 + 3 \times 0,27}{5}$$

- berekening van de ΔG^0 voor de omzetting van NO tot N₂O en de ΔG^0 voor de omzetting van N₂O tot N₂ en de ΔG^0 voor de omzetting van N₂ tot NH₄⁺ 1
- berekening van de ΔG^0 voor de omzetting van NO tot NH₄⁺ 1
- rest van de afleiding 1

Opgave 5 Geinige geurtjes

27 punten

- 19 Maximumscore 3
(Z)-3,7-dimethylocta-2,6-dieen-1-ol of 2-Z-3,7-dimethyl-2,6-octadieen-1-ol
- dimethyloctadienol juist 1
 - de plaatsaanduidingen juist 1
 - Z juist 1
- 20 Maximumscore 2
Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:
De hydrogenering vindt plaats aan de C = C van de allylalcohol (en niet aan de andere C = C). Dus de omzetting is chemoselectief.
- de hydrogenering vindt plaats aan de C = C van de allylalcohol (en niet aan de andere C = C) 1
 - juiste conclusie 1
- 21 Maximumscore 2
Voorbeelden van een juist antwoord zijn:
De methylgroep (op C atoom 3) kan zowel boven als onder het vlak van tekening zitten.
Dus de omzetting is niet stereo-selectief.
- en
- Aan de structuur van **2** is niet te zien wat de stand is van de methylgroep (op C atoom 3).
Dus er is niet na te gaan of de omzetting stereoselectief is.
- de methylgroep (op C atoom 3) kan zowel boven als onder het vlak van tekening zitten /
aan de structuur van **2** is niet te zien wat de stand is van de methylgroep (op C atoom 3) 1
 - juiste conclusie 1
- 22 Maximumscore 4
a en f
- per juist reagens 2
- Opmerking*
Per onjuist reagens 2 scorepunten in mindering brengen op de toegekende deelscore(s), tot een minimumscore van 0.
- 23 Maximumscore 2
Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:
De piek bij 3321 cm^{-1} (in het IR-spectrum van **2**) is niet meer te zien in het IR-spectrum van het reactieproduct, dus de OH groep is niet meer aanwezig.
De piek bij 1724 cm^{-1} (in het IR-spectrum van het reactieproduct) duidt op de aanwezigheid van de carbonylgroep / C = O groep.
- de piek bij 3321 cm^{-1} (in het IR-spectrum van **2**) is niet meer te zien in het IR-spectrum van het reactieproduct, dus de OH groep is niet meer aanwezig 1
 - de piek bij 1724 cm^{-1} (in het IR-spectrum van het reactieproduct) duidt op de aanwezigheid van de carbonylgroep / C = O groep 1

□24 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:

In de structuur komen drie asymmetrische koolstofatomen voor.

Dus er zijn $2^3 = 8$ stereo-isomeren mogelijk.

- juiste aantal asymmetrische koolstofatomen
- berekening van het aantal stereo-isomeren

1

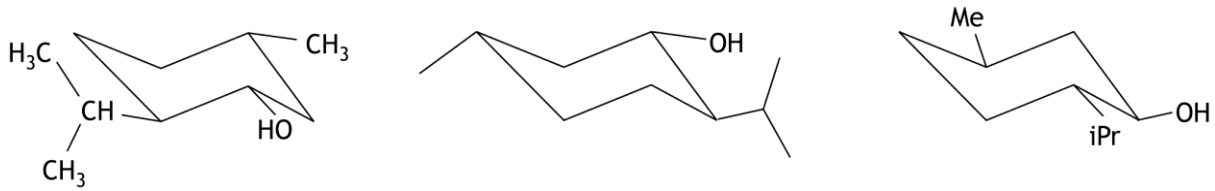
1

Indien als antwoord is gegeven: „Er komt één asymmetrisch koolstofatoom voor in de structuur. Dus er zijn twee stereo-isomeren mogelijk.”

0

□25 Maximumscore 3

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

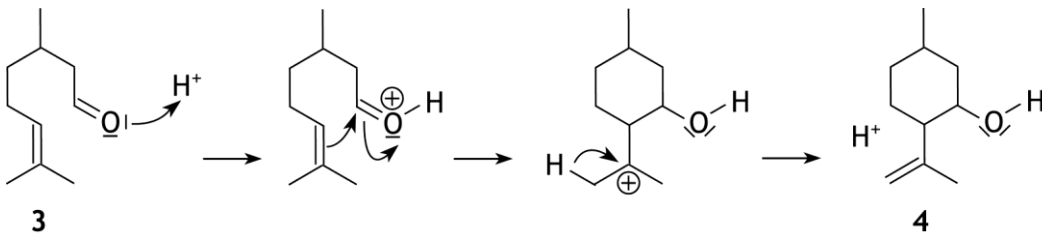


- per juist getekende zijgroep

1

□26 Maximumscore 6

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- de structuur met de geprotoneerde carbonylgroep juist
- de structuur met het carbokation juist
- de structuur van 4 en H^+ juist
- de niet-bindende elektronenparen juist
- de formele ladingen juist
- de kromme pijlen juist

1

1

1

1

1

1

□27 Maximumscore 3

I = 2, II = 3, III = 1

- per juist spectrum

1

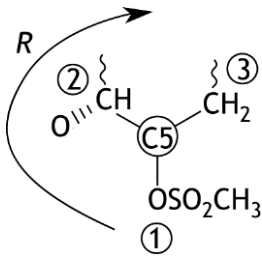
■ Opgave 6 Synthese van Oseltamivir

14 punten

- 28 Maximumscore 2
SO₂ en CH₃CH₂Cl
- CH₃CH₂Cl 1
 - SO₂ 1
- 29 Maximumscore 2
Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:
Uit de reactie van thionylchloride met de COOH groepen ontstaat een acylchloride/zuurchloride. Ethanol reageert met het acylchloride tot de gewenste ester A.
- uit de reactie van thionylchloride met de COOH groepen ontstaat een acylchloride/zuurchloride 1
 - ethanol reageert met het acylchloride tot de gewenste ester A 1
- 30 Maximumscore 3
Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:
In de gegeven hoeveelheid shikiminezuur bevinden zich ($3 \times 0,114 =$) 0,342 mol OH groepen. Dit is ongeveer een kwart van de OH groepen in ethanol. Als die even reactief zouden zijn als de OH groepen in ethanol zou de opbrengst aan A (veel) kleiner zijn dan 98%. Dus de OH groepen in ethanol zijn reactiever.
- of
- Stel dat één OH groep (per molecuul shikiminezuur) zou reageren. Dan is de molverhouding $\text{OH}_{\text{in shikiminezuur}} : \text{OH}_{\text{in ethanol}} = 0,114 : 1,4$. Als die verschillende OH groepen even reactief zouden zijn, zou het verlies aan A groter zijn dan 2 procent. Dus de OH groepen in ethanol zijn reactiever.
- een juiste opmerking over de verhouding van het aantal alcoholische OH groepen in shikiminezuur en het aantal OH groepen in ethanol 1
 - een juiste opmerking over de opbrengst van A / over het verlies aan A bij gelijke reactiviteit 1
 - rest van de uitleg 1
- 31 Maximumscore 2
(C₂H₅)₃NHCl of (C₂H₅)₃NH⁺Cl⁻
- Indien het antwoord HCl is gegeven 1
- 32 Maximumscore 2
Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:
Een molecuul pentaan-3-on reageert met de twee OH groepen aan de 'linkerkant' van de zesring en niet met een andere combinatie van twee OH groepen. De reactie is dus regioselectief.
- een molecuul pentaan-3-on reageert met de twee OH groepen aan de 'linkerkant' van de zesring en niet met een andere combinatie van twee OH groepen 1
 - juiste conclusie 1

□33 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



- een juiste tekening 1
- juiste prioritering 1
- juiste aanduiding van de configuratie 1

Opgave 7 Oseltamivirbepaling

17 punten

□34 Maximumscore 6

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

Het aantal mmol OsH^+ dat heeft gereageerd, is: $1,00 \times 5,00 \cdot 10^{-2} - 13,6 \times 1,00 \cdot 10^{-3}$.

In de 50,0 mL oplossing zat dus $\frac{50,0}{10,0} \times (1,00 \times 5,00 \cdot 10^{-2} - 13,6 \times 1,00 \cdot 10^{-3})$ mmol OsH^+ en

dat kwam uit $\frac{50,0}{10,0} \times (1,00 \times 5,00 \cdot 10^{-2} - 13,6 \times 1,00 \cdot 10^{-3})$ mmol $\text{OsH}^+\text{H}_2\text{PO}_4^-$ en dat is

$\frac{50,0}{10,0} \times (1,00 \times 5,00 \cdot 10^{-2} - 13,6 \times 1,00 \cdot 10^{-3}) \times 410,41$ mg $\text{OsH}^+\text{H}_2\text{PO}_4^-$. Het

massapercentage $\text{OsH}^+\text{H}_2\text{PO}_4^-$ in de capsule is dus

$$\frac{\frac{50,0}{10,0} \times (1,00 \times 5,00 \cdot 10^{-2} - 13,6 \times 1,00 \cdot 10^{-3}) \times 410,41}{75,0} \times 100\% = 99,6\%.$$

- berekening van het aantal mmol toegevoegd OH^- en het aantal mmol H^+ dat nodig was voor de titratie: respectievelijk 1,00 (mL) vermenigvuldigen met $5,00 \cdot 10^{-2}$ (mmol mL^{-1}) en 13,6 (mL) vermenigvuldigen met $1,00 \cdot 10^{-3}$ (mmol mL^{-1}) 1
- berekening van het aantal mmol OsH^+ in de 10,0 mL oplossing: het aantal mmol H^+ dat nodig was voor de titratie aftrekken van het aantal mmol toegevoegd OH^- 1
- berekening van het aantal mmol $\text{OsH}^+\text{H}_2\text{PO}_4^-$ in de capsule (is gelijk aan het aantal mmol OsH^+ in de 50,0 mL oplossing): het aantal mmol OsH^+ in de 10,0 mL oplossing vermenigvuldigen met 50,0 (mL) en delen door 10,0 (mL) 1
- berekening van de molaire massa van $\text{OsH}^+\text{H}_2\text{PO}_4^-$: 410,41 (m)g (m)mol $^{-1}$ 1
- berekening van het aantal mg $\text{OsH}^+\text{H}_2\text{PO}_4^-$ in de capsule: het aantal mmol $\text{OsH}^+\text{H}_2\text{PO}_4^-$ in de capsule vermenigvuldigen met de molaire massa van $\text{OsH}^+\text{H}_2\text{PO}_4^-$ 1
- berekening van het massapercentage: het aantal mg $\text{OsH}^+\text{H}_2\text{PO}_4^-$ in de capsule delen door 75,0 mg en vermenigvuldigen met 100% 1

□35 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Methyloranje verandert van kleur bij lage pH. Dan zal bij de titratie ook wat Os met H^+ reageren. Er wordt dan te veel zoutzuur toegevoegd, waardoor het lijkt alsof er minder OsH^+ met loog heeft gereageerd. Je krijgt dan een te lage uitkomst. (Je kunt dus beter niet methyloranje als indicator gebruiken.)

- bij gebruik van methyloranje zal ook Os met H^+ reageren 1
- er wordt dan te veel zoutzuur toegevoegd 1
- conclusie(s) 1

- 36 Maximumscore 2
 Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:
 Voor het equivalentiepunt (houdt de oplossing zijn kleur, dus) blijft de extinctie vrijwel gelijk. Pas in het equivalentiepunt reageert de fenolftaleïne en daalt de extinctie snel. Dus figuur I geeft het verloop het beste weer.
- voor het equivalentiepunt blijft de extinctie (vrijwel) constant 1
 - in het equivalentiepunt reageert de fenolftaleïne en wordt de oplossing kleurloos en conclusie 1
- 37 Maximumscore 2
 Een voorbeeld van een juist antwoord is:
 Het verschil in de K_z waarden van het H_2PO_4^- en OsH^+ is dermate klein dat geen pH verandering te zien is bij het eerste equivalentiepunt.
 De K_z van het HPO_4^{2-} is zo klein dat ook het derde equivalentiepunt niet te zien is.
- uitleg waarom het eerste equivalentiepunt niet te zien is 1
 - uitleg waarom het derde equivalentiepunt niet te zien is 1
- 38 Maximumscore 3
 Een voorbeeld van een juist antwoord is:
 Er is een steil gebied in de titratiecurve van pH = 10 tot pH = 12. Alizariengeel kan dan als indicator worden gebruikt; de kleuromslag is van lichtgeel naar rood.
- er is een steil gebied in de titratiecurve 1
 - juiste indicator genoemd 1
 - juiste kleuromslag genoemd 1
- 39 Maximumscore 1
 ($\text{OsH}^+\text{H}_2\text{PO}_4^- : \text{OH}^- =$)1 : 2

44^e Nationale Scheikundeolympiade

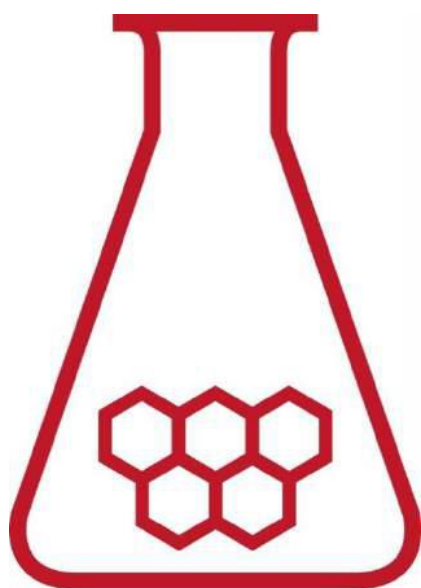
Universiteit Leiden

Leiden

PRACTICUMTOETS

correctievoorschrift

dinsdag 13 juni 2023



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023



Universiteit Leiden

Experiment 1 Synthese van Hantzsch ester en oxidatie naar de pyridine-vorm

(46 punten)

Maximumscore 10

De volgende praktische vaardigheden worden beoordeeld:

- veiligheid, netheid en zelfstandigheid 5
- hanteren van het glaswerk 5

□1 Maximumscore 4

per juist genoteerde massa, met eenheid, en extinctie 0,5

Indien de eenheid niet is vermeld, dit maximaal twee keer aanrekenen.

□2 Maximumscore 9

Een juiste berekening kan als volgt zijn weergegeven:

De opbrengst aan Hantzsch pyridine na herkristallisatie is:

massa monsterpotje gevuld – massa monsterpotje leeg

De maximale opbrengst aan Hantzsch pyridine is:

$$\text{max. opbrengst Hantzsch pyridine} = \frac{1,14}{253,29} \times 251,28 \text{ g.}$$

De procentuele opbrengst aan Hantzsch pyridine na herkristallisatie is:

$$\frac{\text{aantal g Hantzsch pyridine na herkristallisatie}}{\text{max. opbrengst Hantzsch pyridine}} \times 100\%$$

- berekening van de opbrengst aan Hantzsch pyridine 1
- berekening van het aantal mol Hantzsch ester 1
- berekening van het maximum aantal g Hantzsch pyridine dat kan ontstaan 1
- berekening van de procentuele opbrengst 1

resultaat maximaal 5

□3 Maximumscore 5

Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:

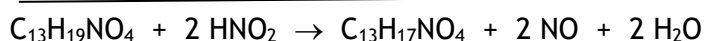
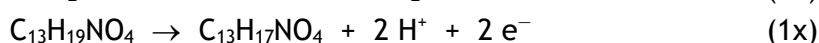
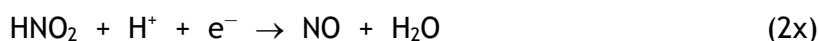
Chemische verschuiving (ppm)	Integraal	Toekenning	Motivering
1,5	6	1 en 7	Triplet door 2 H's op het buuratom.
3,2	6	3 en 5	Singlet van zes H's want er is geen H op de buuratomen.
4,6	4	2 en 6	Quadruplet/kwartet van vier H's door 3 H's op de buuratomen. of Vier identieke H's. of De chemische verschuiving hoort bij die van H's naast een O.
8,7	1	4	Singlet van één H en geen H op buuratomen.

- chemische verschuivingen en integralen juist 1
- per juist toegekend signaal met bijbehorende juiste motivering 1

Opmerking

Wanneer een motivering is gegeven als: „Deze blijft over na toekenning van drie signalen.”, geen scorepunt toekennen.

□4 Maximumscore 2



- halfreactie van de reductor juist 1
- halfreacties met de juiste vermenigvuldigingsfactoren bij elkaar opgeteld en H⁺ voor en na de pijl weggestreept 1

□5 Maximumscore 13

Een juiste berekening kan als volgt zijn weergegeven:

De opbrengst aan Hantzsch ester is:

massa van het filtreerpapiertje met product – massa van het schone filtreerpapiertje

Er kan maximaal $0,0150 \times 253,29 = 3,80$ g Hantzsch ester worden gevormd.

De procentuele opbrengst is: $\frac{\text{aantal g Hantzsch ester}}{3,80} \times 100\%$

- berekening van de opbrengst aan Hantzsch ester 1
 - notie dat maximaal 15,0 mmol Hantzsch ester kan worden gevormd 1
 - berekening van de maximale massa Hantzsch ester die kan worden gevormd 1
 - berekening van de procentuele opbrengst 1
- resultaat maximaal 9

□6 Maximumscore 3

- berekening van de concentratie van de oplossing van Hantzsch ester uit de gemeten extinctie: de gemeten extinctie delen door de molaire extinctiecoëfficiënt uit experiment 2 (en door 1,00 cm) 1
- berekening van de concentratie van Hantzsch ester wanneer de afgewogen massa zuivere Hantzsch ester zou zijn: het afgewogen aantal mg Hantzsch ester delen door 253,29 (mg mmol^{-1}) en door 100 (mL) 1
- berekening van de procentuele zuiverheid: de concentratie van de oplossing van Hantzsch ester uit de gemeten extinctie delen door de concentratie van Hantzsch ester wanneer de afgewogen massa zuivere Hantzsch ester zou zijn en het quotiënt vermenigvuldigen met 100% 1

Experiment 2 Bepaling van de molaire extinctiecoëfficiënt van Hantzsch ester bij 400 nm

(34 punten)

Maximumscore 10

De volgende praktische vaardigheden worden beoordeeld:

- veiligheid, netheid en zelfstandigheid 5
- hanteren van glaswerk en overig materiaal 5

□7 Maximumscore 2

- massa gebruikte Hantzsch ester juist genoteerd 1
- extincties juist genoteerd 1

□8 Maximumscore 6

Een juiste berekening kan als volgt zijn weergegeven:

$$\text{concentratie stockoplossing} = \frac{\text{afgewogen aantal mg Hantzsch ester}}{253,29} \cdot \frac{100}{100} \text{ mol L}^{-1}$$

Concentraties van de verdunningen 1 - 4: concentratie van de stockoplossing

vermenigvuldigen met respectievelijk $\frac{1,00}{25,00}$, $\frac{4,00}{25,00}$, $\frac{7,00}{25,00}$ en $\frac{10,0}{25,00}$.

- berekening van het aantal mmol Hantzsch ester 1
- berekening van de concentratie in mol L⁻¹ van de stockoplossing 1
- per juiste berekening van de concentraties in de verdunningen 1 - 4 1

□9 Maximumscore 4

- concentratie (mol L⁻¹) juist weergegeven als bijschrift bij de x-as en minstens één getalswaarde weergegeven 1
- *E* of extinctie weergegeven als bijschrift bij de y-as en minstens één getalswaarde weergegeven 1
- optimaal gebruik van het verstrekte millimeterpapier/diagram 1
- de vier meetpunten juist weergegeven 1

□10 Maximumscore 12

een verantwoorde rechte lijn getekend aan de hand van de meetpunten	maximaal 5
indien de getekende rechte lijn niet door het nulpunt van het diagram gaat	maximaal 4
· bepaling van de richtingscoëfficiënt van de getekende rechte lijn	1
· juiste eenheid bij de richtingscoëfficiënt: $\text{L mol}^{-1} \text{cm}^{-1}$	1
resultaat van de bepaling van ϵ	maximaal 5