

NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE

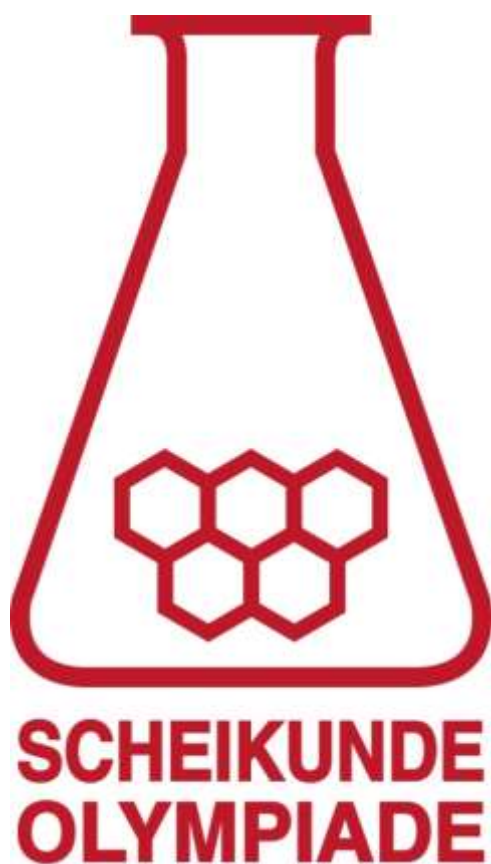
2019

Opgaven en correctievoorschriften

Vorrunde 1

Vorrunde 2

Eindronde



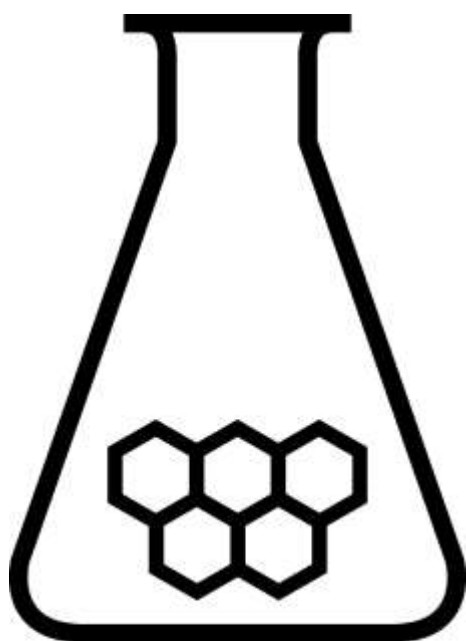
Inhoud

Opgaven voorronde 1	3
Opgave 1 Meerkeuzevragen	5
Opgave 2 Zuuranhydriden	12
Opgave 3 Kaliumdichromaatoplossing	13
Opgave 4 Natriumperjodaat en natriumjodaat	14
Opgaven voorronde 2	17
Opgave 1 Meerkeuzevragen	19
Opgave 2 Perjodaat in de organische chemie	25
Opgave 3 Vanadium-Redox-Flow-Batterij	26
Opgave 4 Twee antimyotomics	28
Opgave 5 Een evenwicht	30
Opgaven eindronde theorietoets	33
Opgave 1 Bordeauxse pap	35
Opgave 2 De ontleding van distikstofpentaoxide	38
Opgave 3 Een koper één-tweetje	38
Opgave 4 Polymeren uit limoneen	39
Opgave 5 Sulfuryldichloride	42
Opgave 6 Synthese van carvon uit limoneen	44
Uitwerkbijlage theorietoets	47
Opgaven eindronde practicumtoets	53
Experiment 1 De bepaling van de substitutiegraad van geacetyleerd zetmeel	57
Experiment 2 De acetylering van zetmeel	59
Antwoordbladen	63
Correctievoorschrift voorronde 1	69
Opgave 1 Meerkeuzevragen	70
Opgave 2 Zuuranhydriden	74
Opgave 3 Kaliumdichromaatoplossing	75
Opgave 4 Natriumperjodaat en natriumjodaat	77
Correctievoorschrift voorronde 2	81
Opgave 1 Meerkeuzevragen	82
Opgave 2 Perjodaat in de organische chemie	86
Opgave 3 Vanadium-Redox-Flow-Batterij	88
Opgave 4 Twee antimyotomics	90
Opgave 5 Een evenwicht	92
Correctievoorschrift eindronde theorietoets	93
Opgave 1 Bordeauxse pap	94
Opgave 2 De ontleding van distikstofpentaoxide	98
Opgave 3 Een koper één-tweetje	100
Opgave 4 Polymeren uit limoneen	102
Opgave 5 Sulfuryldichloride	104
Opgave 6 Synthese van carvon uit limoneen	107
Correctievoorschrift eindronde practicumtoets	109
Experiment 1 De bepaling van de substitutiegraad van geacetyleerd zetmeel	110
Experiment 2 De acetylering van zetmeel	112

NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2019

OPGAVEN VOORRONDE 1

af te nemen in de periode van
14 tot en met 25 januari 2019



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 8 onderwerpen en 3 opgaven met in totaal 11 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 78 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.

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

Olav Altenburg
Johan Broens
Peter de Groot
Jacob van Hengst
Martin Groeneveld
Mees Hendriks
Daan Hoogers
Marijn Jonker
Emiel de Kleijn
Jasper Landman
Bob Lefeber
Evert Limburg
Marte van der Linden
Piet Mellema
Han Mertens
Stan van de Poll
Geert Schulpen
Paula Teeuwen
Eveline Wijbenga

De eindredactie was in handen van:
Kees Beers en Dick Hennink

Opgave 1 Meerkeuzevragen

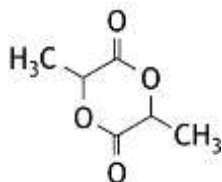
(totaal 40 punten)

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

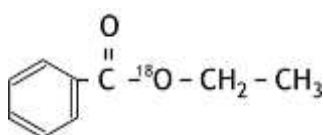
- 1 Hieronder staat een schematische structuurformule van dilactide:



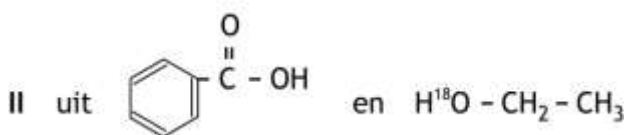
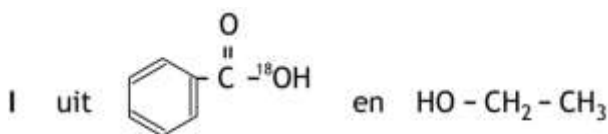
Hoeveel soorten dilactidemoleculen bestaan er?

- A één, er zijn geen stereo-isomeren
B twee stereo-isomeren
C drie stereo-isomeren
D vier stereo-isomeren
- 2 In zuur milieu reageren benzeencarbonzuur en ethanol met elkaar onder vorming van onder andere een ester.

Men wil de onderstaande ester die gelabeld is met ^{18}O bereiden:

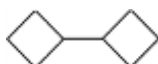


In welk van onderstaande gevallen zal deze gelabelde ester ontstaan en welk percentage van de ontstane ester bestaat uit deze moleculen?



	in geval:	percentage:
A	I	50%
B	I	100%
C	II	50%
D	II	100%
E	I en II	50%
F	I en II	100%

- 3 Hieronder is een schematische structuurformule van de stof 1,1'-bi(cyclobutaan) weergegeven:

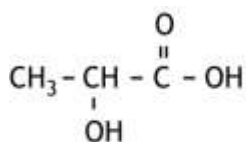


Wat is een isomeer van 1,1'-bi(cyclobutaan)?

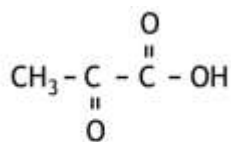
- A 1,2-dimethylhexaan
- B 1,3-dimethylbenzeen
- C 1,4-hexadien
- D 2,3,4-trimethylpenta-1,3-dien
- E oct-4-een
- F octa-2,4,6-trien

Thermochemie, evenwichten

- 4 De verbrandingswarmte van melkzuur is $-13,44 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.
De verbrandingswarmte van pyrodruivenzuur is $-11,65 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.
Hoe groot is de reactiewarmte voor de omzetting van melkzuur tot pyrodruivenzuur?



melkzuur



pyrodruivenzuur

- A $-50,18 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
 - B $-25,09 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
 - C $-3,58 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
 - D $-1,79 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
 - E $+1,79 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
 - F $+3,58 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
 - G $+25,09 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
 - H $+50,18 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
- 5 Beschouw het evenwicht $\text{C (s)} + \text{CO}_2 \text{ (g)} \rightleftharpoons 2 \text{ CO (g)}$. De reactiewarmte voor de reactie naar rechts van dit evenwicht is $\Delta H = +1,73 \cdot 10^5 \text{ J}$ per mol C(g).
Bij welke omstandigheden is de massa CO die per kg C ontstaat, het grootst?
- A hoge temperatuur en lage druk
 - B hoge temperatuur en hoge druk
 - C hoge temperatuur en de druk doet er niet toe
 - D lage temperatuur en lage druk
 - E lage temperatuur en hoge druk
 - F lage temperatuur en de druk doet er niet toe

Structuren en formules

- 6 Twee isotopen kunnen als volgt worden weergegeven: ${}_{Z_1}^{M_1}\text{X}$ en ${}_{Z_2}^{M_2}\text{X}$.
Wat is het verband tussen M_1 en M_2 en tussen Z_1 en Z_2 ?
- A $M_1 = M_2$ en $Z_1 = Z_2$
B $M_1 \neq M_2$ en $Z_1 = Z_2$
C $M_1 \neq M_2$ en $Z_1 \neq Z_2$
D $M_1 = M_2$ en $Z_1 \neq Z_2$
- 7 Hoeveel bindende elektronenparen en hoeveel niet-bindende elektronenparen komen voor in een molecuul dichloormonoïoxide, Cl_2O ?
- | aantal bindende elektronenparen: | aantal niet-bindende elektronenparen: |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| A 2 | 6 |
| B 2 | 8 |
| C 3 | 6 |
| D 3 | 8 |
| E 4 | 6 |
| F 4 | 8 |
- 8 Welk van de onderstaande moleculen is *niet* lineair?
- A BrCN
B C_2H_2
C CS_2
D SO_2

pH / zuur-base

- 9 In een 0,120 M oplossing van een eenwaardig zwak zuur is dit zuur voor 12,3 procent geïoniseerd. Wat is de waarde van de K_z van dit zuur?
- A $1,8 \cdot 10^{-3}$
B $2,1 \cdot 10^{-3}$
C $1,4 \cdot 10^{-2}$
D $1,5 \cdot 10^{-2}$
E $1,7 \cdot 10^{-2}$

- 10 Men heeft drie oplossingen, alle met $\text{pH} = 9,30$:
- I een KOH oplossing
 - II een oplossing van NH_3
 - III een oplossing van NH_3 en NH_4Cl
- Alle drie oplossingen worden met een factor 2 verdund.
Hoe verhouden zich de pH 's na het verdunnen?
- A $\text{pH(I)} = \text{pH(II)} = \text{pH(III)}$
 - B $\text{pH(I)} > \text{pH(II)} > \text{pH(III)}$
 - C $\text{pH(I)} > \text{pH(III)} > \text{pH(II)}$
 - D $\text{pH(II)} > \text{pH(I)} > \text{pH(III)}$
 - E $\text{pH(II)} > \text{pH(III)} > \text{pH(I)}$
 - F $\text{pH(III)} > \text{pH(I)} > \text{pH(II)}$
 - G $\text{pH(III)} > \text{pH(II)} > \text{pH(I)}$

Redox en elektrochemie

- 11 Waterstof wordt wel beschouwd als de brandstof van de toekomst, omdat bij de verbranding geen koolstofdioxide ontstaat. Waterstof kan in een brandstofcel worden gebruikt.

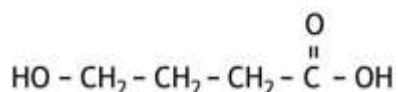
Welke reactie treedt op aan welke elektrode als zo'n brandstofcel in gebruik is?

- | | negatieve elektrode: | positieve elektrode: |
|---|---|---|
| A | $\text{H}_2 \rightarrow 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$ | $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ |
| B | $\text{H}_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}^+$ | $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^-$ |
| C | $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ | $\text{H}_2 \rightarrow 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$ |
| D | $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^-$ | $\text{H}_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}^+$ |

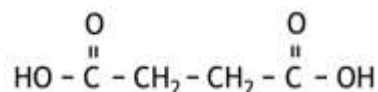
- 12 Een oplossing van ijzer(II)sulfaat wordt geëlektrolyseerd met platina-elektroden.
Welke reactie treedt op aan welke elektrode?

- | | negatieve elektrode: | positieve elektrode: |
|---|--|--|
| A | $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$ | $\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$ |
| B | $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$ | $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$ |
| C | $\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$ | $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$ |
| D | $\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$ | $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$ |
| E | $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$ | $\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$ |
| F | $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$ | $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$ |
| G | $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$ | $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$ |
| H | $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$ | $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$ |

- 13 Gammahydroxyboterzuur kan worden omgezet tot barnsteenzuur. Dit is een redoxreactie.



gammahydroxyboterzuur



barnsteenzuur

Hoeveel elektronen komen te staan in de vergelijking van de halfreactie van deze omzetting? Aan welke kant van de pijl komen deze elektronen te staan?

- 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

Reactiesnelheid

- 14 Bij verhitting ontleedt distikstofpentaoxide onder vorming van stikstofdioxide en zuurstof: $2 \text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow 4 \text{NO}_2 + \text{O}_2$. Dit is een eerste orde reactie.

Wanneer een experiment wordt uitgevoerd met een beginconcentratie $[\text{N}_2\text{O}_5]_0 = 0,080 \text{ mol L}^{-1}$ duurt het 140 s totdat de $[\text{N}_2\text{O}_5]$ is gehalveerd.

Hoe lang duurt het in een experiment met $[\text{N}_2\text{O}_5]_0 = 0,160 \text{ mol L}^{-1}$ totdat de $[\text{N}_2\text{O}_5]$ is gehalveerd?

- A 35 s
- B 70 s
- C 140 s
- D 280 s
- E 560 s

Analyse

- 15 Een flesje bevat een witte vaste stof. Het is niet zeker of de stof die in het flesje zit natriumsulfaat is of natriumsulfiet. Twee leerlingen, Francien en Frans, stellen elk een methode voor om er achter te komen welke stof in het flesje zit.

Francien: Los een schepje van de stof op in wat water en voeg aan de oplossing een druppeltje van een joodoplossing met stijfsel (zetmeel) toe.

Frans: Los een schepje van de stof op in wat water en doe een druppeltje van de oplossing in een joodoplossing met stijfsel (zetmeel).

Wie heeft de beste methode bedacht?

- A geen van beide methoden is geschikt
- B Francien heeft de beste methode bedacht
- C Frans heeft de beste methode bedacht
- D beide methoden zijn geschikt

- 16 Bij de uitvoering van een titratie heeft een leerling een luchtbel in de uitstroomopening van de buret laten zitten. Hij heeft de titratie drie keer uitgevoerd. Welke resultaten zijn in overeenstemming met de gemaakte fout, bij een overigens juiste uitvoering van de bepaling?

verschil tussen eind- en beginstand van de buret:

	eerste keer	tweede keer	derde keer
A	15,26 mL	14,81 mL	14,34 mL
B	15,26 mL	14,81 mL	14,83 mL
C	15,26 mL	15,71 mL	16,14 mL
D	15,26 mL	15,71 mL	15,69 mL

- 17 Een oplossing van benzeencarbonzuur, $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$, wordt getitreerd met natronloog. Welke indicator kan het best worden gebruikt om het equivalentiepunt van deze titratie te bepalen en wat is de kleurverandering bij het equivalentiepunt?

indicator:

kleurverandering:

A	methylooranje	rood naar oranjegeel
B	methylooranje	oranjegeel naar rood
C	thymolblauw	rood naar geel
D	thymolblauw	geel naar rood
E	thymolblauw	geel naar blauw
F	thymolblauw	blauw naar geel

Rekenen en Groene chemie

- 18 Koper(I)oxide kan door een reactie met waterstof worden omgezet tot koper. Hoeveel gram water ontstaat bij deze reactie wanneer 10,0 g koper wordt gevormd?

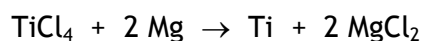
- A 0,709
- B 1,42
- C 2,83
- D 3,10
- E 6,21

- 19 In 25,0 mL 1,80 M zoutzuur wordt wat natriumcarbonaat opgelost. Bij de reactie die daarbij optrad, is 429 cm^3 koolstofdioxide gevormd, gemeten bij 298 K en $p = p_0$.

Hoe groot is de $[\text{H}^+]$ na afloop van de reactie? Ga ervan uit dat geen koolstofdioxide in de oplossing achterblijft.

- A $0,350 \text{ mol L}^{-1}$
- B $0,400 \text{ mol L}^{-1}$
- C $0,700 \text{ mol L}^{-1}$
- D $1,10 \text{ mol L}^{-1}$
- E $1,40 \text{ mol L}^{-1}$
- F $1,45 \text{ mol L}^{-1}$

- 20 Eén van de reacties die plaatsvinden bij de productie van titaan (Ti) uit titaanerts is de volgende reactie:



Onder bepaalde condities verloopt de productie van titaan uit TiCl_4 via deze reactie met een rendement van 80 procent.

Wat is de *E*-factor van de productie van titaan uit TiCl_4 via deze reactie?

- A 0,20
- B 0,25
- C 2,5
- D 3,0
- E 4,0
- F 5,0
- G 5,3

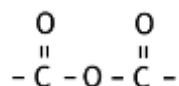
Open opgaven

(totaal 38 punten)

■ Opgave 2 Zuuranhydriden

(7 punten)

Zuuranhydriden zijn verbindingen waarvan de karakteristieke groep in de moleculen de volgende structuur heeft:



Zuuranhydriden kunnen bereid worden uit carbonzuren in aanwezigheid van difosforpentaoxide. Daarbij ontstaat uit twee moleculen carbonzuur door afsplitsing van een molecuul water een molecuul zuuranhydride:

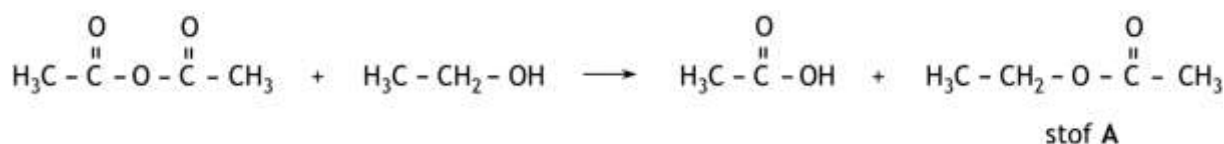


Als aan een mengsel van methaanzuur en propaanzuur difosforpentaoxide wordt toegevoegd, treden reacties op waarbij drie zuuranhydriden ontstaan.

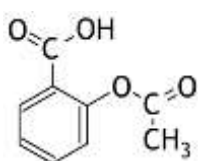
- 1 Geef de structuurformules van deze drie zuuranhydriden.

3

Zuuranhydriden kunnen reageren met alcoholen. Zo reageert ethaanzuuranhydride met ethanol. Daarbij ontstaan ethaanzuur en stof A.



Dit type reactie, waarbij uit een zuuranhydride en een alcohol een carbonzuur en een verbinding zoals stof A ontstaan, wordt toegepast bij de bereiding van aspirine. De structuurformule van aspirine is:

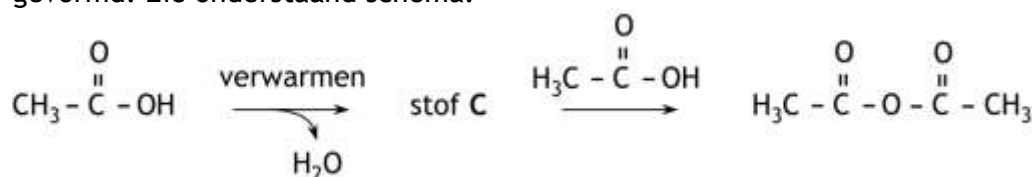


Bij de bereiding van aspirine reageert ethaanzuuranhydride met een stof B.

- 2 Geef de structuurformule van stof B.

2

Een veel gebruikte methode om op industriële schaal ethaanzuuranhydride te produceren, verloopt via een eliminatiereactie en een additiereactie. Tussentijds wordt een stof C gevormd. Zie onderstaand schema:



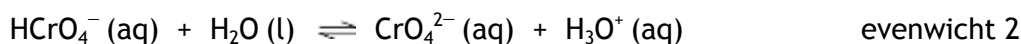
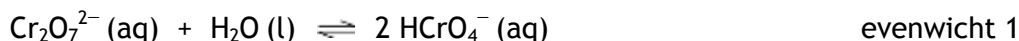
- 3 Geef de structuurformule van stof C.

2

■ Opgave 3 Kaliumdichromaatoplossing

(12 punten)

In een oplossing van kaliumdichromaat komen behalve K^+ ionen en $Cr_2O_7^{2-}$ ionen ook $HCrO_4^-$ ionen en CrO_4^{2-} ionen voor. De samenstelling van deze oplossing kan met de volgende twee evenwichten worden beschreven:



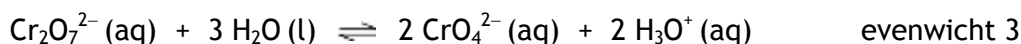
- 4 Leg uit, aan de hand van uitsluitend evenwicht 1, of bij de verdunning van een kaliumdichromaatoplossing de ligging van evenwicht 1 verschuift en, zo ja, of de ligging van het evenwicht naar rechts of naar links verschuift. 2

- 5 Leg uit, aan de hand van de evenwichten 1 en 2, of de concentratie van $Cr_2O_7^{2-}$ groter wordt, gelijk blijft of kleiner wordt door verlaging van de pH. Neem aan dat het volume van de oplossing niet verandert door verlaging van de pH. 3

In een aangezuurde kaliumdichromaatoplossing, waarvan de pH lager is dan 4, is de $[HCrO_4^-]$ zeer groot ten opzichte van de $[CrO_4^{2-}]$.

- 6 Bereken hoeveel maal zo groot de $[HCrO_4^-]$ is als de $[CrO_4^{2-}]$ in een oplossing met $pH = 3,50$. Gegeven: de K_z van $HCrO_4^-$ is $3,2 \cdot 10^{-7}$. 3

De evenwichten 1 en 2 kunnen tot één vergelijking worden gecombineerd. Deze vergelijking is hieronder weergegeven:



De evenwichtsconstante K_3 van evenwicht 3 kan worden uitgedrukt in K_1 , de evenwichtsconstante van evenwicht 1, en de K_z van $HCrO_4^-$.

- 7 Leid deze uitdrukking af. 4

Opgave 4 Natriumperjodaat en natriumjodaat

(19 punten)

Van jood en zuurstof bestaat een groot aantal samengestelde ionen. Twee voorbeelden zijn het perjodaation, IO_4^- , en het jodaation, IO_3^- .

In een jodaation zijn alle zuurstofatomen aan het joodatoom gebonden; er zijn geen bindingen tussen zuurstofatomen onderling.

- 8 Geef een lewisstructuur van het jodaation. Geef ook de plaats van de (formele) lading(en) aan. In een jodaation voldoen de zuurstofatomen aan de octetregel; het joodatoom niet. 3

Natriumperjodaat, NaIO_4 , en natriumjodaat, NaIO_3 , zijn beide witte vaste stoffen, die goed in water oplossen tot een kleurloze oplossing.

Een monsterpotje bevat een mengsel van natriumperjodaat en natriumjodaat. Om de samenstelling van het mengsel te bepalen, is de volgende bepaling uitgevoerd.

Van het mengsel werd 0,500 g opgelost tot 100 mL oplossing. Aan 10,00 mL van deze oplossing werd 5 mL 2 M zwavelzuuroplossing toegevoegd en daarna 5 mL 0,50 M kaliumjodide-oplossing.

De volgende reacties treden dan op:



en



Zowel reactie 1 als reactie 2 is een redoxreactie.

- 9 Geef van reactie 1 de vergelijking van de halfreactie van de oxidator. 3

Voor het afmeten van de zwavelzuuroplossing en de kaliumjodide-oplossing werd dezelfde 10 mL maatcilinder gebruikt. Na het toevoegen van de zwavelzuuroplossing werd de maatcilinder goed schoongemaakt met gedestilleerd water en daarna voorgespoeld met de kaliumjodide-oplossing.

- 10 Was dat nodig? Noteer je antwoord als volgt (kies voor *wel* of *niet*):
Schoonmaken met gedestilleerd water is *wel/niet* nodig.
Voorspoelen met de kaliumjodide-oplossing is *wel/niet* nodig. 2

Het gevormde jood werd met een 0,1025 M oplossing van natriumthiosulfaat getitreerd. Daarvan was 16,87 mL nodig om alle jood om te zetten.

De vergelijking van de reactie die tijdens de titratie optrad, is:



- 11 Bereken hoeveel gram natriumperjodaat en hoeveel gram natriumjodaat het onderzochte mengsel bevatte. 11

40^e Nationale Scheikundeolympiade 2019 voorronde 1
Antwoordblad meerkeuzevragen

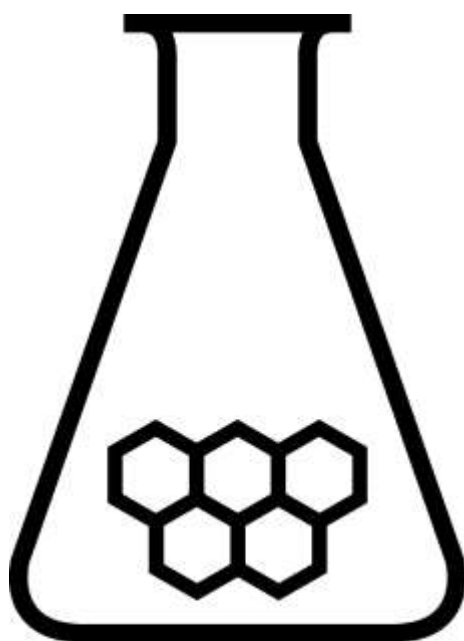
naam:

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 2019

OPGAVEN VOORRONDE 2

af te nemen in de periode van
18 tot en met 22 maart 2019



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 7 onderwerpen en 4 opgaven met in totaal 16 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 92 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.

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

Olav Altenburg
Johan Broens
Peter de Groot
Jacob van Hengst
Martin Groeneveld
Mees Hendriks
Daan Hoogers
Marijn Jonker
Emiel de Kleijn
Jasper Landman
Bob Lefeber
Marte van der Linden
Piet Mellema
Han Mertens
Stan van de Poll
Geert Schulpen
Paula Teeuwen
Eveline Wijbenga
Emmy Zeetsen

De eindredactie was in handen van:
Kees Beers en Dick Hennink

■ 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 Met behulp van welk type reactie kan de stof ethylacetaat (ethylethanoaat) worden verkregen?
- I additiereactie
 - II condensatiereactie
- A geen van beide
B alleen I
C alleen II
D allebei
- 2 Uit een alkanol kan via een eliminatiereactie een alkeen ontstaan. Hoeveel verschillende alkenen kunnen via een eliminatiereactie ontstaan uit hexaan-2-ol? Houd rekening met eventuele stereo-isomerie.
- A 2
B 3
C 4
D 5
- 3 Hoeveel verschillende isomeren $C_4H_8Cl_2$ met een onvertakte koolstofketen zijn er? Houd rekening met eventuele stereo-isomerie.
- A 4
B 5
C 6
D 7
E 8
F 9
G 10
H 11
I 12
J 13

Structuren en formules

- 4 Hoeveel ongepaarde elektronen komen voor in een Mn^{2+} ion in de grondtoestand in de gasfase?
- A 1
B 3
C 5
D 7

- 5 Welk van de volgende moleculen heeft/hebben een lineaire structuur?
- I Cl_2O (hierin is het zuurstofatoom aan beide chlooratomen gebonden)
 II N_2O (hierin zijn de beide stikstofatomen aan elkaar gebonden)
- A geen van beide
 B alleen I
 C alleen II
 D allebei
- 6 Hoeveel sigmabindingen (σ -bindingen) en hoeveel pibindingen (π -bindingen) zitten er in een molecuul ethenon?
- $\text{CH}_2 = \text{C} = \text{O}$
 ethenon
- | | σ -bindingen | π -bindingen |
|---|---------------------|------------------|
| A | 2 | 2 |
| B | 2 | 4 |
| C | 4 | 2 |
| D | 4 | 4 |
- 7 Vast cesiumchloride, CsCl , heeft een dichtheid van $3,99 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$. De eenheidscel van vast cesiumchloride is een lichaamsgecentreerde kubus, *bcc*. Hoe groot is de ribbe van de eenheidscel?
- A $8,36 \cdot 10^{-15} \text{ m}$
 B $5,92 \cdot 10^{-15} \text{ m}$
 C $1,32 \cdot 10^{-14} \text{ m}$
 D $3,27 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
 E $4,12 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
 F $5,58 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
- 8 Welke van onderstaande sets quantumgetallen hoort bij een *4d* orbitaal?
- I $n = 4$ $l = 3$ $m_l = 3$
 II $n = 4$ $l = 2$ $m_l = 2$
- A geen van beide
 B alleen I
 C alleen II
 D allebei

pH / zuur-base

- 9 0,40 mol NaH_2PO_4 en 0,60 mol Na_2HPO_4 worden opgelost tot 1,00 L oplossing (298 K). Wat is de pH van de ontstane oplossing?
- A 6,61
 B 6,79
 C 6,97
 D 7,03
 E 7,21
 F 7,38

- 10 De pH van een oplossing van natriumethanoaat (CH_3COONa) is 9,40 (298 K).
Wat is de molariteit van deze oplossing?
- A $2,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$
B $5,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$
C $0,91 \text{ mol L}^{-1}$
D $1,1 \text{ mol L}^{-1}$
- 11 In een 0,100 M oplossing van het zwakke zuur HZ is 3,5% geïoniseerd.
Wat is de pH van een 0,500 M oplossing van HZ?
- A 0,30
B 1,76
C 2,10
D 2,46

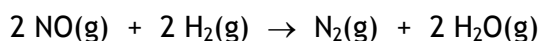
Redox en elektrochemie

- 12 Voor de elektrochemische cel $\text{Zn(s)} \mid \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) \parallel \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \mid \text{Cu(s)}$ is de standaard bronspanning 1,10 V.
Wat is de bronspanning bij 298 K wanneer $[\text{Zn}^{2+}] = 2,5 \text{ mol L}^{-1}$ en $[\text{Cu}^{2+}] = 0,10 \text{ mol L}^{-1}$?
- A 1,02 V
B 1,06 V
C 1,10 V
D 1,14 V
E 1,18 V

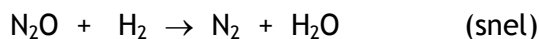
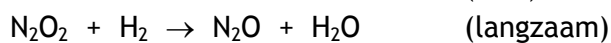
Reactiesnelheid en evenwicht

- 13 De reactiesnelheidsconstante van een reactie is $3,2 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ bij 400,0 K.
De activeringsenergie van de reactie is $0,410 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.
Wat is de reactiesnelheidsconstante bij 410,0 K?
- A $2,4 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$
B $3,2 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$
C $4,3 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$
D $3,9 \cdot 10^{-1} \text{ s}^{-1}$
- 14 Welk van de onderstaande zouten heeft de grootste oplosbaarheid, uitgedrukt in mol L^{-1} ?
- A bariumchromaat, BaCrO_4 ($K_s = 2,3 \cdot 10^{-10}$)
B calciumfluoride, CaF_2 ($K_s = 3,9 \cdot 10^{-11}$)
C zilverbromide, AgBr ($K_s = 5,0 \cdot 10^{-13}$)
D zinkoxalaat, ZnC_2O_4 ($K_s = 2,7 \cdot 10^{-8}$)

- 15 Stikstofmonoïoxide reageert met waterstof volgens de volgende reactievergelijking:



Een mogelijk reactiemechanisme is:

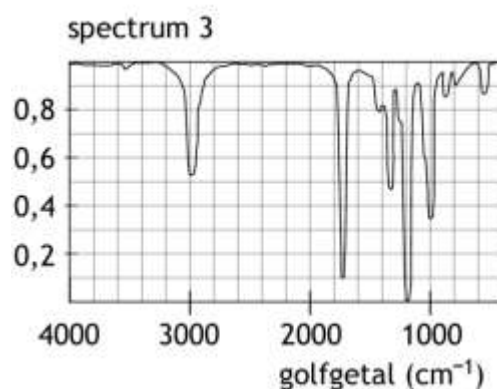
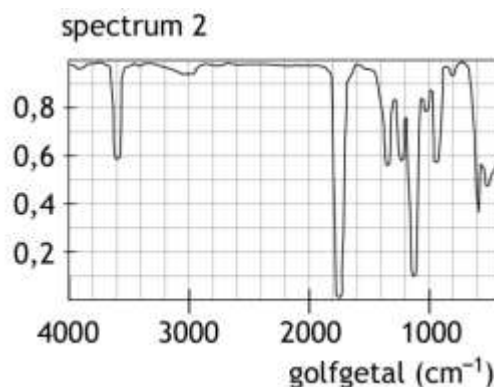
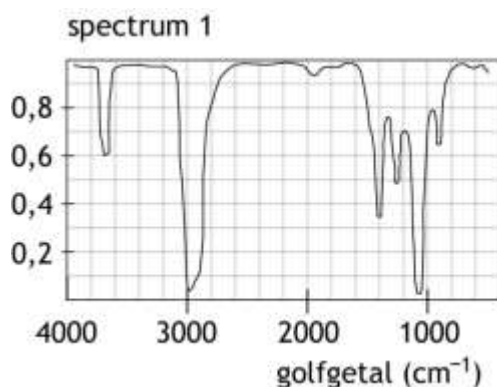


Wat is de vergelijking van de reactiesnelheid voor de reactie?

- A $s = k[\text{NO}][\text{H}_2]$
- B $s = k[\text{NO}][\text{H}_2]^2$
- C $s = k[\text{NO}]^2[\text{H}_2]$
- D $s = k[\text{NO}]^2[\text{H}_2]^2$

Analyse

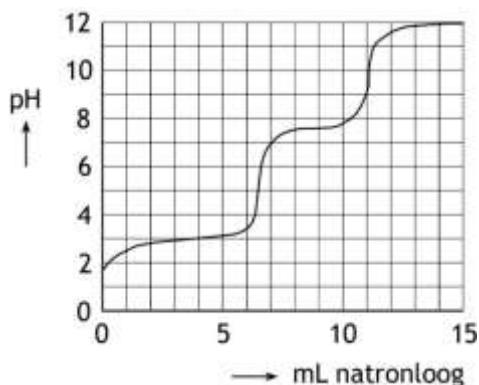
- 16 Hieronder staan de IR spectra afgebeeld van azijnzuur (ethaanzuur), ethanol en ethylacetaat (ethylethanoaat):



Welk spectrum hoort bij welke stof?

- | | spectrum 1 | spectrum 2 | spectrum 3 |
|---|--------------|--------------|--------------|
| A | azijnzuur | ethanol | ethylacetaat |
| B | azijnzuur | ethylacetaat | ethanol |
| C | ethanol | azijnzuur | ethylacetaat |
| D | ethanol | ethylacetaat | azijnzuur |
| E | ethylacetaat | azijnzuur | ethanol |
| F | ethylacetaat | ethanol | azijnzuur |

- 17 Een zure oplossing wordt getitreerd met natronloog. Onderstaande titratiecurve is verkregen.



Wat zat er in de oplossing?

- A een tweewaardig zuur
 - B twee eenwaardige zuren met dezelfde K_z 's, en dezelfde concentraties
 - C twee eenwaardige zuren met dezelfde K_z 's, maar verschillende concentraties
 - D twee eenwaardige zuren met verschillende K_z 's, maar dezelfde concentraties
 - E twee eenwaardige zuren met verschillende K_z 's en verschillende concentraties
- Rekenen en thermochemie**
- 18 Water wordt gedurende 2,0 uur geëlektrolyseerd bij een stroomsterkte van 10,0 A. Hoeveel dm^3 zuurstof (298 K en $p = p_0$) ontstaat hierbij?
- A 4,2
 - B 4,6
 - C 8,4
 - D 9,1
 - E 17
 - F 18
- 19 Titaandioxide, TiO_2 ($M = 79,87 \text{ g mol}^{-1}$), kan worden verkregen door ilmeniet, FeTiO_3 ($M = 151,72 \text{ g mol}^{-1}$), te verhitten met koolstof. Bij deze reactie ontstaan behalve titaandioxide, uitsluitend ijzer en koolstofdioxide. Het rendement van de omzetting is 88%. Hoe groot is de E -factor van deze reactie?
- A 0,97
 - B 1,05
 - C 1,24
 - D 1,33

20 Wat is de verandering in Gibbs energie voor de vorming ($\Delta_f G^\circ$) van $C_6H_6(g)$ bij 298 K?

	$C_6H_6(l)$	$C_6H_6(g)$
$\Delta_f H^\circ$, J mol ⁻¹	$0,490 \cdot 10^5$	$0,829 \cdot 10^5$
S° , J mol ⁻¹ K ⁻¹	173,3	269,0
$\Delta_f G^\circ$ (298 K), J mol ⁻¹	$1,243 \cdot 10^5$	

- A $0,027 \cdot 10^5$ J mol⁻¹
- B $0,054 \cdot 10^5$ J mol⁻¹
- C $1,216 \cdot 10^5$ J mol⁻¹
- D $1,270 \cdot 10^5$ J mol⁻¹
- E $1,297 \cdot 10^5$ J mol⁻¹

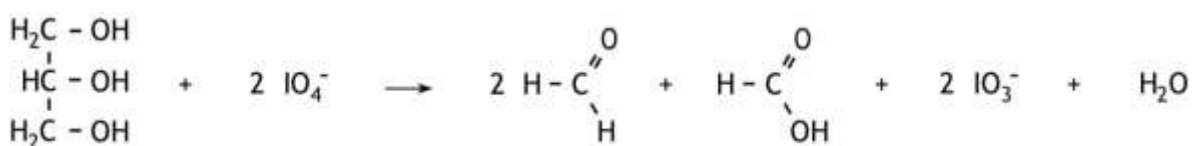
Open opgaven

(totaal 52 punten)

■ Opgave 2 Perjodaat in de organische chemie

(13 punten)

Organische verbindingen met groepen in het molecuul die aan naburige koolstofatomen zijn gebonden, kunnen reageren met natriumperjodaat (NaIO_4). Daarbij wordt de binding tussen de koolstofatomen waar de groepen aan vast zitten, verbroken. Wanneer de betreffende groepen OH groepen zijn, ontstaan aldehyden (alkanalen) of ketonen (alkanonen). Een carbonylgroep wordt omgezet tot een carboxylgroep. Zo wordt 2-hydroxy-2-methylpropanal door perjodaat omgezet tot propanon en methaanzuur. Glycerol reageert met perjodaat onder vorming van methanal en methaanzuur; het perjodaat wordt daarbij omgezet tot jodaat:



Dit soort reacties zijn redoxreacties.

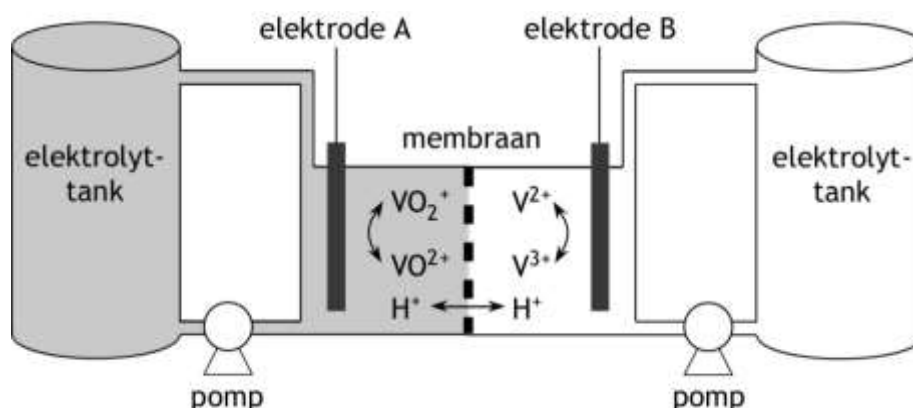
- 1 Geef de vergelijking van de halfreactie van het glycerol. 3
- 2 Leg uit, aan de hand van in deze opgave verstrekte gegevens, dat methanal en methaanzuur worden gevormd bij de reactie van glycerol met perjodaat. 2
- Bij de reactie van perjodaat met een bepaald diol ontstaat als enige koolstofverbinding heptaan-6-on-1-al.
- 3 Geef de structuurformule van het diol dat heeft gereageerd. 2
- De reactie van glycerol met perjodaat kan worden gebruikt om hoeveelheden glycerol te bepalen. Bij zo'n bepaling werd 1,308 g van een glycerol bevattende vloeistof in een maatkolf opgelost tot 100 mL oplossing. Uit deze oplossing werd 10,00 mL gepipetteerd en overgebracht in een erlenmeyer. Aan deze oplossing werd voldoende natriumperjodaat toegevoegd, zodat alle glycerol werd omgezet volgens bovenstaande reactievergelijking. Daarna werd getitreerd met 0,0868 M natronloog. Hiervan was 15,12 mL nodig.
- 4 Bereken het massapercentage glycerol in de onderzochte vloeistof. 6

Opgave 3 Vanadium-Redox-Flow-Batterij

(17 punten)

Een vanadium-redox-flow-batterij (VRFB) is een oplaadbare accu waarvan de werking berust op de reactie tussen verschillende soorten vanadiumverbindingen.

Hieronder is de VRFB schematisch weergegeven. Met de formules bij de elektroden zijn de omzettingen zowel bij het opladen als bij de stroomlevering weergegeven.



In de VRFB kan elektrische energie worden opgeslagen die wordt geproduceerd door bijvoorbeeld windmolens. De twee halfcellen in de VRFB zijn verbonden met relatief grote tanks die zijn gevuld met een zwavelzuuroplossing waarin ook vanadiumverbindingen zijn opgelost. De elektrolyt wordt rondgepompt ('flow') langs onaantastbare elektroden. Beide halfcellen zijn van elkaar gescheiden door een membraan dat alleen H^+ ionen kan doorlaten.

Wanneer de batterij nog niet is opgeladen, bevatten de linker-halfcel en de daarop aangesloten tank een oplossing waarin vanadylionen (VO^{2+}) als enige vanadium bevattende deeltjes voorkomen. De rechter-halfcel en de daarop aangesloten tank bevatten een oplossing waarin vanadium(III)sulfaat als enige vanadiumbevattende stof is opgelost. Omdat het elektrolyt bij kamertemperatuur kan worden opgeslagen, is het mogelijk om een VRFB op te schalen tot industriële grootte.

De standaardelektrodepotentialen voor de betreffende redoxkoppels zijn:



De werking (opladen en stroomlevering) van de VRFB kan met de volgende omkeerbare reactie worden weergegeven:



- 5 Geef de vergelijking van de halfreactie die plaatsvindt bij elektrode A tijdens het opladen van de VRFB. 2
- 6 Leg uit of elektrode A de positieve of de negatieve elektrode is van de VRFB. 2

In een typische VRFB wordt 5,0 M zwavelzuur als elektrolyt gebruikt. In deze oplossing is $[H^+] = 5,0 \text{ mol L}^{-1}$.

- 7 Laat door middel van een berekening zien dat in 5,0 M zwavelzuur $[H^+] = 5,0 \text{ mol L}^{-1}$. 4

Wanneer de VRFB nog niet is opgeladen, geldt: $[VO^{2+}] = 1,6 \text{ mol L}^{-1}$ en $[V^{3+}] = 1,6 \text{ mol L}^{-1}$.

Bij een volledig opgeladen VRFB is 99,0 procent van deze ionen omgezet.

In deze volledig opgeladen VRFB is $[H^+]$ groter dan $5,0 \text{ mol L}^{-1}$.

- 8 Bereken $[H^+]$ in de volledig opgeladen VRFB. 3

- 9 Bereken de bronspanning van de volledig opgeladen VRFB. 6

Maak hierbij gebruik van:

- de vergelijking van Nernst;
- gegevens uit deze opgave;
- het antwoord op vraag 8.

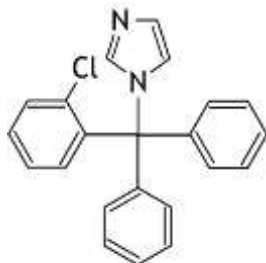
Opmerking: Wanneer je het antwoord op vraag 8 niet hebt kunnen berekenen, gebruik dan $[H^+] = 6,0 \text{ mol L}^{-1}$ (dit is niet het juiste antwoord op vraag 8).

Opgave 4 Twee antimycoticums

(13 punten)

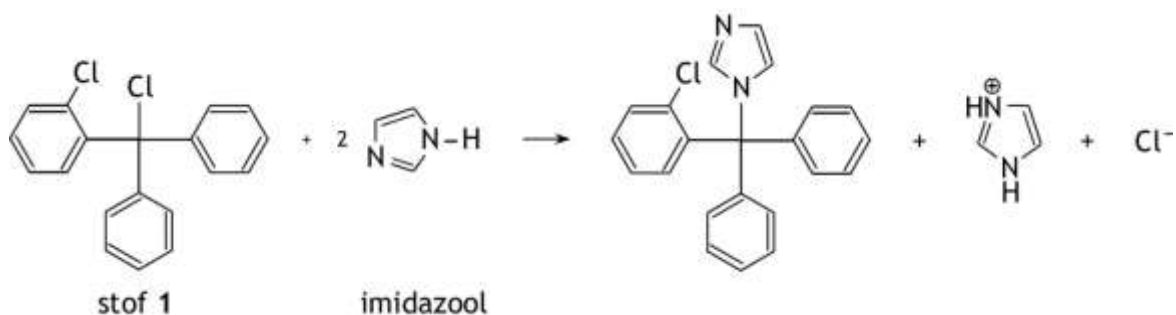
Een antimycoticum is een middel dat wordt gebruikt tegen schimmelinfecties, zoals zwemmerseczeem. Deze middelen worden gekenmerkt doordat in de moleculen een vijfkring voorkomt, met één of meerdere stikstofatomen.

Een veelgebruikt middel is clotrimazol:



clotrimazol

Bij de bereiding van clotrimazol reageert een stof 1 met imidazool, volgens de volgende reactievergelijking:

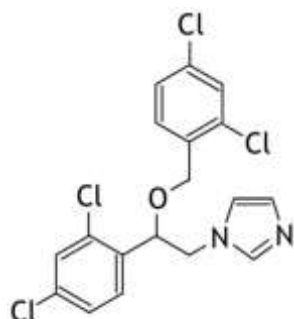


Deze omzetting verloopt in een aantal stappen: achtereenvolgens treden een S_N1 reactie en een zuur-basereactie op.

- 10 Geef deze stappen in structuurformules weer. Zet hierin alle relevante vrije elektronenparen en geef met kromme pijlen () aan hoe elektronenparen verschuiven bij het vormen en verbreken van bindingen. Noteer de fenylgroepen als C_6H_5 en de chloorfenylgroep als C_6H_4Cl .

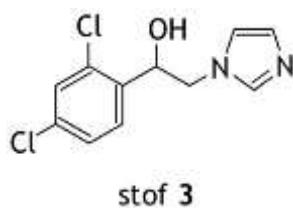
5

Een ander veelgebruikt middel is miconazol:



miconazol

Ook de bereiding van miconazol verloopt in een aantal stappen.
Eerst laat men een stof 2 reageren met imidazool, hierbij ontstaat stof 3:



- 11 Geef de structuurformule van stof 2. 2
- Daarna laat men stof 3 reageren met natriumhydride (NaH) en een stof 4.
Eerst reageert hierbij het hydride-ion met een molecuul van stof 3, waarbij onder andere een negatief geladen deeltje ontstaat. Dit deeltje reageert vervolgens met een molecuul van stof 4; hierbij ontstaat ook een chloride-ion.
- 12 Geef de structuurformule van het negatief geladen deeltje dat ontstaat bij de reactie van het hydride-ion met een molecuul van stof 3. 2
- 13 Geef de formule van het deeltje dat bij deze reactie tevens ontstaat. 2
- 14 Geef de structuurformule van stof 4. 2

■ Opgave 5 Een evenwicht

(9 punten)

Waterstofchloride kan bij verhoogde temperatuur in een evenwichtsreactie met zuurstof reageren onder vorming van chloor en water:



Voor de reactie naar rechts geldt $\Delta_r H^\circ = -1,15 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ en $\Delta_r S^\circ = -129 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

Aangenomen mag worden dat $\Delta_r H$ en $\Delta_r S$ niet afhankelijk zijn van de temperatuur.

Bij een bepaalde temperatuur liet men een mengsel reageren dat voor 8,5 volumeprocent uit HCl en 91,5 volumeprocent uit O_2 bestond. Na instelling van het evenwicht was 83% van het HCl omgezet. De druk aan het begin van de reactie was $98,0 \cdot 10^3 \text{ Pa}$. Tijdens de instelling van het evenwicht werden het volume en de temperatuur constant gehouden.

- 15 Bereken p_{HCl} , p_{O_2} , p_{Cl_2} en $p_{\text{H}_2\text{O}}$ in de evenwichtssituatie en K_p bij deze temperatuur. 7
- 16 Bereken bij welke temperatuur, in K, dit experiment werd uitgevoerd. 2

40^e Nationale Scheikundeolympiade 2019 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		

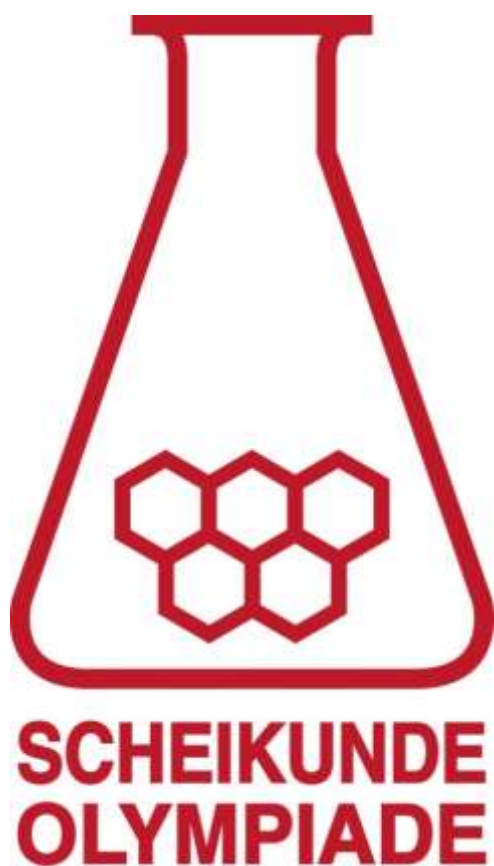
40^e Nationale Scheikundeolympiade

Avebe Innovation Center

Groningen

THEORIETOETS opgaven

woensdag 5 juni 2019



- Deze theorietoets bestaat uit 6 opgaven met in totaal 34 vragen.
- Gebruik voor elke opgave een apart antwoordblad, voorzien van naam. Houd aan alle zijden 2 cm als marge aan.
- 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 opgave is het aantal punten vermeld dat juiste antwoorden op de vragen oplevert.
- Bij deze toets hoort een uitwerkbijlage die bij de beantwoording van sommige vragen gebruikt moet worden.

De opgaven voor deze toets zijn gemaakt door:

Kees Beers en Dick Hennink met bijdragen van Piet Buwalda (Avebe)

Het NSO comité:

Johan Broens

Martin Groeneveld

Emiel de Kleijn

■ Opgave 1 Bordeauxse pap

(33 punten)

Bordeauxse pap wordt gebruikt in de aardappelteelt ter bestrijding van de schimmel die het blad en de knollen (aardappels) van de aardappelplant aantast. Deze aantasting wordt aardappelziekte genoemd en leidt tot vermindering van de aardappeloogst.

Bordeauxse pap wordt bereid door een mengsel van koper(II)sulfaat en gebluste kalk (calciumhydroxide), het zogenoemde Bordeauxse mengsel, te mengen met water. Hierbij treden meerdere reacties op. Het resultaat is een suspensie: de Bordeauxse pap. Hiermee worden de aardappelplanten besproeid om de aardappelziekte te bestrijden en te voorkomen.

Een Bordeauxs mengsel bevat een overmaat calciumhydroxide voor de reactie met kopersulfaat. De suspensie die na het toevoegen van water aan het Bordeauxse mengsel ontstaat, bevat drie vaste zouten.

- 1 Geef de formules van deze drie vaste zouten. 3

Wat betreft de samenstelling van Bordeauxse pap staat op Wikipedia het volgende:

Bordeauxse pap werd door Millardet ontdekt in 1885. Bordeauxse pap wordt toegepast als fungicide. Het mengsel wordt bereid door het neutraliseren van 2 delen koper(II)sulfaat met 1 deel gebluste kalk in 100 delen water. ... Het vaste mengsel (waar dan toch nog wel wat water in zit) bevat ongeveer 20 massa% koper.

Dit laatste lijkt wat vreemd. In de eerste plaats omdat een mengsel van 2 delen koper(II)sulfaat met 1 deel gebluste kalk in 100 delen water waarschijnlijk niet vast is, maar ook omdat in zo'n mengsel nooit 20 massaprocent koper kan zitten.

- 2 Leg uit, zonder een berekening te maken, dat in een mengsel van 2 delen koper(II)sulfaat met 1 deel gebluste kalk in 100 delen water het massapercentage koper niet 20% kan zijn. 2

Het zou ook kunnen dat wordt bedoeld dat koper(II)sulfaat en calciumhydroxide in de massaverhouding 2 : 1 in 100 delen water wordt gebruikt.

- 3 Bereken hoeveel gram koper(II)sulfaat dan per 100 gram water moet worden gebruikt om een mengsel te krijgen met 20 massaprocent koper. Ga ervan uit dat watervrij koper(II)sulfaat wordt gebruikt. 4

Het kopergehalte van een Bordeauxs mengsel kan met verschillende analysemethoden worden bepaald. In deze opgave komen een jodometrische titratie en een colorimetrische bepaling aan de orde.

Jodometrische bepaling van het kopergehalte in een Bordeauxs mengsel.

1,023 g Bordeauxs mengsel werd in 50 mL water gebracht. Hieraan werd 5 mL 1 M zwavelzuur toegevoegd. Het mengsel werd enige tijd gezwenkt. De ontstane suspensie werd gefiltreerd. Het residu werd enkele malen gewassen met water. Het verzamelde filtraat werd opgevangen in een 250 mL maatkolf en met water aangevuld tot 250,00 mL. Deze oplossing wordt oplossing 1 genoemd. Van oplossing 1 werd 20,00 mL gepipetteerd in een erlenmeyer. Hieraan werd 2 g kaliumjodide (overmaat), 25 mL water en 10 mL 1 M zwavelzuur toegevoegd. De reactie die dan optreedt, kan als volgt worden weergegeven:



De inhoud van de erlenmeyer werd getitreerd (titratie 1) met een natriumthiosulfaatoplossing. Hiervan was 11,70 mL nodig.

Tevens werd de volgende bepaling uitgevoerd:

Aan 20,00 mL 0,001600 M kaliumjodaat (KIO_3) oplossing werd 2 g kaliumjodide (overmaat), 10 mL 1 M zwavelzuuroplossing en 25 mL water toegevoegd. In dit mengsel treedt de volgende reactie op:



Het ontstane jood werd getitreerd met dezelfde natriumthiosulfaatoplossing als in titratie 1 is gebruikt. Er was 10,35 mL van de natriumthiosulfaatoplossing nodig.

- 4 Bereken het massapercentage Cu^{2+} in dit Bordeauxse mengsel.

7

Colorimetrische bepaling van het kopergehalte in een Bordeauxs mengsel

Het kopergehalte in een Bordeauxs mengsel kan ook worden bepaald met behulp van colorimetrie. Hierbij wordt gebruikgemaakt van het feit dat een oplossing met Cu^{2+} met ammonia reageert. Er ontstaat dan een oplossing met een diepblauwe kleur. Deze kleur wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van complexe tetra-amminekoper(II)ionen.

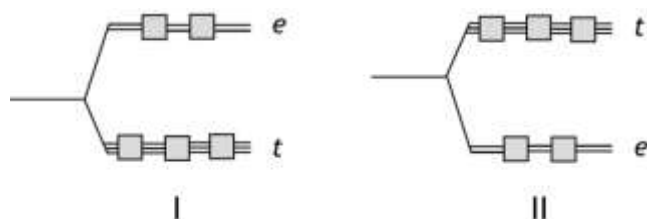
Een oplossing met tetra-amminekoper(II)ionen absorbeert licht met een golflengte van 610 nm.

- 5 Bereken de ligandveldsplittingsenergie Δ , in J mol^{-1} , voor dit complexe ion.

3

In feite is het tetra-amminekoper(II)complex een $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ complex waarin vier watermoleculen zijn vervangen door ammoniakmoleculen.

Afhankelijk van het soort complex, octaëdrisch of tetraëdrisch, kan de ligandveldopsplitsing van de d orbitalen op twee manieren worden weergegeven:



- 6 Neem het opsplitsingsdiagram over dat volgens jou van toepassing is voor het tetra-amminekoper(II)complex en teken hierin de elektronenconfiguratie van dit complex. 2
- 7 Is een oplossing met tetra-amminekoper(II)ionen paramagnetisch of diamagnetisch? Geef een verklaring voor je antwoord. 2
- Een oplossing van koper(II)sulfaat, met $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ ionen, absorbeert licht met een hogere golflengte dan een oplossing met tetra-amminekoper(II)ionen.
- 8 Welk molecuul heeft een sterker ligandveld: H_2O of NH_3 ? Geef een verklaring voor je antwoord. 2
- Een colorimetrische bepaling van het kopergehalte van een Bordeauxs mengsel is als volgt uitgevoerd.
- Eerst werd met behulp van een ijkreeks de molaire extinctiecoëfficiënt ϵ van het tetra-amminekoper(II)complex bij 610 nm bepaald.
- Zo'n ijkreeks kan bestaan uit zes oplossingen, waarvan de extinctie wordt bepaald. Bij deze extinctiemetingen worden steeds dezelfde cuvetten gebruikt, met $l = 2,0$ cm.
- Voor het maken van deze ijkreeks wordt gebruikgemaakt van:
- een standaardoplossing met 1,000 mg Cu^{2+} per mL;
 - gedestilleerd water;
 - 7,5 M ammonia;
 - reageerbuisjes;
 - verdeelpipetten van 10,00 mL.
- Op de uitwerkbijlage staat een tabel waarmee duidelijk gemaakt kan worden hoe een ijkreeks is gemaakt.
- 9 Vul de tabel op de uitwerkbijlage in zodat duidelijk wordt hoe zo'n ijkreeks kan worden gemaakt. 4
- Uit de gemeten extincties van de ijkreeksoplossingen werd een ijkdiagram gemaakt. Hieruit werd de molaire extinctiecoëfficiënt van het tetra-amminekoper(II)complex bepaald bij 610 nm: $\epsilon = 51 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$.
- Tenslotte werd een hoeveelheid van een Bordeauxs mengsel gemengd met wat 5 M zwavelzuur. Het mengsel werd gefiltreerd, het residu werd gewassen met water. Aan het verzamelde filtraat werd overmaat 7,5 M ammonia toegevoegd, waarna de oplossing met water werd aangevuld tot 100,00 mL.
- Van de ontstane oplossing werd met een zelfde cuvet ($l = 2,0$ cm) als bij de ijkreeks werd gebruikt, de extinctie gemeten bij 610 nm: $E = 0,560$.
- 10 Bereken hoeveel gram Cu^{2+} dit Bordeauxse mengsel bevatte. 4

Opgave 2 De ontleding van distikstofpentaoxide

(10 punten)

Wanneer distikstofpentaoxide ontleedt, ontstaan stikstofdioxide en zuurstof:



Men heeft de snelheid van de ontledingsreactie van distikstofpentaoxide bij twee temperaturen, 318 K en 338 K, onderzocht. De volgende gegevens zijn verkregen:

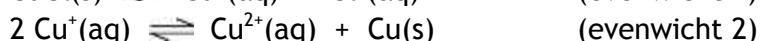
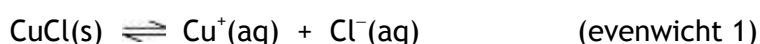
tijd (sec)	[N ₂ O ₅] (mol L ⁻¹)	
	bij 318 K	bij 338 K
0	0,050	0,050
200	0,045	0,018
400	0,041	0,0062
600	0,037	0,0022
800	0,033	0,00078
1000	0,030	0,00028

- 11 Leg aan de hand van gegevens uit bovenstaande tabel uit dat deze reactie een eerste orde reactie is in [N₂O₅]. Gebruik eventueel het grafiekpapier op de uitwerkbijlage. 3
- 12 Bereken de halveringstijd van [N₂O₅] bij 318 K. 3
- 13 Bereken de activeringsenergie van deze reactie. Gebruik eventueel het grafiekpapier op de uitwerkbijlage. 4

Opgave 3 Een koper één-tweetje

(10 punten)

Koper(I)ionen kunnen in één reactie als oxidator en als reductor optreden. Wordt het slecht oplosbare koper(I)chloride met water geschud, dan stellen zich de volgende evenwichten in:



Als we ervan uitgaan dat, behalve het waterevenwicht, alleen bovenstaande twee evenwichten in de oplossing een rol spelen, ontstaat na het schudden van koper(I)chloride met water een mengsel waarin geldt:

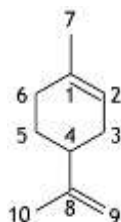
$$[\text{Cl}^-(\text{aq})] = 2 \times [\text{Cu}^{2+}(\text{aq})] + [\text{Cu}^+(\text{aq})]$$

- 14 Leg uit dat in het ontstane mengsel deze betrekking geldt. 2
- De waarde van de evenwichtsconstante K_2 van evenwicht 2 bij 298 K kan worden berekend met behulp van de standaardelektrodepotentialen van de halfreacties die betrokken zijn bij evenwichtsreactie 2.
- 15 Bereken de waarde van K_2 . 5
- Schudt men bij 298 K een overmaat koper(I)chloride met water, dan blijkt dat na het schudden $[\text{Cu}^{2+}(\text{aq})] = 3,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$.
- 16 Bereken de waarde van de evenwichtsconstante K_1 van evenwicht 1 bij 298 K. Hiervoor heb je onder andere het antwoord op vraag 15 nodig; heb je geen antwoord op vraag 15, gebruik dan de waarde $2,3 \cdot 10^5$ (dit is niet het goede antwoord op vraag 15). 3

Opgave 4 Polymeren uit limoneen

(20 punten)

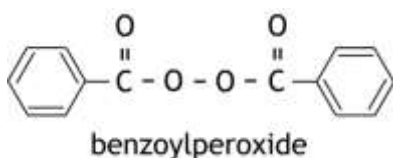
Limoneen is een waardevol product uit de industrie die sinaasappelsap produceert. Per jaar wordt op wereldschaal 70 miljoen kg limoneen gewonnen uit sinaasappelschillen. Zie hieronder de structuur van limoneen (hierin zijn de koolstofatomen genummerd).



limoneen

Een mogelijk veelbelovende toepassing van limoneen is als grondstof voor (gedeeltelijk) bio-based polymeren. Er wordt onderzoek gedaan naar de mogelijke inzet als monomeer voor de synthese van polymeren.

Limoneen zelf kan via een radicaalmechanisme polymeriseren tot poly-limoneen. De opbrengst en de polymerisatiegraad vallen echter tegen. Betere resultaten worden bereikt wanneer limoneen gebruikt wordt bij de copolymerisatie met andere monomeren. Een voorbeeld hiervan is de copolymerisatie van limoneen en *n*-butylacrylaat. Hierbij wordt benzoylperoxide (zie hieronder) als initiator gebruikt en is van de limoneenmoleculen alleen de binding tussen C8 en C9 betrokken bij de polymerisatie.



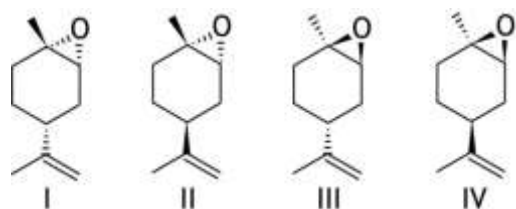
benzoylperoxide

- 17 Geef de structuurformule van het begin van zo'n copolymeer van limoneen en *n*-butylacrylaat. Dit fragment moet onder andere bestaan uit twee monomeren van *n*-butylacrylaat en één limoneenmonomeer. Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 66.

Een andere aanpak om limoneen te gebruiken voor de synthese van polymeren richt zich op de binding tussen C1 en C2. Een eerste omzetting in die aanpak is de zogenoemde epoxidatie van limoneen tot 1,2-epoxylimoneen.

De limoneen uit sinaasappelschillen bestaat voornamelijk uit 4R-limoneen.

Bij de epoxidatie van 4R-limoneen ontstaat onder bepaalde reactieomstandigheden uitsluitend 4R-*trans*-1,2-epoxylimoneen (structuur I hieronder).



Van 4R-*trans*-1,2-epoxylimoneen (I) bestaan verschillende stereo-isomeren. Deze zijn als II, III en IV hierboven afgebeeld.

□18 Geef de stereochemische notatie van II op dezelfde wijze als bij I is gedaan. 2

□19 Geef aan wat in de onderstaande (nog niet complete) uitspraken op de moet staan om ze juist te laten zijn.

Kies daarbij uit: *enantiomeren* of *diastereomeren*.

A. I en II zijn

B. II en III zijn

C. III en IV zijn

D. I en IV zijn

Noteer je antwoord als: A. B. C. D.

2

□20 Geef aan wat in de onderstaande (nog niet complete) uitspraken op de moet staan om ze juist te laten zijn.

Kies daarbij uit: *optisch actief* of *niet optisch actief*.

A. I is

B. II is

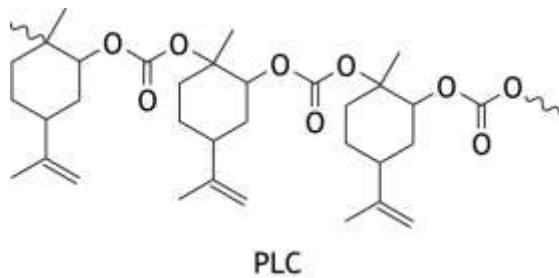
C. III is

D. IV is

Noteer je antwoord als: A. B. C. D.

2

4R-*trans*-1,2-epoxylimoneen kan met koolstofdioxide onder invloed van een Zn-katalysator polymeriseren tot poly-limoneencarbonaat (PLC).



Men is erin geslaagd om poly-limoneencarbonaat (PLC) te maken met een molecuulmassa van $1,10 \cdot 10^5$ u.

- 21 Bereken het totale aantal monomeereenheden in een molecuul PLC met molecuulmassa $1,10 \cdot 10^5$ u. Verwaarloos hierbij de bijdrage van de andere groepen die zich aan de uiteinden van de molecuulketens bevinden.

3

Een belangrijke parameter voor polymeren is de polydispersiteit, P .

Deze parameter geeft informatie over de verdeling over de verschillende ketenlengtes die in een polymeer voorkomen en wordt uitgedrukt in de volgende formule:

$$P = \frac{M_w}{M_n}$$

Hierin is M_w de gewichtsgemiddelde molecuulmassa van het polymeer en M_n de getalsgemiddelde molecuulmassa van het polymeer.

Het geproduceerde PLC heeft een P die varieert van 1,10 tot 1,20.

- 22 Neem de volgende zin over en maak daarbij de juiste keuzes uit de cursieve alternatieven. M_w is *minder/meer* gevoelig voor de aanwezigheid van polymeermoleculen met een *kleine/grote* molecuulmassa en M_n is *minder/meer* gevoelig voor polymeermoleculen met een *kleine/grote* molecuulmassa.
- 23 Geef de naam van de techniek waarmee de polydispersiteit van polymeren kan worden bepaald.
- 24 Leg uit of de spreiding in de ketenlengtes bij PLC met $P = 1,10$ groter is of kleiner is dan bij PLC met $P = 1,20$.

2

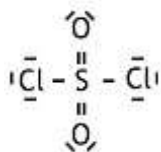
2

2

Opgave 5 Sulfuryldichloride

(31 punten)

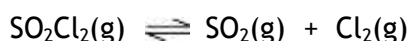
Sulfuryldichloride is een verbinding van zwavel, chloor en zuurstof. De molecuulformule is SO_2Cl_2 . De lewisstructuur van sulfuryldichloride kan als volgt worden weergegeven:



- 25 Beschrijf uitgaande van de elektronenconfiguratie in de grondtoestand van het zwavelatoom hoe de bindingen tussen het zwavelatoom en de zuurstof- en chlooratomen tot stand komen. Geef ook aan hoe het zwavelatoom gehybridiseerd is en of de bindingen σ -bindingen zijn of π -bindingen.

5

Wanneer sulfuryldichloride wordt verwarmd, ontleedt het onder vorming van zwaveldioxide en chloor. Het volgende evenwicht stelt zich in:



De reactie naar rechts is endotherm.

Wanneer men op een systeem dat zich in evenwicht bevindt een verandering aanbrengt, heeft dat tot gevolg dat er veranderingen in het evenwichtsmengsel optreden tot zich een nieuw evenwicht heeft ingesteld.

- 26 Geef voor elk van de volgende gevallen aan wat het resultaat is van een verandering op een in evenwicht verkerend systeem van $\text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{g})$ en $\text{SO}_2(\text{g})$ en $\text{Cl}_2(\text{g})$. Vul in de tabel die op de uitwerkbijlage (en ook hieronder) staat, in of $[\text{SO}_2\text{Cl}_2]$, $[\text{SO}_2]$, $[\text{Cl}_2]$ en K_c in het nieuwe evenwicht anders zijn dan $[\text{SO}_2\text{Cl}_2]$, $[\text{SO}_2]$, $[\text{Cl}_2]$ en K_c in het oude evenwicht en, zo ja, welke verandering heeft plaatsgevonden.

9

verandering:	effect op:			
	$[\text{SO}_2\text{Cl}_2]$	$[\text{SO}_2]$	$[\text{Cl}_2]$	K_c
1. toevoeging van Cl_2 bij constante temperatuur en constant volume				
2. verwarmen bij constant volume				
3. volume-verkleining bij constante temperatuur				

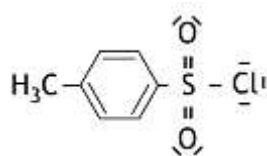
Voor sulfuryldichloride geldt $\Delta_f H^0 = -3,55 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ en $S^0 = 311 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

Een ruimte met een vast volume van $1,00 \text{ dm}^3$ wordt gevuld met uitsluitend $3,45 \text{ g}$ sulfuryldichloride en verhit tot 157°C .

- 27 Bereken hoe hoog de druk is geworden als het evenwicht zich heeft ingesteld. 11

Een verbinding die afgeleid is van sulfuryldichloride is paratolueensulfonylchloride, ook wel tosylchloride genoemd en vaak afgekort weergegeven met TsCl.

De structuurformule van tosylchloride is:



Tosylchloride wordt in de organische chemie vaak gebruikt om bij eliminatie- en substitutiereacties een slechte leaving group (vertrekkende groep) om te zetten tot een betere leaving group.

Een voorbeeld is de eliminatiereactie van een alcohol tot een alkeen. Hierbij laat men

eerst het alcohol, in aanwezigheid van pyridine (, reageren met tosylchloride,

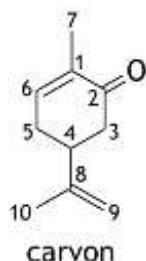
waarna het gevormde alkyltosylaat wordt verhit met natriummethanolaat.

- 28 Geef de vergelijkingen van de omzettingen die plaatsvinden bij de eliminatiereactie van 3-methylbutaan-2-ol. Gebruik structuurformules; tosylchloride mag worden weergegeven met TsCl. 6

Opgave 6 Synthese van carvon uit limoneen

(16 punten)

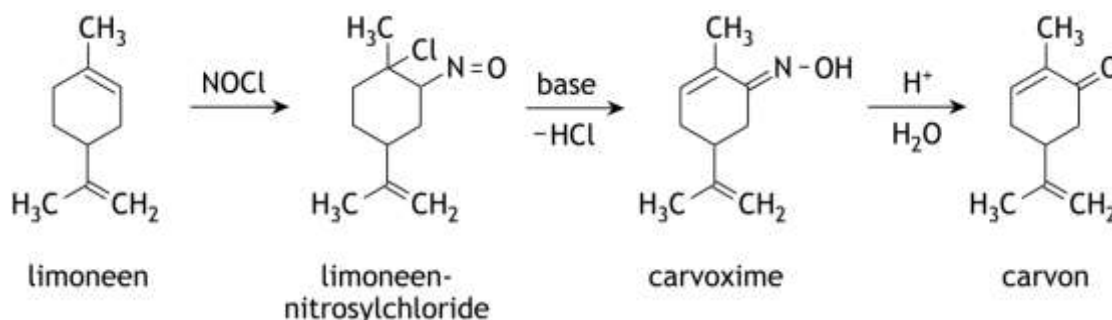
D-Carvon wordt gebruikt bij de opslag van aardappels. Het voorkomt het zogenoemde 'uitlopen' van aardappels waarbij vroegtijdig groeischeuten ontstaan. Carvon kan met de volgende structuur worden weergegeven (hierin zijn de koolstofatomen genummerd):



Van carvon bestaan twee stereo-isomeren waarvan alleen D-carvon het bovengenoemde effect heeft. L-carvon ruikt naar munt en wordt gebruikt als geur- en smaakstof.

D-carvon kan worden gesynthetiseerd uit D-limoneen, dat uit sinaasappelschillen kan worden geïsoleerd.

De synthese van D-carvon uit D-limoneen verloopt in drie stappen. Deze synthese is hieronder schematisch weergegeven:



In stap 1 vindt een elektrofile additie plaats waarbij limoneennitrosylchloride wordt gevormd. Deze additie is selectief en verloopt volgens een reactiemechanisme dat vergelijkbaar is met een Markovnikoff-additie.

- 29 Leg uit dat uit het schema blijkt dat de vorming van limoneennitrosylchloride selectief is. 2
- 30 Leg uit dat het reactiemechanisme dat heeft geleid tot het ontstaan van limoneennitrosylchloride vergelijkbaar is met een Markovnikoff-additie. 2

In stap 2 vinden twee omzettingen plaats. Eén daarvan is de omzetting van de $N=O$ groep tot een $N-O-H$ groep. Deze omzetting verloopt via een tautomere omlegging. Op de uitwerkbijlage is een gedeelte van de structuur van limoneennitrosylchloride weergegeven.

- 31 Geef op de uitwerkbijlage deze tautomere omlegging van limoneennitrosylchloride tot carvoxime weer. Ga daarbij uit van het weergegeven gedeelte van de structuur van limoneennitrosylchloride en geef met pijlen weer hoe elektronenparen van positie veranderen. 3

Stap 3 is een hydrolyse. Behalve carvon ontstaat hierbij nog één andere stof.

- 32 Geef de structuurformule van deze stof.

2

Van de beginstof limoneen, twee tussenproducten en het eindproduct carvon worden IR-spectra opgenomen. Hieronder is de plaats van een aantal absorptiepieken in deze IR-spectra weergegeven.

stof	absorptiepiek (cm ⁻¹)
limoneen	3110; 2980; 2940; 1640; 1430; 1365; 880.
limoneennitrosylchloride	3100; 2960; 2650; 1190.
carvoxime	3300; 2920; 1640; 1430; 1370; 920; 880.
carvon	3110; 2950; 1670; 1440; 1360; 1110; 980.

- 33 Noem de absorptiepiek waaruit blijkt dat:

- A. in een carvoximemolecuul de oximegroep (N – O – H) aanwezig is: ...
- B. in een limoneennitrosylchloridemolecuul een Cl atoom voorkomt en in een carvoximemolecuul niet (meer): ...
- C. in een carvonmolecuul een carbonylgroep voorkomt: ...

Maak hierbij ook gebruik van Binas-tabel 39C.

Noteer je antwoord als volgt: A. ...; B. ...; C. ...

3

Het ¹H – NMR-spectrum van carvon laat de volgende signalen zien:

chemical shift (ppm)	multipliciteit	integraal	nummer(s) van C ato(o)m(en)
1,6	singlet	3 H	
1,7	singlet	3 H	
2 - 3	multiplet	5 H	
4,8	doublet	2 H	
6,7	triplet	1 H	

Op de uitwerkbijlage staat dezelfde tabel.

- 34 Vul de nummers van de C atomen in die bij de vermelde signalen horen. Maak hierbij ook gebruik van Binas-tabel 39B1.

4

40^e Nationale Scheikundeolympiade

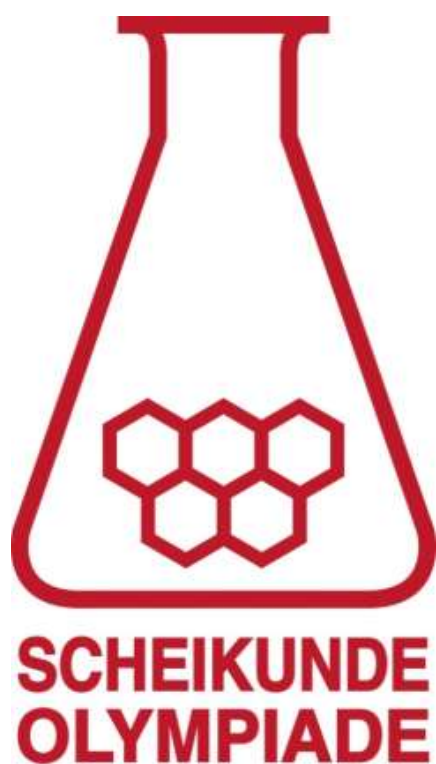
Avebe Innovation Center

Groningen

THEORIETOETS

uitwerkbijlage

woensdag 5 juni 2019



Naam: _____

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

Vraag 9

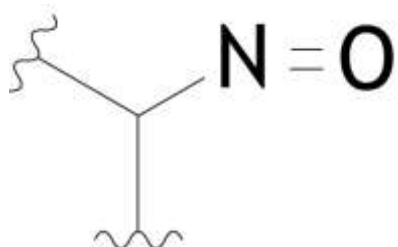
ijkreeks

oplossing	mL standaardoplossing	mL gedestilleerd water	mL 7,5 M ammonia
blanco			
1			
2			
3			
4			
5			

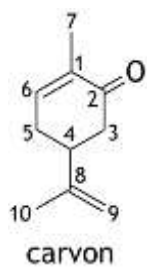
Vraag 26

verandering:	effect op:			
	$[\text{SO}_2\text{Cl}_2]$	$[\text{SO}_2]$	$[\text{Cl}_2]$	K_c
1. toevoeging van Cl_2 bij constante temperatuur en constant volume				
2. verwarmen bij constant volume				
3. volume- verkleining bij constante temperatuur				

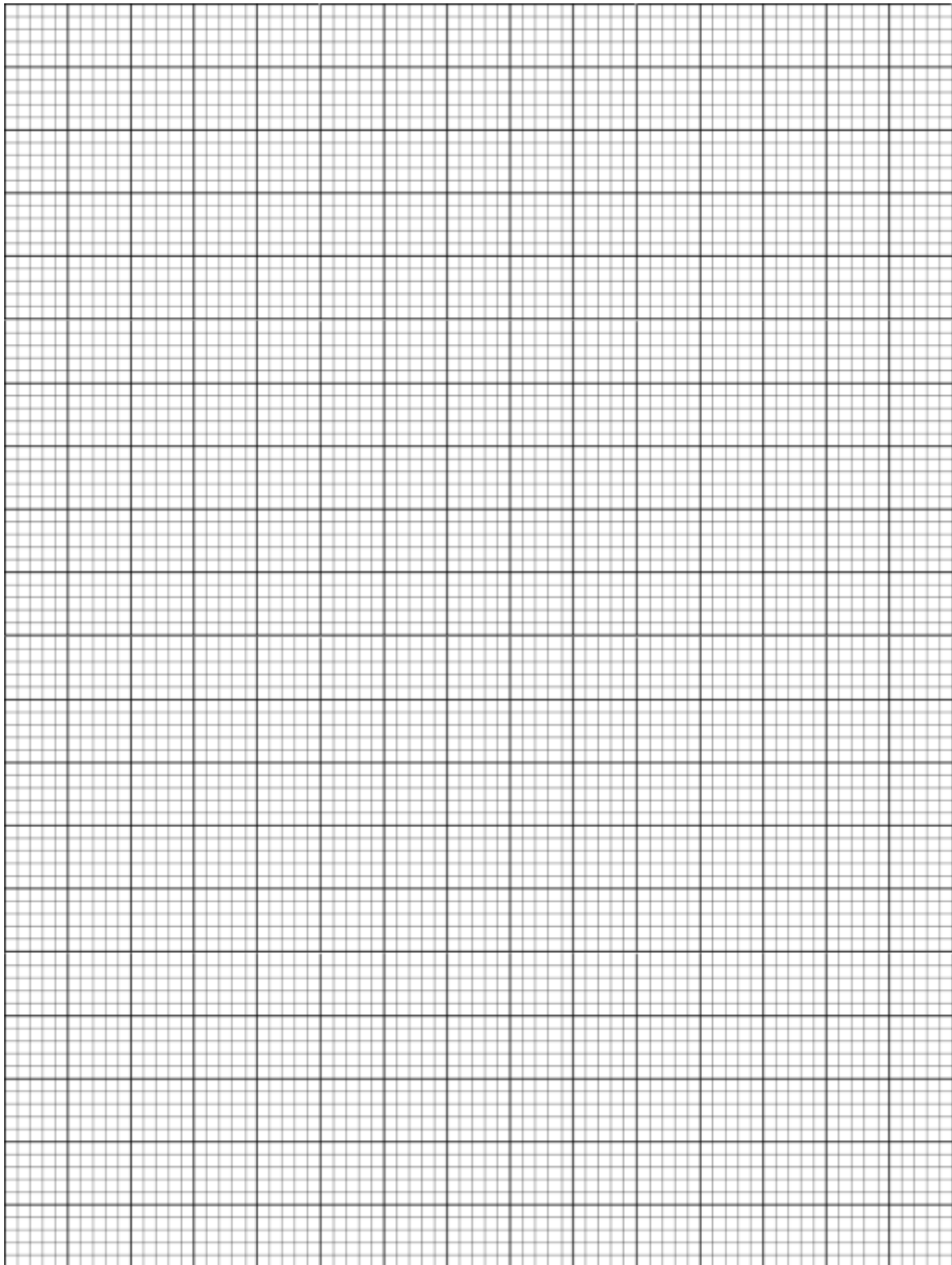
Vraag 31

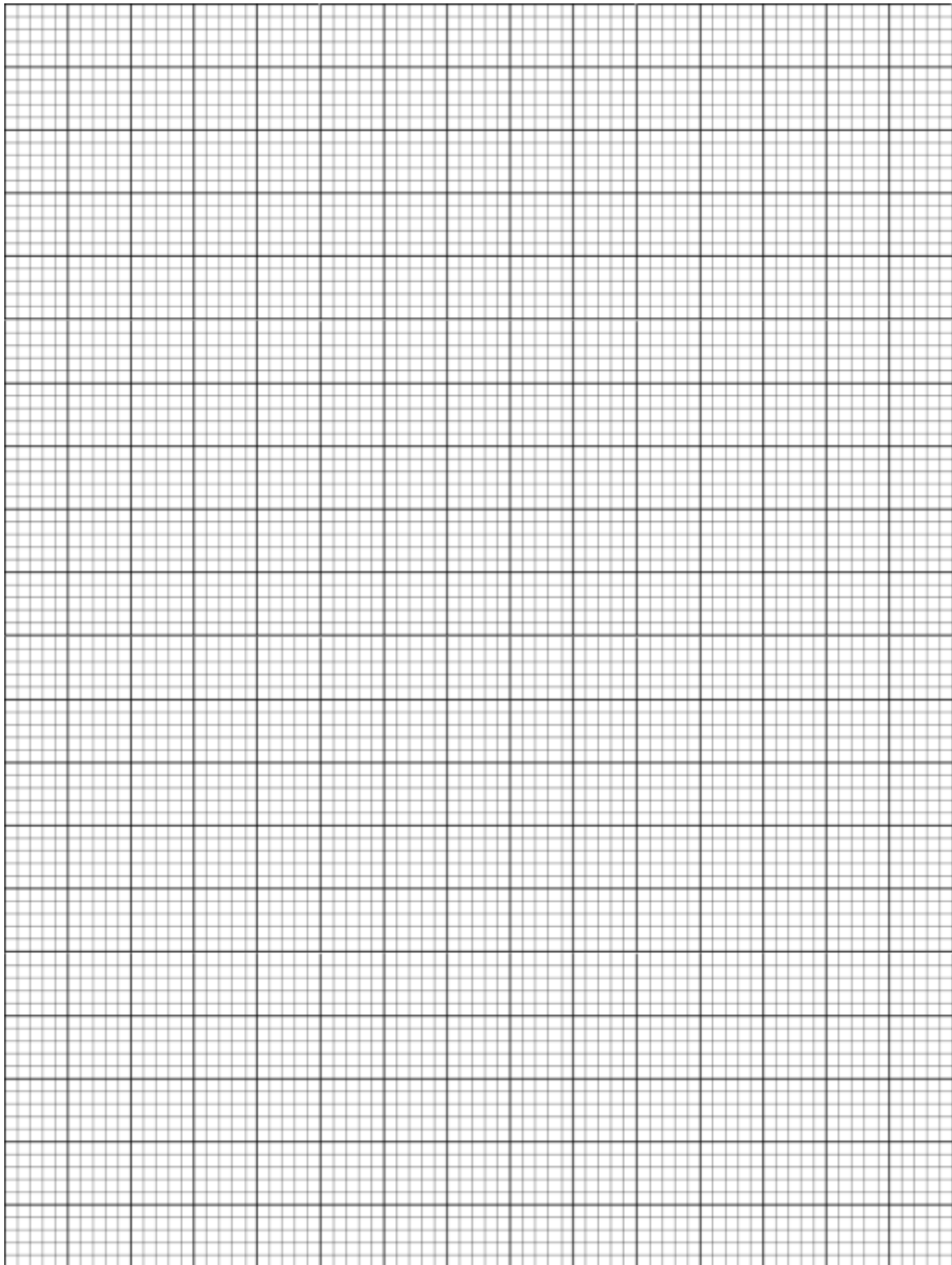


Vraag 34



chemical shift (ppm)	multipliciteit	integraal	nummer(s) van C ato(o)m(en)
1,6	singlet	3 H	
1,7	singlet	3 H	
2 - 3	multiplet	5 H	
4,8	doublet	2 H	
6,7	triplet	1 H	





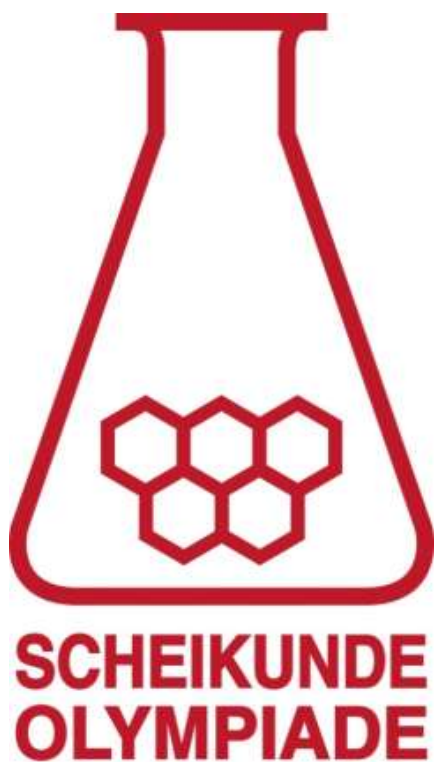
40^e Nationale Scheikundeolympiade

Avebe Innovation Center

Groningen

PRACTICUMTOETS

donderdag 6 juni 2019



De experimenten voor deze toets zijn voorbereid door:

Kees Beers (NSO comité)

Piet Buwalda (Avebe)

Wesley Browne (RUG)

Dick Hennink (NSO comité)

Marijn Jonker (RUG)

Het NSO comité:

Johan Broens

Martin Groeneveld

Emiel de Kleijn

Verder is medewerking verleend door:

Hans de Boer (RUG)

Tjalling Canrinus (RUG)

Laura Comprido (RUG)

Sietse Dijt (RUG)

Linda Eijsink (RUG)

Ruben Feringa (RUG)

Marit Fiechter (RUG)

Andy Sardjan (RUG)

Jorn Steen (RUG)

De eindredactie was in handen van:

Kees Beers en Dick Hennink

Aanwijzingen/hulpmiddelen

- Deze practicumtoets bestaat uit twee geïntegreerde onderdelen:
 - De bepaling van substitutiegraad van geacetyleerd zetmeel;
 - De acetylering van zetmeel.
- Na 4 uur eindigt de practicumtoets. Binnen deze tijd moeten:
 - de bijgevoegde antwoordbladen zijn ingevuld;
 - alle vragen zijn beantwoord.
- De maximumscore voor de gehele practicumtoets bedraagt 80 punten.
- De score wordt bepaald door:
 - praktische vaardigheid, netheid, veiligheid maximaal 20 punten
 - resultaten van de bepalingen en beantwoording van de vragen maximaal 60 punten
- Benodigde hulpmiddelen: (grafische) rekenmachine, lineaal/geodriehoek en Binas of ScienceData.
- Lees eerst de inleiding en alle opdrachten door en begin daarna pas met de uitvoering.

Extra:

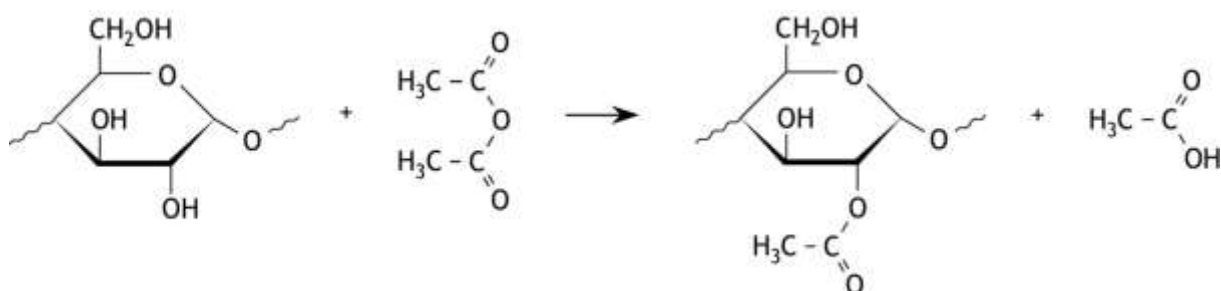
- Dit is een toets; het is niet toegestaan te overleggen met andere deelnemers.
- Wanneer je een vraag hebt, dan kun je deze stellen aan de begeleider.
- Mocht er iets niet in orde zijn met je glaswerk of apparatuur, meld dit dan bij de begeleider zodra je het ontdekt. Leen geen spullen van je buurman!

Inleiding

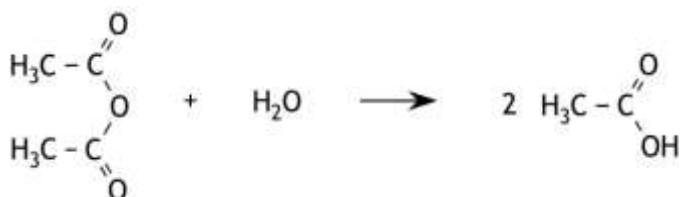
Zetmeelacetaten worden op grote schaal toegepast in de levensmiddelenindustrie. Zetmeelacetaat (E1420) wordt toegepast in noodles; zetmeeladipaat/acetaat (E1422) in producten zoals vla en sauzen. In instant noodles zorgen zetmeelacetaten voor een gare textuur.

De acetylering van zetmeel wordt uitgevoerd met azijnzuuranhydride. Het zijn voornamelijk de OH groepen op C atoom 2 van de glucose-eenheden waar de reactie plaatsvindt. Dit komt doordat deze OH groep licht zure eigenschappen heeft, meer dan de andere OH groepen in het molecuul.

De reactievergelijking van de acetylering is als volgt:



Als nevenreactie treedt de hydrolyse van azijnzuuranhydride op:



De acetylering van zetmeel wordt uitgevoerd bij $\text{pH} = 8,5$. Om de pH constant op 8,5 te houden moet voortdurend natronloog worden toegevoegd.

De substitutiegraad, DS, van het geacetyleerde zetmeel is gedefinieerd als het gemiddelde aantal mol OH groepen dat per glucose-eenheid ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$) heeft gereageerd.

Volgorde van het werk:

In Experiment 1 moet bepaalde hoeveelheid geacetyleerd zetmeel worden verzeep met natronloog. Dit duurt circa twee uur. Terwijl deze reactie plaatsvindt wordt Experiment 2 in z'n geheel uitgevoerd. Na inlevering van de antwoordbladen van Experiment 2 ga je verder met Experiment 1.

Aan het begin van het practicum staat een buret gevuld met natronloog (44 g NaOH per liter) voor je gereed. Deze heb je nodig in Experiment 2. Zodra je in Experiment 2 klaar bent met het toevoegen van de natronloog moet je die buret legen en goed schoonmaken.

■ Experiment 1 De bepaling van de substitutiegraad van geacetyleerd zetmeel (40 punten)

Chemicaliën

Geacetyleerd zetmeel:	vochtgehalte 17,05 massaprocent
Natronloog:	0,10 M
Zoutzuur:	0,10 M
Indicatoroplossing:	fenolftaleïenoplossing

H- en P-zinnen

Geacetyleerd zetmeel :	nvt
Natronloog:	H 314, 318, 402 P 280, 305 + 351 + 338, 310
Zoutzuur:	H 315, 319 P 264, 280, 302 + 352, 305 + 351 + 338, 332, 313, 362
Fenolftaleïen:	H 319 P 280, , 308 + 313

Materialen

- twee afsluitbare 20 mL scintillatiekolfjes met in elk kolfje 1,00 g geacetyleerd zetmeel en een kleine roervlo
- een 50 mL buret
- een 25 mL pipet met schaalverdeling
- een pipetteerballon
- twee 50 mL erlenmeyers
- spuitfles met gedestilleerd water

gedeeld met andere deelnemers:

- afvalbak voor afval
- marker
- magnetische roerder

Uitvoering

- 1 Vul de pipet met 0,10 M natronloog.
- 2 Voeg met behulp van een pipet 13,0 mL 0,10 M natronloog toe aan beide monsters. Noteer het exacte aantal mL toegevoegd natronloog op de je antwoordblad.
- 3 Doe een roervlo in beide scintillatiekolfjes, sluit ze af, zet er een merkteken op zodat je ze kunt herkennen en zet ze op een magnetische roerder. Vraag hierbij hulp aan de laboratoriumassistent.
- 4 Roer beide suspensies gedurende twee uur bij kamertemperatuur.

Terwijl de vloeistoffen worden geroerd, begin je met experiment 2. Als je daarmee klaar bent, ga je door met de uitvoering van de onderstaande titraties.

- 5 Vul de buret met 0,10 M zoutzuur.
- 6 Breng de inhoud van één van de scintillatiekolfjes kwantitatief over in een 100 mL erlenmeyer.
- 7 Voeg aan de inhoud van de erlenmeyer twee druppels fenolftaleïenoplossing toe.
- 8 Titreer de suspensie in de erlenmeyer met 0,1 M zoutzuur tot de indicator van kleur is veranderd. Voer de titratie snel en nauwkeurig uit.
- 9 Herhaal de punten 6 t/m 8 met de inhoud van het andere scintillatiekolfje.

Vragen (beantwoord deze nadat je dit experiment geheel hebt uitgevoerd)

- 1 Noteer: 3
- de massa's van het afgewogen geacetyleerde zetmeel en het vochtgehalte;
 - het exacte aantal mL 0,10 M natronloog;
 - alle buretstanden.
- Wanneer de gemiddelde acetyleringsgraad van het geacetyleerde zetmeel op x wordt gesteld, kan de formule van een geacetyleerde zetmeleenheid worden weergegeven met $C_6H_7O_2(OH)_{(3-x)}(C_2H_3O_2)_x$.
- 2 Geef de reactievergelijking van de verzepingsreactie; gebruik $C_6H_7O_2(OH)_{(3-x)}(C_2H_3O_2)_x$ als formule voor het geacetyleerde zetmeel. 2
- De acetyleringsgraad kan met behulp van de volgende formule uit het titratieresultaat worden berekend: $DS = \frac{162 \times B}{m - 42 \times B}$, waarin m de massa in gram is van het geacetyleerde zetmeel in het verstrekte monster en B het aantal mol OH^- dat met die hoeveelheid geacetyleerd zetmeel heeft gereageerd.
- 3 Leid de formule $DS = \frac{162 \times B}{m - 42 \times B}$ af. 4
- 4 Bereken de acetyleringsgraad, DS, van het onderzochte geacetyleerde zetmeel. 14
- 5 Zou je de bepaling in duplo (of triplo) ook als volgt kunnen uitvoeren? 2
- doe 10 g monster in een maatkolf van 100 mL
 - voeg water toe tot de maatstreep
 - pipetteer 10 mL in een 100 mL erlenmeyer en voeg een bekende overmaat loog toe
 - roer twee uur
 - titreer met zoutzuur, met fenolftaleïne als indicator.
- Geef een verklaring voor je antwoord.
- 6 Wanneer je methylooranje als indicator voor de bepaling van het equivalentiepunt zou gebruiken, wordt dan dezelfde waarde voor DS verkregen, of een hogere of een lagere? 5
- Geef een verklaring voor je antwoord.

■ Experiment 2 De acetylering van zetmeel

(40 punten)

Chemicaliën

Aceton

Azijnzuuranhydride

Natronloog: 44 g NaOH per liter

Zetmeel: vochtgehalte 15,11 massaprocent

Zwavelzuuroplossing: 0,5 M

H- en P-zinnen

Aceton:	H 225, 319, 336 P 210, 280, 304 + 340 + 310, 305 + 351 + 338, 337 + 313, 403 + 235
Azijnzuuranhydride	H 226, 302, 314, 332 P 210, 260, 264, 280, 303 + 361 + 352, 304 + 340, 305 + 351 + 338
Natronloog	H 314, 318 P 260, 264, 280, 301 + 330 + 331, 303 + 361 + 353, 305 + 351 + 338
Zetmeel	nvt
Zwavelzuuroplossing	H 314, 318 P 260, 264, 280, 301 + 330 + 331, 303 + 361 + 353, 305 + 351 + 338

Materialen

- een 250 mL bekerglas met een afgewogen hoeveelheid zetmeel
- een monsterpotje (4 mL, label AA) met 4,0 g azijnzuuranhydride
- een buret gevuld met natronloog (44 g NaOH per liter)
- een roervlo
- een magnetische roerder
- vijf druppelpipetten
- twee speentjes
- een pH meter

gedeeld met andere deelnemers:

- een 100 mL of 250 mL maatcilinder
- een Büchnertrechter
- filtreerpapier
- een afzuigerlenmeyer
- marker

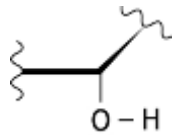
Uitvoering

- 10 Voeg aan het zetmeel in het 250 mL bekeerglas met behulp van een maatscilinder 100 mL water toe.
- 11 Doe de roervlo en de elektrode van de pH meter in de vloeistof. Zorg ervoor dat de roervlo de elektrode van de pH meter niet kan raken tijdens het roeren.
- 12 Voeg, onder roeren, uit de buret zoveel natronloog toe dat de pH van de suspensie gelijk is aan 8,5.
- 13 Noteer nu de buretstand van de natronloog.
- 14 Druppel met behulp van een druppelpipet, onder flink roeren, gedurende circa 20 minuten gelijkmatig (ongeveer elke drie seconden een druppel) de 4,0 g azijnzuuranhydride bij de suspensie. Zorg ervoor, door toevoegen van de natronloog, dat gedurende het toevoegen van de azijnzuuranhydride de pH constant op 8,5 blijft.
- 15 Roer de vloeistof, nadat alle azijnzuuranhydride is toegevoegd, nog 15 minuten. En zorg ervoor dat de pH op 8,5 blijft.
- 16 Noteer de buretstand van de natronloog.
- 17 Breng daarna met de 0,5 M zwavelzuuroplossing de pH op 5,0; gebruik een druppelpipet. Mocht de pH onder 5,0 zakken, corrigeer dat dan met wat natronloog.
- 18 **Maak nu de buret leeg en spoel hem goed met water.**
- 19 Controleer na 1 minuut of de pH nog steeds 5,0 is. Voeg zo nodig zoveel zwavelzuuroplossing toe dat de pH weer 5,0 is.
- 20 Weeg een filtreerpapiertje en leg dat in de Büchnertrechter.
- 21 Zuig het mengsel uit het bekeerglas af over de Büchnertrechter. Doe dit in de zuurkast met hulp van de laboratoriumassistent.
- 22 Was het neerslag met in totaal 0,25 L water en daarna met 100 mL aceton.
- 23 Lever de Büchnertrechter met inhoud in bij de laboratoriumassistent. Deze weegt het filtreerpapiertje met product. Noteer de massa op je antwoordblad - laat de massa paraferen door de laboratoriumassistent.

Vragen

- 7 Noteer: 3
- de massa van het zetmeel;
 - het vochtgehalte van het afgewogen zetmeel;
 - de begin- en eindstand van de buret met natronloog.

- 8 Geef het mechanisme van de acetylering van zetmeel in basisch milieu. Gebruik structuurformules en zet hierin alle relevante vrije elektronenparen. Geef met kromme pijlen () aan hoe elektronenparen verschuiven bij het vormen en verbreken van

bindingen. Gebruik voor de zetmeeleenheid een structuur als  7

Het percentage azijnzuuranhydride dat heeft gereageerd met zetmeel (het rendement van de synthese) kan worden berekend met behulp van de volgende formule

$\%rendement = (2 - \frac{B}{a}) \times 100\%$, waarin a het aantal mol azijnzuuranhydride is dat heeft gereageerd en B het aantal mol OH^- dat nodig was om de pH op 8,5 te houden.

- 9 Leid de formule $\%rendement = (2 - \frac{B}{a}) \times 100\%$ af. 4

- 10 Bereken hoeveel procent van het azijnzuuranhydride heeft gereageerd met zetmeel (het rendement). 16

40^e Nationale Scheikundeolympiade

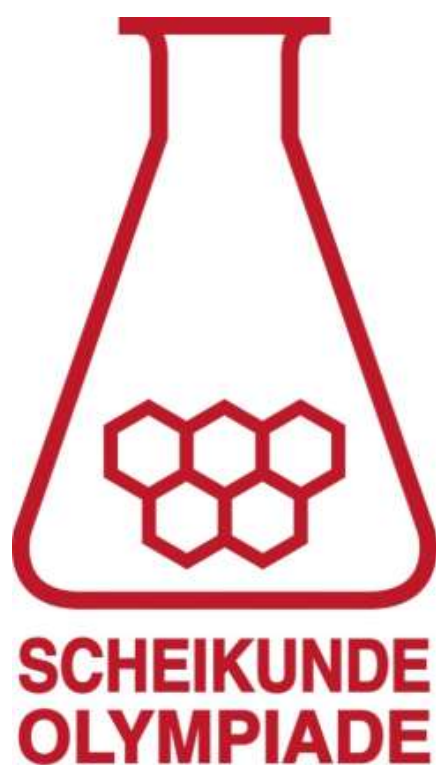
Avebe Innovation Center

Groningen

PRACTICUMTOETS

antwoordbladen

donderdag 6 juni 2019



Naam:

Antwoordbladen practicumtoets

Experiment 1

Vraag 1

vochtgehalte: %

eerste bepaling

massa van het geacetylerde zetmeel: g

mL toegevoegd 0,10 M natronloog: mL

toegevoegd zoutzuur:

eindstand mL

beginstand mL

verbruik mL

tweede bepaling

massa van het geacetylerde zetmeel: g

mL toegevoegd 0,10 M natronloog: mL

toegevoegd zoutzuur:

eindstand mL

beginstand mL

verbruik mL

Vraag 2

Naam:

Vraag 3

Vraag 4

Naam:

Vraag 5

Vraag 6

Naam:

Experiment 2

Vraag 7

massa van het zetmeel: g

vochtgehalte: %

toegevoegd natronloog:

eindstand mL

beginstand mL

verbruik mL

massa van het product: g paraaf:

Vraag 8

Naam:

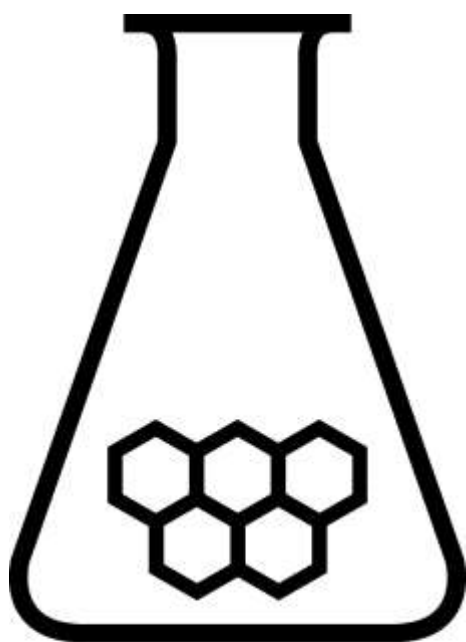
Vraag 9

Vraag 10

SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2019

CORRECTIEVOORSCHRIFT VOORRONDE 1

af te nemen in de periode van
14 tot en met 25 januari 2019



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 8 onderwerpen en 3 opgaven met in totaal 11 open vragen.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 78 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
per juist antwoord: 2 punten

(totaal 40 punten)

Koolstofchemie

1	C	Zie onderstaande figuur. III 180° geroteerd om horizontale as IV 180° geroteerd om horizontale as I en II zijn spiegelbeeldisomeren die niet met elkaar tot dekking te brengen zijn. III en IV zijn ook elkaars spiegelbeeld, maar door een rotatie van 180° zijn deze met elkaar tot dekking te brengen. Dus zijn er drie stereo-isomeren.
---	---	---

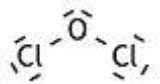
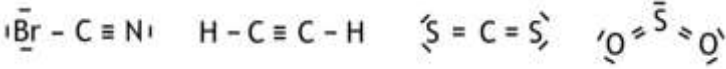
2	D	Bij estervorming uit een carbonzuur en een alcohol komt het zuurstofatoom van de OH groep van het alcoholmolecuul in het estermolecuul terecht. Zie het mechanisme:
3	D	De molecuulformule van 1,1'-bi(cyclobutaan) is C_8H_{14}. Dat is ook de molecuulformule van 2,3,4-trimethylpenta-1,3-dieen. Zie de structuurformule hieronder: $ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C} = \text{C} - \text{C} = \text{C} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $ 2,3,4-trimethylpenta-1,3-dieen

Thermochemie, evenwichten

4	D	Zie het energiediagram hieronder: Dus de reactiewarmte voor de reactie $C_3H_6O_3 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow C_3H_4O_3 + H_2O$ bedraagt $-13,44 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1} + 11,65 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1} = -1,79 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.
---	---	--

5	A	Bij temperatuursverhoging verschuift de ligging van een evenwicht naar de endotherme kant - dat is hier naar rechts. Bij drukverlaging verschuift de ligging van een evenwicht naar de kant in de reactievergelijking waar de meeste deeltjes in de gasfase staan.
---	---	---

Structuren en formules

6	B	Isotopen hebben hetzelfde atoomnummer (Z) maar een verschillend massagetal (M).
7	B	De elektronenformule van Cl ₂ O is 
8	D	De elektronenformules zijn als volgt: 

pH / zuur-base

9	B	$K_z = \frac{[H_3O^+][Z^-]}{[HZ]} = \frac{(0,123 \times 0,120)^2}{0,120 - 0,123 \times 0,120} = 2,07 \cdot 10^{-3} \text{ (afgerond } 2,1 \cdot 10^{-3})$
10	G	Oplossing III is een bufferoplossing, de pH is na verdunnen nog steeds 9,30. Oplossing I is een oplossing van een sterke base. Bij verdunning met een factor 2 wordt de [OH ⁻] dus twee keer zo klein. Dus de pH daalt naar 9,00. Oplossing II is een oplossing van een zwakke base. Bij verdunning verschuift het evenwicht $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$ naar rechts. Bij verdunning met een factor 2 wordt de [OH ⁻] dus minder dan twee keer zo klein. Dus de pH daalt minder dan in oplossing I.

Redox en elektrochemie

11	A	Waterstof is de reductor in een brandstofcel en reageert dus bij de negatieve elektrode.
12	C	Fe ²⁺ is de sterkste oxidator en reageert bij elektrolyse aan de negatieve elektrode. Fe ²⁺ is de sterkste reductor en reageert bij elektrolyse aan de positieve elektrode.
13	D	De vergelijking van de halfreactie in molecuulformules is: $C_4H_8O_3 + H_2O \rightarrow C_4H_6O_4 + 4 H^+ + 4 e^-$

Reactiesnelheid

14	C	De halveringstijd voor een eerste orde reactie is constant.
----	---	---

Analyse

15	B	Wanneer een druppel van een blauwgekleurde joodoplossing aan een natriumsulfietoplossing wordt toegevoegd, zal de druppel ontkleuren omdat het jood met sulfiet reageert in een redoxreactie. Jood reageert niet met sulfaat. Wanneer een oplossing van natriumsulfiet aan een blauwgekleurde joodoplossing wordt toegevoegd, zal ook een reactie optreden tussen jood en sulfiet, maar er zal geen kleurverandering te zien zijn omdat het jood in overmaat aanwezig is.
16	B	Tijdens de eerste titratie daalt het vloeistofniveau in de buret, zonder dat er vloeistof uitstroomt. Het lijkt dan alsof teveel vloeistof wordt toegevoegd. Bij de tweede en derde titratie is de uitstroomopening gevuld en zal, bij een juiste uitvoering, beide keren vrijwel evenveel titreervloeistof worden gebruikt.
17	E	Het is de titratie van een zwak zuur met een sterke base. De pH van de oplossing die ontstaat in het equivalentiepunt is hoger dan 7. Dus thymolblauw is de beste indicator. De oplossing gaat van zuur naar basisch, dus de kleuromslag is van geel naar blauw.

Rekenen en Groene chemie

18	B	De reactievergelijking is: $\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ $\frac{10,0 \text{ (g)}}{2 \times 63,55 \text{ (g mol}^{-1}\text{)}} \times 18,015 \text{ (g mol}^{-1}\text{)} = 1,42 \text{ g}$
19	B	De reactievergelijking is: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ In het begin was er $25,0 \text{ (mL)} \times 1,80 \text{ (mmol mL}^{-1}\text{)} = 45,0 \text{ mmol H}^+$. Er is gevormd $\frac{429 \text{ (cm}^3\text{)}}{2,45 \cdot 10^{-2} \text{ (m}^3 \text{ mol}^{-1}\text{)} \times 10^6 \text{ (cm}^3 \text{ m}^{-3}\text{)} \times 10^{-3} \text{ (mol mmol}^{-1}\text{)}} = 17,5 \text{ mmol CO}_2$ dat heeft gereageerd met $2 \times 17,5 = 35,0 \text{ mmol H}^+$, dus over $45,0 - 35,0 = 10,0 \text{ mmol H}^+$. Dus $[\text{H}^+] = \frac{10,0 \text{ (mmol)}}{25,0 \text{ (mL)}} = 0,400 \text{ (m)mol (m)L}^{-1}$.
20	G	E-factor = $\frac{m_{\text{beginstoffen}} - m_{\text{werkelijke opbrengst product}}}{m_{\text{werkelijke opbrengst product}}} = \frac{(47,87 + 4 \times 35,45) + 2 \times 24,31 - 0,80 \times 47,87}{0,80 \times 47,87} = 5,3$

Open opgaven

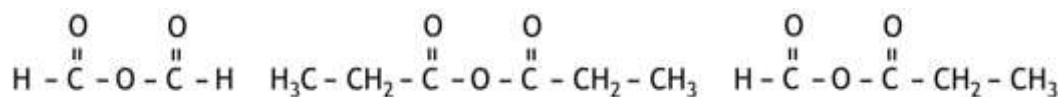
(totaal 38 punten)

■ Opgave 2 Zuuranhydriden

7 punten

□1 Maximumscore 3

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:

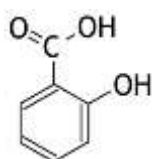


per juiste structuurformule

1

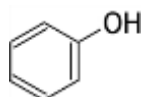
□2 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



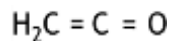
Indien de volgende structuurformule is gegeven:

1



□3 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



■ Opgave 3 Kaliumdichromaatoplossing

12 punten

□4 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:

Bij verdunning verschuift (de ligging van) een evenwicht in de richting van het grootste aantal deeltjes (in de reactievergelijking).

In de vergelijking van evenwicht 1 staan (afgezien van H_2O dat oplosmiddel is) rechts twee deeltjes en links staat één deeltje, dus (de ligging van) het evenwicht verschuift naar rechts.

· bij verdunning verschuift (de ligging van) een evenwicht in de richting van het grootste aantal deeltjes (in de reactievergelijking) 1

· bij evenwicht 1 staan rechts twee deeltjes en links staat één deeltje, dus (de ligging van) het evenwicht verschuift naar rechts 1

Indien een antwoord is gegeven als: „In evenwicht 1 staan links en rechts twee deeltjes. Dus het evenwicht verschuift niet (bij verdunning).” 1

□5 Maximumscore 3

Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:

Bij verlaging van de pH neemt de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ toe. (De ligging van) evenwicht 2 verschuift daardoor naar links. Door toename van $[\text{HCrO}_4^-]$ verschuift (de ligging van) evenwicht 1 naar links. Dus $[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]$ wordt groter.

· bij verlaging van de pH neemt de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ toe 1

· verschuiving van (de ligging van) evenwicht 2 in overeenstemming met de genoemde verandering van $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 1

· verschuiving van (de ligging van) evenwicht 1 in overeenstemming met de genoemde verschuiving van (de ligging van) evenwicht 2 en conclusie 1

Opmerking

Wanneer als antwoord is gegeven: „Bij verlaging van de pH verschuift evenwicht 2 naar links. Door toename van $[\text{HCrO}_4^-]$ verschuift evenwicht 1 naar links. Dus $[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]$ wordt groter.”, dit goed rekenen.

□6 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CrO}_4^{2-}]}{[\text{HCrO}_4^-]} = 3,2 \cdot 10^{-7}$$

$$\frac{[\text{CrO}_4^{2-}]}{[\text{HCrO}_4^-]} = \frac{3,2 \cdot 10^{-7}}{10^{-3,50}}, \text{ dus de } [\text{HCrO}_4^-] \text{ is } \frac{10^{-3,50}}{3,2 \cdot 10^{-7}} = 9,9 \cdot 10^2 \text{ keer zo groot als de } [\text{CrO}_4^{2-}].$$

· berekening van $[\text{H}_3\text{O}^+]$: $10^{-3,50}$ 1

· juiste evenwichtsvoorwaarde, eventueel (gedeeltelijk) ingevuld 1

· rest van de berekening 1

□7 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

$$K_1 = \frac{[\text{HCrO}_4^-]^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]} \quad K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CrO}_4^{2-}]}{[\text{HCrO}_4^-]}$$

$$K_3 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2[\text{CrO}_4^{2-}]^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2[\text{CrO}_4^{2-}]^2}{[\text{HCrO}_4^-]^2} \times \frac{[\text{HCrO}_4^-]^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]} = K_z^2 \times K_1$$

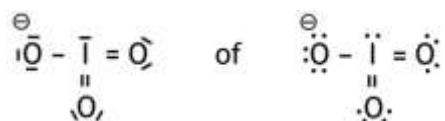
- juiste evenwichtsvoorwaarden voor evenwicht 1 en evenwicht 2 1
- juiste evenwichtsvoorwaarde voor evenwicht 3 1
- juist combineren van twee evenwichtsvoorwaarden 1
- rest van de afleiding 1

Opgave 4 Natriumperjodaat en natriumjodaat

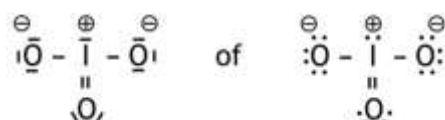
19 punten

□8 Maximumscore 3

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

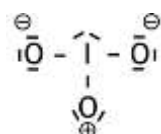


en



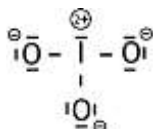
- totaal dertien elektronenparen getekend 1
- alle bindende en niet-bindende elektronenparen juist 1
- ladingen juist 1

Indien in een overigens juiste lewisstructuur niet alle zuurstofatomen voldoen aan de octetregel, bijvoorbeeld in een structuur als



2

Indien een overigens juiste lewisstructuur is gegeven waarin alle atomen voldoen aan de octetregel, bijvoorbeeld een structuur als



2

Opmerking

Wanneer een lewisstructuur is gegeven als $\begin{array}{c} \ominus \\ \text{O} = \text{I} = \text{O} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$, dit goed rekenen.

□9 Maximumscore 3



- IO_4^- en H^+ voor de pijl en I_2 en H_2O na de pijl 1
- e^- voor de pijl 1
- juiste coëfficiënten 1

Indien de vergelijking $2 \text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + 2 \text{e}^-$ is gegeven 0

Opmerking

Wanneer de vergelijking $\text{IO}_4^- + 8 \text{H}^+ + 8 \text{e}^- \rightarrow \text{I}^- + 4 \text{H}_2\text{O}$ is gegeven, dit goed rekenen.

□10 Maximumscore 2

- schoonmaken met gedestilleerd water is niet nodig. 1
- voorspoelen met de kaliumjodide-oplossing is niet nodig 1

□11 Maximumscore 11

Voorbeelden van een juiste berekening met bijbehorend scoringsvoorschrift zijn:

- Stel het monster bevat x g NaIO_4 en y g NaIO_3 , dat is $\frac{x}{213,9}$ mol NaIO_4 en

$$\frac{y}{197,9} \text{ mol NaIO}_3.$$

In de 10,00 mL oplossing zat dus $\frac{x}{213,9} \times \frac{10,00}{100}$ mol IO_4^- en $\frac{y}{197,9} \times \frac{10,00}{100}$ mol IO_3^- .

In reactie 1 ontstaat dan $4 \times \frac{x}{213,9} \times \frac{10,00}{100}$ mol I_2 en in reactie 2 ontstaat

$$3 \times \frac{y}{197,9} \times \frac{10,00}{100} \text{ mol I}_2.$$

Dus totaal ontstaat $4 \times \frac{x}{213,9} \times \frac{10,00}{100} + 3 \times \frac{y}{197,9} \times \frac{10,00}{100}$ mol I_2 .

Voor de titratie was $16,87 \times 0,1025 \times 10^{-3}$ mol $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ nodig en dat heeft gereageerd met $\frac{16,87 \times 0,1025 \times 10^{-3}}{2}$ mol I_2 .

$$\text{Dus: } 4 \times \frac{x}{213,9} \times \frac{10,00}{100} + 3 \times \frac{y}{197,9} \times \frac{10,00}{100} = \frac{16,87 \times 0,1025 \times 10^{-3}}{2} \quad (\text{vergelijking 1})$$

Tevens geldt $x + y = 0,500$ (vergelijking 2)

Oplossen van dit stelsel van vergelijkingen levert $x = 0,301$ en $y = 0,199$.

Het onderzochte mengsel bevatte dus 0,301 g NaIO_4 en 0,199 g NaIO_3 .

- berekening van de molaire massa's van NaIO_4 en NaIO_3 : respectievelijk 213,9 (g mol^{-1}) en 197,9 (g mol^{-1}) 1
- berekening van het aantal mol NaIO_4 en NaIO_3 in de 0,500 g van het monster: respectievelijk x delen door de molaire massa van NaIO_4 en y delen door de molaire massa van NaIO_3 1
- berekening van het aantal mol IO_4^- en IO_3^- in de 10,00 mL oplossing: het aantal mol NaIO_4 en NaIO_3 in de 0,500 g van het monster vermenigvuldigen met 10,00 (mL) en delen door 100 (mL) 1
- berekening van het aantal mol I_2 dat in reactie 1 wordt gevormd: het aantal mol IO_4^- in de 10,00 mL oplossing vermenigvuldigen met 4 1
- berekening van het aantal mol I_2 dat in reactie 2 wordt gevormd: het aantal mol IO_3^- in de 10,00 mL oplossing vermenigvuldigen met 3 1
- berekening van het totale aantal mol I_2 dat wordt gevormd: het aantal mol I_2 dat in reactie 1 wordt gevormd optellen bij het aantal mol I_2 dat in reactie 2 wordt gevormd 1
- berekening van het aantal mol $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ dat voor de titratie is gebruikt: 16,87 (mL) vermenigvuldigen met 10^{-3} (L mL^{-1}) en met 0,1025 (mol L^{-1}) 1
- berekening van het aantal mol I_2 dat tijdens de titratie heeft gereageerd: het aantal mol $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ dat voor de titratie is gebruikt, delen door 2 1
- gelijkstellen van het totale aantal mol I_2 dat in reactie 1 en reactie 2 is gevormd aan het aantal mol I_2 dat tijdens de titratie heeft gereageerd (vergelijking 1) 1
- $x + y = 0,500$ (vergelijking 2) 1
- oplossen van het stelsel van twee vergelijkingen met twee onbekenden 1

- Voor de titratie was $16,87 \times 0,1025$ mmol $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ nodig en dat heeft gereageerd met $\frac{16,87 \times 0,1025}{2}$ mmol I_2 .

Stel de 10,00 mL oplossing bevat x mmol NaIO_4 en y mmol NaIO_3 .

Dus totaal ontstaat $4x + 3y$ mmol I_2 .

$$\text{Dus: } 4x + 3y = \frac{16,87 \times 0,1025}{2} \quad (\text{vergelijking 1})$$

$$\text{Tevens geldt } x \times 213,9 + y \times 197,9 = 0,500 \times 10^{-3} \times \frac{10,00}{100} = 50,0 \quad (\text{vergelijking 2})$$

Oplossen van dit stelsel van vergelijkingen levert $x = 0,14$ en $y = 0,10$.

Het onderzochte mengsel bevatte dus $0,14 \times 10^{-3} \times 213,9 \times \frac{100}{10,00} = 0,30$ g NaIO_4 en

$0,500 - 0,30 = 0,20$ g NaIO_3 .

- berekening van het aantal mmol $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ dat voor de titratie is gebruikt: 16,87 (mL) vermenigvuldigen met 0,1025 (mmol mL^{-1}) 1
- berekening van het aantal mmol I_2 dat tijdens de titratie heeft gereageerd: het aantal mmol $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ dat voor de titratie is gebruikt, delen door 2 1
- notie dat het aantal mmol I_2 dat in reactie 1 wordt gevormd gelijk is aan het aantal mmol IO_4^- in de 10,00 mL oplossing (bijvoorbeeld gesteld als x) vermenigvuldigd met 4 1
- notie dat het aantal mmol I_2 dat in reactie 2 wordt gevormd gelijk is aan het aantal mmol IO_3^- in de 10,00 mL oplossing (bijvoorbeeld gesteld als y) vermenigvuldigd met 3 1
- berekening van het totale aantal mmol I_2 dat wordt gevormd: het aantal mmol I_2 dat in reactie 1 wordt gevormd optellen bij het aantal mmol I_2 dat in reactie 2 wordt gevormd 1
- gelijkstellen van het totale aantal mmol I_2 dat in reactie 1 en reactie 2 is gevormd aan het aantal mmol I_2 dat tijdens de titratie heeft gereageerd (vergelijking 1) 1
- berekening van de molaire massa's van NaIO_4 en NaIO_3 : respectievelijk 213,9 (g mol^{-1}) en 197,9 (g mol^{-1}) 1
- $x \times 213,9 + y \times 197,9 = 50,0$ (vergelijking 2) 1
- oplossen van het stelsel van twee vergelijkingen met twee onbekenden 1
- berekening van het aantal g NaIO_4 in de 10,00 mL oplossing: x vermenigvuldigen met 10^{-3} (mol mmol^{-1}) en met de molaire massa van NaIO_4 1
- berekening van het aantal g NaIO_4 en NaIO_3 in 0,500 g: het aantal g NaIO_4 in de 10,00 mL oplossing vermenigvuldigen met 100 (mL) en delen door 10,00 (mL) (is het aantal g NaIO_4 in de 0,500 g) en het aantal g NaIO_4 in de 0,500 g aftrekken van 0,500 g (is het aantal g NaIO_3 in de 0,500 g) 1

Opmerking

Wanneer bij deze berekeningswijze het antwoord in vier significante cijfers is gegeven, dit niet aanrekenen.

- Indien het mengsel uitsluitend uit NaIO_3 zou bestaan, zou voor de titratie nodig zijn

$$\text{geweest } \frac{3 \times \frac{0,0500}{197,9} \times 2}{0,1025} \times 10^3 = 14,79 \text{ mL natriumthiosulfaatoplossing.}$$

Indien het mengsel uitsluitend uit NaIO_4 zou bestaan, zou voor de titratie nodig zijn

$$\text{geweest } \frac{4 \times \frac{0,0500}{213,9} \times 2}{0,1025} \times 10^3 = 18,24 \text{ mL natriumthiosulfaatoplossing.}$$

Er was nodig 16,87 mL natriumthiosulfaatoplossing, dus er zat

$$\frac{16,87 - 14,79}{18,24 - 14,79} \times 0,500 = 0,301 \text{ g NaIO}_4 \text{ in het onderzochte mengsel,}$$

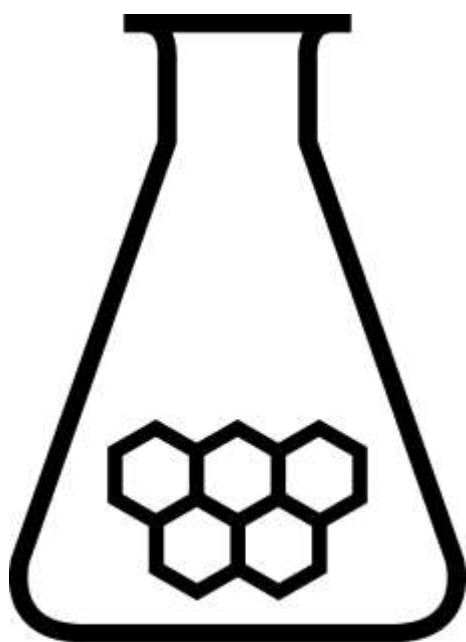
alsmede $0,500 - 0,301 = 0,199 \text{ g NaIO}_3$.

- berekening van de molaire massa's van NaIO_4 en NaIO_3 : respectievelijk 213,9 (g mol^{-1}) en 197,9 (g mol^{-1}) 1
- berekening van het aantal gram stof in de 10,00 mL oplossing: 0,500 (g) vermenigvuldigen met 10,00 (mL) en delen door 100 (mL) 1
- berekening van het aantal mol IO_3^- in de 10,00 mL oplossing indien het monster uitsluitend uit NaIO_3 zou bestaan: het aantal gram stof in de 10,00 mL oplossing delen door de molaire massa van NaIO_3 1
- berekening van het aantal mol I_2 dat zou ontstaan indien het monster uitsluitend uit NaIO_3 zou bestaan: het aantal mol IO_3^- in de 10,00 mL oplossing indien het monster uitsluitend uit NaIO_3 zou bestaan, vermenigvuldigen met 3 1
- berekening van het aantal mol IO_4^- in de 10,00 mL oplossing indien het monster uitsluitend uit NaIO_4 zou bestaan: het aantal gram stof in de 10,00 mL oplossing delen door de molaire massa van NaIO_4 1
- berekening van het aantal mol I_2 dat zou ontstaan indien het monster uitsluitend uit NaIO_4 zou bestaan: het aantal mol IO_4^- in de 10,00 mL oplossing indien het monster uitsluitend uit NaIO_3 zou bestaan, vermenigvuldigen met 4 1
- berekening van het aantal mol $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ dat voor de titraties nodig zou zijn: het aantal mol I_2 dat in beide gevallen zou zijn gevormd, vermenigvuldigen met 2 1
- berekening van het aantal mL natriumthiosulfaatoplossing dat in beide gevallen nodig zou zijn: het aantal mol $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ dat voor de titraties nodig zou zijn delen door 0,1025 (mol L^{-1}) en vermenigvuldigen met 10^3 (mL L^{-1}) 1
- berekening van het aantal gram NaIO_4 in de 0,500 g monster: het verschil van 16,87 (mL) en het aantal mL natriumthiosulfaatoplossing dat voor de titratie nodig zou zijn indien het mengsel uitsluitend uit NaIO_3 zou bestaan, delen door het verschil van het aantal mL natriumthiosulfaatoplossing dat voor de titratie nodig zou zijn indien het mengsel uitsluitend uit NaIO_4 zou bestaan en het aantal mL natriumthiosulfaatoplossing dat voor de titratie nodig zou zijn indien het mengsel uitsluitend uit NaIO_3 zou bestaan en het quotiënt vermenigvuldigen met 0,500 (g) 2
- berekening van het aantal gram NaIO_3 in de 0,500 g monster: het aantal gram NaIO_4 in de 0,500 g monster aftrekken van 0,500 (g) 1

SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2019

CORRECTIEVOORSCHRIFT VOORRONDE 2

af te nemen in de periode van
18 tot en met 22 maart 2019



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 7 onderwerpen en 4 opgaven met in totaal 16 open vragen.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 92 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)

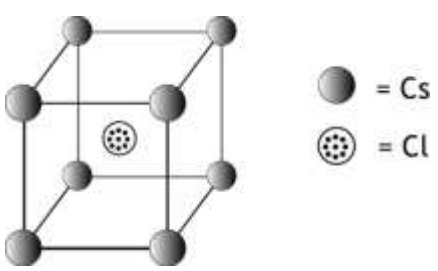
per juist antwoord: 2 punten

Koolstofchemie

1	D	Ethylethanoaat kan verkregen worden uit etheen en ethaanzuur: $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 + \text{HO}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3 \longrightarrow \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$ Dit is een additiereactie. Ethylethanoaat kan ook verkregen worden uit ethanol en ethaanzuur: $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH} + \text{HO}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3 \longrightarrow \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ Dit is een condensatiereactie.
2	B	hex-1-een, <i>cis</i> -hex-2-een en <i>trans</i> -hex-2-een
3	G	1,1-dichloorbutaan, <i>R</i> -1,2-dichloorbutaan, <i>S</i> -1,2-dichloorbutaan, <i>R</i> -1,3-dichloorbutaan, <i>S</i> -1,3-dichloorbutaan, 1,4-dichloorbutaan, 2,2-dichloorbutaan, <i>R,R</i> -2,3-dichloorbutaan, <i>S,S</i> -2,3-dichloorbutaan, en meso-2,3-dichloorbutaan

Structuren en formules

4	C	De elektronenconfiguratie van Mn^{2+} (23 elektronen) is $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$. In elke 3d orbitaal bevindt zich één ongepaard elektron.
5	C	De lewisstructuren zijn: $\text{Cl}-\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{O}}}-\text{Cl} \quad \text{en} \quad \overset{\ominus}{\text{N}}=\overset{\oplus}{\text{N}}=\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{O}}} \longleftrightarrow \text{N} \equiv \overset{\oplus}{\text{N}}-\overset{\ominus}{\text{O}}$
6	C	De C=O en de C=C binding bestaan elk uit een σ -binding en een π -binding. De twee C-H bindingen zijn σ -bindingen.

7	E	De eenheidscel ziet er bijvoorbeeld als volgt uit:  De eenheidscel bevat dus één CsCl eenheid, met massa 168,4 u, of $168,4 \times 1,66 \cdot 10^{-27}$ kg. Stel de ribbe is a m, dan is de dichtheid $\frac{168,4 \times 1,66 \cdot 10^{-27}}{a^3} \text{ kg m}^{-3}$. Dus $a = \sqrt[3]{\frac{168,4 \times 1,66 \cdot 10^{-27}}{3,99 \cdot 10^3}} = 4,12 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.
8	C	Een 4d-orbitaal heeft hoofdquantumgetal $n = 4$. Het nevenquantumgetal van een d-orbitaal is $l = 2$. Het magnetisch quantumgetal m_l voor een d-orbitaal ligt tussen -2 en $+2$.

pH / zuur-base

9	F	Er ontstaat een bufferoplossing met 0,40 mol H_2PO_4^- en 0,60 mol HPO_4^{2-}. $[\text{H}_3\text{O}^+] = K_z \times \frac{\text{aantal mol zuur}}{\text{aantal mol geconjugeerde base}} = 6,2 \cdot 10^{-8} \times \frac{0,40}{0,60}$ Dus $\text{pH} = -\log\left(6,2 \cdot 10^{-8} \times \frac{0,40}{0,60}\right) = 7,38$.
10	D	$\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$ $K_b = \frac{[\text{OH}^-][\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = 5,8 \cdot 10^{-10} \quad \frac{(10^{-4,60})^2}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = 5,8 \cdot 10^{-10}$ Oplossen van deze vergelijking levert $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 1,1 \text{ mol L}^{-1}$.
11	C	$\text{HZ} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Z}^-$ $K_z = \frac{[\text{H}^+][\text{Z}^-]}{[\text{HZ}]} = \frac{(0,035 \times 0,100)^2}{0,100} = \frac{[\text{H}^+]^2}{0,500}$ Oplossen van deze vergelijking levert $[\text{H}^+] = 7,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ en $\text{pH} = 2,10$.

Redox en elektrochemie

12	B	$V_{\text{bron}} = \left(V_{\text{Cu/Cu}^{2+}}^0 + \frac{0,059}{2} \log [\text{Cu}^{2+}] \right) - \left(V_{\text{Zn/Zn}^{2+}}^0 + \frac{0,059}{2} \log [\text{Zn}^{2+}] \right) =$ $\left(V_{\text{Cu/Cu}^{2+}}^0 - V_{\text{Zn/Zn}^{2+}}^0 \right) + \frac{0,059}{2} \log \frac{[\text{Cu}^{2+}]}{[\text{Zn}^{2+}]} = 1,10 + \frac{0,059}{2} \log \frac{0,10}{2,5} = 1,06 \text{ V}$
----	---	---

Reactiesnelheid en evenwicht

13	C	$E_a = R \times \frac{T_1 \times T_2}{T_1 - T_2} \ln \frac{k_{T_1}}{k_{T_2}}$ $0,410 \cdot 10^5 = 8,314 \times \frac{410,0 \times 400,0}{410,0 - 400,0} \ln \frac{k_{410,0}}{3,2 \cdot 10^{-2}}$ $\ln \frac{k_{410,0}}{3,2 \cdot 10^{-2}} = 0,301 \quad k_{410,0} = e^{0,301} \times 3,2 \cdot 10^{-2} = 4,3 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$
14	B	Wanneer het aantal mol zout dat per liter oplost gelijk gesteld wordt aan $x \text{ mol L}^{-1}$, levert dat voor A, C en D de vergelijking $x^2 = K_s$ en voor B de vergelijking $4x^3 = K_s$. Oplossen van deze vergelijkingen levert voor calciumfluoride de grootste waarde op: $x = 2,1 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$.
15	C	De tweede stap is snelheidsbepalend, hiervoor geldt: $s = k[\text{N}_2\text{O}_2][\text{H}_2]$. De evenwichtsvoorwaarde van stap 1 is $K = \frac{[\text{N}_2\text{O}_2]}{[\text{NO}]^2}$, dus $[\text{N}_2\text{O}_2] = K[\text{NO}]^2$. De reactiesnelheidsformule wordt $s = kK[\text{NO}]^2[\text{H}_2]$.

Analyse

16	C	In spectrum 1 en spectrum 2 komt een signaal voor bij ca. 3600 cm^{-1}. Dit kan worden toegekend aan OH (strek). Dit signaal komt niet in spectrum 3 voor, dus spectrum 3 is van ethylethanoaat. In spectrum 2 en spectrum 3 komt een signaal voor bij ca. 1700 cm^{-1}. Dit kan worden toegekend aan C = O (strek). Dit signaal komt niet in spectrum 1 voor, dus spectrum 1 is van ethanol. Dus spectrum 2 is van ethaanzuur.
17	E	Voor het bereiken van het eerste equivalentiepunt is meer natronloog nodig dan voor het bereiken van het tweede equivalentiepunt, daaruit volgt dat de oplossing geen tweewaardig zuur bevatte (want dan zou voor het bereiken van beide equivalentiepunten evenveel natronloog nodig zijn). Er zitten dus twee éénwaardige zuren in de oplossing, met verschillende molariteit (anders zou voor het bereiken van beide equivalentiepunten evenveel natronloog nodig zijn). De pK_z waardes van beide zuren zijn verschillend, want die liggen halverwege het horizontale gebied in de titratiecurve.

Rekenen en Groene chemie

18	B	Het aantal mol elektronen is $\frac{10,0 \text{ (Cs}^{-1}) \times 2,0 \text{ (h)} \times 3600 \text{ (sh}^{-1})}{9,65 \cdot 10^4 \text{ (C mol}^{-1})}$. De vergelijking van de halfreactie is $2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{ H}^+ + 4 \text{ e}^-$, dus het aantal mol O_2 is $\frac{10,0 \text{ (Cs}^{-1}) \times 2,0 \text{ (h)} \times 3600 \text{ (sh}^{-1})}{9,65 \cdot 10^4 \text{ (C mol}^{-1})} \times \frac{1}{4}$ en dat is $\frac{10,0 \text{ (Cs}^{-1}) \times 2,0 \text{ (h)} \times 3600 \text{ (sh}^{-1})}{9,65 \cdot 10^4 \text{ (C mol}^{-1})} \times \frac{1}{4} \times 24,5 \text{ (dm}^3 \text{ mol}^{-1}) = 4,6 \text{ dm}^3$.
19	C	De reactievergelijking is: $2 \text{ FeTiO}_3 + \text{C} \rightarrow 2 \text{ Fe} + 2 \text{ TiO}_2 + \text{CO}_2$. $E\text{-factor} = \frac{m_{\text{beginstoffen}} - m_{\text{werkelijke opbrengst product}}}{m_{\text{werkelijke opbrengst product}}} = \frac{(2 \times 151,72 + 12,01) - 0,88 \times 2 \times 79,87}{0,88 \times 2 \times 79,87} = 1,24$
20	E	Voor de omzetting $\text{C}_6\text{H}_6(\text{l}) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6(\text{g})$ geldt $\Delta_v H = \Delta_f H(\text{C}_6\text{H}_6(\text{g})) - \Delta_f H(\text{C}_6\text{H}_6(\text{l})) = 0,339 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ en $\Delta_v S = S(\text{C}_6\text{H}_6(\text{g})) - S(\text{C}_6\text{H}_6(\text{l})) = 95,7 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$, dus $\Delta_v G = \Delta_v H - T \Delta_v S = 0,339 \cdot 10^5 - 298 \times 95,7 = 0,054 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ Tevens geldt $\Delta_v G = \Delta_f G(\text{C}_6\text{H}_6(\text{g})) - \Delta_f G(\text{C}_6\text{H}_6(\text{l}))$, of $0,054 \cdot 10^5 = \Delta_f G(\text{C}_6\text{H}_6(\text{g})) - 1,243 \cdot 10^5$ Dus $\Delta_f G(\text{C}_6\text{H}_6(\text{g})) = 0,054 \cdot 10^5 + 1,243 \cdot 10^5 = 1,297 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.

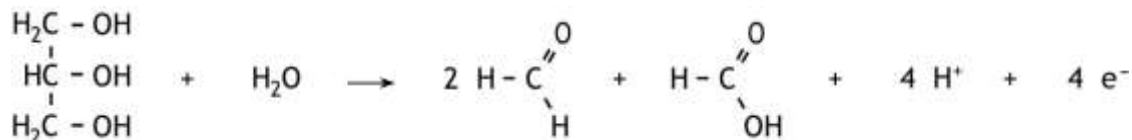
Open opgaven

(totaal 52 punten)

■ Opgave 2 Perjodaat in de organische chemie

(13 punten)

□1 Maximumscore 3



- formules van glycerol en H₂O voor de pijl en formules van methanal en methaanzuur en H⁺ na de pijl 1
- e⁻ na de pijl 1
- juiste coëfficiënten bij juiste formules 1

Opmerking

Wanneer molecuulformules voor de organische verbindingen zijn gebruikt, dit goed rekenen.

□2 Maximumscore 2

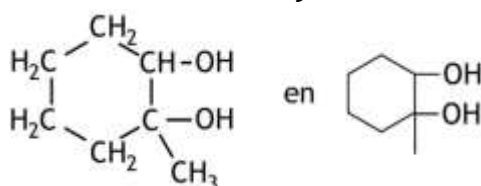
Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Bij de verbreking van één van de C – C bindingen ontstaan in eerste instantie een methanalmolecuul en een 2-hydroxyethanalmolecuul. Vervolgens wordt de C – C binding in het 2-hydroxyethanalmolecuul verbroken, waarbij het C = O deel van het molecuul wordt omgezet tot een methaanzuurmolecuul het andere deel tot een methanalmolecuul.

- notie dat eerst methanal en 2-hydroxyethanal ontstaan 1
- notie dat uit het C = O deel van het 2-hydroxyethanalmolecuul een methaanzuurmolecuul ontstaat en uit het andere deel een methanalmolecuul 1

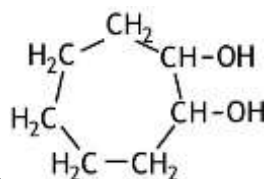
□3 Maximumscore 2

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:



- cyclohexaan met twee OH groepen op naburige C atomen 1
- een methylgroep op de juiste plaats 1

Indien een structuurformule is gegeven als:



□4 Maximumscore 6

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\frac{15,12 \times 0,0868 \times \frac{100,0}{10,00} \times 10^{-3} \times 92,09}{1,308} \times 10^2 = 92,4 \%$$

- berekening van het aantal mmol OH⁻ dat heeft gereageerd: 15,12 (mL) vermenigvuldigen met 0,0868 (mmol mL⁻¹) 1
- notie dat het aantal mmol OH⁻ dat heeft gereageerd gelijk is aan het aantal mmol glycerol in de 10,00 mL oplossing die getitreerd is 1
- berekening van het aantal mmol glycerol in de 1,308 g onderzochte vloeistof (is gelijk aan het aantal mmol glycerol in de 100,0 mL maatkolf): het aantal mmol OH⁻ dat heeft gereageerd, vermenigvuldigen met 100,0 (mL) en delen door 10,00 (mL) 1
- berekening van de molaire massa van glycerol: 92,09 (g mol⁻¹) 1
- berekening van het aantal g glycerol in de 1,308 g onderzochte vloeistof: het aantal mmol glycerol in de 1,308 g onderzochte vloeistof vermenigvuldigen met 10⁻³ (g mg⁻¹) en met de molaire massa van glycerol 1
- berekening van het massapercentage: het aantal g glycerol in de 1,308 g onderzochte vloeistof delen door 1,308 (g) en vermenigvuldigen met 10²(%) 1

■ Opgave 3 Vanadium-Redox-Flow-Batterij

(17 punten)

□5 Maximumscore 2



□6 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

De standaardelektrodepotentiaal bij elektrode A is hoger dan de standaardelektrodepotentiaal bij elektrode B. Dus elektrode A is de positieve elektrode.

· de standaardelektrodepotentiaal bij elektrode A is hoger dan de standaardelektrodepotentiaal bij elektrode B

1

· conclusie

1

□7 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$K_z(\text{HSO}_4^-) = \frac{[\text{H}^+][\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{HSO}_4^-]} = \frac{(5,0+x)x}{5,0-x} = 1,0 \cdot 10^{-2}$$

Oplossen van deze vierkantsvergelijking levert $x = 0,01$.

Dus $[\text{H}^+] (= (5,0 + 0,01) = 5,0 \text{ mol L}^{-1}$.

· $K_z(\text{HSO}_4^-) = \frac{[\text{H}^+][\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{HSO}_4^-]} = 1,0 \cdot 10^{-2}$, eventueel reeds (gedeeltelijk) ingevuld

1

· $\frac{(5,0+x)x}{5,0-x} = 1,0 \cdot 10^{-2}$

1

· oplossen van x uit de vierkantsvergelijking

1

· optellen van x bij 5,0

1

□8 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$[\text{H}^+] = 5,0 + (2 \times 0,99 \times 1,6) - (0,99 \times 1,6) = 6,6 \text{ mol L}^{-1}.$$

· berekening van het aantal mol H^+ dat per liter ontstaat bij elektrode A bij het opladen:

$$2 \times 0,99 \times 1,6 \text{ (mol L}^{-1}\text{)}$$

1

· berekening van het aantal mol H^+ dat zich per liter van elektrode A naar elektrode B verplaatst bij het opladen: $0,99 \times 1,6 \text{ (mol L}^{-1}\text{)}$

1

· rest van de berekening

1

Opmerking

Wanneer het antwoord $[\text{H}^+] = 5,0 + (2 \times 1,6) - 1,6 = 6,6 \text{ mol L}^{-1}$ of

$[\text{H}^+] = 5,0 + (2 \times 1,6)/2 = 6,6 \text{ mol L}^{-1}$ is gegeven, dit goed rekenen.

□9 Maximumscore 6

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$V_{\text{bron}} = \left(V^0_{\text{VO}_2^+/\text{VO}^{2+}} + \frac{0,059}{1} \log \frac{[\text{VO}_2^+] \times [\text{H}^+]^2}{[\text{VO}^{2+}]} \right) - \left(V^0_{\text{V}^{2+}/\text{V}^{3+}} + \frac{0,059}{1} \log \frac{[\text{V}^{3+}]}{[\text{V}^{2+}]} \right) =$$

$$\left(V^0_{\text{VO}_2^+/\text{VO}^{2+}} - V^0_{\text{V}^{2+}/\text{V}^{3+}} \right) + \frac{0,059}{1} \log \frac{[\text{VO}_2^+] \times [\text{H}^+]^2 \times [\text{V}^{2+}]}{[\text{VO}^{2+}] \times [\text{V}^{3+}]} =$$

$$1,25 + \frac{0,059}{1} \log \frac{(0,990 \times 1,6) \times (0,990 \times 1,6) \times (6,6)^2}{(0,010 \times 1,6) \times (0,010 \times 1,6)} = 1,58 \text{ V}$$

· juiste vergelijking van Nernst, bijvoorbeeld

$$V_{\text{bron}} = \left(V^0_{\text{VO}_2^+/\text{VO}^{2+}} + \frac{0,059}{1} \log \frac{[\text{VO}_2^+] \times [\text{H}^+]^2}{[\text{VO}^{2+}]} \right) - \left(V^0_{\text{V}^{2+}/\text{V}^{3+}} + \frac{0,059}{1} \log \frac{[\text{V}^{3+}]}{[\text{V}^{2+}]} \right)$$

of

$$V_{\text{bron}} = \left(V^0_{\text{VO}_2^+/\text{VO}^{2+}} - V^0_{\text{V}^{2+}/\text{V}^{3+}} \right) + \frac{0,059}{1} \log \frac{[\text{VO}_2^+] \times [\text{H}^+]^2 \times [\text{V}^{2+}]}{[\text{VO}^{2+}] \times [\text{V}^{3+}]} \quad 1$$

· berekening van de standaardbronspanning: $-0,25 \text{ V}$ aftrekken van $+1,00 \text{ V}$ 1

· berekening van $[\text{VO}_2^+]$ en $[\text{V}^{2+}]$: $1,6 \text{ (mol L}^{-1}\text{)}$ delen door $10^2(\%)$ en vermenigvuldigen met $99,0(\%)$ 1

· berekening van $[\text{VO}^{2+}]$ en $[\text{V}^{3+}]$: $1,6 \text{ (mol L}^{-1}\text{)}$ delen door $10^2(\%)$ en vermenigvuldigen met $1,0(\%)$ 1

· notie dat $n = 1$ 1

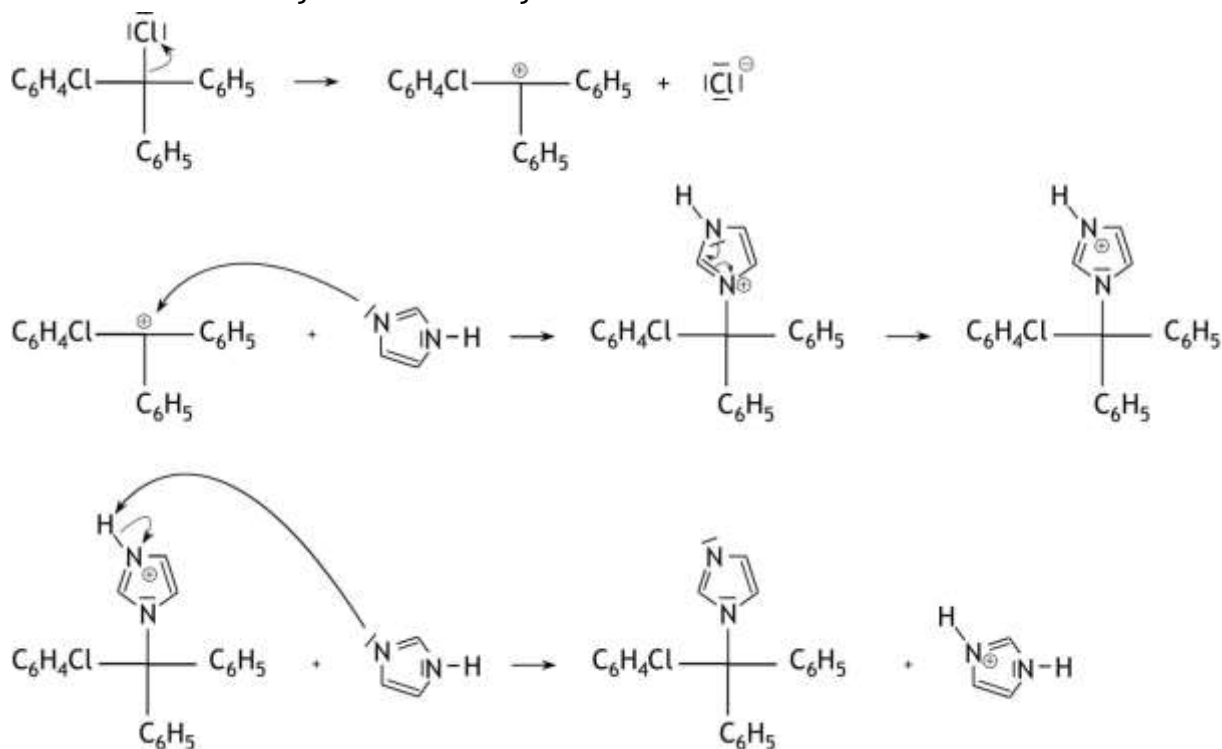
· rest van de berekening 1

Opgave 4 Twee antimycoticums

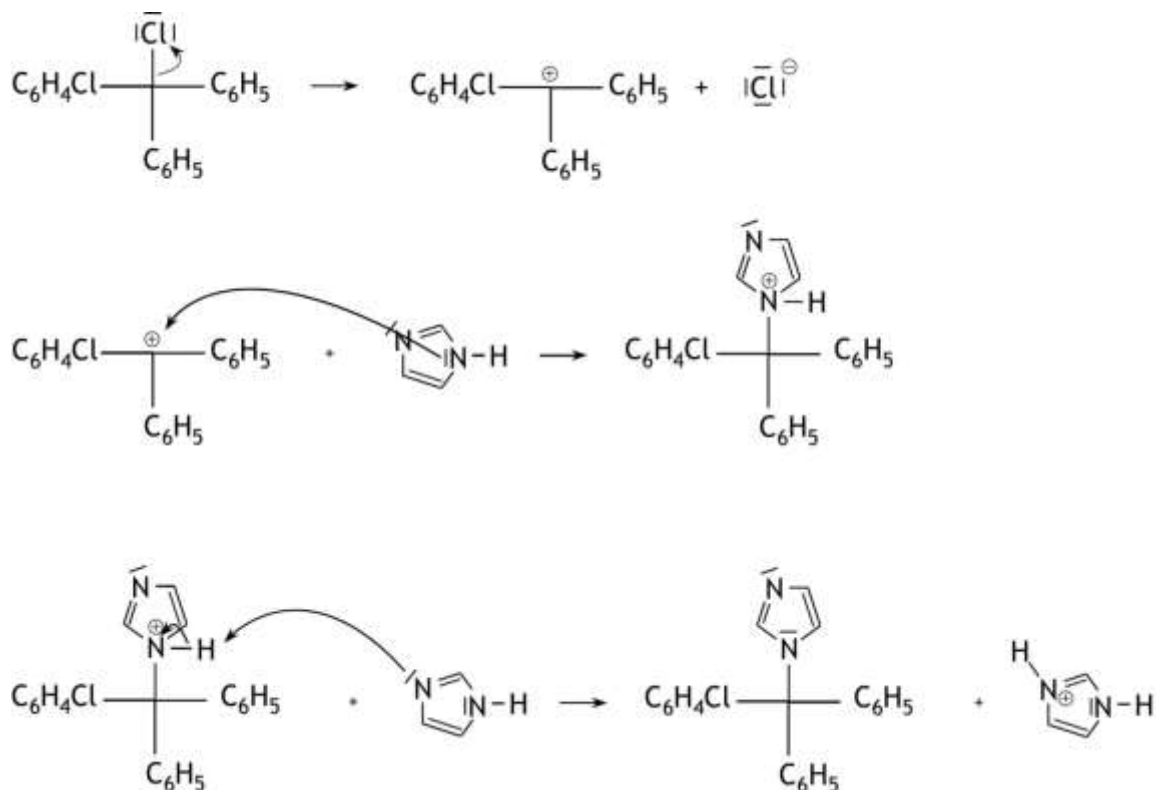
(13 punten)

10 Maximumscore 5

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:



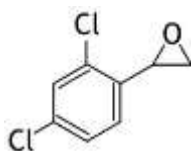
en



- alle relevante vrije elektronenparen op de chlooratomen en stikstofatomen juist weergegeven 1
- met kromme pijlen juist aangegeven hoe bindingen worden verbroken en gevormd 1
- eerste stap van het S_N1 mechanisme juist weergegeven 1
- tweede stap van het S_N1 mechanisme juist weergegeven 1
- zuur-basereactie juist weergegeven 1

□11 Maximumscore 2

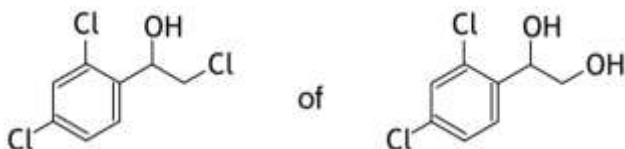
Een voorbeelden van een juist antwoord is:



- een benzeenring met op de juiste plaats twee chlooratomen eraan getekend 1
- rest van de formule juist 1

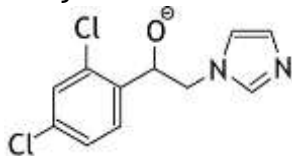
Opmerking

Wanneer één van de volgende antwoorden is gegeven, dit goed rekenen:



□12 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:

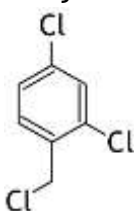


□13 Maximumscore 2

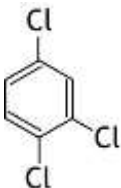
H_2

□14 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



Indien het volgende antwoord is gegeven:



1

Opgave 5 Een evenwicht

(9 punten)

□15 Maximumscore 7

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

aan het begin van de reactie is $p_{\text{HCl}} = 0,085 \times 98,0 \cdot 10^3 = 8,3 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ en

$p_{\text{O}_2} = 0,915 \times 98,0 \cdot 10^3 = 89,7 \cdot 10^3 \text{ Pa}$.

Om het evenwicht te bereiken, is zoveel HCl omgezet dat de partiële druk is afgenomen met $0,83 \times 8,3 \cdot 10^3 = 6,9 \cdot 10^3 \text{ Pa}$.

	4 HCl	+	O ₂	$\rightleftharpoons$	2 Cl ₂	+	2 H ₂ O
begin partiële drukken	$8,3 \cdot 10^3 \text{ Pa}$		$89,7 \cdot 10^3 \text{ Pa}$				
afname partiële drukken	$6,9 \cdot 10^3 \text{ Pa}$		$\frac{1}{4} \times 6,9 \cdot 10^3 \text{ Pa}$				
toename partiële drukken					$\frac{1}{2} \times 6,9 \cdot 10^3 \text{ Pa}$		$\frac{1}{2} \times 6,9 \cdot 10^3 \text{ Pa}$
evenwichtspartiële drukken	$1,4 \cdot 10^3 \text{ Pa}$		$88,0 \cdot 10^3 \text{ Pa}$		$\frac{1}{2} \times 6,9 \cdot 10^3 \text{ Pa}$		$\frac{1}{2} \times 6,9 \cdot 10^3 \text{ Pa}$

$$\text{Dus } K_p = \frac{p_{\text{Cl}_2}^2 \times p_{\text{H}_2\text{O}}^2}{p_{\text{HCl}}^4 \times p_{\text{O}_2}} = \frac{\left(\frac{1}{2} \times 6,9 \cdot 10^3\right)^2 \times \left(\frac{1}{2} \times 6,9 \cdot 10^3\right)^2}{(1,4 \cdot 10^3)^4 \times (88,0 \cdot 10^3)} = 4,2 \cdot 10^{-4}.$$

- berekening van p_{HCl} en p_{O_2} aan het begin van de reactie: respectievelijk $98,0 \cdot 10^3 \text{ (Pa)}$ vermenigvuldigen met 0,085 en met 0,915 1
- berekening van de afname van p_{HCl} : p_{HCl} aan het begin van de reactie vermenigvuldigen met 0,83 1
- berekening van de afname van p_{O_2} : de afname van p_{HCl} delen door 4 1
- berekening van p_{HCl} en p_{O_2} in de evenwichtssituatie: de afnames van de partiële drukken aftrekken van de partiële drukken aan het begin van de reactie 1
- berekening van p_{Cl_2} en $p_{\text{H}_2\text{O}}$: de afname van p_{HCl} delen door 2 1
- juiste evenwichtsvoorwaarde 1
- rest van de berekening 1

□16 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\Delta_r G^\circ = -RT \ln K_p = \Delta_r H^\circ - T \Delta_r S^\circ, \text{ dus}$$

$$-8,314 \times T \times \ln(4,2 \cdot 10^{-4}) = -1,15 \cdot 10^5 - T \times (-129).$$

Dit levert $T = 5,9 \cdot 10^2 \text{ K}$.

- berekening van $\Delta_r G^\circ$ 1
- rest van de berekening 1

Opmerking

Wanneer een onjuist antwoord op vraag 16 het consequente gevolg van een onjuist antwoord op vraag 15, dit antwoord op vraag 16 goed rekenen.

40^e Nationale Scheikundeolympiade

Avebe Innovation Center

Groningen

THEORIETOETS correctievoorschrift

woensdag 5 juni 2019



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



**51st — International
Chemistry Olympiad
France — Paris — 2019**

- Deze theorietoets bestaat uit 6 opgaven met in totaal 34 vragen.
- Gebruik voor elke opgave een apart antwoordblad, voorzien van naam. Houd aan alle zijden 2 cm als marge aan.
- 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 opgave is het aantal punten vermeld dat juiste antwoorden op de vragen oplevert.

Opgave 1 Bordeauxse pap

33 punten

- 1 Maximumscore 3
 $\text{Cu}(\text{OH})_2$, CaSO_4 en $\text{Ca}(\text{OH})_2$
per juiste formule 1
- 2 Maximumscore 2
Een voorbeeld van een juist antwoord is:
In de Bordeauxse pap zit ongeveer/hooguit 2 massaprocent koper(II)sulfaat en dan is het massapercentage koper nog veel minder.
- in de Bordeauxse pap zit ongeveer/hooguit 2 massaprocent koper(II)sulfaat 1
 - het massapercentage koper is dan nog lager 1
- Indien als antwoord een juiste berekening is gegeven 1
- 3 Maximumscore 4
Een voorbeeld van een juiste berekening is:
Stel x g koper(II)sulfaat wordt gebruikt, dan wordt $0,5x$ g calciumhydroxide gebruikt. De totale massa van het mengsel is dan $100 + 1,5x$ g.
- In x g koper(II)sulfaat zit $\frac{x}{159,6} \times 63,55$ g Cu^{2+} .
- Het massapercentage koper in de Bordeauxse pap is dus $\frac{\frac{x}{159,6} \times 63,55}{100 + 1,5x} \times 100\% = 20\%$.
- Dit levert $x = 2,0 \cdot 10^2$ g koper(II)sulfaat.
- berekening van de totale massa van de Bordeauxse pap (bij stellen van x g koper(II)sulfaat gebruikt): $100 + 1,5x$ g 1
 - berekening van het aantal g Cu^{2+} in x g koper(II)sulfaat: $\frac{x}{159,6} \times 63,55$ 1
 - berekening van het massapercentage koper: het aantal g Cu^{2+} in x g koper(II)sulfaat delen door de totale massa van de Bordeauxse pap en vermenigvuldigen met 100(%) 1
 - gelijkstellen van het massapercentage koper aan 20% en van berekening van x 1

□4 Maximumscore 7

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\frac{20,00 \times 0,001600 \times 3 \times \frac{11,70}{10,35} \times 2 \times 63,55 \times \frac{250,00}{20,00} \times 10^{-3}}{1,023} \times 100 = 16,85\%$$

- berekening van het aantal mmol IO_3^- in 20,00 mL 0,001600 M KIO_3 oplossing: 20,00 (mL) vermenigvuldigen met 0,001600 (mmol mL^{-1}) 1
- berekening van het aantal mmol I_2 dat in reactie 2 is gevormd: het aantal mmol IO_3^- in 20,00 mL 0,001600 M KIO_3 oplossing vermenigvuldigen met 3 1
- berekening van het aantal mmol I_2 dat in reactie 1 is gevormd: het aantal mmol I_2 dat in reactie 2 is gevormd, delen door 10,35 (mL) en vermenigvuldigen met 11,70 (mL) 1
- berekening van het aantal mmol Cu^{2+} in de 20,00 mL oplossing 1: het aantal mmol I_2 dat in reactie 1 is gevormd vermenigvuldigen met 2 1
- berekening van het aantal mg Cu^{2+} in de 20,00 mL oplossing 1: het aantal mmol Cu^{2+} in de 20,00 mL oplossing 1 vermenigvuldigen met 63,55 (mg mmol^{-1}) 1
- berekening van het aantal mg Cu^{2+} in 1,023 g Bordeauxs mengsel: het aantal mg Cu^{2+} in de 20,00 mL oplossing 1 delen door 20,00 (mL) en vermenigvuldigen met 250,00 (mL) 1
- berekening van het massapercentage: het aantal mg Cu^{2+} in 1,023 g Bordeauxsmengsel vermenigvuldigen met 10^{-3} (g mg^{-1}) en delen door 1,023 (g) en vermenigvuldigen met 100(%) 1

□5 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

De ligandveldsplittingsenergie voor één complex is:

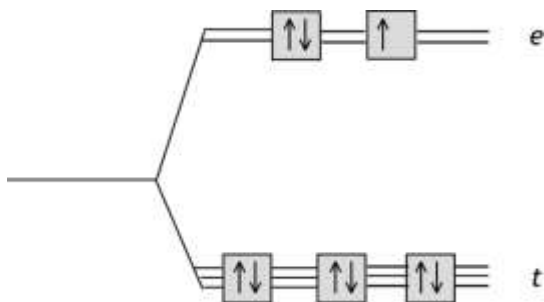
$$\Delta = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ (Js)} \times 2,998 \cdot 10^8 \text{ (ms}^{-1}\text{)}}{610 \cdot 10^{-9} \text{ (m)}};$$

$$\text{dat is } \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ (Js)} \times 2,998 \cdot 10^8 \text{ (ms}^{-1}\text{)}}{610 \cdot 10^{-9} \text{ (m)}} \times 6,022 \cdot 10^{23} \text{ (mol}^{-1}\text{)} = 1,96 \cdot 10^5 \text{ (J mol}^{-1}\text{)}.$$

- notie dat voor de energie van een foton geldt $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ en dat de ligandveldsplittingsenergie voor één complex gelijk is aan de energie van één foton 1
- berekening van de ligandveldsplittingsenergie voor één complex: $6,626 \cdot 10^{-34}$ (Js) vermenigvuldigen met $2,998 \cdot 10^8$ (ms^{-1}) en delen door $610 \cdot 10^{-9}$ (m) 1
- omrekening van de ligandveldsplittingsenergie voor één complex naar de ligandveldsplittingsenergie per mol: vermenigvuldigen met het getal van Avogadro 1

□6 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



- juiste diagram gekozen
- negen elektronen juist ondergebracht

1

1

□7 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Een tetra-amminekoper(II)complex heeft een ongepaard elektron. Zo'n oplossing is dus paramagnetisch.

- een tetra-amminekoper(II)complex heeft een ongepaard elektron
- conclusie

1

1

Opmerking

Wanneer een onjuist antwoord op vraag 7 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 6, dit antwoord op vraag 7 goed rekenen.

□8 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Hoe hoger de golflengte, hoe lager de energie van het licht. $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ absorbeert dus licht met een lagere energie. Dat betekent dat de opsplitsingsenergie Δ van $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ kleiner is dan van het tetra-amminekoper(II)ion. Dus H_2O heeft een zwakker ligandveld dan NH_3 .

- notie dat licht met een hoge golflengte een lage energie heeft
- dus de opsplitsingsenergie Δ van $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ is kleiner dan van het tetra-amminekoper(II)ion en conclusie

1

1

□9 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

oplossing	mL standaardoplossing	mL gedestilleerd water	mL 7,5 M ammonia
blanco	0,00	9,00	1,00
1	1,00	8,00	1,00
2	3,00	6,00	1,00
3	5,00	4,00	1,00
4	7,00	2,00	1,00
5	9,00	0,00	1,00

- blanco juist
- oplopend aantal mL standaardoplossing
- constant aantal mL ammonia en steeds in overmaat
- totale volume van elke oplossing constant

1

1

1

1

Opmerking

Het aantal decimalen in de vermelde volumes niet beoordelen.

□10 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$(E = \varepsilon \times c \times l)$ dus $c = \frac{0,560}{51 \text{ (L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}) \times 2,0 \text{ (cm)}} \text{ mol L}^{-1}$, dus in de 100,00 mL oplossing

zat $\frac{0,560}{51 \text{ (L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}) \times 2,0 \text{ (cm)}} \times 10^{-3} \text{ (L mL}^{-1}) \times 100,00 \text{ (mL)} \times 63,55 \text{ (g mol}^{-1}) = 0,035 \text{ g Cu}^{2+}$

en dat zat ook in de afgewogen hoeveelheid Bordeauxs mengsel.

- vergelijking van Lambert Beer juist, eventueel reeds gedeeltelijk ingevuld 1
- berekening van de concentratie tetra-amminekoper(II)ionen in de gemeten oplossing:
0,560 delen door 51 (L mol⁻¹ cm⁻¹) en door 2,0 (cm) 1
- berekening van het aantal mol tetra-amminekoper(II)ionen in de gemeten oplossing: de
concentratie tetra-amminekoper(II)ionen in de gemeten oplossing vermenigvuldigen
met 10⁻³ (L mL⁻¹) en met 100 (mL) 1
- berekening van het aantal gram Cu²⁺ in het afgewogen monster Bordeauxs mengsel: het
aantal mol tetra-amminekoper(II)ionen in de gemeten oplossing vermenigvuldigen met de
molaire massa van Cu²⁺ (is gelijk aan 63,55 g mol⁻¹) 1

Opgave 2 De ontleding van distikstofpentoxyde

10 punten

□11 Maximumscore 3

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

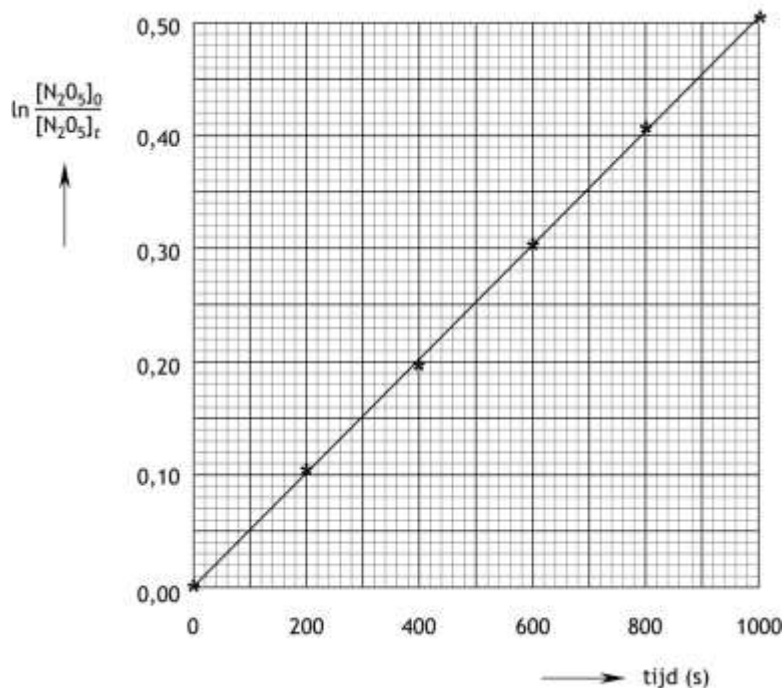
- Voor de eerste orde reactie geldt $\ln \frac{[\text{N}_2\text{O}_5]_0}{[\text{N}_2\text{O}_5]_t} = kt$, of $\frac{\ln \frac{[\text{N}_2\text{O}_5]_0}{[\text{N}_2\text{O}_5]_t}}{t} = k$

Bij 318 K geldt na 200 s: $\frac{\ln \frac{0,050}{0,045}}{200} = 5,3 \cdot 10^{-4}$, na 400 s komt er $5,0 \cdot 10^{-4}$ uit, evenals na 600 s en na 800 s $5,2 \cdot 10^{-4}$. Dat is (vrijwel) constant (en in overeenstemming met de veronderstelling dat de reactie eerste orde is in $[\text{N}_2\text{O}_5]$).

en

- Voor de eerste orde reactie geldt $\ln \frac{[\text{N}_2\text{O}_5]_0}{[\text{N}_2\text{O}_5]_t} = kt$

De grafiek van $\ln \frac{[\text{N}_2\text{O}_5]_0}{[\text{N}_2\text{O}_5]_t}$ tegen t ziet er als volgt uit:



Dit geeft een rechte lijn (en dat is in overeenstemming met met de veronderstelling dat de reactie eerste orde is in $[\text{N}_2\text{O}_5]$)

- voor de eerste orde reactie geldt $\frac{\ln \frac{[\text{N}_2\text{O}_5]_0}{[\text{N}_2\text{O}_5]_t}}{t} = k$ 1
 - berekening van $\frac{\ln \frac{[\text{N}_2\text{O}_5]_0}{[\text{N}_2\text{O}_5]_t}}{t}$ voor tenminste drie tijdstippen 1
 - constatering dat de uitkomst constant is (en conclusie) 1
- of

· voor de eerste orde reactie geldt $\frac{\ln \frac{[\text{N}_2\text{O}_5]_0}{[\text{N}_2\text{O}_5]_t}}{t} = k$ 1

· berekening van $\ln \frac{[\text{N}_2\text{O}_5]_0}{[\text{N}_2\text{O}_5]_t}$ voor tenminste drie tijdstippen 1

· uitzetten van $\ln \frac{[\text{N}_2\text{O}_5]_0}{[\text{N}_2\text{O}_5]_t}$ tegen t en constatering dat de grafiek een rechte lijn is (en conclusie) 1

□12 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Bij de halveringstijd is $\frac{[\text{N}_2\text{O}_5]_0}{[\text{N}_2\text{O}_5]_t} = 2$, dus $t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{k}$

De (gemiddelde) waarde van k is $5,1 \cdot 10^{-4}$, dus $t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{5,1 \cdot 10^{-4}} = 1,4 \cdot 10^3 \text{ s}$.

· $\frac{[\text{N}_2\text{O}_5]_0}{[\text{N}_2\text{O}_5]_t} = 2$ 1

· berekening van de (gemiddelde) waarde van k / bepaling van de waarde van k uit het diagram 1

· berekening van de halveringstijd en juiste eenheid 1

Opmerking

Wanneer een onjuist antwoord op vraag 12 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 11, dit antwoord op vraag 12 goed rekenen.

□13 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

De reactiesnelheidsconstante bij 318 K is $5,1 \cdot 10^{-4}$, die bij 338 K is $5,2 \cdot 10^{-3}$, dus

$$E_a = R \frac{T_1 T_2}{T_1 - T_2} \ln \frac{k_{T_1}}{k_{T_2}} = 8,314 \times \frac{338 \times 318}{338 - 318} \times \ln \frac{5,2 \cdot 10^{-3}}{5,1 \cdot 10^{-4}} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}.$$

· berekening van k bij 318 K (zie vorige vraag) en van k bij 338 K 2

· $E_a = R \frac{T_1 T_2}{T_1 - T_2} \ln \frac{k_{T_1}}{k_{T_2}}$ 1

· rest van de berekening en juiste eenheid 1

Opmerking

Wanneer een onjuist antwoord op vraag 13 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 11 en/of vraag 12, dit antwoord op vraag 13 goed rekenen.

Opgave 3 Een koper één-tweetje

10 punten

□14 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan geformuleerd zijn als:

In een elektrisch neutrale oplossing is het aantal mol negatieve ladingen gelijk aan het aantal mol positieve ladingen. Per liter oplossing komt dus voor elke mol Cu^{2+} twee mol Cl^- voor en voor elke mol Cu^+ komt één mol Cl^- voor. (Dus geldt $[\text{Cl}^-(\text{aq})] = 2 \times [\text{Cu}^{2+}(\text{aq})] + [\text{Cu}^+(\text{aq})]$).

· een oplossing is elektrisch neutraal

1

· rest van de afleiding

1

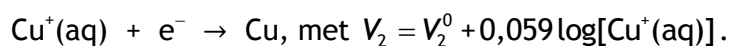
□15 Maximumscore 5

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Evenwicht 2 is opgebouwd uit de volgende halfreacties:



en



Wanneer evenwicht is bereikt geldt $V_1 = V_2$, dus

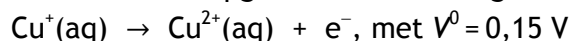
$$V_1^0 + 0,059 \log \frac{[\text{Cu}^{2+}(\text{aq})]}{[\text{Cu}^+(\text{aq})]} = V_2^0 + 0,059 \log [\text{Cu}^+(\text{aq})].$$

$$\text{Dit levert } 0,059 \log \frac{[\text{Cu}^{2+}(\text{aq})]}{[\text{Cu}^+(\text{aq})]^2} = V_2^0 - V_1^0 \text{ of}$$

$$\frac{[\text{Cu}^{2+}(\text{aq})]}{[\text{Cu}^+(\text{aq})]^2} = K_2 = 10^{\frac{1}{0,059} \times (V_2^0 - V_1^0)} = 10^{\frac{1}{0,059} \times (0,52 - 0,15)} = 1,9 \cdot 10^6.$$

en

- Evenwicht 2 is opgebouwd uit de volgende halfreacties:



en



Er geldt $\Delta_r G = -nF\Delta E^0$ en $\Delta_r G = -RT \ln K$, dus $RT \ln K = nF\Delta E^0$, of

$$K_2 = e^{\frac{nF}{RT} \Delta E^0} = e^{\frac{1 \times 9,65 \cdot 10^4}{8,314 \times 298} \times (0,52 - 0,15)} = 1,8 \cdot 10^6.$$

· beide halfreacties juist

1

· de wet van Nernst voor beide halfreacties juist

1

· notie dat bij evenwicht geldt $V_1 = V_2$

1

· juiste evenwichtsvoorwaarde: $\frac{[\text{Cu}^{2+}(\text{aq})]}{[\text{Cu}^+(\text{aq})]^2} = K_2$

1

· rest van de berekening

1

of

· beide halfreacties juist

1

· uitleg dat $RT \ln K = nF\Delta E^0$

2

· $n = 1$

1

· rest van de berekening

1

□16 Maximumscore 3

Een voorbeeld van juist antwoord is:

Uit $[\text{Cu}^{2+}(\text{aq})] = 3,3 \cdot 10^{-4}$ en $K_2 = \frac{[\text{Cu}^{2+}(\text{aq})]}{[\text{Cu}^+(\text{aq})]^2} = 1,9 \cdot 10^6$ volgt $[\text{Cu}^+(\text{aq})] = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$.

Dus $[\text{Cl}^-(\text{aq})] = 2 \times 3,3 \cdot 10^{-4} + 1,3 \cdot 10^{-5} = 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$.

Dus $K_1 = [\text{Cu}^+(\text{aq})][\text{Cl}^-(\text{aq})] = 1,3 \cdot 10^{-5} \times 6,7 \cdot 10^{-4} = 8,7 \cdot 10^{-9}$.

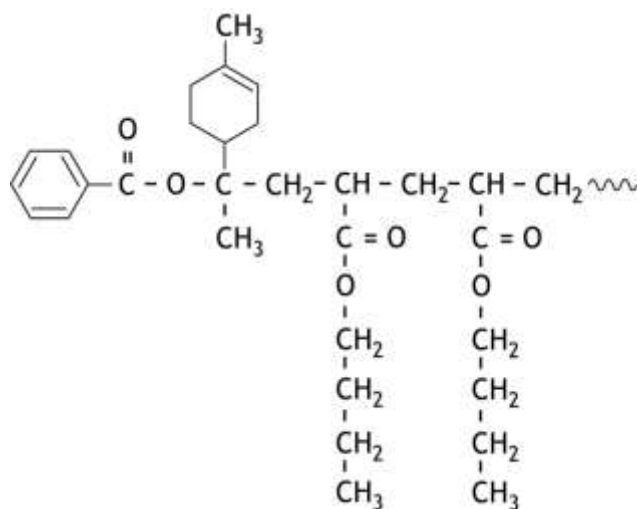
- berekening van de $[\text{Cu}^+(\text{aq})]$ uit de $[\text{Cu}^{2+}(\text{aq})]$ en de waarde van K_2 1
- berekening van de $[\text{Cl}^-(\text{aq})]$ 1
- rest van de berekening 1

■ Opgave 4 Polymeren uit limoneen

20 punten

□17 Maximumscore 5

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



- initiatorgedeelte juist getekend 1
- een keten van zes C atomen en het C-uiteinde juist getekend 1
- de zijgroepen die afkomstig zijn van limoneen juist getekend 1
- uit het antwoord blijkt dat de zuurgroep van acrylzuur juist is veresterd 1
- de zijgroep die afkomstig is van *n*-butylacrylaat twee keer juist getekend en de rest van de structuurformule juist 1

Opmerking

Wanneer een of meer onderdelen in de structuurformule met een juiste schematische structuur zijn getekend dit niet aanrekenen

□18 Maximumscore 2

4*S*-*cis*-(1,2-epoxylimoneen)

- 4*S* juist 1
- *cis* juist 1

□19 Maximumscore 2

A. diastereomeren B. enantiomeren C. diastereomeren D. enantiomeren

- A en B juist 1
- C en D juist 1

□20 Maximumscore 2

A. optisch actief B. optisch actief C. optisch actief D. optisch actief

- A en B juist 1
- C en D juist 1

□21 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\frac{1,10 \cdot 10^5}{196} \times 2 = 1,12 \cdot 10^3$$

- berekening van de massa van de repeterende eenheid 1
- berekening van het aantal repeterende eenheden per molecuul 1
- berekening van het totale aantal monomeereenheden 1

- 22 Maximumscore 2
- M_w is *meer* gevoelig voor de aanwezigheid van polymeermoleculen met een *grote* molecuulmassa en M_n is *meer* gevoelig voor polymeermoleculen met een *kleine* molecuulmassa.
- of
- M_w is *minder* gevoelig voor de aanwezigheid van polymeermoleculen met een *kleine* molecuulmassa en M_n is *meer* gevoelig voor polymeermoleculen met een *kleine* molecuulmassa.
- of
- M_w is *meer* gevoelig voor de aanwezigheid van polymeermoleculen met een *grote* molecuulmassa en M_n is *minder* gevoelig voor polymeermoleculen met een *grote* molecuulmassa.
- of
- M_w is *minder* gevoelig voor de aanwezigheid van polymeermoleculen met een *kleine* molecuulmassa en M_n is *meer* gevoelig voor polymeermoleculen met een *kleine* molecuulmassa.
- M_w is *meer* gevoelig voor de aanwezigheid van polymeermoleculen met een *grote* molecuulmassa / M_w is *minder* gevoelig voor de aanwezigheid van polymeermoleculen met een *kleine* molecuulmassa 1
 - M_n is *meer* gevoelig voor polymeermoleculen met een *kleine* molecuulmassa / M_n is *minder* gevoelig voor polymeermoleculen met een *grote* molecuulmassa 1
- 23 Maximumscore 2
- gel(permeatie)chromatografie / GPC / size exclusie chromatografie / SEC
- 24 Maximumscore 2
- Een juist antwoord kan geformuleerd zijn als:
- Hoe kleiner P is, des te kleiner is de spreiding (in de ketenlengtes van een polymeer). Dus bij $P = 1,10$ is de spreiding het kleinst.
- hoe kleiner P is, des te kleiner is de spreiding 1
 - dus: bij $P = 1,10$ is de spreiding het kleinst 1

Opgave 5 Sulfuryldichloride

31 punten

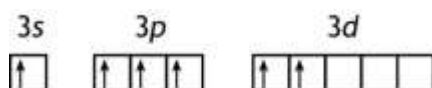
□25 Maximumscore 5

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

De elektronenconfiguratie van de grondtoestand van het zwavelatoom is:

$1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^2 3s^2 3p_x^2 3p_y^1 3p_z^1$ of $[\text{Ne}] 3s^2 3p_x^2 3p_y^1 3p_z^1$.

Om zes bindingen te kunnen vormen moeten twee elektronen worden aangeslagen naar 3d orbitalen. Er ontstaat dan de volgende aangeslagen toestand met zes halfgevolde orbitalen:



De 3s en de drie 3p orbitalen vormen vier sp^3 gehybridiseerde orbitalen die σ -bindingen vormen met zuurstofatomen en de chlooratomen, de twee 3d orbitalen vormen π -bindingen met zuurstofatomen.

- de elektronenconfiguratie van de grondtoestand van het zwavelatoom juist 1
- de aangeslagen toestand juist 1
- er treedt sp^3 hybridisatie op 1
- σ -bindingen tussen sp^3 gehybridiseerde orbitalen en de zuurstofatomen en chlooratomen 1
- π -bindingen tussen 3d orbitalen van het zwavelatoom en de zuurstofatomen 1

□26 Maximumscore 9

verandering:	effect op:			
	$[\text{SO}_2\text{Cl}_2]$	$[\text{SO}_2]$	$[\text{Cl}_2]$	K_c
1. toevoeging van Cl_2 bij constante temperatuur en constant volume	is groter geworden	is kleiner geworden	is groter geworden	is gelijk gebleven
2. verwarmen bij constant volume	is kleiner geworden	is groter geworden	is groter geworden	is groter geworden
3. volumeverkleining bij constante temperatuur	is groter geworden	is groter geworden, maar minder dan $[\text{SO}_2\text{Cl}_2]$	is groter geworden, maar minder dan $[\text{SO}_2\text{Cl}_2]$	is gelijk gebleven

- effect van 1. op de $[\text{SO}_2\text{Cl}_2]$ juist 1
- effect van 1. op de $[\text{SO}_2]$ en de $[\text{Cl}_2]$ juist 1
- effect van 1. op K_c juist 1
- effect van 2. op de $[\text{SO}_2\text{Cl}_2]$ juist 1
- effect van 2. op de $[\text{SO}_2]$ en de $[\text{Cl}_2]$ juist 1
- effect van 2. op K_c juist 1
- effect van 3. op de $[\text{SO}_2\text{Cl}_2]$ juist 1
- effect van 3. op de $[\text{SO}_2]$ en de $[\text{Cl}_2]$ juist 1
- effect van 3. op K_c juist 1

□27 Maximumscore 11

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\Delta_r H = 3,55 \cdot 10^5 - 2,97 \cdot 10^5 = +0,58 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$$

$$\Delta_r S = 248 + 223 - 311 = +160 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{Dus } \Delta_r G = +0,58 \cdot 10^5 - 430 \times 160 = -0,11 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$$

$$K_p = e^{-\frac{\Delta_r G}{RT}} = e^{-\frac{-0,11 \cdot 10^5}{8,314 \times 430}} = 22$$

3,45 g SO_2Cl_2 is $\frac{3,45}{134,99}$ mol, dus aan het begin van de reactie is

$$p_{\text{SO}_2\text{Cl}_2} = \frac{nRT}{V} = \frac{\frac{3,45}{134,99} \times 8,314 \times 430}{1,00 \cdot 10^{-3}} = 9,14 \cdot 10^4 \text{ Pa}.$$

Stel dat om het evenwicht te bereiken de partiële druk van SO_2Cl_2 afneemt met x Pa, dan geldt:

	SO_2Cl_2	$\rightleftharpoons$	SO_2	+	Cl_2
begin partiële druk	$9,14 \cdot 10^4 \text{ Pa}$				
afname partiële druk	$x \text{ Pa}$				
toename partiële drukken			$x \text{ Pa}$		$x \text{ Pa}$
evenwichtspartiële drukken	$9,14 \cdot 10^4 - x \text{ Pa}$		$x \text{ Pa}$		$x \text{ Pa}$

$$\text{Dan geldt: } K_p = \frac{p_{\text{SO}_2} \times p_{\text{Cl}_2}}{p_{\text{SO}_2\text{Cl}_2}} = \frac{x^2}{9,14 \cdot 10^4 - x} = 22.$$

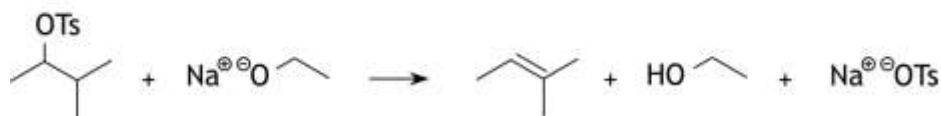
Dit levert $x = 1,41 \cdot 10^3 \text{ Pa}$.

De totale druk is dan $p_{\text{SO}_2\text{Cl}_2} + p_{\text{SO}_2} + p_{\text{Cl}_2} = 9,14 \cdot 10^4 + 1,41 \cdot 10^3 = 9,28 \cdot 10^4 \text{ Pa}$.

- berekening van $\Delta_r H$ 1
- berekening van $\Delta_r S$ 1
- berekening van T 1
- berekening van $\Delta_r G$ 1
- berekening van K_p 1
- berekening van het aantal mol SO_2Cl_2 aan het begin van de reactie 1
- berekening van de druk aan het begin van de reactie 1
- (bij stellen dat de afname van $p_{\text{SO}_2\text{Cl}_2} = x \text{ Pa}$) berekening van de partiële drukken in de evenwichtstoestand 1
- $K_p = \frac{p_{\text{SO}_2} \times p_{\text{Cl}_2}}{p_{\text{SO}_2\text{Cl}_2}}$ 1
- berekening van x 1
- berekening van de totale druk 1

□28 Maximumscore 6

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- juiste formules voor de pijl in de eerste reactie 1
- juiste structuurformule van het alkyltosylaat na de pijl in de eerste reactie 1
- juiste structuurformule van het geconjugeerde zuur van pyridine en Cl^- na de pijl in de eerste reactie 1
- juiste formules voor de pijl in de tweede reactie 1
- juiste structuurformule van het alkeen na de pijl in de tweede reactie 1
- structuurformule van ethanol en Na^+OTs^- na de pijl in de tweede reactie 1

Indien in een overigens juist antwoord in de tweede vergelijking de structuurformule van 3-methylbut-1-een is gegeven

5

Opgave 6 Synthese van carvon uit limoneen

16 punten

□29 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan geformuleerd zijn als:

De additie vindt uitsluitend plaats bij de C = C in de ring (en niet bij de C = C die buiten de ring ligt).

of

De additie vindt plaats bij de C = C in de ring en niet bij de C = C die buiten de ring ligt.

· notie dat additie ook zou kunnen plaatsvinden bij de C = C buiten de ring

1

· rest van de uitleg

1

□30 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan als volgt geformuleerd zijn:

De additie begint met de binding van NO^+ / het elektrofiel deel van NOCl. Dit bindt aan C2 zodat de pluslading op het tertiaire C atoom C1 komt te zitten. Vervolgens bindt Cl^- / het nucleofiele deel van NOCl aan C1. (Dit gaat ook zo bij een Markovnikoff additie van bijvoorbeeld HBr aan limoneen.)

· eerst binding van het elektrofiel aan C2 plus motivering waarom dit bij C2 gebeurt

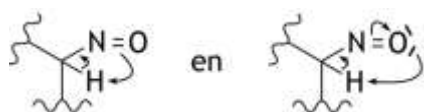
1

· vervolgens binding van het nucleofiel aan C1

1

□31 Maximumscore 3

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:



· H atoom met een atoombinding aan het reeds weergegeven gedeelte van de structuur getekend

1

· juist getekende pijlen

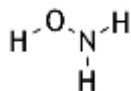
2

Opmerking

Wanneer behalve de juiste pijlen ook één of meer onjuiste pijlen zijn getekend, hiervoor per onjuiste pijl 1 scorepunt aftrekken, met een maximale aftrek van 2 scorepunten.

□32 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:



· notie dat de stof de molecuulformule NH_3O heeft

1

· juiste structuurformule

1

□33 Maximumscore 3

A. $3300 \text{ (cm}^{-1}\text{)}$

B. $1190 \text{ (cm}^{-1}\text{)}$

C. $1670 \text{ (cm}^{-1}\text{)}$

per juiste absorptiepiek

1

□34 Maximumscore 4

Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:

chemical shift (ppm)	multipliciteit	integraal	nummer(s) van C ato(o)men
1,6	singlet	3 H	7
1,7	singlet	3 H	10
2 - 3	multiplet	5 H	3, 4, 5
4,8	doublet	2 H	9
6,7	triplet	1 H	6

- alleen de nummers 7 en 10 juist ingevuld bij 1,6 ppm respectievelijk 1,7 ppm
- alleen de nummers 3, 4 en 5 juist ingevuld bij 2 - 3 ppm
- alleen nummer 9 juist ingevuld bij 4,8 ppm
- alleen nummer 6 juist ingevuld bij 6,7 ppm

1
1
1
1

Opmerking

De nummers 7 en 10 mogen verwisseld zijn.

40^e Nationale Scheikundeolympiade

Avebe Innovation Center

Groningen

PRACTICUMTOETS

correctievoorschrift

donderdag 6 juni 2019



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



**51st — International
Chemistry Olympiad
France — Paris — 2019**

■ Experiment 1 De bepaling van de substitutiegraad van geacetyleerd zetmeel

(40 punten)

Maximumscore 10

De volgende praktische vaardigheden worden beoordeeld:

- veiligheid, netheid en zelfstandigheid
- hanteren van het glaswerk

□1 Maximumscore 3

- massa's van het geacetyleerde zetmeel en het vochtgehalte vermeld
- buretstanden afgelezen in twee decimalen

1
2

□2 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- alle formules voor en na de pijl juist
- juiste coëfficiënten

1
1

□3 Maximumscore 4

De molaire massa van een geacetyleerde zetmeeleenheid is $(162 + 42x) \text{ g mol}^{-1}$,

dus $m \text{ g}$ geacetyleerd zetmeel is $\frac{m}{162 + 42 \times x} \text{ mol}$.

Dit reageert met $\frac{m}{162 + 42 \times x} \times x \text{ mol OH}^-$, dus $\frac{m}{162 + 42 \times x} \times x = B$.

Dit levert $x = \frac{162 \times B}{m - 42 \times B} (= \text{DS})$.

- berekening van de molaire massa van een geacetyleerde zetmeeleenheid
- berekening van het aantal mol geacetyleerde zetmeeleenheden
- berekening van het aantal mol OH^- dat reageert
- rest van de afleiding

1
1
1
1

□4 Maximumscore 14

- berekening van het aantal mol OH^- dat heeft gereageerd met het geacetyleerde zetmeel (twee maal)
- twee maal berekenen van de droge massa van het geacetyleerde zetmeel
- twee maal berekenen van de acetyleringsgraad en het gemiddelde nemen
- verschil tussen beide titraties
- uitkomst

1
1
1
5
6

- 5 Maximumscore 2
- Een voorbeeld van een juist antwoord is:
- Het mengsel van geacetyleerd zetmeel en water is (een suspensie, dus) niet homogeen. Als je daaruit verschillende monsters neemt, is de kans groot dat ze in samenstelling verschillen, wat tot grote verschillen in uitkomsten kan leiden.
- er ontstaat een suspensie 1
 - rest van de verklaring 1
- 6 Maximumscore 5
- Een voorbeeld van een juist antwoord is:
- Methyloranje verandert van kleur bij een lagere pH dan fenolftaleïne. Als methyloranje van kleur verandert zal dus ook (veel) acetaat tijdens de titratie reageren. De hoeveelheid zoutzuur die bij de titratie wordt verbruikt zal dus groter zijn, waardoor het lijkt alsof de hoeveelheid hydroxide die met het geacetyleerde zetmeel heeft gereageerd kleiner is. Bij gebruik van methyloranje wordt B dus kleiner, waardoor de noemer in $DS = \frac{162 \times B}{m - 42 \times B}$ kleiner wordt en de teller groter. Je krijgt dus een lagere uitkomst voor DS .
- methyloranje verandert van kleur bij een lagere pH dan fenolftaleïne / bij gebruik van methyloranje zal ook (veel) acetaat reageren 1
 - dus zal er meer zoutzuur reageren 1
 - dus B wordt kleiner 1
 - dus de teller in $DS = \frac{162 \times B}{m - 42 \times B}$ wordt kleiner en de noemer groter 1
 - conclusie 1

Experiment 2 De acetylering van zetmeel

(40 punten)

Maximumscore 10

De volgende praktische vaardigheden worden beoordeeld:

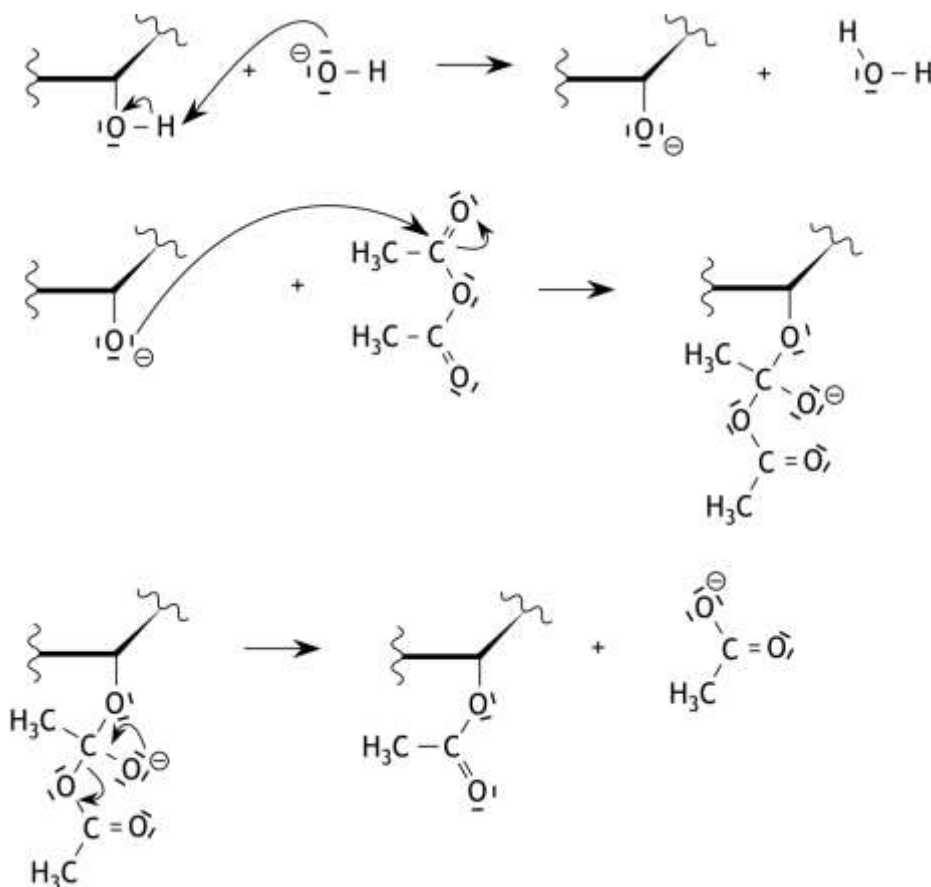
- veiligheid, netheid en zelfstandigheid
- hanteren van het glaswerk

□7 Maximumscore 3

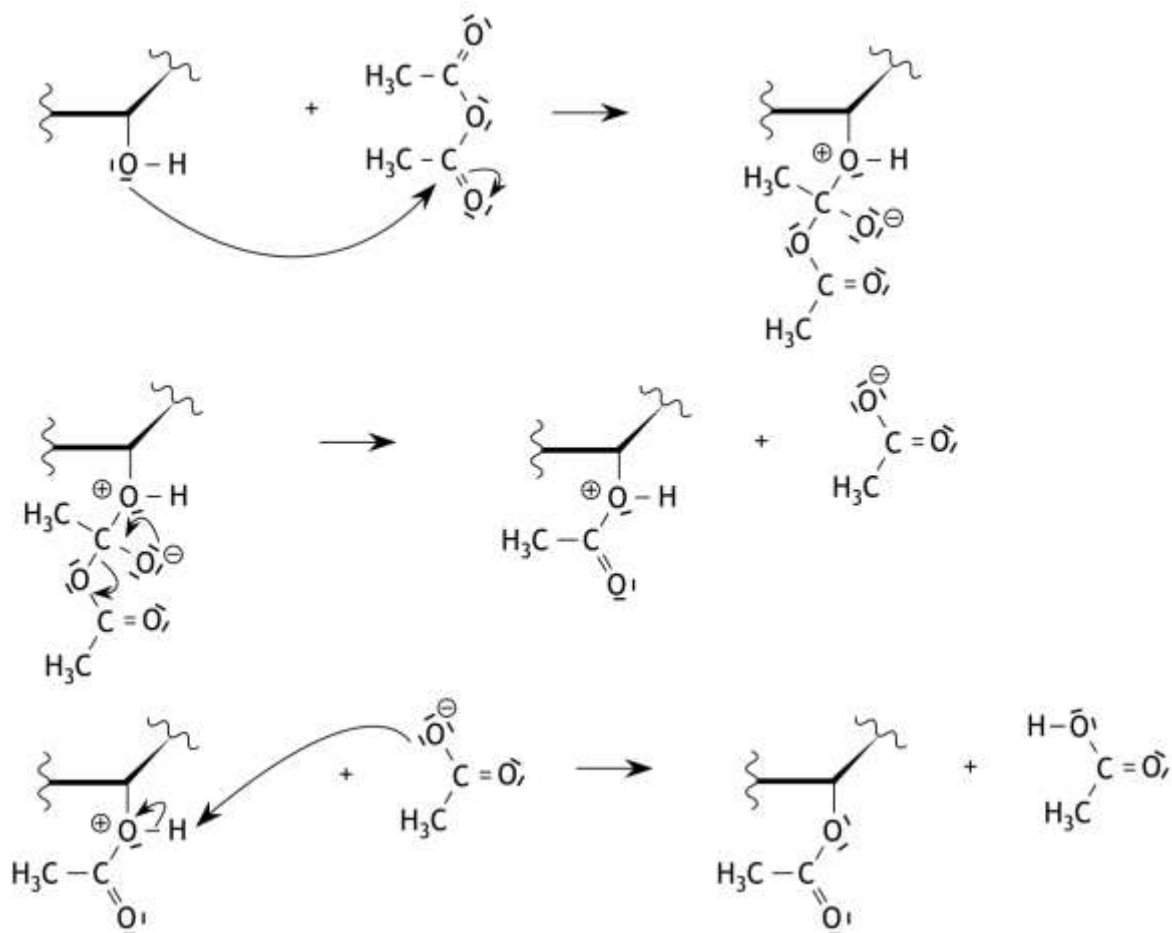
- massa van het zetmeel, alsmede het vochtgehalte vermeld 1
- begin- en eindstand van de buret met natronloog vermeld in twee decimalen 2

□8 Maximumscore 7

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- alle relevante elektronenparen getekend 1
- als eerste stap de reactie met OH^- 1
- in de eerste stap de pijlen juist aangegeven 1
- als de tweede stap juist de reactie van het gevormde negatieve ion met een azijnzuuranhydridemolecuul 1
- in de tweede stap de pijlen juist aangegeven 1
- als derde stap de afsplitsing van een ethanoaat ion 1
- in de derde stap de pijlen juist aangegeven 1

**Opmerking**

Wanneer in de eerste stap het gevormde water niet in structuurformule is gegeven, dit niet aanrekenen.

□9 Maximumscore 4

Stel dat van de oorspronkelijke a mol azijnzuuranhydride x mol met zetmeel reageert, dan hydrolyseert $(a - x)$ mol azijnzuuranhydride.

Bij de reactie van x mol azijnzuuranhydride met zetmeel ontstaat x mol azijnzuur en dit reageert met x mol OH^- .

Bij de hydrolyse van $(a - x)$ azijnzuuranhydride ontstaat $2 \times (a - x)$ mol azijnzuur en dit reageert met $2 \times (a - x)$ mol OH^- .

Wanneer B mol OH^- nodig was om de pH op 8,5 te houden, geldt dus dat

$B = x + 2 \times (a - x) = 2a - x$, of $x = 2a - B$, dus is de fractie azijnzuuranhydride dat met

zetmeel heeft gereageerd gelijk aan $\frac{x}{a} = 2 - \frac{B}{a}$

en het percentage: $\frac{x}{a} \times 100\% = \left(2 - \frac{B}{a}\right) \times 100\%$.

- notie dat voor iedere mol azijnzuuranhydride die met zetmeel reageert een mol OH^- nodig is om de pH constant te houden 1
- notie dat voor iedere mol azijnzuuranhydride die hydrolyseert twee mol OH^- nodig is om de pH constant te houden 1
- dus $B = x + 2 \times (a - x) = 2a - x$ 1
- rest van de afleiding 1

□10	Maximumscore 16	
	· berekening van de molariteit van de natronloog	1
	· berekening van het aantal mol OH^- dat nodig was om de pH constant te houden	1
	· berekening van het aantal mol azijnzuuranhydride	1
	· rest van de berekening	1
	· resultaat	12