

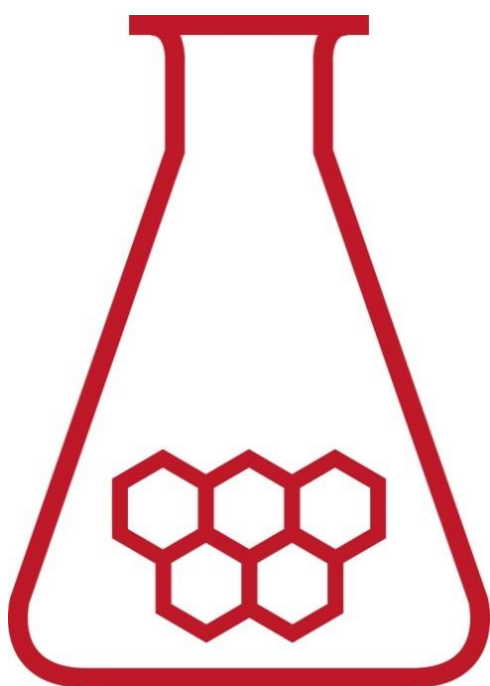
# NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE

2020

Opgaven en correctievoorschriften

Voorronde 1

Eindronde



**SCHEIKUNDE  
OLYMPIADE**

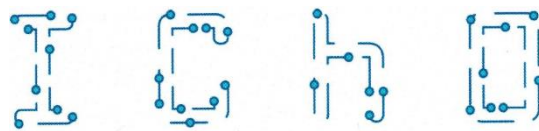


**Maastricht University**



**DSM**

BRIGHT SCIENCE. BRIGHTER LIVING.



**52<sup>nd</sup> IChO 2020**

International Chemistry Olympiad

## Inhoud

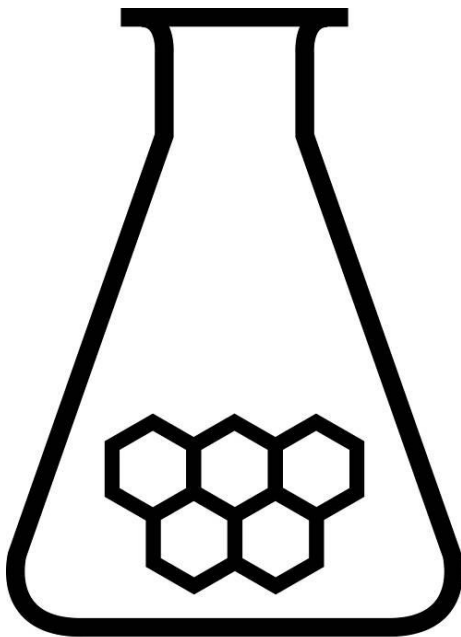
<b>Opgaven voorronde 1</b>	<b>3</b>
Opgave 1 Meerkeuzevragen	5
Opgave 2 Halogenering van alkanen	12
Opgave 3 Zwavel in rookgas	14
<b>Opgaven eindronde Meerkeuzetoets</b>	<b>19</b>
<b>Opgaven eindronde Open vragen toets</b>	<b>29</b>
Opgave 1 Alkaannitrillen	31
Opgave 2 Koper(I)oxide	32
Opgave 3 Vast schuurmiddel	34
Opgave 4 Synthese van haloperidol	36
<b>Correctievoorschrift voorronde 1</b>	<b>39</b>
Opgave 1 Meerkeuzevragen	40
Opgave 2 Halogenering van alkanen	43
Opgave 3 Zwavel in rookgas	45
<b>Correctievoorschrift eindronde Meerkeuzetoets</b>	<b>49</b>
<b>Correctievoorschrift eindronde Open vragen toets</b>	<b>55</b>
Opgave 1 Alkaannitrillen	56
Opgave 2 Koper(I)oxide	58
Opgave 3 Vast schuurmiddel	60
Opgave 4 Synthese van haloperidol	65

In 2020 is vanwege de corona pandemie geen tweede ronde toets afgenomen. Ook zijn de Nationale Scheikundeolympiadeweek, die in Maastricht zou worden gehouden, en de International Chemistry Olympiad, die in Istanbul zou worden gehouden, niet doorgegaan. Omdat de organisatie van de International Chemistry Olympiad had besloten om toch een remote wedstrijd te organiseren die uitsluitend uit een theoretische toets zou bestaan, is ook een ééndaagse theoretische nationale eindronde georganiseerd. Deze eindronde bestond uit twee toetsen: een toets met meerkeuzevragen en een toets met open vragen.

# NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2020

## OPGAVEN VOORRONDE 1

af te nemen in de periode van  
13 tot en met 24 januari 2020



## SCHEIKUNDE OLYMPIADE



- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 8 onderwerpen en 2 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 75 punten.
- De voorronde duurt 2 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6<sup>e</sup> druk of ScienceData 1<sup>e</sup> 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  
Alex Blokhuis  
Johan Broens  
Martin Groeneveld  
Peter de Groot  
Mees Hendriks  
Jacob van Hengst  
Daan Hogers  
Marijn Jonker  
Emiel de Kleijn  
Jasper Landman  
Bob Lefeber  
Marte van der Linden  
Piet Mellema  
Han Mertens  
Geert Schulpen  
Paula Teeuwen  
Eveline Wijbenga  
Benjamin Zadeh  
Emmy Zeetsen

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

## Opgave 1 Meerkeuzevragen

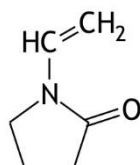
(totaal 40 punten)

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 en biochemie

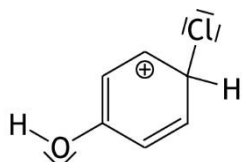
- 1 In de synthese van silica colloïden wordt het polymeer polyvinylpyrrolidon gebruikt. Dit is het polymeer van N-vinylpyrrolidon. De structuurformule van N-vinylpyrrolidon is:



Bij zo'n synthese wordt een polymeer gebruikt met een gemiddelde molaire massa van  $4,00 \cdot 10^4 \text{ g mol}^{-1}$ .

Hoe groot is het gemiddeld aantal monomeereenheden in de moleculen van dit polymeer?

- A 360  
B 381  
C  $1,54 \cdot 10^3$   
D  $2,17 \cdot 10^{26}$   
E  $2,29 \cdot 10^{26}$
- 2 Hieronder is een grensstructuur getekend van een intermediair dat ontstaat wanneer men fenol (benzenol, hydroxybenzeen) laat reageren met chloor, in aanwezigheid van een katalysator.



Hoeveel verschillende grensstructuren, inclusief de hierboven getekende, zijn er van dit intermediair?

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

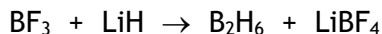
- 3 Onderzoek aan menselijk DNA levert op dat 30 procent van de nucleïnebasen adenine is.  
Hoeveel procent van de nucleïnebasen van dit DNA is cytosine?
- A 15
  - B 20
  - C 30
  - D 40
  - E 50
  - F 60
  - G 70

### Thermochemie, evenwichten

- 4 De enthalpieverandering voor de omzetting van een C = C binding naar een C – C binding, door reactie met waterstof, is gelijk aan  $-120 \text{ kJ mol}^{-1}$ .  
De enthalpieverandering voor de omzetting van benzeen tot cyclohexaan, door reactie met waterstof, is gelijk is aan  $-206 \text{ kJ mol}^{-1}$ .  
Uit deze gegevens is de zogenoemde resonantie-energie van benzeen te berekenen.  
Dit is het verschil tussen de energie-inhoud van benzeen en de energie-inhoud van cyclohexa-1,3,5-triëen waarin de C = C bindingen gelokaliseerd zouden zijn.  
Wat is de absolute waarde van de resonantie-energie van benzeen?
- A  $29 \text{ kJ mol}^{-1}$
  - B  $51 \text{ kJ mol}^{-1}$
  - C  $86 \text{ kJ mol}^{-1}$
  - D  $154 \text{ kJ mol}^{-1}$
  - E  $326 \text{ kJ mol}^{-1}$
  - F  $566 \text{ kJ mol}^{-1}$
- 5 Wanneer een mengsel van stikstof en zuurstof wordt verwarmd, stelt zich bij een bepaalde temperatuur het volgende evenwicht in:
- $$\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}(\text{g})$$
- In welke richting verschuift dit evenwicht bij verhoging van de temperatuur ( $T$ ) en in welke richting bij verhoging van de druk ( $p$ )?
- | bij verhoging van $T$              | bij verhoging van $p$            |
|------------------------------------|----------------------------------|
| A evenwicht verschuift naar links  | evenwicht verschuift naar links  |
| B evenwicht verschuift naar links  | evenwicht verschuift naar rechts |
| C evenwicht verschuift naar links  | evenwicht verschuift niet        |
| D evenwicht verschuift naar rechts | evenwicht verschuift naar links  |
| E evenwicht verschuift naar rechts | evenwicht verschuift naar rechts |
| F evenwicht verschuift naar rechts | evenwicht verschuift niet        |

## Structuren en formules

- 6 Diboraan,  $B_2H_6$ , wordt in de koolstofchemie onder andere gebruikt om carbonzuren om te zetten tot alcoholen. De industriële productie van diboraan vindt plaats door reactie van boortrifluoride met lithumhydride. Hieronder is de onvolledige reactievergelijking weergegeven:



Wat is de coëfficiënt voor  $BF_3$  als de reactievergelijking kloppend is gemaakt?

- A geen (dus 1)  
B 3  
C 4  
D 6  
E 8
- 7 Seleen staat in groep 16 van het Periodiek Systeem. Van seleen bestaan de volgende verbindingen: natriumselenaat en natriumseleniet.

Wat zijn de formules van deze verbindingen?

natriumselenaat

natriumseleniet

- |   |             |             |
|---|-------------|-------------|
| A | $Na_2Se$    | $Na_2SeO_3$ |
| B | $Na_2Se$    | $Na_2SeO_4$ |
| C | $Na_2SeO_3$ | $Na_2Se$    |
| D | $Na_2SeO_3$ | $Na_2SeO_4$ |
| E | $Na_2SeO_4$ | $Na_2Se$    |
| F | $Na_2SeO_4$ | $Na_2SeO_3$ |

- 8 Welke van onderstaande moleculen is lineair?

I  $C_2H_2$

II  $N_2H_2$

- A allebei  
B alleen I  
C alleen II  
D geen van beide
- 9 Kalium en lithium kunnen beide met water reageren, waarbij een oplossing van het hydroxide ontstaat en waterstofgas. De reactie van kalium met water verloopt heftiger dan die van lithium met water.

Wat is een verklaring hiervan op microniveau?

- A een kaliumatoom neemt makkelijker een elektron op dan een lithiumatoom  
B een kaliumatoom staat makkelijker een elektron af dan een lithiumatoom  
C een kaliumatoom neemt moeilijker een elektron op dan een lithiumatoom  
D een kaliumatoom staat moeilijker een elektron af dan een lithiumatoom

## pH / zuur-base

- 10 Onder bepaalde omstandigheden (*niet* 298 K) werden gelijke volumes  $2,0 \cdot 10^{-3}$  M zwavelzuuroplossing en  $1,0 \cdot 10^{-3}$  M zoutzuur gemengd. De pH van de ontstane oplossing was 2,717.  
Hoeveel procent  $\text{HSO}_4^-$  was omgezet tot  $\text{SO}_4^{2-}$  onder deze omstandigheden?
- A 17
  - B 42
  - C 58
  - D 84
  - E 92
  - F 95
- 11 Aan 60 mL 1,0 molair  $\text{HCOOH}$  oplossing wordt 40 mL 1,0 molair  $\text{NaOH}$  oplossing toegevoegd. Wat is de pH van de ontstane oplossing ( $T = 298$  K)?
- A 2,22
  - B 3,45
  - C 3,57
  - D 3,75
  - E 3,93
  - F 4,05
  - G 4,22
  - H 5,28

## Redox en elektrochemie

- 12 Gegeven het redoxkoppel  $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_3^-$ .  
Hoeveel elektronen ( $e^-$ ) komen voor in de vergelijking van de halfreactie van dit redoxkoppel en aan welke kant van de pijl staan ze?
- A  $1 e^-$  links van de pijl
  - B  $3 e^-$  links van de pijl
  - C  $5 e^-$  links van de pijl
  - D  $8 e^-$  links van de pijl
  - E  $9 e^-$  links van de pijl
  - F  $1 e^-$  rechts van de pijl
  - G  $3 e^-$  rechts van de pijl
  - H  $5 e^-$  rechts van de pijl
  - I  $8 e^-$  rechts van de pijl
  - J  $9 e^-$  rechts van de pijl



- 13 Drie oplossingen worden geëlektrolyseerd: een oplossing van zilvernitraat, een oplossing van koper(II)nitraat en een oplossing van chroom(III)nitraat. De stroomsterkte is in alle gevallen even groot en wordt constant gehouden. In welk geval is het eerst 1,00 g metaal ontstaan?
- A het duurt in alle gevallen even lang
  - B bij zilvernitraat
  - C bij koper(II)nitraat
  - D bij chroom(III)nitraat

### Reactiesnelheid

- 14 Wanneer men zoutzuur en een oplossing van natriumthiosulfaat samenvoegt, treedt de volgende reactie op:
- $$2 \text{H}_3\text{O}^+ + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow \text{S} + \text{SO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$$
- Men voert de volgende twee proeven uit bij dezelfde temperatuur:
- proef 1: 50 mL 0,1 M zoutzuur wordt toegevoegd aan 50 mL 0,1 M natriumthiosulfaatoplossing;
- proef 2: 100 mL 0,1 M zoutzuur wordt toegevoegd aan 100 mL 0,1 M natriumthiosulfaatoplossing.
- Hoe groot is de reactiesnelheid  $s_1$  in het begin van proef 1 ten opzichte van de reactiesnelheid  $s_2$  in het begin van proef 2?
- A  $s_1 = \frac{1}{4} s_2$
  - B  $s_1 = \frac{1}{2} s_2$
  - C  $s_1 = s_2$
  - D  $s_1 = 2 s_2$
  - E  $s_1 = 4 s_2$

- 15 Voor de vorming van NOBr volgens  $2 \text{NO}(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{NOBr}(\text{g})$  wordt het volgende mechanisme voorgesteld:
- stap 1:  $\text{NO}(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NOBr}_2(\text{g})$                     snel
- stap 2:  $\text{NO}(\text{g}) + \text{NOBr}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{NOBr}(\text{g})$                     langzaam
- Welke reactiesnelheidsvergelijking hoort bij dit mechanisme?
- A  $s = k[\text{NO}][\text{Br}_2]$
  - B  $s = k[\text{NO}]^2[\text{Br}_2]$
  - C  $s = k[\text{NO}][\text{Br}_2]^2$
  - D  $s = k[\text{NO}]^2$

## Analyse

- 16 Een leerling moest het azijnzuurgehalte van een monster azijn bepalen. Hij ging daarbij als volgt te werk:
- Eerst maakte hij een standaardoplossing van kaliumwaterstoftalaat (KHfT).
  - Daarna gebruikte hij die standaardoplossing om de molariteit van een oplossing van natriumhydroxide nauwkeurig vast te stellen.
  - Vervolgens gebruikte hij deze natriumhydroxide-oplossing om het azijnzuurgehalte van het monster azijn door middel van een titratie te bepalen.
- Hij voerde het onderzoek perfect uit en kwam uit op een gehalte van 12 massaprocent azijnzuur. Bij zijn berekeningen was hij ervan uitgegaan dat het KHfT, dat hij gebruikt had om de standaardoplossing te bereiden, 100% zuiver was. Wat hij echter niet wist, was dat er 25 massaprocent kristalwater in zat en dus slechts 75 massaprocent KHfT. Wat was het massapercentage azijnzuur in het onderzochte monster in werkelijkheid?
- A 3,0%
  - B 4,0%
  - C 8,0%
  - D 9,0%
  - E 15%
  - F 16%
  - G 36%
  - H 48%
- 17 Men vermoedt dat een monster natriumcarbonaat verontreinigd is met natriumsulfaat. Twee leerlingen worden verzocht om na te gaan of dit inderdaad het geval is. Emma lost wat van het monster op in water, voegt een overmaat zoutzuur toe en daarna een oplossing van bariumchloride. Freek doet het juist andersom: hij lost ook wat van het monster op en voegt dan eerst een overmaat van een oplossing van bariumchloride toe en daarna een overmaat zoutzuur. Welke methode is geschikt om de aanwezigheid van natriumsulfaat in een monster natriumcarbonaat aan te tonen?
- A geen van beide methodes is geschikt
  - B die van Emma
  - C die van Freek
  - D beide methodes zijn geschikt

## Rekenen en Groene chemie

- 18 Bariumzouten zijn in het algemeen giftig, maar bariumsulfaat niet. Dat komt doordat het slecht oplosbaar is en daardoor slecht in het lichaam wordt opgenomen. Daarom wordt chemisch afval dat bariumionen bevat vaak bewerkt met natriumsulfaat. Twintig leerlingen voeren een reactie uit met bariumchloride en zilvernitraat. Ze krijgen elk een oplossing met daarin 0,50 g bariumchloride en een oplossing met 0,40 g zilvernitraat en voegen die samen. Na afloop van het practicum wordt alle chemisch afval verzameld. Om de eventueel nog aanwezige bariumionen neer te slaan als bariumsulfaat, voegt de docent 100 mL 0,60 M natriumsulfaatoplossing toe. Welke ionsoort,  $\text{Ba}^{2+}$  of  $\text{SO}_4^{2-}$ , blijft uiteindelijk in oplossing over en in welke hoeveelheid?
- | ionsoort in overmaat | hoeveelheid |
|----------------------|-------------|
| A $\text{Ba}^{2+}$   | 0,010 mol   |
| B $\text{Ba}^{2+}$   | 0,018 mol   |
| C $\text{SO}_4^{2-}$ | 0,012 mol   |
| D $\text{SO}_4^{2-}$ | 0,031 mol   |
| E $\text{SO}_4^{2-}$ | 0,072 mol   |
- 19 Geert heeft een oplossing nodig die 0,200 g ijzer(III)sulfaat per liter bevat. Hoeveel mg ijzer(III)sulfaatpentahydraat moet hij afwegen om 10,0 mL van deze oplossing maken?
- A 1,26  
B 1,63  
C 2,00  
D 2,45  
E 3,19
- 20 Een belangrijke reactie die plaatsvindt bij de productie van vanadium (V) uit vanadiumerts is de volgende reactie:
- $$\text{V}_2\text{O}_5 + 5 \text{Ca} \rightarrow 2 \text{V} + 5 \text{CaO}$$
- Wat is de atomeconomie van de vorming van vanadium via deze reactie?
- A 13%  
B 17%  
C 27%  
D 29%  
E 33%  
F 48%

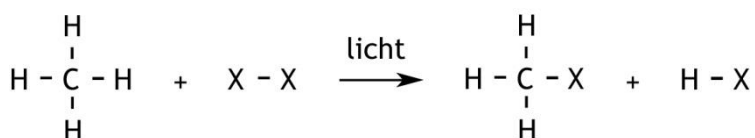
## Open opgaven

(totaal 35 punten)

### ■ Opgave 2 Halogenering van alkanen

(15 punten)

Wanneer een mengsel van een halogeen en een alkaan wordt belicht, treden substitutiereacties op. Hieronder is de reactievergelijking weergegeven van de vorming van een monohalogeenmethaan.



Hierin is X – X een halogeenmolecuul.

Zo'n halogenering verloopt volgens het volgende reactiemechanisme.

Stap 1: de vorming van twee halogeenradicalen uit een halogeenmolecuul onder invloed van licht.

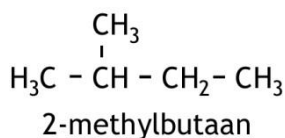
Stap 2: de reactie van een halogeenradicaal met een methaanmolecuul tot een waterstofhalogenidemolecuul en een nieuw radicaal.

Stap 3: de reactie van het in stap 2 gevormde radicaal met een halogeenmolecuul onder vorming van een molecuul halogeenmethaan en een halogeenradicaal.

- 1 Geef de tweede en derde stap van dit mechanisme weer in reactievergelijkingen. 2
- 2 Geef een verklaring voor het feit dat in het reactiemengsel na afloop van de reactie ook ethaan wordt aangetroffen. 2

Wanneer chloor reageert met een flinke overmaat 2-methylbutaan (zie structuurformule hieronder) ontstaan de volgende monochloor-substitutieproducten:

1-chloor-2-methylbutaan, 2-chloor-2-methylbutaan, 2-chloor-3-methylbutaan en 1-chloor-3-methylbutaan.



- 3 Leg uit bij welke van de genoemde verbindingen stereo-isomerie mogelijk is en hoeveel stereo-isomeren van elke verbinding mogelijk zijn. 4

De molverhouding waarin de verschillende monochloor-substitutieproducten ontstaan bij de reactie van chloor met een flinke overmaat 2-methylbutaan, hangt af van het aantal H atomen dat gebonden is aan de verschillende C atomen en van de reactiviteit van de verschillende soorten H atomen (zie het informatie kader hieronder).

Om de verschillende soorten H atomen in een organische verbinding aan te duiden wordt gebruikgemaakt van de aanduidingen primaire, secundaire en tertiaire H atomen.

Een primair H atoom is gebonden aan een C atoom dat aan slechts één ander C atoom is gebonden.

Een secundair H atoom is gebonden aan een C atoom dat aan twee andere C atomen is gebonden.

Een tertiair H atoom is gebonden aan een C atoom dat aan drie andere C atomen is gebonden.

Wanneer de temperatuur hoog genoeg is ( $> 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) hebben de verschillende soorten H atomen in 2-methylbutaan dezelfde reactiviteit. De molverhouding waarin de monochloor-substitutieproducten ontstaan, wordt dan uitsluitend bepaald door de statistische kans op substitutie van de H atomen.

□4 Geef deze molverhouding.

Noteer je antwoord als volgt:

1-chloor-2-methylbutaan : 2-chloor-2-methylbutaan : 2-chloor-3-methylbutaan :

1-chloor-3-methylbutaan = ..... : ..... : ..... : .....

3

Bij lagere temperaturen zijn niet alle H atomen in 2-methylbutaan even reactief.

Wanneer de monochlorering van 2-methylbutaan bij kamertemperatuur plaatsvindt, wordt de opbrengst van de substitutieproducten bepaald door zowel de aantallen verschillende H atomen als het verschil in reactiviteit van de verschillende soorten H atomen.

De opbrengsten van de substitutieproducten die dan ontstaan, zijn in de onderstaande tabel weergegeven als een percentage van de totale opbrengst.

substitutieproduct	opbrengst (%)
1-chloor-2-methylbutaan	27
2-chloor-2-methylbutaan	23
2-chloor-3-methylbutaan	36
1-chloor-3-methylbutaan	14

Aan de hand van de gegevens in deze tabel kan de relatieve reactiviteit van de drie soorten (primaire, secundaire en tertiaire) H atomen bij de chlorering van 2-methylbutaan worden bepaald. De relatieve reactiviteit wordt uitgedrukt per één H atoom.

□5 Rangschik de drie soorten H atomen naar afnemende reactiviteit. Motiveer je antwoord aan de hand van de bovenstaande tabel.

4

### Opgave 3 Zwavel in rookgas

(20 punten)

Bij de verbranding van fossiele brandstoffen ontstaat een mengsel van gassen. Dit mengsel wordt rookgas genoemd. Wanneer de brandstoffen zwavelverbindingen bevatten, bevinden zich in het rookgas zwaveldioxide en zwaveltrioxide. Het totale gehalte zwaveldioxide en zwaveltrioxide in rookgas wordt vaak uitgedrukt als het aantal mmol zwavel, S, per m<sup>3</sup> rookgas. Dit gehalte kan worden bepaald met behulp van ionchromatografie.

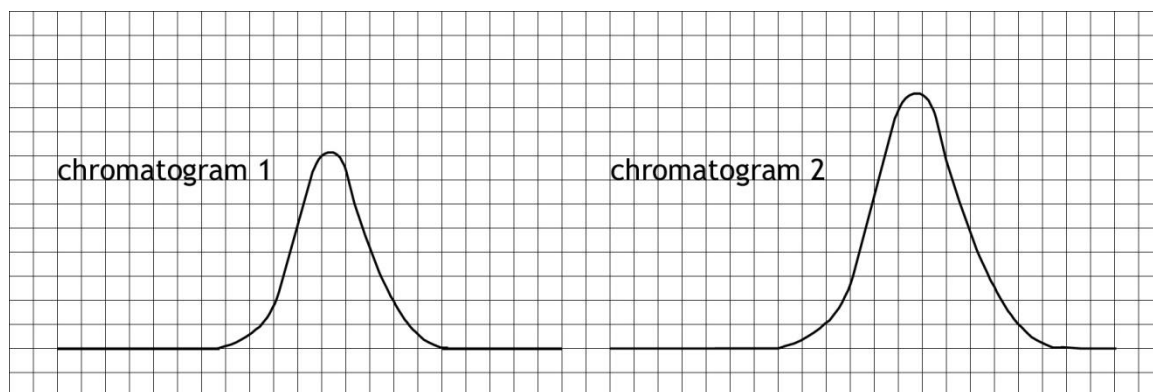
In zo'n bepaling wordt een monster van 500 cm<sup>3</sup> rookgas geleid door een wasfles, gevuld met 20,00 mL van een waterstofperoxide-oplossing, die 0,300 massaprocent H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> bevat. Alle SO<sub>2</sub> en SO<sub>3</sub> uit het rookgas worden in deze oplossing omgezet tot sulfaat. Na afloop van de reacties is nog waterstofperoxide aanwezig.

- 6 Geef de reactievergelijkingen van deze omzettingen.

3

De hoeveelheid sulfaat in de resulterende oplossing in de wasfles (oplossing 1) wordt vervolgens door middel van ionchromatografie bepaald. Daartoe wordt de oplossing uit de wasfles eerst volledig overgebracht in een maatkolf en aangevuld tot een volume van 25,00 mL (oplossing 2). Uit deze oplossing wordt 0,500 mL in de gaschromatograaf gespoten. De piek uit het chromatogram, behorende bij het sulfaat, staat hieronder afgebeeld als chromatogram 1.

Bovendien wordt onder dezelfde omstandigheden een referentiemeting met een interne standaard uitgevoerd. Daarbij wordt gebruikgemaakt van een standaardoplossing met 1,50 g natriumsulfaat per liter. Van deze oplossing wordt 10,00 mL gemengd met 10,00 mL van oplossing 2. Uit het ontstane mengsel (oplossing 3) wordt 0,500 mL in de gaschromatograaf gespoten. De sulfaatpiek uit het chromatogram staat hieronder afgebeeld als chromatogram 2.



- 7 Bereken het totale gehalte zwaveldioxide en zwaveltrioxide in het onderzochte rookgas, uitgedrukt als het aantal mmol zwavel per m<sup>3</sup>.

9

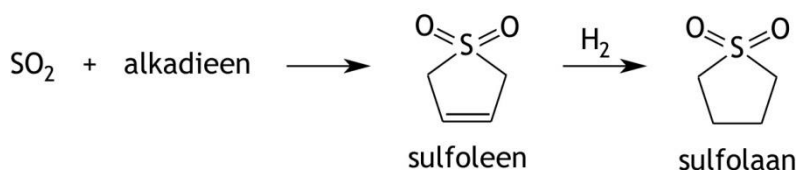
Met de hierboven beschreven bepaling wordt alleen vastgesteld hoeveel zwaveldioxide en zwaveltrioxide samen in het rookgas zit. Om ook te weten te komen hoeveel daarvan zwaveldioxide is en hoeveel zwaveltrioxide, kan een bepaling van de waterstofperoxide-concentratie in oplossing 2 worden uitgevoerd. Daartoe wordt een bepaalde hoeveelheid uit oplossing 2 gepipetteerd en getitreerd.

- 8 Leg uit dat uit het resultaat van de waterstofperoxidebepaling kan worden afgeleid hoeveel zwaveldioxide en hoeveel zwaveltrioxide in het rookgas zat. 2

Deze waterstofperoxidebepaling kan niet worden uitgevoerd met oplossing 1, voordat deze wordt overgebracht in de maatkolf van 25,00 mL.

- 9 Geef hiervoor twee redenen. 2

Wanneer het gehalte aan zwaveloxides in het rookgas te hoog is, worden de zwaveloxides er uit verwijderd. De afgevangen zwaveloxides kunnen vervolgens nuttig worden gebruikt. Zo kan men zwaveldioxide laten reageren met een alkadien, waarbij de stof sulfoleen ontstaat. Hieruit kan vervolgens sulfolaan worden gemaakt dat wordt toegepast als oplosmiddel bij polymerisatiereacties. Deze omzettingen zijn hieronder schematisch weergegeven.



- 10 Geef de structuurformule van het alkadien dat men met zwaveldioxide moet laten reageren om sulfoleen te maken. 1

- 11 Geef aan hoe bindingen worden verbroken en gevormd wanneer uit een molecuul zwaveldioxide en een molecuul van het alkadien een molecuul sulfoleen wordt gevormd. Gebruik hiervoor de lewisstructuur van zwaveldioxide waarin alle atomen een formele lading 0 hebben. 3





**41<sup>e</sup> Nationale Scheikundeolympiade 2020 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		

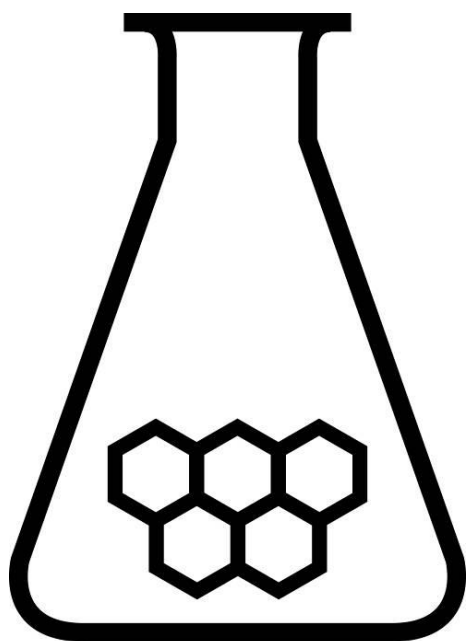


# 41<sup>e</sup> Nationale Scheikundeolympiade

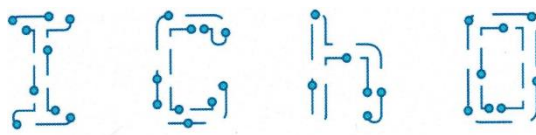
Eindronde 2020

Meerkeuzetoets  
vragen

9 juni 2020



**SCHEIKUNDE  
OLYMPIADE**



**52<sup>nd</sup> IChO 2020**  
International Chemistry Olympiad

- Deze toets bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 7 onderwerpen.
- Gebruik voor de beantwoording van de meerkeuzevragen het antwoordblad.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 40 punten.
- De toets duurt maximaal 1,5 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6<sup>e</sup> druk of ScienceData 1<sup>e</sup> druk.

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

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

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

## Meerkeuzevragen

(totaal 40 punten)

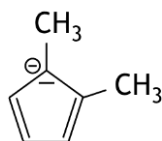
Schrijf bij elke vraag je antwoord (letter) op het antwoordblad. Dit antwoordblad vind je aan het eind van dit opgavenboekje.

Normering: 2 punten per juist antwoord.

### Koolstofchemie

- 1 Hoeveel verbindingen met uitsluitend enkelvoudige bindingen tussen de koolstofatomen met molecuulformule  $C_3H_6O$  zijn er? Houd rekening met eventuele stereo-isomerie.
- A 2
  - B 3
  - C 4
  - D 5
  - E 6
  - F 7
- 2 Hoeveel  $\sigma$ -bindingen en hoeveel  $\pi$ -bindingen heeft een molecuul ethyn ( $C_2H_2$ )?
- |   | aantal $\sigma$ -bindingen | aantal $\pi$ -bindingen |
|---|----------------------------|-------------------------|
| A | 2                          | 1                       |
| B | 2                          | 2                       |
| C | 2                          | 3                       |
| D | 3                          | 1                       |
| E | 3                          | 2                       |
| F | 3                          | 3                       |
- 3 Hoeveel alkenen kunnen ontstaan bij de eliminatiereactie van water uit 2-butanol? Houd rekening met eventuele stereo-isomerie.
- A 1
  - B 2
  - C 3
  - D 4

- 4 Hieronder is een grensstructuur getekend van een negatief ion dat wordt gestabiliseerd door mesomerie.

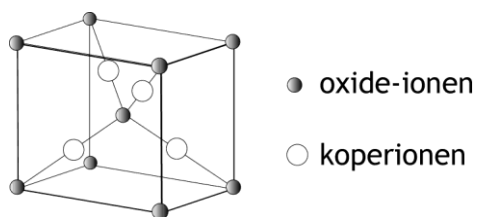


Hoeveel verschillende grensstructuren, inclusief de hierboven getekende, zijn er van dit negatieve ion?

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

## Structuren en formules

In onderstaande figuur is de kubische eenheidscel van het  $\text{Cu}_2\text{O}$  kristal weergegeven. Deze figuur kun je gebruiken bij de beantwoording van de vragen 5, 6, 7 en 8.



- 5 De roosterconstante (ribbe) van de eenheidscel is 427 pm.  
Hoe groot is de dichtheid van  $\text{Cu}_2\text{O}$ ?

- A  $1,70 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$
- B  $3,05 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$
- C  $6,10 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$
- D  $6,78 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$
- E  $8,49 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

- 6 Wat zijn de coördinatiegetallen (omringingsgetallen) van  $\text{Cu}^+$  en  $\text{O}^{2-}$  in  $\text{Cu}_2\text{O}$ ?

	coördinatiegetal van $\text{Cu}^+$	coördinatiegetal van $\text{O}^{2-}$
A	1	1
B	1	2
C	1	4
D	2	1
E	2	2
F	2	4
G	4	1
H	4	2
I	4	4

- 7 Welke standaard kristalstructuur wordt door de  $O^{2-}$  ionen gevormd?
- A diamant  
 B lichaamsgecentreerd kubisch (bcc)  
 C vlakgecentreerd kubisch (fcc)  
 D primitief kubisch
- 8 Een veel voorkomend defect in het kristalrooster van  $Cu_2O$  is het ontbreken van koperionen, terwijl alle oxide-ionen op hun plaats zitten. Dit wordt veroorzaakt doordat sommige koperionen de oxidatietoestand +2 hebben. In een bepaald kristal heeft 0,4% van alle koperionen de oxidatietoestand +2. Dit kristal kan worden weergegeven met de formule  $Cu_{2-x}O$ . Wat is de waarde van  $x$  in de formule van dit kristal?
- A 0,001  
 B 0,002  
 C 0,004  
 D 0,008
- 9 Welke set quantumgetallen  $n$ ,  $l$ ,  $m_l$ ,  $m_s$  komt overeen met één van de valentie-elektronen in een As atoom?
- |   | $n$ | $l$ | $m_l$ | $m_s$ |
|---|-----|-----|-------|-------|
| A | 3   | 0   | 0     | +1/2  |
| B | 3   | 2   | 1     | -1/2  |
| C | 3   | 2   | 2     | +1/2  |
| D | 4   | 0   | 0     | +1/2  |
| E | 4   | 2   | 1     | -1/2  |
| F | 4   | 2   | 2     | +1/2  |

### pH / zuur-base

- 10 Drie bufferoplossingen worden bij 298 K als volgt gemaakt:
- I 200 mL 1,00 M ethaanzuuroplossing + 100 mL 1,00 M natriumethanoaatoplossing  
 II 200 mL 1,00 M ethaanzuuroplossing + 100 mL 2,00 M natriumethanoaatoplossing  
 III 200 mL 1,00 M ethaanzuuroplossing + 100 mL 1,00 M natriumhydroxide-oplossing
- Welke oplossing(en) heeft (hebben)  $pH = 4,76$ ?
- A geen van drieën  
 B alleen I  
 C alleen II  
 D alleen III  
 E alleen I en II  
 F alleen I en III  
 G alleen II en III  
 H alle drie

- 11 Barietwater is een oplossing van bariumhydroxide in water.  
Hoeveel gram  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  is nodig om bij 298 K 1,0 L barietwater met  $\text{pH} = 7,50$  te maken?
- A  $5,0 \cdot 10^{-6}$
  - B  $1,0 \cdot 10^{-5}$
  - C  $5,0 \cdot 10^{-5}$
  - D  $1,0 \cdot 10^{-4}$

### Redox en elektrochemie

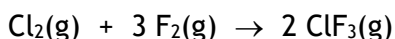
- 12 In welk van onderstaande gevallen treedt een reactie op waarbij een gas ontstaat?
- I: Een oplossing van waterstofperoxide wordt toegevoegd aan een aangezuurde oplossing van kaliumpermanganaat.
- II: Een aangezuurde oplossing van waterstofperoxide wordt toegevoegd aan een oplossing van natriumchloride.
- A in geen van beide gevallen
  - B alleen in geval I
  - C alleen in geval II
  - D in beide gevallen

### Reactiesnelheid en evenwicht

- 13 Voor het evenwicht
- $$\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$$
- geldt bij een bepaalde temperatuur  $K_p = 0,015$  bar.
- In een reactor worden bij deze temperatuur  $\text{PCl}_5(\text{g})$  en  $\text{PCl}_3(\text{g})$ , elk met een partiële druk van 2,7 bar, gemengd.
- Hoe groot is de partiële druk van  $\text{Cl}_2(\text{g})$  als het evenwicht zich heeft ingesteld?
- A 0,015 bar
  - B 0,12 bar
  - C 0,20 bar
  - D 2,7 bar
- 14 Een vuistregel die wordt gehanteerd voor het toenemen van de reactiesnelheid is: De reactiesnelheid verdubbelt bij een temperatuuroenname van  $10^\circ\text{C}$ .
- Wat is de activeringsenergie van een reactie waarvan de snelheid precies twee keer zo groot wordt bij een temperatuurverandering van  $25,0^\circ\text{C}$  naar  $35,0^\circ\text{C}$ ?
- A  $0,504 \text{ kJ mol}^{-1}$
  - B  $2,70 \text{ kJ mol}^{-1}$
  - C  $23,0 \text{ kJ mol}^{-1}$
  - D  $52,9 \text{ kJ mol}^{-1}$



- 15 Chloor kan op verschillende manieren met fluor reageren. Bij 300 °C en overmaat fluor wordt chloortrifluoride, ClF<sub>3</sub> gevormd:



De snelheid van deze reactie kan worden gedefinieerd als de verandering van de

fluorconcentratie in de tijd,  $\frac{d[\text{F}_2]}{dt}$ , en ook als de verandering van de

chloortrifluorideconcentratie in de tijd,  $\frac{d[\text{ClF}_3]}{dt}$ .

Wat is het verband tussen  $\frac{d[\text{F}_2]}{dt}$  en  $\frac{d[\text{ClF}_3]}{dt}$ ?

A  $\frac{d[\text{F}_2]}{dt} = -\frac{3}{2} \frac{d[\text{ClF}_3]}{dt}$

B  $\frac{d[\text{F}_2]}{dt} = -\frac{d[\text{ClF}_3]}{dt}$

C  $\frac{d[\text{F}_2]}{dt} = -\frac{2}{3} \frac{d[\text{ClF}_3]}{dt}$

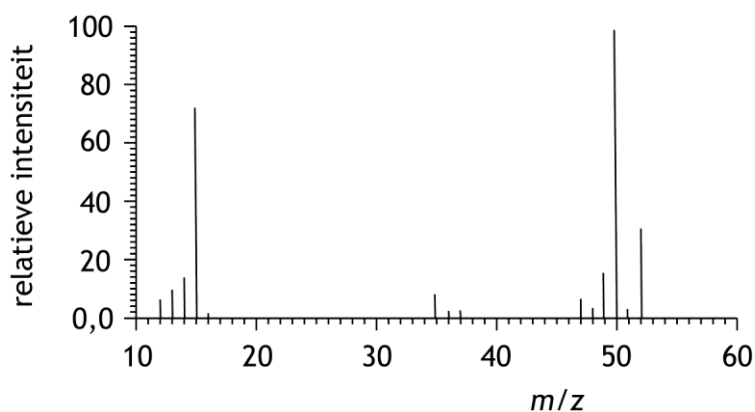
D  $\frac{d[\text{F}_2]}{dt} = \frac{2}{3} \frac{d[\text{ClF}_3]}{dt}$

E  $\frac{d[\text{F}_2]}{dt} = \frac{d[\text{ClF}_3]}{dt}$

F  $\frac{d[\text{F}_2]}{dt} = \frac{3}{2} \frac{d[\text{ClF}_3]}{dt}$

### Analyse

- 16 Van welke stof is hieronder het massaspectrum afgebeeld?



- A van ethaandiol  
B van ethanol  
C van monochloorethaan  
D van monochloormethaan

- 17 Wat zie je in het  $^1\text{H-NMR}$  spectrum van 1,2-dichloorethaan?  
 $\text{Cl}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Cl}$
- A één singlet
  - B vier singlets
  - C één doublet
  - D twee doublets
  - E één triplet
  - F twee triplets
  - G één quadruplet
- 18 Anna moet met behulp van een reageerbuisproefje onderzoeken of een monster natriumsulfaat verontreinigd is met natriumsulfiet.  
Bernard moet met behulp van een reageerbuisproefje onderzoeken of een monster natriumsulfiet verontreinigd is met natriumsulfaat.  
Voor welk proefje kan broomwater worden gebruikt?
- A voor geen van beide proefjes
  - B alleen voor Anna's proefje
  - C alleen voor Bernards proefje
  - D voor beide proefjes

## Rekenen

- 19 Titaandioxide,  $\text{TiO}_2$  ( $M = 79,87 \text{ g mol}^{-1}$ ) kan worden verkregen uit ilmeniet,  $\text{FeTiO}_3$  ( $M = 151,72 \text{ g mol}^{-1}$ ) via een proces dat met de volgende reactievergelijking kan worden weergegeven:
- $$\text{FeTiO}_3 + 6 \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{TiO}_2 + \text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$$
- Het rendement van deze omzetting is 80%.  
Hoe groot is de  $E$ -factor van dit proces?
- A 2,7
  - B 3,4
  - C 4,6
  - D 5,6
- 20 Nikkel kan bij vrij lage temperaturen reageren met koolstofmonoïxide onder vorming van nikkeltetracarbonyl:
- $$\text{Ni(s)} + 4 \text{CO(g)} \rightarrow \text{Ni(CO)}_4\text{(g)}$$
- Bij 328 K wordt 10 g nikkel gemengd met 38 g koolstofmonoïxide in een reactor met een vast volume van  $10 \text{ dm}^3$ .  
Hoe hoog is de druk in de reactor als de reactie is afgelopen?
- A  $4,6 \cdot 10^4 \text{ Pa}$
  - B  $9,3 \cdot 10^4 \text{ Pa}$
  - C  $2,3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
  - D  $3,7 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

**41<sup>e</sup> Nationale Scheikundeolympiade 2020 Eindronde  
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		

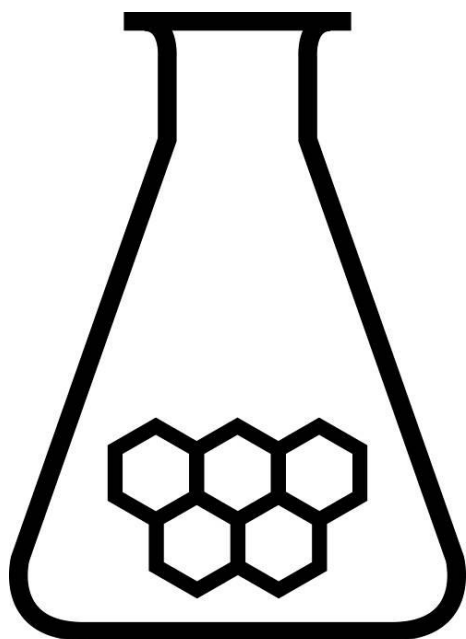


# 41<sup>e</sup> Nationale Scheikundeolympiade

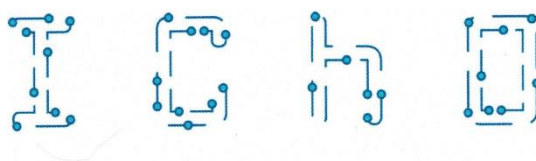
Eindronde 2020

Open vragen toets  
opgavenboekje

9 juni 2020



## SCHEIKUNDE OLYMPIADE



**52<sup>nd</sup> IChO 2020**  
International Chemistry Olympiad

- Deze toets bestaat uit 4 opgaven met 23 open vragen.
- Gebruik voor elke opgave een apart antwoordblad, voorzien van je naam. Houd aan alle zijden 2 cm als marge aan.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 71 punten.
- De toets duurt maximaal 2,5 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en Binas 6<sup>e</sup> druk of ScienceData 1<sup>e</sup> 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  
Alex Blokhuis  
Johan Broens  
Martin Groeneveld  
Peter de Groot  
Mees Hendriks  
Jacob van Hengst  
Daan Hogers  
Marijn Jonker  
Emiel de Kleijn  
Jasper Landman  
Bob Lefeber  
Marte van der Linden  
Piet Mellema  
Han Mertens  
Geert Schulpen  
Paula Teeuwen  
Eveline Wijbenga  
Benjamin Zadeh  
Emmy Zeetsen

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

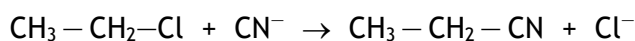
## Open opgaven

(totaal 71 punten)

### ■ Opgave 1 Alkaannitrillen

(13 punten)

Alkaannitrillen bevatten –CN als karakteristieke groep. Een voorbeeld van de synthese van een nitril is de reactie van chloorethaan met natriumcyanide (NaCN) in ethanol. Hierbij wordt propaannitril ( $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CN}$ ) gevormd.



Deze reactie verloopt volgens het  $\text{S}_{\text{N}}2$  mechanisme.

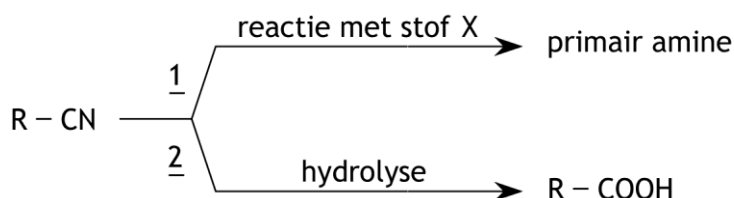
- 1 Geef dit mechanisme weer in een reactievergelijking. Gebruik hierin de lewisstructuren van de betrokken deeltjes en geef met kromme pijlen weer hoe de elektronenparen van positie veranderen. 4

Wanneer natriumcyanide reageert met 2-chloorbutaan verloopt de vorming van het nitril zowel volgens het  $\text{S}_{\text{N}}2$  als het  $\text{S}_{\text{N}}1$  mechanisme.

Wanneer men uitgaat van (*R*)-2-chloorbutaan wordt een mengsel gevormd van (*R*)-2-methylbutaannitril en (*S*)-2-methylbutaannitril.

- 2 Leg uit of het reactiemengsel een racemisch mengsel is en, zo nee, welk nitril, ((*R*)-2-methylbutaannitril of (*S*)-2-methylbutaannitril), het meest voorkomt in het reactiemengsel. 4

Nitrillen kunnen in de synthetische organische chemie worden gebruikt als beginstof voor andere organische verbindingen. Hieronder zijn daarvan enkele voorbeelden schematisch weergegeven.



- 3 Geef de formule van stof X in reactie 1 en noem het reactietype waartoe reactie 1 behoort. Noteer je antwoord als volgt:  
Stof X: ...  
Reactietype: ... 2
- 4 Geef de reactievergelijking van reactie 2. 3

## Opgave 2 Koper(I)oxide

(17 punten)

Koper(I)oxide is één van de eerste materialen uit de vaste-stof-chemie die in de elektronica is gebruikt. Tegenwoordig is er een hernieuwde interesse in deze verbinding omdat het als een niet-toxisch en goedkoop bestanddeel zou kunnen worden toegepast in zonnecellen.

Koper(I)oxide kan op verschillende manieren worden geproduceerd. Een gebruikelijke methode om  $\text{Cu}_2\text{O}$  te synthetiseren, is het verwarmen van koper in aanwezigheid van zuurstof. In een zuivere zuurstofatmosfeer kunnen  $\text{Cu}(\text{s})$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}(\text{s})$  en  $\text{CuO}(\text{s})$  in principe in elkaar overgaan.

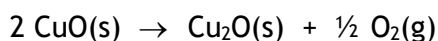
Ga ervan uit dat onderstaande waarden voor  $\Delta_f H$  en  $S$  bij  $10^5$  Pa onafhankelijk van de temperatuur zijn.

	$\Delta_f H$ ( $10^5$ J mol <sup>-1</sup> )	$S$ (J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )
$\text{Cu}(\text{s})$	0	65
$\text{O}_2(\text{g})$	0	244
$\text{CuO}(\text{s})$	-1,56	103
$\text{Cu}_2\text{O}(\text{s})$	-1,70	180

In het temperatuurgebied tussen 500 K en 1800 K, in een zuurstofatmosfeer van  $10^5$  Pa, zijn zowel  $\text{Cu}_2\text{O}(\text{s})$  als  $\text{CuO}(\text{s})$  stabiel dan  $\text{Cu}(\text{s})$  omdat bij elke temperatuur in dit gebied de verandering van de gibbsenergie ( $\Delta_f G$ ) voor de vorming van beide koperoxides negatief is.

- 5 Bereken  $\Delta_f G$  (in J mol<sup>-1</sup>) voor de vorming van  $\text{CuO}(\text{s})$  bij 1000 K, in een zuurstofatmosfeer van  $10^5$  Pa. Gebruik hierbij de bovenstaande gegevens. 3

In het temperatuurgebied tussen 500 K en 1800 K, in een zuurstofatmosfeer van  $10^5$  Pa, ligt een temperatuur waarboven één van de twee koperoxides ( $\text{Cu}_2\text{O}$  of  $\text{CuO}$ ) stabiel is dan het andere koperoxide. Deze temperatuur kan worden berekend door de volgende reactie te beschouwen:



- 6 Bereken de temperatuur (in K) waarboven één van de twee koperoxides stabiel is dan het andere koperoxide. 3
- 7 Leg uit welk koperoxide boven deze temperatuur stabiel is dan het andere. 2

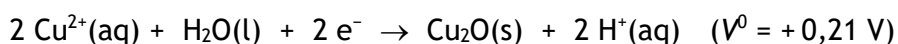


Een andere mogelijke productiemethode van  $\text{Cu}_2\text{O}$  is de zogenoemde anodische oxidatie van koper. Hierbij wordt gebruikgemaakt van de elektrolyse van een basische oplossing (bijvoorbeeld van  $\text{NaOH}$ ) met een positieve elektrode (anode) van koper en een negatieve elektrode (kathode) van platina. Deze elektrolyse kan leiden tot de vorming van koper(I)oxide op de positieve elektrode.

- 8 Geef de vergelijking van de halfreactie waarbij op de positieve elektrode koper(I)oxide ontstaat. 2
- 9 Geef de vergelijking van de halfreactie die optreedt bij de negatieve elektrode. 1

Een derde mogelijkheid om  $\text{Cu}_2\text{O}$  te bereiden is de zogenoemde elektrolytische reductie van  $\text{Cu}^{2+}$  in oplossing. Hierbij wordt, in zuur milieu, een  $0,100 \text{ M Cu}^{2+}$  oplossing geëlektrolyseerd met platina elektrodes.

Aan de negatieve elektrode vindt de volgende halfreactie plaats:



De pH van de oplossing mag niet te hoog zijn omdat anders vast koper(II)hydroxide ontstaat.

Met behulp van het oplosbaarheidsproduct  $K_s = 1,6 \cdot 10^{-19}$  (bij  $298 \text{ K}$ ), dat geldt voor het evenwicht  $\text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq})$ , kan de maximale pH worden berekend die niet mag worden overschreden bij de elektrolyse.

- 10 Bereken deze maximale pH van de oplossing.  
Gebruik hierbij bovenstaande  $K_s$  en neem daarbij aan dat de koper(II)concentratie  $0,100 \text{ mol L}^{-1}$  is. 3

Bij de elektrolyse van een  $0,100 \text{ M Cu}^{2+}$  oplossing met twee platina elektrodes mag de pH ook weer niet te laag worden. Anders heeft namelijk de reductie tot metallisch koper de voorkeur boven de vorming van koper(I)oxide.

De potentiaal voor de productie van  $\text{Cu}_2\text{O}$  mag dus niet lager worden dan de potentiaal voor de reductie van  $\text{Cu}^{2+}$  tot metallisch koper.

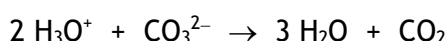
- 11 Bereken de minimale pH waarbij in een  $0,100 \text{ M Cu}^{2+}$  oplossing de elektrolytische reductie van  $\text{Cu}^{2+}$  tot  $\text{Cu}_2\text{O}$  mogelijk is. 3

### ■ Opgave 3 Vast schuurmiddel

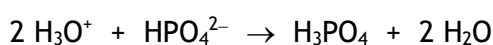
(21 punten)

Schuurmiddelen worden gebruikt om sterk gehecht vuil te verwijderen. Ze zijn zowel in vaste als in vloeibare toestand te koop. Een bepaalde soort vast schuurmiddel bevat calciumcarbonaat, natriumcarbonaat en natriummonowaterstoffsosfaat. Bovendien komen in het schuurmiddel nog enkele andere stoffen voor in niet te verwaarlozen hoeveelheden. Deze stoffen hebben geen zure of basische eigenschappen en zijn niet in water oplosbaar.

Om de massapercentages  $\text{CO}_3^{2-}$  en  $\text{HPO}_4^{2-}$  in een vast schuurmiddel te bepalen, wordt aan 1,15 g van dat schuurmiddel 25,00 mL 1,03 M zoutzuur toegevoegd. Bij de reacties die dan optreden, wordt carbonaat omgezet tot koolstofdioxide en monowaterstoffsosfaat tot fosforzuur:



en



Het zoutzuur wordt in overmaat toegevoegd.

De ontstane oplossing wordt verwarmd totdat alle koolstofdioxide er uit is verdwenen. Daarna wordt de oplossing kwantitatief overgebracht in een maatkolf van 100,0 mL en met gedestilleerd water aangevuld tot de maatstreep. In het vervolg van deze opgave wordt deze oplossing de moederoplossing genoemd.

Vervolgens worden twee titraties van de moederoplossing met natronloog uitgevoerd. In titratie I moet met titreren worden gestopt als alle fosforzuur is omgezet tot diwaterstoffsosfaat,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . Dat is het geval als de pH van de oplossing ongeveer 4,5 is. In titratie II moet worden gestopt met titreren als alle fosforzuur is omgezet tot monowaterstoffsosfaat,  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Dat is het geval als de pH van de oplossing ongeveer 10,0 is.

- 12 Geef de naam van de indicator die in titratie II kan worden gebruikt om het eindpunt ervan te bepalen. Geef ook de kleurverandering die in de oplossing optreedt bij het eindpunt van de titratie. Noteer je antwoord als volgt:  
Indicator voor de titratie: ...  
Kleurverandering: van ... naar ... 2
- 13 Laat met behulp van een berekening zien dat bij pH = 4,5 vrijwel alle fosforzuur is omgezet tot diwaterstoffsosfaat en dat nog vrijwel geen monowaterstoffsosfaat is gevormd. 3  
Bij een uitvoering van deze bepaling werd in titratie I 10,00 mL moederoplossing getitreerd met 0,02015 M natronloog. Hiervan was 15,29 mL nodig.  
In titratie II werd ook 10,00 mL van de moederoplossing getitreerd. Toen was 15,93 mL 0,02015 M natronloog nodig.
- 14 Bereken de massapercentages  $\text{HPO}_4^{2-}$  en  $\text{CO}_3^{2-}$  in het onderzochte schuurmiddel. 10  
Uit de resultaten van deze bepaling kan het massapercentage  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  in het schuurmiddel worden berekend. Dat kan heel eenvoudig door het berekende massapercentage  $\text{HPO}_4^{2-}$  te vermenigvuldigen met een bepaalde factor.
- 15 Bereken die factor. 2

De massapercentages  $\text{CaCO}_3$  en  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  afzonderlijk zijn niet uit het berekende massapercentage  $\text{CO}_3^{2-}$  te berekenen, omdat er nog andere bestanddelen in het schuurmiddel voorkomen dan calciumcarbonaat, natriumcarbonaat en natriumwaterstoffosfaat in hoeveelheden die niet te verwaarlozen zijn. Om aan de weet te komen wat de massapercentages  $\text{CaCO}_3$  en  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  afzonderlijk zijn, moet een extra bepaling worden gedaan.

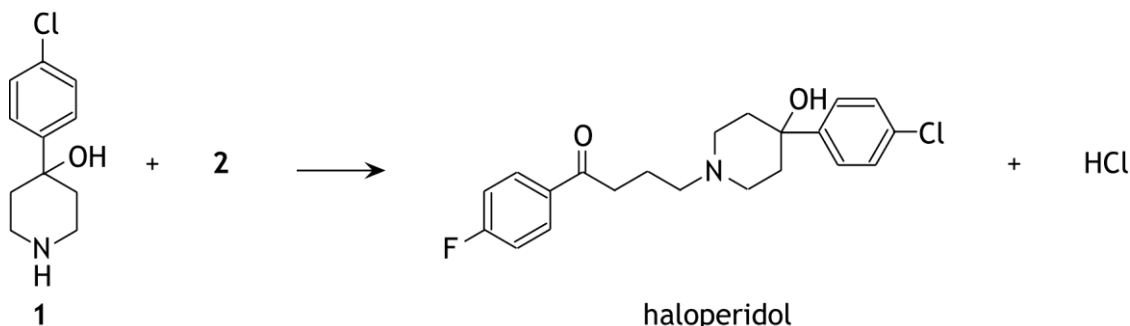
- 16 Beschrijf globaal welke extra bepaling kan worden gedaan en hoe je mede met behulp van het resultaat van die bepaling de massapercentages  $\text{CaCO}_3$  en  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  afzonderlijk kunt berekenen.

4

## Opgave 4 Synthese van haloperidol

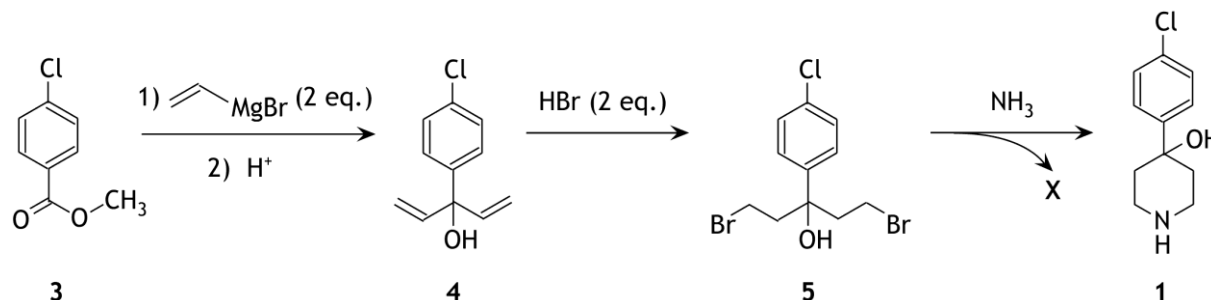
(20 punten)

Haloperidol (haldol) is een geneesmiddel dat voornamelijk wordt toegepast tegen misselijkheid en braken. Haloperidol wordt gesynthetiseerd uit twee stoffen, 1 en 2. De reactievergelijking voor de synthese van haloperidol is als volgt:



- 17 Geef de structuurformule van stof 2. 1

Stof 1 kan als volgt in drie stappen worden gesynthetiseerd:



- 18 Geef het reactiemechanisme voor de omzetting van stof 3 tot stof 4. Gebruik structuurformules en zet hierin alle relevante vrije elektronenparen. Geef met kromme pijlen aan hoe elektronenparen verschuiven bij het vormen en verbreken van bindingen.

Noteer hierin de groep als R. 5

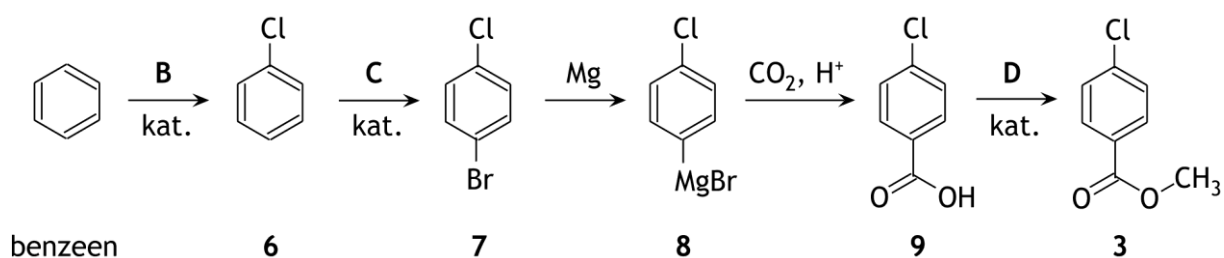
- 19 Is de omzetting van stof 4 tot stof 5 een Markovnikov-additie of een anti-Markovnikov-additie? Geef een verklaring voor je antwoord. 2

- 20 Geef de molecuulformule van stof X. 1

Het is niet ondenkbaar dat stof 5 met  $\text{NH}_3$  onder bepaalde omstandigheden ook kan reageren onder vorming van een ketenpolymeer.

- 21 Geef de structuurformule van een stukje uit het midden van een polymere molecuul dat dan kan ontstaan. Dit stukje moet uit drie repeterende eenheden bestaan. 3

Een mogelijke syntheseroute van stof 3 uitgaande van benzeen is hieronder weergegeven.



- 22 Geef de formules van de stoffen B, C en D en van de katalysatoren die in de desbetreffende omzettingen kunnen worden gebruikt. Noteer je antwoord als volgt:
- stof B: ...                      katalysator: ...  
 stof C: ...                      katalysator: ...  
 stof D: ...                      katalysator: ...

5

In de omzetting van stof 6 tot stof 7 kunnen behalve stof 7 in principe nog twee isomeren van stof 7 ontstaan. Eén van die isomeren wordt vrijwel niet gevormd, de andere ontstaat in redelijke hoeveelheid.

- 23 Geef de structuurformules van de twee isomeren van stof 7 en leg uit welke van deze isomeren vrijwel niet wordt gevormd in de omzetting van stof 6 tot stof 7.

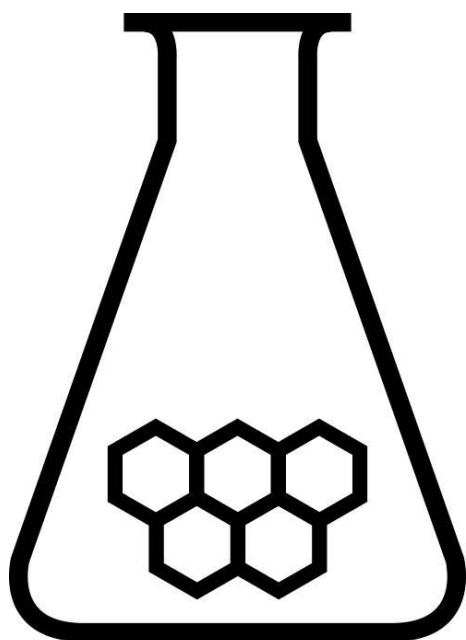
3



# SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2020

## CORRECTIEMODEL VOORRONDE 1

af te nemen in de periode van  
13 tot en met 24 januari 2020



## SCHEIKUNDE OLYMPIADE



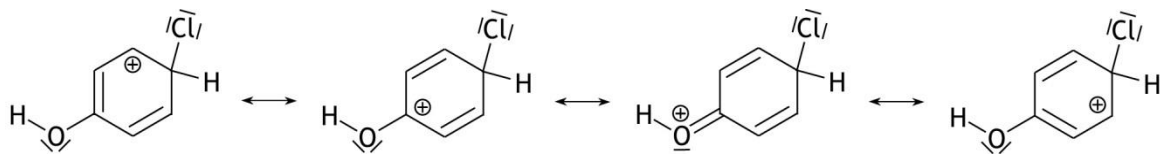
- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 8 onderwerpen en 2 opgaven met in totaal 11 open vragen.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 75 punten (geen bonuspunten).
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6<sup>e</sup> druk of ScienceData 1<sup>e</sup> druk.
- 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

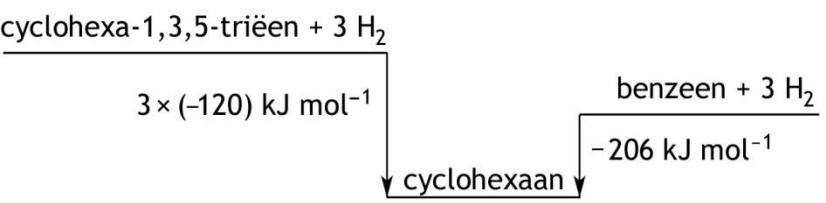
(totaal 40 punten)

per juist antwoord: 2 punten

### Koolstofchemie

1	A	De molecuulformule van N-vinylpyrrolidon is $C_6H_9NO$ , dus de molaire massa is $111,1 \text{ g mol}^{-1}$ . Polyvinylpyrrolidon is een additiepolymeer dus het gemiddeld aantal monomeereenheden is $\frac{4,00 \cdot 10^4}{111,1} = 360$ .
2	C	De mesomere structuren zijn: 
3	B	Er is 30 procent adenine, dus ook 30 procent thymine. Derhalve 40 procent cytosine en guanine samen. Dus 20 procent cytosine.

### Thermochemie, evenwichten

4	D	Zie onderstaand energiediagram:  De absolute waarde van de resonantie-energie is dus $ 3 \times (-120) - (-206)  = 154 \text{ kJ mol}^{-1}$ .
5	F	Bij verhoging van $T$ verschuift een evenwicht in de richting van de endotherme reactie. Dat is hier naar rechts want de vormingswarmte van $NO$ is positief (Binas-tabel 57, ScienceData-tabel 9.2). Bij verhoging van $p$ verschuift een evenwicht in de richting van het kleinste aantal deeltjes in de gasfase. In dit evenwicht staan zowel links als rechts twee deeltjes in de gasfase, dus het evenwicht verschuift niet.

### Structuren en formules

6	E	De reactievergelijking is $8 BF_3 + 6 LiH \rightarrow B_2H_6 + 6 LiBF_4$ .
7	F	Vergelijk met de overeenkomstige zwavelverbindingen: natriumsulfaat ( $Na_2SO_4$ ) en natriumsulfiet ( $Na_2SO_3$ ).



8	B	De lewisstructuren zijn: $\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H}$ en $\begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{N} = \text{N} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array}$ of $\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{N} = \text{N} & \\ & / & \diagdown \\ & \text{H} & \end{array}$
9	B	De reactievergelijkingen zijn: $2 \text{K} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{K}^+ + 2 \text{OH}^- + \text{H}_2$ respectievelijk $2 \text{Li} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Li}^+ + 2 \text{OH}^- + \text{H}_2$ . Er worden dus elektronen afgestaan door de metaalatomen. Een kaliumatoom is groter dan een lithiatoom. Daarom wordt het buitenste elektron van een kaliumatoom minder sterk gebonden door de kern dan het buitenste elektron van een lithiatoom.

### pH / zuur-base

10	B	In de resulterende oplossing zijn de molariteiten gehalveerd. In de eerste ionisatiestap van het zwavelzuur wordt $\frac{1}{2} \times 2,0 \cdot 10^{-3}$ mol $\text{H}^+$ en $\text{HSO}_4^-$ per liter gevormd. Wanneer de omzettingsgraad van het $\text{HSO}_4^-$ op $a$ wordt gesteld, komt er in de tweede stap nog $a \times \frac{1}{2} \times 2,0 \cdot 10^{-3}$ mol $\text{H}^+$ per liter bij. Het zoutzuur levert $\frac{1}{2} \times 1,0 \cdot 10^{-3}$ mol $\text{H}^+$ per liter. Dus $[\text{H}^+] = 10^{-2,717} = \frac{1}{2} \times 2,0 \cdot 10^{-3} + a \times \frac{1}{2} \times 2,0 \cdot 10^{-3} + \frac{1}{2} \times 1,0 \cdot 10^{-3}$ . Dit levert $a = 0,42$ . Dus is 42% van het $\text{HSO}_4^-$ omgezet tot $\text{SO}_4^{2-}$ .
11	F	Er ontstaat een bufferoplossing met 20 mmol $\text{HCOOH}$ en 40 mmol $\text{HCOO}^-$ . $\text{pH} = \text{p}K_{\text{HCOOH}} + \log \frac{\text{aantal mol base}}{\text{aantal mol zuur}} = 3,75 + \log \frac{0,040}{0,020} = 4,05$

### Redox en elektrochemie

12	I	De vergelijking van de halfreactie is $3 \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_3^- + 9 \text{H}^+ + 8 \text{e}^-$ .
13	B	Voor het ontstaan van 1,00 g metaal is $\frac{1,00}{M} \times n$ mol elektronen nodig, waarin $M$ de molaire massa van het metaal is en $n$ het aantal elektronen dat per metaalion wordt opgenomen. In het geval van zilvernitraat is $\frac{n}{M}$ het kleinst en is bij gelijke stroomsterkte het eerst 1,00 g metaal ontstaan.

## Reactiesnelheid

14	C	De beginconcentraties van de reagerende stoffen zijn in beide proeven gelijk.
15	B	Stap 2 is de snelheidsbepalende stap; daarvoor geldt: $s = k_2[\text{NO}][\text{NOBr}_2]$ . Uit stap 1 volgt $\frac{[\text{NOBr}_2]}{[\text{NO}][\text{Br}_2]} = K_1$ , dus $[\text{NOBr}_2] = K_1[\text{NO}][\text{Br}_2]$ . Dit ingevuld in $s = k_2[\text{NO}][\text{NOBr}_2]$ levert $s = k_2K_1[\text{NO}]^2[\text{Br}_2] = k[\text{NO}]^2[\text{Br}_2]$ .

## Analyse

16	D	De werkelijke molariteit van de natriumhydroxide-oplossing was dus 75% van de berekende molariteit. Er heeft dus in werkelijkheid ook 75% van de berekende hoeveelheid azijnzuur gereageerd. Het monster azijn bevatte dus $\frac{75}{100} \times 12 = 9,0$ massaprocent azijnzuur.
17	D	Emma's methode is geschikt. Zij verwijdert eerst alle carbonaat; eventueel nog aanwezig sulfaat slaat ze dan neer als bariumsulfaat. Freeks methode is ook geschikt. Hij slaat eerst alle carbonaat en eventueel aanwezig sulfaat neer als bariumcarbonaat en bariumsulfaat. Daarna lost hij met de overmaat zoutzuur alle bariumcarbonaat op. Eventueel aanwezig bariumsulfaat lost niet op.

## Rekenen en Groene chemie

18	C	De reactie die de leerlingen uitvoeren is $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}$ , dus alle $\text{Ba}^{2+}$ blijft in oplossing en komt in het afval terecht. Er is gebruikt $\frac{20 \times 0,50}{208,23} = 0,048$ mol $\text{Ba}^{2+}$ en er wordt toegevoegd $0,100 \times 0,60 = 0,060$ mol $\text{SO}_4^{2-}$ . $\text{Ba}^{2+}$ en $\text{SO}_4^{2-}$ reageren in de molverhouding 1 : 1, dus er blijft $0,060 - 0,048 = 0,012$ mol $\text{SO}_4^{2-}$ over.
19	D	$\frac{10,0 \times 0,200}{399,88} \times (399,88 + 5 \times 18,015) = 2,45$ mg $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
20	C	atoomeconomie = $\frac{2 \times 50,94}{2 \times 50,94 + 5 \times 16,00 + 5 \times 40,08} \times 100\% = 27\%$

## Open opgaven

(totaal 35 punten)

### ■ Opgave 2 Halogenering van alkanen

15 punten

- 1 Maximumscore 2  
Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:  
(tweede stap:)  $X\cdot + CH_4 \rightarrow HX + CH_3\cdot$   
(derde stap:)  $CH_3\cdot + X_2 \rightarrow CH_3-X + X\cdot$
- reactievergelijking van de tweede stap juist 1
  - reactievergelijking van de derde stap juist 1
- Indien in een overigens juist antwoord één of meer radicalen zijn weergegeven zonder het ongepaarde elektron 1
- 2 Maximumscore 2  
Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:  
Twee methylradicalen vormen een ethaanmolecuul.
- Indien een antwoord is gegeven als: „Uit methylradicalen ontstaan ethaanmoleculen.” of „Ethaan wordt gevormd uit methylradicalen.” 1
- Opmerking*  
Wanneer een antwoord is gegeven als „Twee methylradicalen vormen ethaan.”, dit goed rekenen.
- 3 Maximumscore 4  
Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:  
(Er is stereo-isomerie mogelijk bij) 1-chloor-2-methylbutaan en 2-chloor-3-methylbutaan. In 1-chloor-2-methylbutaan is C 2 asymmetrisch. Er zijn dus twee stereo-isomeren / optische isomeren mogelijk. In 2-chloor-3-methylbutaan is C 2 asymmetrisch. Er zijn dus twee stereo-isomeren / optische isomeren mogelijk.
- 1-chloor-2-methylbutaan 1
  - 2-chloor-3-methylbutaan 1
  - in 1-chloor-2-methylbutaan is C 2 asymmetrisch; er zijn dus twee stereo-isomeren / optische isomeren mogelijk. 1
  - in 2-chloor-3-methylbutaan is C 2 asymmetrisch; er zijn dus twee stereo-isomeren / optische isomeren mogelijk 1
- Indien een antwoord is gegeven als: „1-chloor-2-methylbutaan en 2-chloor-3-methylbutaan. Beide hebben een asymmetrisch C atoom, dus bij beide zijn twee stereo-isomeren / optische isomeren mogelijk.” 3
- Opmerking*  
Wanneer behalve de twee juiste verbindingen één of twee onjuiste verbindingen zijn genoemd, per onjuiste verbinding 1 scorepunt aftrekken.

- 4 Maximumscore 3  
 Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:  
 1-chloor-2-methylbutaan : 2-chloor-2-methylbutaan : 2-chloor-3-methylbutaan :  
 1-chloor-3-methylbutaan = 6 : 1 : 2 : 3.
- juiste molverhouding 1-chloor-3-methylbutaan : 2-chloor-2-methylbutaan 1
  - juiste molverhouding 2-chloor-2-methylbutaan : 2-chloor-3-methylbutaan 1
  - juiste molverhouding 1-chloor-2-methylbutaan : 1-chloor-3-methylbutaan 1

- 5 Maximumscore 4  
 Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:  
 Substitutie van een primair H atoom leidt tot 1-chloor-2-methylbutaan of  
 1-chloor-3-methylbutaan. Per H atoom is de opbrengst  $(27 + 14)/9 = 4,6$  (%).  
 Substitutie van een secundair H atoom leidt tot 2-chloor-3-methylbutaan. Per H atoom is  
 de opbrengst  $36/2 = 18$  (%).  
 Substitutie van een tertiair H atoom leidt tot 2-chloor-2-methylbutaan. Per H atoom is de  
 opbrengst 23 (%).  
 De volgorde (naar afnemende reactiviteit) is dus: tertiaire, secundaire, primaire H atomen.
- juiste motivering van de reactiviteit van primaire H atomen 1
  - juiste motivering van de reactiviteit van secundaire H atomen 1
  - juiste motivering van de reactiviteit van tertiaire H atomen 1
  - volgorde die in overeenstemming is met de gegeven motivering 1
- Indien een antwoord is gegeven als: „De opbrengst aan reactieproducten bij substitutie van  
 primaire H atomen is 41%, de opbrengst aan reactieproducten bij substitutie van  
 secundaire H atomen is 36% en de opbrengst aan reactieproducten bij substitutie van  
 tertiaire H atomen is 23%. De volgorde (naar afnemende reactiviteit) is dus: primaire,  
 secundaire, tertiaire H atomen.” 2
- Indien uitsluitend de juiste volgorde is genoemd zonder motivering 0

**Opmerking**

*Wanneer als motivering voor de reactiviteit van de primaire H atomen is gegeven:  
 „Substitutie van een primair H atoom leidt tot 1-chloor-2-methylbutaan. Per H atoom is  
 de opbrengst  $27/6 = 4,5$  (%)” of „Substitutie van een primair H atoom leidt tot  
 1-chloor-3-methylbutaan. Per H atoom is de opbrengst  $14/3 = 4,7$  (%)”, hiervoor het  
 eerste scorepunt toekennen.*

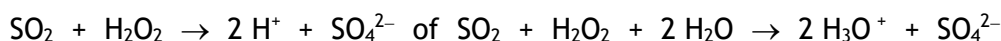
### Opgave 3 Zwavel in rookgas

20 punten

□6 Maximumscore 3



en



- in beide vergelijkingen  $2 \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$  of  $2 \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-}$  na de pijl 1
- in de eerste vergelijking  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  of  $\text{SO}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$  voor de pijl 1
- in de tweede vergelijking  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2$  of  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$  voor de pijl 1

□7 Maximumscore 9

Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

Stel de 0,500 mL uit oplossing 2 bevat  $x$  mmol S.

De standaardoplossing die voor de referentieproef wordt gebruikt, bevat

$$\frac{1,50 \times 10^3}{142,04} = 10,6 \text{ mmol S per liter.}$$

De 0,500 mL uit oplossing 3 bevat 0,250 mL uit oplossing 2 en 0,250 mL uit de

standaardoplossing, dus daar zit  $\frac{1}{2}x + \frac{0,250}{1000} \times \frac{1,50 \times 10^3}{142,04} = \frac{1}{2}x + 2,64 \cdot 10^{-3}$  mmol S in.

De verhouding tussen de oppervlaktes onder de pieken van chromatogram 2 en

chromatogram 1 is  $\frac{\text{oppervlakte chromatogram 2}}{\text{oppervlakte chromatogram 1}} = 1,6$ , dus  $\frac{\frac{1}{2}x + \frac{0,250}{1000} \times \frac{1,50 \times 10^3}{142,04}}{x} = 1,6$ ,

dus  $x = 2,4 \cdot 10^{-3}$ .

Dus de 25,00 mL oplossing 2 bevat  $\frac{25,00}{0,500} \times 2,4 \cdot 10^{-3} = 0,12$  mmol S en dat zat in 500 cm<sup>3</sup>

rookgas.

Dus het totale gehalte zwaveldioxide en zwaveltrioxide in het onderzochte rookgas is

$$\frac{25,00}{0,500} \times 2,4 \cdot 10^{-3} \times \frac{10^6}{500} = 2,4 \cdot 10^2 \text{ mmol S per m}^3.$$

- berekening van het aantal mmol S per liter standaardoplossing: 1,50 (g) vermenigvuldigen met 10<sup>3</sup> (mg g<sup>-1</sup>) en delen door de molaire massa van natriumsulfaat (142,04 mg mmol<sup>-1</sup>) 1
- notie dat de 0,500 mL uit oplossing 3 bestaat uit 0,250 mL uit oplossing 2 en 0,250 mL uit de standaardoplossing 1
- berekening van het aantal mmol S in de 0,250 mL van de standaardoplossing: het aantal mmol S per liter standaardoplossing vermenigvuldigen met 0,250 (mL) en delen door 1000 (mL L<sup>-1</sup>) 1
- berekening van het aantal mmol S in de 0,500 mL van oplossing 3:  $\frac{1}{2}x$  plus het aantal mmol S in de 0,250 mL van oplossing 3 1
- notie dat de verhouding tussen het aantal mmol S in de 0,500 mL van oplossing 3 en de 0,500 L van oplossing 2 gelijk is aan de verhouding tussen oppervlaktes onder de pieken van chromatogram 2 en chromatogram 1 1

- berekening van de verhouding tussen oppervlaktes onder de pieken van chromatogram 2 en chromatogram 1:  $1,6 \pm 0,2$  1
- berekening van het aantal mmol S in 0,500 mL van oplossing 2 (is x) 1
- omrekening van het aantal mmol S in 0,500 mL van oplossing 2 naar het aantal mmol S in 25,00 mL van oplossing 2: het aantal mmol S in 0,500 mL van oplossing 2 delen door 0,500 (mL) en vermenigvuldigen met 25,00 (mL) 1
- omrekening van het aantal mmol S in oplossing 2 naar het aantal mmol S per m<sup>3</sup> rookgas: het aantal mmol S in oplossing 2 delen door 500 (cm<sup>3</sup>) en vermenigvuldigen met 10<sup>6</sup> (cm<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>) 1

Indien in een overigens juist antwoord bij de berekening de verhouding tussen de piekhoogtes is gebruikt 7

en

De standaardoplossing die voor de referentieproef wordt gebruikt,

bevat  $\frac{1,50 \times 10^3}{142,04} = 10,6$  mmol S per liter.

De 0,500 mL uit oplossing 3 bevat 0,250 mL uit oplossing 2 en 0,250 mL uit de

standaardoplossing, dus daar zit  $\frac{0,250}{1000} \times \frac{1,50 \times 10^3}{142,04} = 2,64 \cdot 10^{-3}$  mmol S in vanuit de

standaardoplossing en een nog onbekend aantal mmol S vanuit 0,250 mL oplossing 2.

De verhouding tussen de oppervlaktes onder de pieken van chromatogram 2 en

chromatogram 1 is  $\frac{\text{oppervlakte chromatogram 2}}{\text{oppervlakte chromatogram 1}} = 1,6$ .

Stel de oppervlakte van de piek van chromatogram 1 gelijk aan 1,0 (oppervlakte-eenheid).

Van de oppervlakte van de piek van chromatogram 2 (= 1,6) komt dan 0,50 op rekening van 0,250 mL oplossing 2 en 1,1 komt op rekening van

$\frac{0,250}{1000} \times \frac{1,50 \times 10^3}{142,04} = 2,64 \cdot 10^{-3}$  mmol S uit de standaardoplossing.

Dus in de 0,250 mL uit oplossing 2 bevindt zich

$\frac{0,50}{1,1} \times \frac{0,250}{1000} \times \frac{1,50 \times 10^3}{142,04} = 1,2 \cdot 10^{-3}$  mmol S en in de 0,500 mL uit oplossing 2 dus

$\frac{0,500}{0,250} \times \frac{0,50}{1,1} \times \frac{0,250}{1000} \times \frac{1,50 \times 10^3}{142,04} = 2,4 \cdot 10^{-3}$  mmol S.

Dus de 25,00 mL oplossing 2 bevat  $\frac{25,00}{0,500} \times 2,4 \cdot 10^{-3} = 0,12$  mmol S en dat zat in 500 cm<sup>3</sup>

rookgas.

Dus het totale gehalte zwaveldioxide en zwaveltrioxide in het onderzochte rookgas is

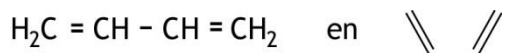
$\frac{25,00}{0,500} \times 2,4 \cdot 10^{-3} \times \frac{10^6}{500} = 2,4 \cdot 10^2$  mmol S per m<sup>3</sup>.

- berekening van het aantal mmol S per liter standaardoplossing: 1,50 (g) vermenigvuldigen met 10<sup>3</sup> (mg g<sup>-1</sup>) en delen door de molaire massa van natriumsulfaat (142,04 mg mmol<sup>-1</sup>) 1
- notie dat de 0,500 mL uit oplossing 3 bestaat uit 0,250 mL uit oplossing 2 en 0,250 mL uit de standaardoplossing 1

	· berekening van het aantal mmol S in de 0,250 mL van de standaardoplossing: het aantal mmol S per liter standaardoplossing vermenigvuldigen met 0,250 (mL) en delen door 1000 (mL L <sup>-1</sup> )	1
	· notie dat de verhouding tussen het aantal mmol S in de 0,500 mL van oplossing 3 en de 0,500 L van oplossing 2 gelijk is aan de verhouding tussen oppervlaktes onder de pieken van chromatogram 2 en chromatogram 1	1
	· berekening van de verhouding tussen oppervlaktes onder de pieken van chromatogram 2 en chromatogram 1: $1,6 \pm 0,2$	1
	· berekening van het aantal mmol S in 0,250 mL van oplossing 2: het aantal mmol S in de 0,250 mL van de standaardoplossing vermenigvuldigen met 0,50 en delen door 1,1	1
	· berekening van het aantal mmol S in 0,500 mL van oplossing 2: het aantal mmol S in 0,250 mL van oplossing 2 vermenigvuldigen met 0,500 (mL) en delen door 0,250 (mL)	1
	· omrekening van het aantal mmol S in 0,500 mL van oplossing 2 naar het aantal mmol S in 25,00 mL oplossing 2: het aantal mmol S in 0,500 mL delen door 0,500 (mL) en vermenigvuldigen met 25,00 (mL)	1
	· omrekening van het aantal mmol S in oplossing 2 naar het aantal mmol S per m <sup>3</sup> rookgas: het aantal mmol S in oplossing 2 delen door 500 (cm <sup>3</sup> ) en vermenigvuldigen met 10 <sup>6</sup> (cm <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	1
	Indien in een overigens juist antwoord bij de berekening de verhouding tussen de piekhoogtes is gebruikt	7
□8	Maximumscore 2 Een voorbeeld van een juist antwoord is: Waterstofperoxide reageert met zwaveldioxide en niet met zwaveltrioxide, dus als je weet hoeveel waterstofperoxide heeft gereageerd, weet je hoeveel zwaveldioxide in het rookgas heeft gezeten en dus ook hoeveel zwaveltrioxide.	
	· waterstofperoxide reageert met zwaveldioxide en niet met zwaveltrioxide	1
	· rest van de uitleg	1
□9	Maximumscore 2 Voorbeelden van juiste redenen zijn:	
	- Het volume van oplossing 1 is (na doorleiden van het rookgas kennelijk) niet nauwkeurig bekend (anders zou het niet nodig zijn om de maatkolf te gebruiken).	
	- Door voorspoelen (en vullen) van de pipet gaat een onbekende hoeveelheid vloeistof en dus sulfaat verloren (daardoor geeft de chromatografische bepaling geen juiste uitkomst).	
	per juiste reden	1

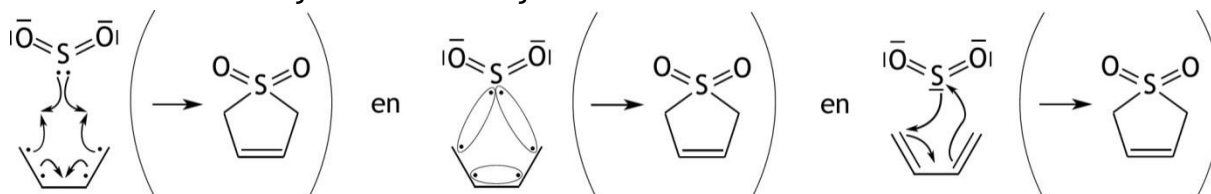
□10 Maximumscore 1

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:



□11 Maximumscore 3

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:



- juiste lewisstructuur van zwaveldioxide 1
- het totstandkomen van de binding tussen het zwavelatoom en C atoom 1 van het butadieenmolecuul en het totstandkomen van de binding tussen het zwavelatoom en C atoom 4 van het butadieenmolecuul juist weergegeven 1
- het totstandkomen van de dubbele binding tussen de C atomen 2 en 3 van het butadieenmolecuul juist weergegeven 1

*Opmerking*

*Wanneer de lewisstructuur van zwaveldioxide lineair is weergegeven, dit niet aanrekenen.*

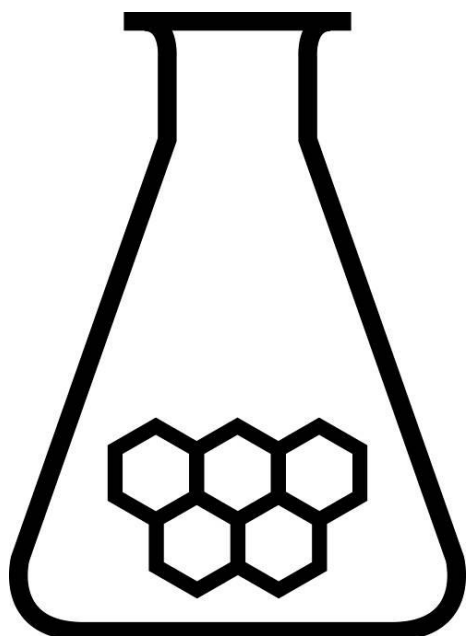


# 41<sup>e</sup> Nationale Scheikundeolympiade

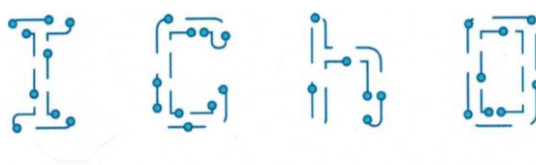
Eindronde 2020

Meerkeuzetoets  
Scoringsvoorschrift

9 juni 2020



## SCHEIKUNDE OLYMPIADE



**52<sup>nd</sup> IChO 2020**  
International Chemistry Olympiad

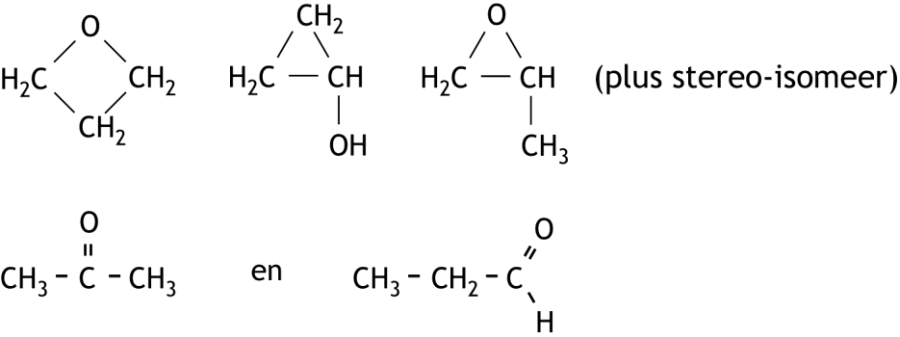
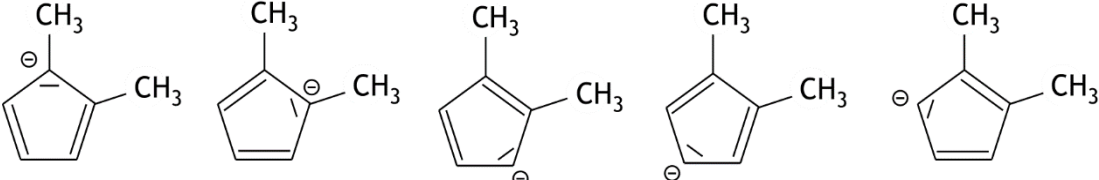
- Deze toets bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 7 onderwerpen.
- Gebruik voor de beantwoording van de meerkeuzevragen het antwoordblad.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 40 punten.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6<sup>e</sup> druk of ScienceData 1<sup>e</sup> druk.

Meerkeuzevragen

(totaal 40 punten)

per juist antwoord: 2 punten

Koolstofchemie

1	E	
2	E	<p>Ethyn is <math>\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H}</math>                  De enkelvoudige bindingen tussen de C en H atomen zijn <math>\sigma</math>-bindingen.                  De drievoudige binding tussen de C atomen bestaat uit een <math>\sigma</math>-binding en twee <math>\pi</math>-bindingen.</p>
3	C	<p>Er ontstaan 1-buteen, <i>cis</i>-2-buteen, en <i>trans</i>-2-buteen.</p>
4	D	

Structuren en formules

5	C	<p>Aantal koperionen in de eenheidscel = 4.                  Aantal oxide-ionen in de eenheidscel = <math>1 + 8 \times \frac{1}{8} = 2</math>.                  Dus de formule van de eenheidscel is <math>\text{Cu}_4\text{O}_2</math> met massa 286,2 u, oftewel <math>286,2 \times 1,66 \cdot 10^{-27}</math> kg.                  De ribbe van de kubus is <math>427 \cdot 10^{-12}</math> m.                  Dus de dichtheid is <math>\rho = \frac{286,2 \times 1,66 \cdot 10^{-27}}{(427 \cdot 10^{-12})^3} = 6,10 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}</math>.</p>
6	F	<p>Elk <math>\text{Cu}^+</math> ion is gebonden aan twee <math>\text{O}^{2-}</math> ionen en elk <math>\text{O}^{2-}</math> ion is gebonden aan vier <math>\text{Cu}^+</math> ionen.</p>
7	B	<p>Eén oxide-ion bevindt zich in het centrum van de kubus en acht oxide-ionen bevinden zich op de hoekpunten van de kubus.</p>
8	D	<p>0,4% van 2 is 0,008. Dus <math>x = 0,008</math></p>

9	D	Arseen staat in periode 4, dus het hoofdquantumgetal $n = 4$ . De elektronen configuratie is $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3$ . Arseen heeft vijf valentie-elektronen. Het nevenquantumgetal $l$ van een valentie-elektronen kan 0 (voor 4s) of 1 (voor 4p) zijn. Dan is het magnetisch quantumgetal $m_l$ ook 0 (bij $l = 0$ ) of kan 1, 0 of $-1$ zijn (bij $l = 1$ ). Het spinquantumgetal $m_s$ kan $\pm \frac{1}{2}$ zijn.
---	---	--

### pH / zuur-base

10	G	Alleen in II en in III is de molverhouding ethaanzuur : ethanoaat = 1 : 1. Dus $\text{pH} = \text{p}K_z$ van ethaanzuur = 4,76.
11	C	$[\text{OH}^-] = 10^{-(14,00-7,50)} \text{ mol L}^{-1}$ Dus er moet worden opgelost $\frac{1}{2} \times 10^{-(14,00-7,50)} \text{ mol Ba(OH)}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ dat is $\frac{1}{2} \times 10^{-(14,00-7,50)} \times (171,34 + 8 \times 18,015) = 5,0 \cdot 10^{-5} \text{ g Ba(OH)}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ .

### Redox en elektrochemie

12	D	In reactie I is $\text{H}_2\text{O}_2$ reductor: $\text{MnO}_4^- (\text{aq}) + 8 \text{H}^+ (\text{aq}) + 5 \text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} (\text{aq}) + 4 \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \quad (\times 2)$ $\text{H}_2\text{O}_2 (\text{aq}) \rightarrow \text{O}_2 (\text{g}) + 2 \text{H}^+ (\text{aq}) + 2 \text{e}^- \quad (\times 5)$ <hr/> $2 \text{MnO}_4^- (\text{aq}) + 6 \text{H}^+ (\text{aq}) + 5 \text{H}_2\text{O}_2 (\text{aq}) \rightarrow 2 \text{Mn}^{2+} (\text{aq}) + 8 \text{H}_2\text{O} (\text{l}) + 5 \text{O}_2 (\text{g})$ In reactie II is $\text{H}_2\text{O}_2$ oxidator: $\text{H}_2\text{O}_2 (\text{aq}) + 2 \text{H}^+ (\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} (\text{l})$ $2 \text{Cl}^- (\text{aq}) \rightarrow \text{Cl}_2 (\text{g}) + 2 \text{e}^-$ <hr/> $\text{H}_2\text{O}_2 (\text{aq}) + 2 \text{H}^+ (\text{aq}) + 2 \text{Cl}^- (\text{aq}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} (\text{l}) + \text{Cl}_2 (\text{g})$
----	---	--

### Reactiesnelheid en evenwicht

13	A	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 20%; text-align: center;"><math>\text{PCl}_5 (\text{g})</math></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><math>\rightleftharpoons</math></td> <td style="width: 20%; text-align: center;"><math>\text{PCl}_3 (\text{g})</math></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">+</td> <td style="width: 25%; text-align: center;"><math>\text{Cl}_2 (\text{g})</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">begindrukken</td> <td style="text-align: center;">2,7 bar</td> <td></td> <td style="text-align: center;">2,7 bar</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0 bar</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">afname/toename</td> <td style="text-align: center;">x bar</td> <td></td> <td style="text-align: center;">x bar</td> <td></td> <td style="text-align: center;">x bar</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">evenwichtsdrukken</td> <td style="text-align: center;"><math>(2,7 - x) \text{ bar}</math></td> <td></td> <td style="text-align: center;"><math>(2,7 + x) \text{ bar}</math></td> <td></td> <td style="text-align: center;">x bar</td> </tr> </table> De evenwichtsvoorwaarde luidt $\frac{p_{\text{PCl}_3} \times p_{\text{Cl}_2}}{p_{\text{PCl}_5}} = K_p$ , dus $\frac{(2,7 + x)x}{(2,7 - x)} = 0,015$ . Dit levert $x = 0,015 \text{ bar}$ .		$\text{PCl}_5 (\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$\text{PCl}_3 (\text{g})$	+	$\text{Cl}_2 (\text{g})$	begindrukken	2,7 bar		2,7 bar		0 bar	afname/toename	x bar		x bar		x bar	evenwichtsdrukken	$(2,7 - x) \text{ bar}$		$(2,7 + x) \text{ bar}$		x bar
	$\text{PCl}_5 (\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$\text{PCl}_3 (\text{g})$	+	$\text{Cl}_2 (\text{g})$																					
begindrukken	2,7 bar		2,7 bar		0 bar																					
afname/toename	x bar		x bar		x bar																					
evenwichtsdrukken	$(2,7 - x) \text{ bar}$		$(2,7 + x) \text{ bar}$		x bar																					
14	D	$E_a = R \times \frac{T_1 \times T_2}{T_1 - T_2} \ln \frac{k_{T_1}}{k_{T_2}}$ $E_a = 8,314 \times \frac{308,0 \times 298,0}{308,0 - 298,0} \ln \frac{2}{1} = 5,29 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1} = 52,9 \text{ kJ mol}^{-1}$																								

15	A	<p>Voor de reactiesnelheid gelden de volgende formules:</p> $s = -\frac{d[\text{Cl}_2]}{dt} = -\frac{1}{3} \frac{d[\text{F}_2]}{dt} = \frac{1}{2} \frac{d[\text{ClF}_3]}{dt}$ <p>Dus <math>\frac{d[\text{F}_2]}{dt} = -\frac{3}{2} \frac{d[\text{ClF}_3]}{dt}</math>.</p>
----	---	---

### Analyse

16	D	<p>De twee pieken bij <math>m/z = 50</math> en bij <math>m/z = 52</math> met een intensiteitsverhouding ongeveer 3 : 1 wijzen op de aanwezigheid van chlooratomen in de moleculen. De piek <math>m/z = 50</math> is de molecuulionpiek van <math>\text{CH}_3^{35}\text{Cl}</math> en de piek bij <math>m/z = 52</math> is de molecuulionpiek van <math>\text{CH}_3^{37}\text{Cl}</math>.</p>
17	A	De protonen in het molecuul zijn alle vier gelijkwaardig en gelijkwaardige protonen splitsen niet op.
18	B	Alleen bij Anna's proefje zal het broomwater ontkleuren als natriumsulfiet aanwezig is. Bij Bernards proefje zal broomwater sowieso ontkleuren.

### Rekenen en Groene chemie

19	C	<p><math>E</math>-factor =</p> $\frac{m_{\text{beginstoffen}} - m_{\text{werkelijke opbrengst product}}}{m_{\text{werkelijke opbrengst product}}} = \frac{151,72 + 6 \times 18,015 + 98,079 - 0,80 \times 79,87}{0,80 \times 79,87} = 4,6$
20	C	<p>Er was <math>\frac{10}{58,69} = 0,17</math> mol Ni en <math>\frac{38}{28,010} = 1,36</math> mol CO.</p> <p>0,17 mol Ni reageert met <math>4 \times 0,17 = 0,68</math> mol CO tot 0,17 mol <math>\text{Ni}(\text{CO})_4</math> en er blijft over <math>1,36 - 0,68 = 0,68</math> mol CO.</p> <p>Totaal aantal mol gas is <math>0,68 + 0,17 = 0,85</math> mol.</p> <p>Het volume is <math>0,010 \text{ m}^3</math>, dus <math>p = \frac{nRT}{V} = \frac{0,85 \times 8,314 \times 328}{0,010} = 2,3 \cdot 10^5 \text{ Pa}</math>.</p>

**41<sup>e</sup> Nationale Scheikundeolympiade 2020 Eindronde**  
**Antwoorden meerkeuzevragen**

nr.	keuze letter
1	E
2	E
3	C
4	D
5	C
6	F
7	B
8	D
9	D
10	G
11	C
12	D
13	A
14	D
15	A
16	D
17	A
18	B
19	C
20	C

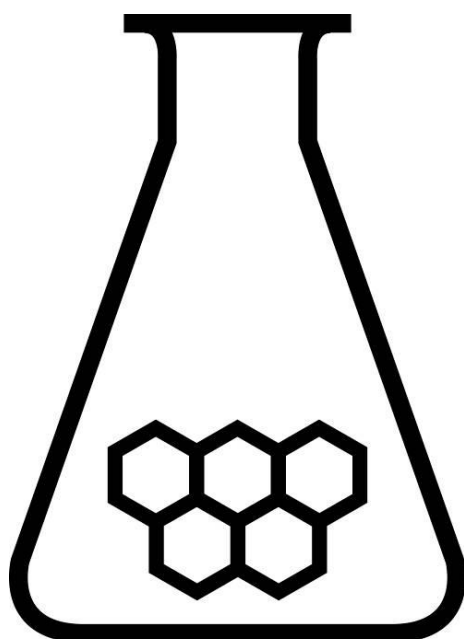


# 41<sup>e</sup> Nationale Scheikundeolympiade

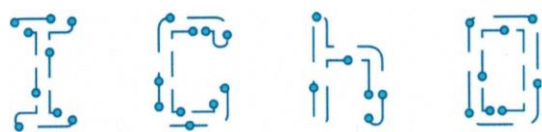
Eindronde 2020

Open vragen toets  
correctievoorschrift

9 juni 2020



## SCHEIKUNDE OLYMPIADE



**52<sup>nd</sup> IChO 2020**  
International Chemistry Olympiad

- Deze toets bestaat uit 4 opgaven met in totaal 23 open vragen.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 71 punten (geen bonuspunten).
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6<sup>e</sup> druk of ScienceData 1<sup>e</sup> druk.
- 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.

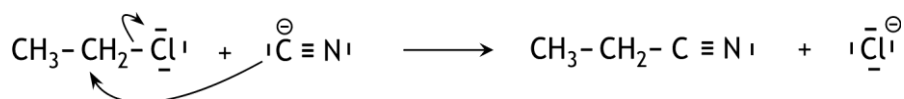
## Open opgaven

(totaal 71 punten)

### ■ Opgave 1 Alkaannitrillen

13 punten

- 1 Maximumscore 4  
Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:



- in de lewisstructuur van  $\text{CN}^-$  de drie bindende en de twee vrije elektronenparen juist weergegeven 1
- in de structuur van  $\text{CN}^-$  de min-lading op het C atoom geplaatst 1
- juiste lewisstructuren van chloorethaan, propaannitril en  $\text{Cl}^-$  1
- de kromme pijlen juist weergegeven 1

#### Opmerking

Wanneer een onjuiste lewisstructuur van propaannitril het consequente gevolg is van een onjuiste lewisstructuur van  $\text{CN}^-$ , dit niet aanrekenen.

- 2 Maximumscore 4  
Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:  
Bij  $\text{S}_{\text{N}}2$  treedt inversie op. / Bij  $\text{S}_{\text{N}}2$  wordt (uit (R)-2-chloorbutaan alleen) (S)-2-methylbutaannitril gevormd.  
Bij  $\text{S}_{\text{N}}1$  treedt racemisatie op. / Bij  $\text{S}_{\text{N}}1$  wordt (uit (R)-2-chloorbutaan) evenveel (R)-2-methylbutaannitril als (S)-2-methylbutaannitril gevormd.  
Dus er wordt geen racemisch mengsel gevormd, maar (een mengsel met) meer (S)-2-methylbutaannitril dan (R)-2-methylbutaannitril.

- bij  $\text{S}_{\text{N}}2$  treedt inversie op / wordt (S)-2-methylbutaannitril gevormd 1
- bij  $\text{S}_{\text{N}}1$  treedt racemisatie op / wordt evenveel (S)-2-methylbutaannitril als (R)-2-methylbutaannitril gevormd 1
- dus er wordt geen racemisch mengsel gevormd 1
- juiste conclusie over de optische isomeer die het meest voorkomt 1

Indien slechts een antwoord is gegeven als: „Bij  $\text{S}_{\text{N}}2$  treedt inversie op, dus wordt (uit (R)-2-chloorbutaan alleen) (S)-2-methylbutaannitril gevormd. Dus (S)-2-methylbutaannitril komt het meest voor.” 2

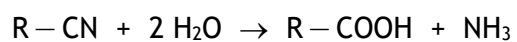
Indien slechts een antwoord is gegeven als: „Bij  $\text{S}_{\text{N}}1$  treedt racemisatie op, dus wordt (uit (R)-2-chloorbutaan) evenveel (R)-2-methylbutaannitril als (S)-2-methylbutaannitril gevormd.” 1

- 3 Maximumscore 2  
Stof X:  $\text{H}_2$   
Reactietype: additie / reductie / hydrogenering

- stof X juist 1
- reactietype juist 1



- 4 Maximumscore 3  
Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:



- juiste formules voor de pijl 1
- juiste formules na de pijl 1
- juiste coëfficiënten 1

*Opmerking*

*Wanneer de vergelijking  $R - CN + 2 H_2O \rightarrow R - CO_2H + NH_3$  is gegeven, dit hier goed rekenen.*

## Opgave 2 Koper(I)oxide

17 punten

□5 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

(Voor de reactie  $\text{Cu(s)} + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CuO(s)}$  geldt:)

$$\Delta_r G = \Delta_r H - T\Delta S = -1,56 \cdot 10^5 - 1000 \times (103 - 65 - \frac{1}{2} \times 244) = -7,2 \cdot 10^4 \text{ (J mol}^{-1}\text{)}$$

- juiste berekening van  $\Delta_r H$  1
- juiste berekening van  $\Delta S$  1
- rest van de berekening juist 1

□6 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$(\Delta G = 0 \text{ bij}) \quad T = \frac{\Delta H}{\Delta S} = \frac{-1,70 \cdot 10^5 - (-2 \times 1,56 \cdot 10^5)}{180 + \frac{1}{2} \times 244 - 2 \times 103} = \frac{1,42 \cdot 10^5}{96} = 1,48 \cdot 10^3 \text{ (K)}$$

- juiste berekening van  $\Delta H$  1
- juiste berekening van  $\Delta S$  1
- rest van de berekening juist 1

□7 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Wanneer de temperatuur hoger is (dan  $1,48 \cdot 10^3 \text{ K}$ ) geldt  $\Delta G < 0$ , dus  $\text{Cu}_2\text{O}$ /koper(I)oxide is dan het stabielst.

- wanneer de temperatuur hoger is (dan de bij vraag 6 berekende temperatuur) geldt  $\Delta G < 0$  1
- conclusie 1

*Opmerking*

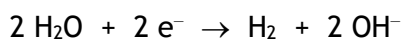
*Wanneer een onjuist antwoord op vraag 7 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 6, dit antwoord op vraag 7 goed rekenen.*

□8 Maximumscore 2



- Cu en  $\text{OH}^-$  voor de pijl en  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  en  $\text{e}^-$  na de pijl 1
- elementbalans en ladingsbalans juist 1

□9 Maximumscore 1



□10 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$K_s = [\text{Cu}^{2+}] [\text{OH}^-]^2$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{1,6 \cdot 10^{-19}}{0,100}} = 1,26 \cdot 10^{-9}$$

$$\text{pH} = 14,00 - (-\log 1,26 \cdot 10^{-9}) = 5,10$$

- $K_s = [\text{Cu}^{2+}] [\text{OH}^-]^2$ , eventueel reeds gedeeltelijk ingevuld
- juiste berekening van  $[\text{OH}^-]$
- rest van de berekening juist

1  
1  
1

□11 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$0,34 + \frac{0,059}{2} \log [\text{Cu}^{2+}] = 0,21 + \frac{0,059}{2} \log \frac{[\text{Cu}^{2+}]^2}{[\text{H}^+]^2}$$

$$\frac{0,34 - 0,21}{\frac{0,059}{2}} = \log \frac{[\text{Cu}^{2+}]^2}{[\text{H}^+]^2} - \log [\text{Cu}^{2+}] = \log \frac{[\text{Cu}^{2+}]}{[\text{H}^+]^2} = \log [\text{Cu}^{2+}] - 2 \log [\text{H}^+]$$

$$\text{pH} = \left( \frac{0,34 - 0,21}{\frac{0,059}{2}} - \log 0,100 \right) : 2 = 2,70$$

- juiste vergelijking van Nernst voor de reductie van  $\text{Cu}^{2+}$  tot Cu, eventueel reeds ingevuld
- juiste vergelijking van Nernst voor de productie van  $\text{Cu}_2\text{O}$ , eventueel reeds gedeeltelijk ingevuld
- rest van de berekening

1  
1  
1

*Opmerking*

*Wanneer in plaats van het gelijkstellen van de twee vergelijkingen van Nernst een juiste berekening is gegeven met de tekens < of >, dit goed rekenen.*

### Opgave 3 Vast schuurmiddel

(21 punten)

□12 Maximumscore 2

Indicator voor de titratie: thymolftaleïen  
Kleurverandering: van kleurloos naar (licht)blauw

- indicator juist 1
- kleurverandering juist 1

*Opmerking*

*Wanneer als antwoord is gegeven*

*Indicator voor de titratie: thymolblauw*

*Kleurverandering: van geel naar blauw*

*of*

*Indicator voor de titratie: fenolftaleïen*

*Kleurverandering: van kleurloos naar paarsrood*

*of*

*Indicator voor de titratie: alizariengeel-R*

*Kleurverandering: van lichtgeel naar oranje*

*dit goed rekenen.*

□13 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Bij pH = 4,5 is  $\frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]} = \frac{K_{z(\text{H}_3\text{PO}_4)}}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{10^{-2,16}}{10^{-4,5}} = 2,2 \cdot 10^2$  (dus er is vrijwel geen  $\text{H}_3\text{PO}_4$  meer)

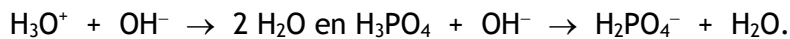
en  $\frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} = \frac{K_{z(\text{H}_2\text{PO}_4^-)}}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{10^{-7,21}}{10^{-4,5}} = 1,9 \cdot 10^{-3}$  (dus er is nog vrijwel geen  $\text{HPO}_4^{2-}$  gevormd).

- berekening van de  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ :  $10^{-4,5}$  1
- juiste berekening van  $\frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]}$  bij pH = 4,5 1
- juiste berekening van  $\frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}$  bij pH = 4,5 (en conclusies) 1

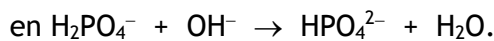
□14 Maximumscore 10

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

In titratie I treden de volgende reacties op:



In titratie II treden de volgende reacties op:



In titratie I is  $15,29 \times 0,02015 = 0,3081$  mmol  $\text{OH}^-$  gebruikt en in titratie II

$15,93 \times 0,02015 = 0,3210$  mmol  $\text{OH}^-$ . Het verschil is het aantal mmol  $\text{OH}^-$  dat in titratie II met  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  heeft gereageerd.

In titratie II heeft dus  $0,3210 - 0,3081 = 0,0129$  mmol  $\text{OH}^-$  gereageerd met evenzoveel mmol  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en dit was afkomstig van  $0,0129$  mmol  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

In  $10,00$  mL van de moederoplossing zat dus  $0,0129$  mmol  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , in de moederoplossing zat

dus  $\frac{100,0}{10,00} \times 0,0129 = 0,129$  mmol  $\text{H}_3\text{PO}_4$  en dat was ontstaan uit  $0,129$  mmol  $\text{HPO}_4^{2-}$  dat in

de  $1,15$  g schuurmiddel zat. Het massapercentage  $\text{HPO}_4^{2-}$  in het schuurmiddel is dus

$$\frac{0,129 \times 95,98 \times 10^{-3}}{1,15} \times 100 = 1,08\%.$$

Het aantal mmol  $\text{H}_3\text{O}^+$  dat in titratie I met  $\text{OH}^-$  heeft gereageerd, is gelijk aan het totaal aantal mmol  $\text{OH}^-$  dat heeft gereageerd minus het aantal mmol  $\text{OH}^-$  dat met  $\text{H}_3\text{PO}_4$  heeft gereageerd:  $0,3081 - 0,0129 = 0,2952$  mmol  $\text{OH}^-$ . In de moederoplossing was de overmaat

$\text{H}_3\text{O}^+$  dus  $\frac{100,0}{10,00} \times 0,2952 = 2,952$  mmol.

Het totaal aantal mmol toegevoegd  $\text{H}_3\text{O}^+$  is gelijk aan de overmaat  $\text{H}_3\text{O}^+$  in de moederoplossing plus het aantal mmol  $\text{H}_3\text{O}^+$  dat met  $\text{CO}_3^{2-}$  heeft gereageerd ( $n_{\text{CO}_3^{2-}}$ ) en het

aantal mmol  $\text{H}_3\text{O}^+$  dat met  $\text{HPO}_4^{2-}$  heeft gereageerd ( $0,129$  mmol), dus:

$$25,00 \times 1,03 = 2,952 + 2 \times n_{\text{CO}_3^{2-}} + 2 \times 0,129.$$

$$\text{Dus } n_{\text{CO}_3^{2-}} = \frac{25,00 \times 1,03 - 2,952 - 2 \times 0,129}{2} = 11,27 \text{ mmol en massapercentage } \text{CO}_3^{2-}$$

in het schuurmiddel is  $\frac{11,27 \times 60,01 \times 10^{-3}}{1,15} \times 100 = 58,8\%$ .

· berekening van de molaire massa's van  $\text{HPO}_4^{2-}$  en  $\text{CO}_3^{2-}$ : respectievelijk  $95,98$  ( $\text{g mol}^{-1}$ ) en  $60,01$  ( $\text{g mol}^{-1}$ ) 1

· berekening van het totaal aantal mmol toegevoegd  $\text{H}_3\text{O}^+$ , het aantal mmol  $\text{OH}^-$  dat in titratie I heeft gereageerd en het aantal mmol  $\text{OH}^-$  dat in titratie II heeft gereageerd: respectievelijk  $25,00$  (mL) vermenigvuldigen met  $1,03$  ( $\text{mmol mL}^{-1}$ ),  $15,29$  (mL) vermenigvuldigen met  $0,02015$  ( $\text{mmol mL}^{-1}$ ) en  $15,93$  (mL) vermenigvuldigen met  $0,02015$  ( $\text{mmol mL}^{-1}$ ) 1

· berekening van het aantal mmol  $\text{H}_3\text{PO}_4$  in de  $10,00$  mL moederoplossing (is gelijk aan het aantal mmol  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dat in titratie II met  $\text{OH}^-$  heeft gereageerd): het aantal mmol  $\text{OH}^-$  dat in titratie I heeft gereageerd, aftrekken van het aantal mmol  $\text{OH}^-$  dat in titratie II heeft gereageerd 1

- berekening van het aantal mmol  $\text{HPO}_4^{2-}$  dat in de 1,15 g schuurmiddel zat (is gelijk aan het aantal mmol  $\text{H}_3\text{PO}_4$  dat in de moederoplossing zat): het aantal mmol  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dat in titratie II met  $\text{OH}^-$  heeft gereageerd, vermenigvuldigen met 100,0 (mL) en delen door 10,00 (mL) 1
- berekening van het massapercentage  $\text{HPO}_4^{2-}$  in het schuurmiddel: het aantal mmol  $\text{HPO}_4^{2-}$  dat in de 1,15 g schuurmiddel zat, vermenigvuldigen met  $10^{-3}$  (mol mmol<sup>-1</sup>) en met de molaire massa van  $\text{HPO}_4^{2-}$  en delen door 1,15 (g) en het quotiënt vermenigvuldigen met 100% 1
- berekening van het aantal mmol  $\text{H}_3\text{O}^+$  dat in titratie I heeft gereageerd: het aantal mmol  $\text{OH}^-$  dat in titratie II met  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  heeft gereageerd, aftrekken van het aantal mmol  $\text{OH}^-$  dat in titratie I heeft gereageerd 1
- berekening van de overmaat  $\text{H}_3\text{O}^+$  in de moederoplossing: het aantal mmol  $\text{H}_3\text{O}^+$  dat in titratie I heeft gereageerd, vermenigvuldigen met 100,0 (mL) en delen door 10,00 (mL) 1
- notie dat zowel  $\text{CO}_3^{2-}$  als  $\text{HPO}_4^{2-}$  in de molverhouding 1 : 2 met  $\text{H}_3\text{O}^+$  reageren 1
- berekening van het aantal mmol  $\text{CO}_3^{2-}$  in de 1,15 g schuurmiddel: het aantal mmol  $\text{H}_3\text{O}^+$  in de moederoplossing en het aantal mmol  $\text{H}_3\text{PO}_4$  dat in de moederoplossing zat, vermenigvuldigd met 2, aftrekken van het totaal aantal mmol toegevoegd  $\text{H}_3\text{O}^+$  en het verschil delen door 2 1
- berekening van het massapercentage  $\text{CO}_3^{2-}$ : het aantal mmol  $\text{CO}_3^{2-}$  in de 1,15 g schuurmiddel vermenigvuldigen met  $10^{-3}$  (mol mmol<sup>-1</sup>) en met de molaire massa van  $\text{CO}_3^{2-}$  en delen door 1,15 (g) en het quotiënt vermenigvuldigen met 100% 1

□15 Maximumscore 2

Een voorbeelden van een juiste berekening is:

$$\frac{141,96}{95,98} = 1,479$$

- berekening van de molaire massa van  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  1
- berekening van de vermenigvuldigingsfactor 1

*Opmerkingen*

- Wanneer een onjuist antwoord op vraag 15 het consequente gevolg is van een onjuiste berekening in vraag 14 van de molaire massa van  $\text{HPO}_4^{2-}$ , dit antwoord op vraag 15 goed rekenen.
- Wanneer het antwoord  $\frac{142}{96} = 1,5$  is gegeven, dit goed rekenen.

□16 Maximumscore 4

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Breng een monster van het schuurmiddel in water (zodat het natriumcarbonaat en het natriummonowaterstoffsosfaat oplossen en de overige bestanddelen niet). Filtreer en voer met het filtraat de bepaling van de massapercentages  $\text{CO}_3^{2-}$  en  $\text{HPO}_4^{2-}$  uit. Uit het nu gevonden massapercentage  $\text{CO}_3^{2-}$  kan het massapercentage  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  worden berekend. En uit het verschil tussen het bij de eerste bepaling gevonden massapercentage  $\text{CO}_3^{2-}$  en het bij deze bepaling gevonden massapercentage  $\text{CO}_3^{2-}$  kan het massapercentage  $\text{CaCO}_3$  worden berekend.

en

- Bepaal het aantal mol  $\text{Ca}^{2+}$  in de moederoplossing, bijvoorbeeld door middel van een titratie met EDTA. Dit is gelijk aan het aantal mol  $\text{CO}_3^{2-}$  en  $\text{CaCO}_3$  in het monster van het schuurmiddel en levert dus het massapercentage  $\text{CaCO}_3$ . Door dit aantal mol  $\text{CO}_3^{2-}$  af te trekken van het totale aantal mol  $\text{CO}_3^{2-}$  in het schuurmiddel dat bij de eerste bepaling is gevonden, kan het aantal mol  $\text{CO}_3^{2-}$  in het  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  en dus het massapercentage  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  worden berekend.

en

- Breng een monster van het schuurmiddel in water (zodat het natriumcarbonaat en het natriummonowaterstoffsosfaat oplossen en de overige bestanddelen niet). Filtreer, voeg aan het filtraat overmaat zoutzuur toe en meet hoeveel koolstofdioxide/gas ontstaat. Uit de gemeten hoeveelheid koolstofdioxide/gas kan het massapercentage  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  worden berekend. En uit het verschil tussen het bij de eerste bepaling gevonden massapercentage  $\text{CO}_3^{2-}$  en het bij deze bepaling gevonden massapercentage  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  kan het massapercentage  $\text{CaCO}_3$  worden berekend.

en

- Breng een monster van het schuurmiddel in water (zodat het natriumcarbonaat en het natriummonowaterstoffsosfaat oplossen en de overige bestanddelen niet). Filtreer, voeg aan het residu overmaat zoutzuur toe en meet hoeveel koolstofdioxide/gas ontstaat. Uit de gemeten hoeveelheid koolstofdioxide/gas kan het massapercentage  $\text{CaCO}_3$  worden berekend. En uit het verschil tussen het bij de eerste bepaling gevonden massapercentage  $\text{CO}_3^{2-}$  en het bij deze bepaling gevonden massapercentage  $\text{CaCO}_3$  kan het massapercentage  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  worden berekend.

- water toevoegen aan een monster schuurmiddel en filtreren 1
- met het filtraat de bepaling van de massapercentages  $\text{CO}_3^{2-}$  en  $\text{HPO}_4^{2-}$  uitvoeren 1
- dit levert het massapercentage  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  1
- aangegeven hoe het massapercentage  $\text{CaCO}_3$  wordt berekend 1

of

- het  $\text{Ca}^{2+}$  gehalte in de moederoplossing bepalen 1
- (bijvoorbeeld) door middel van een titratie met EDTA 1
- dit levert het massapercentage  $\text{CaCO}_3$  1
- aangegeven hoe het massapercentage  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  wordt berekend 1

of

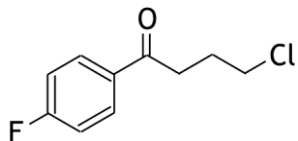
- water toevoegen aan een monster schuurmiddel en filtreren 1
- aan het filtraat overmaat zoutzuur toevoegen en de hoeveelheid koolstofdioxide/gas meten 1
- dit levert het massapercentage  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  1
- aangegeven hoe het massapercentage  $\text{CaCO}_3$  wordt berekend 1
- of
- water toevoegen aan een monster schuurmiddel en filtreren 1
- aan het residu overmaat zoutzuur toevoegen en de hoeveelheid koolstofdioxide/gas meten 1
- dit levert het massapercentage  $\text{CaCO}_3$  1
- aangegeven hoe het massapercentage  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  wordt berekend 1



## Opgave 4 Synthese van haloperidol

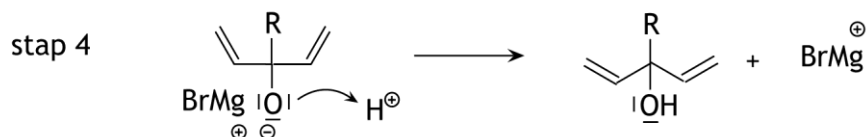
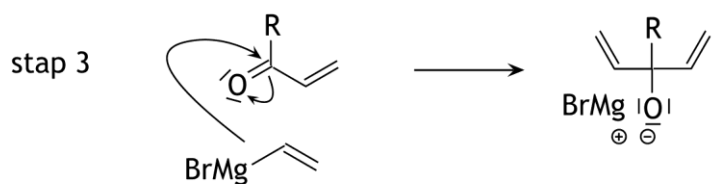
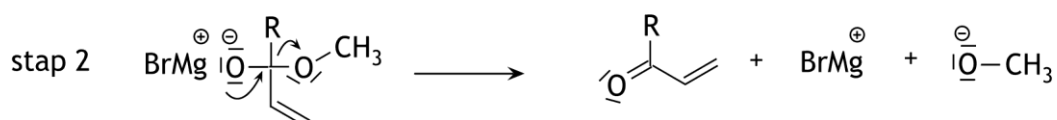
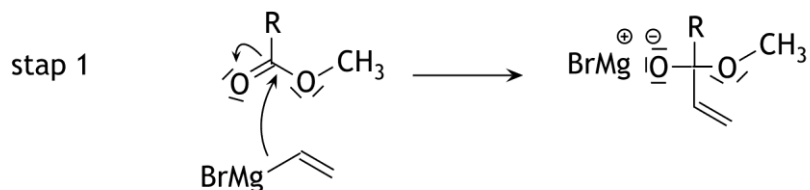
20 punten

□17 Maximumscore 1

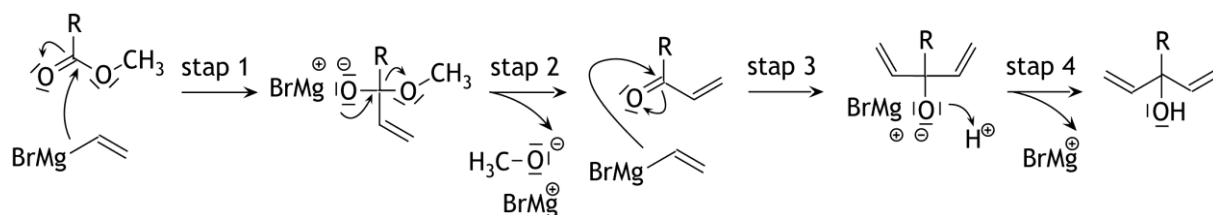


□18 Maximumscore 5

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:



en



· alle vrije elektronenparen op de zuurstofatomen aangegeven

1

· stap 1 juist

1

· stap 2 juist

1

· stap 3 juist

1

· stap 4 juist

1

□19 Maximumscore 2

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Bij een Markovnikov-additie wordt het H atoom van het HBr molecuul gebonden aan het C atoom van de dubbele binding met het grootste aantal H atomen. Dat is hier niet het geval, dus is het een anti-Markovnikov-additie.
- Bij een Markovnikov-additie wordt het Br atoom van het HBr molecuul gebonden aan het meest gesubstitueerde C atoom van de dubbele binding. Dat is hier niet het geval, dus is het een anti-Markovnikov-additie.

· juiste formulering van het Markovnikov / anti-Markovnikov principe

1

· conclusie

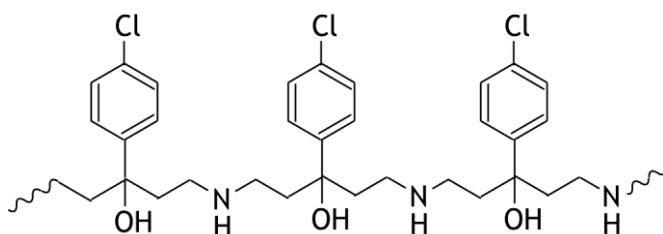
1

□20 Maximumscore 1

HBr

□21 Maximumscore 3

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



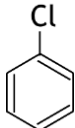
· drie repeterende eenheden getekend

2

· begin en eind van het fragment juist

1

*Opmerking*

Wanneer de groep  is weergegeven met *R*, dit goed rekenen.

□22 Maximumscore 5

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

stof B: Cl<sub>2</sub> katalysator: AlCl<sub>3</sub>

stof C: Br<sub>2</sub> katalysator: FeBr<sub>3</sub>

stof D: CH<sub>3</sub>OH katalysator: H<sup>+</sup>

· stof B juist

1

· stof C juist

1

· juiste katalysatoren genoemd voor de omzetting van benzeen tot stof 6 en voor de omzetting van stof 6 tot stof 7

1

· stof D juist

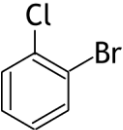
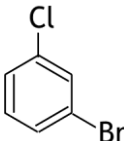
1

· juiste katalysator genoemd voor de omzetting van stof 9 tot stof 3

1

□23 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

De isomeren van stof 7 zijn  en .

De tweede verbinding wordt vrijwel niet gevormd, omdat het chlooratoom een ortho-para-richter is (bij elektrofile aromatische substitutiereacties).

- structuurformule van ortho-broomchloorbenzeen 1
- structuurformule van meta-broomchloorbenzeen 1
- uitleg waarom van meta-broomchloorbenzeen vrijwel niet wordt gevormd 1