

# NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE

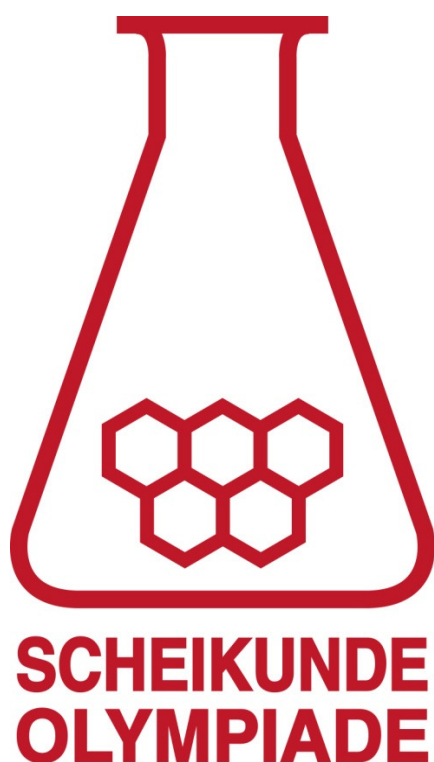
2012

## Opgaven en correctievoorschriften

Voorronde 1

Voorronde 2

Eindronde



Washington, D.C. • USA



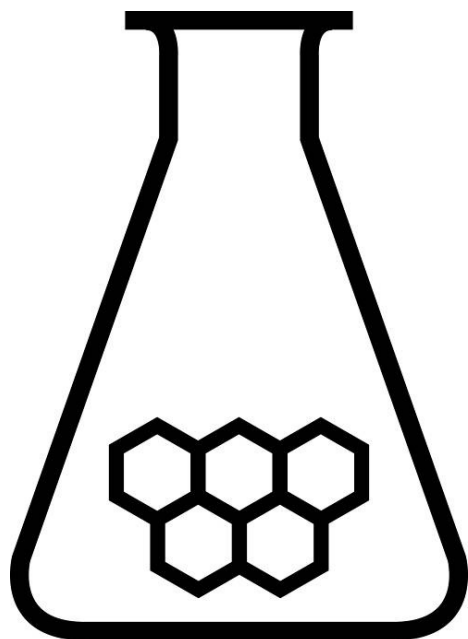
## Inhoud

<b>Opgaven voorronde 1</b> .....	<b>3</b>
Opgave 1 Meerkeuzevragen.....	5
Opgave 2 Aminen.....	10
Opgave 3 Kleurrijk.....	12
<b>Opgaven voorronde 2</b> .....	<b>15</b>
Opgave 1 Meerkeuzevragen.....	17
Opgave 2 Thermiet.....	21
Opgave 3 De Cope rearrangement.....	22
Opgave 4 Een legering.....	23
<b>Opgaven eindronde theoretische toets</b> .....	<b>25</b>
Opgave 1 Aspirientje.....	26
Opgave 2 Ozon.....	27
Opgave 3 Carbonylverbindingen met $\alpha$ protonen.....	28
Opgave 4 Een ‘Koninklijke’ verbinding.....	29
Opgave 5 Omhoog of omlaag?.....	30
Opgave 6 Identificatie.....	30
Opgave 7 Waterstof.....	32
Opgave 8 Ionisatiepotentialen.....	32
<b>Opgaven eindronde practicumtoets</b> .....	<b>33</b>
Opdracht 1 Synthese van [tris-(pentaan-2,4-diono)]mangaan(III).....	35
Opdracht 2 Analyse van [tris-(pentaan-2,4-diono)]mangaan(III).....	36
Antwoordbladen.....	37
<b>Correctievoorschrift voorronde 1</b> .....	<b>41</b>
Opgave 1 Meerkeuzevragen.....	42
Opgave 2 Aminen.....	44
Opgave 3 Kleurrijk.....	45
<b>Correctievoorschrift voorronde 2</b> .....	<b>47</b>
Opgave 1 Meerkeuzevragen.....	48
Opgave 2 Thermiet.....	50
Opgave 3 De Cope rearrangement.....	51
Opgave 4 Een legering.....	53
<b>Correctievoorschrift eindronde theoretische toets</b> .....	<b>57</b>
Opgave 1 Aspirientje.....	58
Opgave 2 Ozon.....	59
Opgave 3 Carbonylverbindingen met $\alpha$ protonen.....	61
Opgave 4 Een ‘Koninklijke’ verbinding.....	63
Opgave 5 Omhoog of omlaag?.....	64
Opgave 6 Identificatie.....	65
Opgave 7 Waterstof.....	66
Opgave 8 Ionisatiepotentialen.....	67

# NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE

## OPGAVEN VOORRONDE 1

af te nemen in de periode van  
woensdag 25 januari 2012 tot en met woensdag 1 februari 2012



## SCHEIKUNDE OLYMPIADE

- Deze voorronde bestaat uit 24 meerkeuzevragen verdeeld over 5 onderwerpen en 2 open opgaven met in totaal 12 deelvragen en een antwoordblad voor de meerkeuzevragen.
- Gebruik voor elke opgave (met open vragen) een apart antwoordvel, voorzien van naam.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 72 punten.
- De voorronde duurt maximaal 2 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: rekenapparaat en BINAS 5<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:

Alex Blokhuis  
Cees de Boer  
Johan Broens  
André Bunnik  
Thijs Engberink  
Martin Groeneveld  
Dick Hennink  
Emiel de Kleijn  
Jasper Landman  
Evert Limburg  
Marte van der Linden  
Stan van de Poll

De eindredactie was in handen van:

Kees Beers  
Peter de Groot

## Opgave 1 Meerkeuzevragen

(totaal 36 punten)

normering: 1½ punt per juist antwoord (Vul bij elke vraag je antwoord(letter) op het antwoordblad in.)

Let op: fout antwoord: -¼ pt; geen antwoord: 0 pt.

### Rekenen

- Een oxide van vanadium bestaat uit vanadiumionen en oxide-ionen. Dit oxide bestaat uit 56,0 massa% V en 44,0 massa% O. Hoe groot is de lading van de vanadiumionen in deze verbinding?  
A 0  
B +1  
C +2  
D +3  
E +4  
F +5
- Magnetiet,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , bevat ijzer(II)ionen, ijzer(III)ionen en oxide-ionen. Wat is de verhouding tussen de aantallen ijzer(II)ionen en ijzer(III)ionen in magnetiet?  
A ijzer(II) : ijzer(III) = 1 : 2  
B ijzer(II) : ijzer(III) = 2 : 3  
C ijzer(II) : ijzer(III) = 1 : 1  
D ijzer(II) : ijzer(III) = 3 : 2  
E ijzer(II) : ijzer(III) = 2 : 1
- Gegeven de reactie  $2 X + 3 Y \rightarrow 3 Z$   
Men mengt 1,50 mol X met 2,00 mol Y en laat de reactie optreden. Er ontstaat 1,25 mol Z.  
Wat is het rendement van deze omzetting?  
A 41,7%  
B 55,6%  
C 62,5%  
D 83,3%
- Een verzadigde oplossing van sucrose,  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ , bevat 525 g sucrose per 100 g water. Hoe groot is de molverhouding sucrose : water ( $\frac{\text{aantal mol sucrose}}{\text{aantal mol water}}$ ) in deze oplossing?:  
A 0,276  
B 1,00  
C 1,53  
D 3,62  
E 5,25
- Hoeveel mL geconcentreerd zwavelzuur is nodig om 2,50 L 2,00 M zwavelzuuroplossing te maken? Geconcentreerd zwavelzuur is 18,0 M.  
A 7,20  
B 9,00  
C 22,5  
D 55,6  
E 139  
F 278

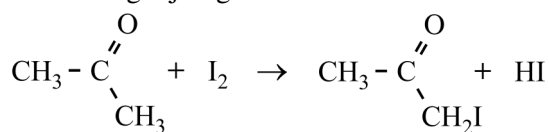
## pH / zuurgraad

- 6 Een 0,015 M oplossing van een zwak zuur heeft  $\text{pH} = 2,30$ . Wat is de waarde van  $K_z$  van dit zuur?
- A  $2,5 \cdot 10^{-5}$
  - B  $1,7 \cdot 10^{-3}$
  - C  $5,0 \cdot 10^{-3}$
  - D  $2,5 \cdot 10^{-3}$
  - E  $3,3 \cdot 10^{-1}$
  - F  $5,0 \cdot 10^{-1}$
- 7 Iemand wil uitgaande van een oplossing met  $a$  mol van het zwakke eenwaardige zuur HA een bufferoplossing maken waarin  $\text{pH} = \text{p}K_z$ . Wat moet hij aan die oplossing toevoegen?
- A  $\frac{1}{2}a$  mol NaA
  - B  $\frac{1}{2}a$  mol NaOH
  - C  $2a$  mol NaA
  - D  $2a$  mol NaOH
- 8 Een bekeerglas bevat 20 mL 0,5 M  $\text{NH}_3$  oplossing en een ander bekeerglas 20 mL 0,5 M HCl oplossing. De inhoud van beide bekeerglazen wordt bij elkaar gedaan. Wat is ongeveer de pH van de resulterende oplossing?
- A 1
  - B 5
  - C 7
  - D 10
- 9 Aan 250 mL zoutzuur met  $\text{pH} = 1,0$  wordt 250 mL zoutzuur met  $\text{pH} = 3,0$  toegevoegd. Wat wordt de pH van de resulterende oplossing?
- A 1,0
  - B 1,3
  - C 1,7
  - D 2,0
  - E 2,3
  - F 4,0
- 10 Een waterige oplossing wordt met water verdund. Hierbij neemt de pH af. Welke van onderstaande stoffen kan zijn opgelost?
- A  $\text{CH}_3\text{COONa}$
  - B HCl
  - C NaCl
  - D  $\text{NH}_4\text{Cl}$
- 11 Drie bekeerglazen, I, II en III bevatten de volgende oplossingen:
- I: 0,10 M HCl, met  $\text{pH}_I$ ;
  - II: 0,10 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , met  $\text{pH}_{II}$ ;
  - III: 0,10 M  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , met  $\text{pH}_{III}$ .
- Wat kun je zeggen over pH's van deze oplossingen?
- A  $\text{pH}_I > \text{pH}_{II} > \text{pH}_{III}$
  - B  $\text{pH}_I > \text{pH}_{III} > \text{pH}_{II}$
  - C  $\text{pH}_{II} > \text{pH}_I > \text{pH}_{III}$
  - D  $\text{pH}_{II} > \text{pH}_{III} > \text{pH}_I$
  - E  $\text{pH}_{III} > \text{pH}_I > \text{pH}_{II}$
  - F  $\text{pH}_{III} > \text{pH}_{II} > \text{pH}_I$

## Reactie

- 12 Aan een niet te verdunde oplossing van natriumwaterstofsulfaat wordt een hoeveelheid vast bariumchloride toegevoegd.  
Wat gebeurt er met de pH van de oplossing?
- A** de pH daalt  
**B** de pH blijft gelijk  
**C** de pH stijgt
- 13 Welke van onderstaande beweringen is juist?
- A** in de reactie  $2 \text{KCl} + \text{F}_2 \rightarrow 2 \text{KF} + \text{Cl}_2$  is KCl de oxidator  
**B** in de reactie  $\text{MnO}_4^- + 5 \text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 5 \text{Fe}^{3+} + 4 \text{H}_2\text{O}$  neemt  $\text{Fe}^{2+}$  een elektron op  
**C** in de reactie  $\text{SO}_4^{2-} + \text{Sn}^{2+} + 4 \text{H}^+ \rightarrow \text{SO}_2 + \text{Sn}^{4+} + 2 \text{H}_2\text{O}$  is  $\text{Sn}^{2+}$  de reductor  
**D**  $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$  stelt een redoxreactie voor
- 14 Aan een verzadigde oplossing van  $\text{CuCO}_3$ , met wat niet opgelost  $\text{CuCO}_3$  op de bodem, wordt wat  $\text{NH}_4\text{Cl}$  toegevoegd. Wat gebeurt er met de hoeveelheid niet-opgelost  $\text{CuCO}_3$ ?
- A** die wordt kleiner  
**B** die verandert niet  
**C** die wordt groter
- 15 Men kan de reactiesnelheid voor de volledige verbranding van propaan uitdrukken als de snelheid waarmee zuurstof verdwijnt:  $s_{\text{O}_2} = -\frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t}$ , maar ook als de snelheid waarmee koolstofdioxide verschijnt:  $s_{\text{CO}_2} = \frac{\Delta[\text{CO}_2]}{\Delta t}$ . Hoe groot is snelheidsverhouding  $\frac{s_{\text{O}_2}}{s_{\text{CO}_2}}$ ?
- A** 0,2  
**B** 0,6  
**C** 1,0  
**D** 1,7

- 16 Aceton (propanon) reageert in zuur milieu met jood zoals weergegeven in de volgende reactievergelijking:



Men heeft de snelheid van deze reactie onderzocht door na te gaan hoe lang het duurt tot de oplossing ontkleurt. Daarbij heeft men de volgende gegevens verkregen:

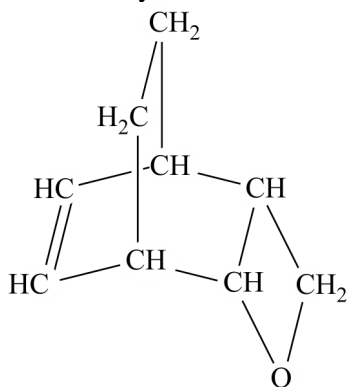
experiment	$\left[ \text{CH}_3 - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{CH}_3 \right]_0$	$[\text{I}_2]_0$	$[\text{H}^+]_0$	ontkleuringstijd
	$\text{mol L}^{-1}$	$\text{mol L}^{-1}$	$\text{mol L}^{-1}$	s
1	0,80	0,0010	0,20	300
2	1,60	0,0010	0,20	145
3	0,80	0,0020	0,20	295
4	0,80	0,0020	0,30	205

Wat volgt hieruit voor de snelheidsvergelijking van deze reactie?

- A**  $s = k [\text{CH}_3\text{COCH}_3] [\text{I}_2] [\text{H}^+]$   
**B**  $s = k [\text{CH}_3\text{COCH}_3] [\text{I}_2]$   
**C**  $s = k [\text{CH}_3\text{COCH}_3] [\text{H}^+]$   
**D**  $s = k [\text{I}_2] [\text{H}^+]$

## Structuur en eigenschap

- 17 Welk van onderstaande atomen heeft evenveel neutronen in de kern als een atoom I-127?
- A I-126
  - B Te-126
  - C Te-127
  - D Xe-129
- 18 Welke verbinding is bij kamertemperatuur vloeibaar en lost goed op in water?
- A  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
  - B  $\text{CH}_4$
  - C  $\text{C}_6\text{H}_6$
  - D  $\text{CO}_2$
  - E  $\text{HCl}$
  - F  $\text{NH}_3$
- 19 Welke stof is *GEEN* isomeer van 2-methylpentaan-3-on?
- A cyclohexanol
  - B 2,3-dimethylbutanal
  - C 4-methylcyclopenteen-3-ol
  - D 2-methylpent-3-een-2-ol
- 20 In welk van onderstaande gevallen komt stereo-isomerie voor?
- A  $\text{FHC} = \text{CHF}$
  - B  $\text{F}_2\text{C} = \text{CCl}_2$
  - C  $\text{FH}_2\text{C} - \text{CHF}_2$
  - D  $\text{F}_3\text{C} - \text{CCl}_3$
- 21 Hoeveel asymmetrische koolstofatomen bevat onderstaand molecuul?



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

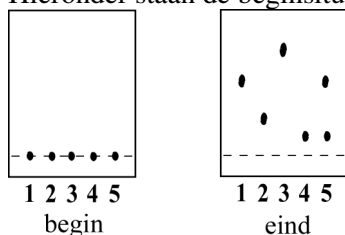


## Praktijk

- 22 Welke van onderstaande stoffen lost slecht op in water, maar wel goed in verdund salpeterzuur?
- A bariumsulfaat
  - B bariumcarbonaat
  - C magnesiumsulfaat
  - D natriumcarbonaat

- 23 Men neemt twee keer een chromatogram op van een mengsel van gassen. Beide keren werd evenveel van het mengsel genomen. De tweede keer werd een kolom gebruikt die twee keer zolang is als de kolom die de eerste keer werd gebruikt. Alle overige omstandigheden waren hetzelfde.
- Wat kun je zeggen over de pieken in het tweede chromatogram vergeleken met de pieken in het eerste chromatogram?
- A de pieken in het tweede chromatogram zijn breder en hoger dan in het eerste chromatogram
  - B de pieken in het tweede chromatogram zijn breder en lager dan in het eerste chromatogram
  - C de pieken in het tweede chromatogram zijn smaller en hoger dan in het eerste chromatogram
  - D de pieken in het tweede chromatogram zijn smaller en lager dan in het eerste chromatogram
  - E de pieken in het tweede chromatogram zijn even breed en even hoog als in het eerste chromatogram

- 24 Met behulp van dunnelaagchromatografie wordt onderzocht welke suikers in melk voorkomen. Op een plaatje van silica worden vijf monsters geplaatst:
- 1) glucose, 2) maltose, 3) xylose, 4) lactose, 5) melk.
- Hieronder staan de beginsituatie en de eindsituatie afgebeeld.



Welke suiker(s) komen volgens dit resultaat in melk voor?

- A alleen glucose
- B alleen lactose
- C glucose en lactose
- D maltose en xylose

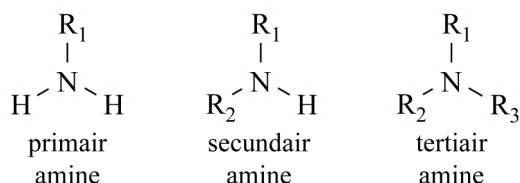
## Open opgaven

(totaal 36 punten)

### Opgave 2 Aminen

(18 punten)

Aminen zijn organische stikstofverbindingen die zowel wat betreft molecuulstructuur als wat betreft eigenschappen verwantschap vertonen met ammoniak. Men kan een molecuul van een amine afgeleid denken van een ammoniakmolecuul door daarin één, twee of drie waterstofatomen te vervangen door koolwaterstofgroepen, zoals alkylgroepen. Al naar gelang één, twee of drie waterstofatomen zijn vervangen, spreekt men van respectievelijk primaire, secundaire en tertiaire aminen:

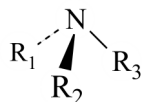



In deze structuurformules stellen  $R_1$ ,  $R_2$  en  $R_3$  koolwaterstofgroepen, bijvoorbeeld alkylgroepen, voor.

- 1 Geef de structuurformules van alle aminen met de molecuulformule  $C_3H_9N$ .

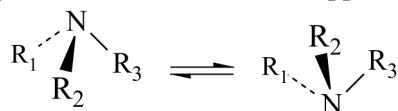
4

De ruimtelijke bouw van een molecuul van een amine vertoont veel overeenkomst met die van een ammoniakmolecuul. In beide gevallen neemt men een piramidale structuur aan, met het stikstofatoom in de top van de piramide. Zo kan men een molecuul van een tertiair amine als volgt ruimtelijk weergeven:



In dit soort tekeningen stelt een streepje ( — ) een binding voor *in* het vlak van tekening; - - - en  stellen bindingen voor die respectievelijk naar achteren en naar voren gericht zijn.

Gezien de ruimtelijke structuur van een aminemolecuul zou men kunnen verwachten dat elk tertiair amine waarin  $R_1$ ,  $R_2$  en  $R_3$  verschillend zijn stereo-isomerie vertoont. Men kan zich twee stereo-isomeren voorstellen waarvan de moleculen elkaars spiegelbeeld zijn. Deze beide stereo-isomeren zouden dan ook optische activiteit moeten vertonen. Men heeft echter bij dit soort aminen, waarvan men veronderstelt dat twee stereo-isomeren bestaan, nooit optische activiteit waargenomen. Men is er ook nooit in geslaagd de beide stereo-isomeren van elkaar te scheiden. Om een en ander te verklaren kan men veronderstellen dat de beide spiegelbeeldisomeren met elkaar in evenwicht zijn, waarbij de groepen  $R_1$ ,  $R_2$  en  $R_3$  snel 'omklappen':



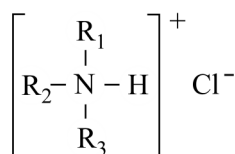
Men zou aan dit evenwicht een evenwichtsconstante  $K$  kunnen toekennen.

- 2 Leg uit of men uit de bovenstaande gegevens de waarde van  $K$  kan voorspellen.

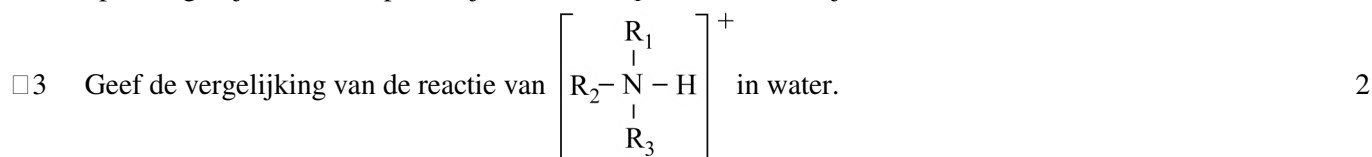
2

Evenals ammoniak zijn aminen zwakke basen. Door  $H^+$  te binden vormen zij positieve ionen. Zo

ontstaat bij de reactie van het tertiaire amine  $\begin{array}{c} R_1 \\ | \\ R_2-N-R_3 \end{array}$  met waterstofchloride het volgende zout:

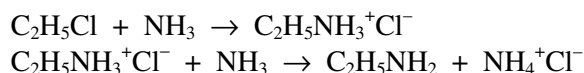


Elk zout van deze soort waarin  $R_1$ ,  $R_2$  en  $R_3$  verschillend zijn, blijkt stereo-isomerie te vertonen. Lost men van een dergelijk zout één van de twee optisch actieve stereo-isomeren op in water, dan treedt een reactie op waarbij het positieve ion een proton afstaat. Daarbij stelt zich een evenwicht in. De ontstane oplossing blijkt na verloop van tijd niet meer optisch actief te zijn.



□4 Leg uit hoe het komt dat de ontstane oplossing na verloop van tijd geen optische activiteit meer vertoont. 3

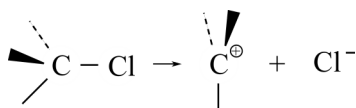
Primaire aminen kunnen worden bereid door een chlooralkaan te laten reageren met ammoniak. Bij de reactie van chloorethaan met ammoniak in een polair oplosmiddel ontstaat zo ethylamine. Deze omzetting verloopt in twee stappen:



In het ontstane reactiemengsel wordt, behalve ethylamine, ook onder andere diethylamine,  $(C_2H_5)_2NH$ , gevormd. Men neemt aan dat dit secundaire amine wordt gevormd uit het ontstane primaire amine.

□5 Geef de reactievergelijkingen van de twee stappen waarbij diethylamine wordt gevormd uit het primaire amine. 4

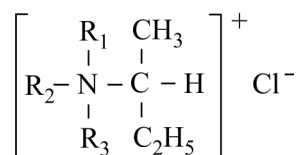
Onderzoek aan de reactie van ammoniak met één van de stereo-isomeren van 2-chloorbutaan in een polair oplosmiddel heeft uitgewezen dat van het daarbij gevormde primaire amine beide stereo-isomeren in het reactiemengsel aanwezig zijn. Men verklaart het feit dat beide stereo-isomeren ontstaan met de aanname dat uit moleculen 2-chloorbutaan eerst carbokationen (positief geladen alkylgroepen) met een vlakke structuur ontstaan:



De ontstane carbokationen reageren dan door met ammoniakmoleculen waarbij, na afsplitsing van  $H^+$ , de beide stereo-isomeren ontstaan.

Als een tertiair amine,  $\begin{array}{c} R_1 \\ | \\ R_2 - N - R_3 \end{array}$ , waarin  $R_1$ ,  $R_2$  en  $R_3$  verschillend zijn, zou reageren met één van de

stereo-isomeren van 2-chloorbutaan, dan kan men verwachten dat het volgende zout zal ontstaan:



Als deze reactie plaatsvindt, mag men ook verwachten dat van dit zout een aantal stereo-isomeren ontstaat.

□6 Leg uit hoeveel stereo-isomeren men dan mag verwachten, als is uitgegaan van één van de stereo-isomeren van 2-chloorbutaan. 3

### Opgave 3 Kleurrijk

(18 punten)

In deze opgave is het oplosmiddel steeds water.

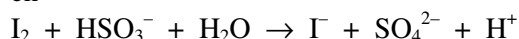
Als een oplossing van kaliumjodaat,  $\text{KIO}_3$ , bij een aangezuurde oplossing van kaliumjodide wordt gevoegd, wordt de oplossing van kleurloos *langzaam* bruin door de vorming van jood.

Deze kleur verdwijnt *onmiddellijk* als een overmaat natriumwaterstofsulfiet oplossing wordt toegevoegd. Bij deze reactie ontstaan sulfaationen.

De reactieschema's voor bovengenoemde reactie zijn:



en



- 7 Maak van deze reactieschema's kloppende reactievergelijkingen. 3

Als bij een oplossing van kwik(II)chloride een oplossing van kaliumjodide wordt gevoegd, ontstaat ogenblikkelijk een oranje neerslag van kwik(II)jodide. Na toevoegen van een overmaat kaliumjodide oplossing verdwijnt dit neerslag en ontstaat een vrijwel kleurloze oplossing.

Dit verschijnsel wordt toegeschreven aan de vorming van  $\text{HgI}_4^{2-}$  ionen.

In een tijdschrift is de volgende proef beschreven:

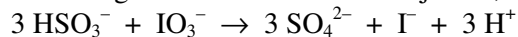
In water wordt opgelost 2,0 mmol kwik(II)chloride en 30 mmol natriumwaterstofsulfiet. Tevens wordt wat stijfswater toegevoegd, een reagens dat met jood blauw kleurt. Het volume wordt met water op 840 mL gebracht. De opgeloste stoffen reageren niet met elkaar en de oplossing is kleurloos.

Nu wordt, onder roeren, 160 mL van een 0,10 M oplossing van kaliumjodaat toegevoegd. Het mengsel blijft 15 seconden kleurloos maar dan verschijnt plotseling een oranje neerslag van kwik(II)jodide.

Na nogmaals 15 seconden verdwijnt het oranje neerslag en treedt een intensieve blauwkleuring op.

Het ontstaan van het oranje neerslag wordt als volgt verklaard:

Eerst reageert waterstofsulfiet met jodaat, onder vorming van onder andere jodide:



Vervolgens slaat het jodide neer met  $\text{Hg}^{2+}$ :



De reactie van waterstofsulfiet met jodaat is een redoxreactie.

- 8 Geef de vergelijkingen van de beide halfreacties van deze redoxreactie. 3

- 9 Bereken de gemiddelde snelheid waarmee gedurende de eerste 15 seconden jodide ontstaat. Vermeld daarbij de eenheid waarin je deze snelheid uitdrukt en neem aan dat het oplosbaarheidsproduct van kwik(II)jodide  $2,0 \cdot 10^{-11} \text{ mol}^3 \text{ L}^{-3}$  bedraagt. 4

- 10 Beredeneer hoe het komt dat de blauwkleuring pas optreedt na vormen en weer verdwijnen van het oranje neerslag. Verwerk in je redenering ook de hoeveelheden van de gebruikte stoffen. 4

De proef wordt herhaald, maar nu met 100 in plaats van 30 mmol natriumwaterstofsulfiet. Er ontstaat weer een oranje neerslag maar het reactiemengsel wordt niet blauw. Het neerslag verdwijnt na enige tijd en er ontstaat een vrijwel kleurloze oplossing.

- 11 Leg uit (al of niet met een berekening) waarom zowel het uitblijven van de blauwkleuring als het weer oplossen van het kwik(II)jodide een gevolg is van de grotere hoeveelheid natriumwaterstofsulfiet. 2

- 12 Bereken hoeveel mmol kwik(II)chloride men bij deze laatste proef moet oplossen om te bereiken dat het oranje neerslag juist geheel oplost. 2

**naam:**

**Antwoordblad meerkeuzevragen van voorronde 1 van de 33<sup>e</sup> Nationale Scheikundeolympiade 2012**

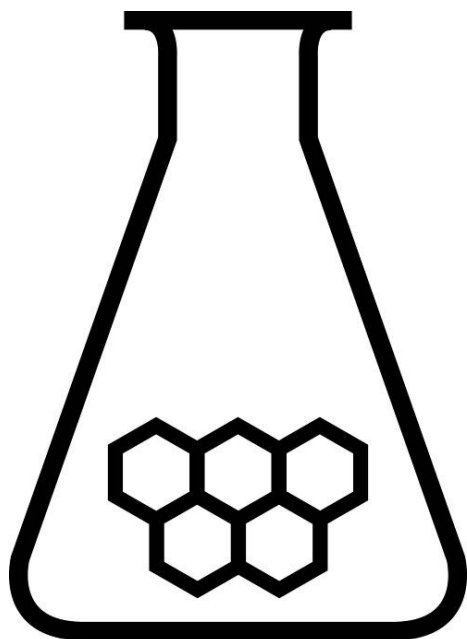
nr.	keuze letter	(score)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
totaal		



# NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE

## OPGAVEN VOORRONDE 2

af te nemen in de week van  
woensdag 28 maart 2012



## SCHEIKUNDE OLYMPIADE

- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 6 onderwerpen en 3 open opgaven met in totaal 14 deelvragen en een antwoordblad voor de meerkeuzevragen.
- Gebruik voor elke opgave (met open vragen) een apart antwoordvel, voorzien van naam.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 96 punten.
- De voorronde duurt maximaal 3 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: rekenapparaat en BINAS 5<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:

Alex Blokhuis  
Cees de Boer  
Johan Broens  
André Bunnik  
Thijs Engberink  
Martin Groeneveld  
Dick Hennink  
Emiel de Kleijn  
Jasper Landman  
Evert Limburg  
Marte van der Linden  
Stan van de Poll

De eindredactie was in handen van:

Kees Beers  
Peter de Groot



## Opgave 1 Meerkeuzevragen

(totaal 40 punten)

normering: 2 punten per juist antwoord (Vul bij elke vraag je antwoord(letter) op het antwoordblad in.)

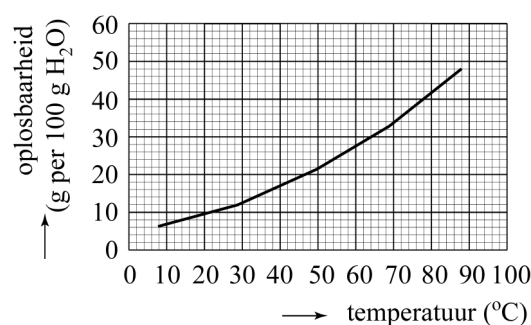
Let op: fout antwoord:  $-\frac{1}{2}$  pt; geen antwoord: 0 pt.

### Rekenen en Thermochemie

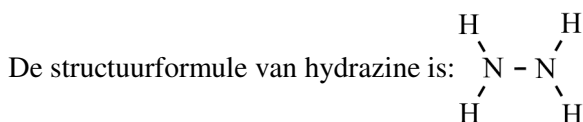
- 1 10 g van een gas heeft bij  $p = p_0$  en 340 K een volume van  $70 \text{ dm}^3$ . Welk gas is dit?

A argon  
B helium  
C waterstof  
D zuurstof

- 2 In het diagram hiernaast is het verband tussen de oplosbaarheid in water van  $\text{KClO}_3$  en de temperatuur weergegeven. Een leerling mengt 10,0 g  $\text{KClO}_3$  met 45,0 g  $\text{H}_2\text{O}$  en roert bij  $60^\circ\text{C}$  net zolang tot de oplossing geheel helder is. Daarna laat hij de oplossing langzaam afkoelen tot  $20^\circ\text{C}$ . De oplossing blijft helder. Welke uitspraak over de verkregen oplossing bij  $20^\circ\text{C}$  is juist?



- A De oplossing is onverzadigd en kan verzadigd worden gemaakt door de temperatuur te verhogen.  
B De oplossing is onverzadigd en kan verzadigd worden gemaakt door de temperatuur te verlagen.  
C De oplossing is verzadigd.  
D De oplossing is oververzadigd.
- 3 Met behulp van bindingsenergieën uit nevenstaande tabel is de vormingswarmte van gasvormig hydrazine,  $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g})$ , uit te rekenen.



binding	bindingsenergie
H – H	$-4,36 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
N – H	$-3,89 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
N – N	$-1,59 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
N = N	$-4,18 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
N $\equiv$ N	$-9,41 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$

Hoe groot is de vormingsenthalpie van  $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g})$ ?

A  $-17,15 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$   
B  $-0,98 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$   
C  $-4,25 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$   
D  $0,98 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$   
E  $4,25 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$   
F  $17,15 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$

## Analyse

- 4 Een monster van natriumnitraat is verontreinigd met bromide. Om het massapercentage bromide te bepalen, wordt 2,00 g van het monster opgelost en getitreerd met een 0,200 M zilvernitraatoplossing. Nadat 6,40 mL van deze oplossing was toegevoegd, was alle bromide neergeslagen. Hoe groot is het massapercentage bromide in het onderzochte monster?
- A 5,11  
B 10,2  
C 12,0  
D 24,0
- 5 Hoeveel pieken komen voor in het  $^1\text{H}$ -NMR spectrum van benzeen?
- A 1  
B 2  
C 3  
D 6

## Zuren en basen

- 6 0,1 M oplossingen van HCl, HF, KCl en KF worden gerangschikt naar opklimmende pH. Welke is de juiste volgorde?
- A HCl, HF, KCl, KF  
B HCl, HF, KF, KCl  
C HF, HCl, KCl, KF  
D HF, HCl, KF, KCl  
E KCl, KF, HCl, HF  
F KCl, KF, HF, HCl  
G KF, KCl, HCl, HF  
H KF, KCl, HF, HCl
- 7 Men heeft een 0,20 M oplossing van dichloorazijnzuur (dichloorethaanzuur). Hoeveel procent van deze stof is gedissocieerd (298 K)?
- A 7,8%  
B 39%  
C 50%  
D 61%  
E 78%  
F 99%
- 8 Bij 298 K wordt 25 mL zoutzuur met  $\text{pH} = 1,00$  gemengd met 25 mL natronloog met  $\text{pH} = 12,78$ . Wat is de pH van de resulterende oplossing?
- A 1,30  
B 1,40  
C 1,70  
D 6,89  
E 7,00

## Redox en elektrolyse

- 9 Wat is de coëfficiënt van  $\text{H}^+$  als onderstaande halfreactievergelijking kloppend is gemaakt?
- $$\dots \text{S}^{2-} + \dots \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots \text{SO}_4^{2-} + \dots \text{H}^+ + \dots \text{e}^-$$
- A 2  
B 4  
C 6  
D 8

- 10 Een elektrochemische cel is opgebouwd uit een halfcel die bestaat uit een zilverstaaf, geplaatst in een zilvernitraatoplossing met  $[Ag^+] = 0,23 \text{ mol L}^{-1}$  en een halfcel die bestaat uit een grafietstaaf, geplaatst in een oplossing die ijzer(II)sulfaat en ijzer(III)sulfaat bevat, met  $[Fe^{2+}] = 0,050 \text{ mol L}^{-1}$  en  $[Fe^{3+}] = 0,15 \text{ mol L}^{-1}$ . Beide oplossingen zijn verbonden door middel van een zoutbrug. Wat gebeurt er als de elektroden worden kortgesloten? De temperatuur is 298 K.
- A Er gaat een elektronenstroom lopen van de grafietstaaf naar de zilverstaaf.  
 B Er gaat een elektronenstroom lopen van de zilverstaaf naar de grafietstaaf.  
 C Er gaat geen elektronenstroom lopen.
- 11 Een natriumsulfaatoplossing, waaraan enkele druppels fenolftaleïne zijn toegevoegd, wordt geëlektrolyseerd met platina-elektrodes. Welke kleurverandering treedt op?
- A De kleurloze oplossing wordt roze bij de negatieve elektrode en blijft kleurloos bij de positieve elektrode.  
 B De kleurloze oplossing blijft kleurloos bij de negatieve elektrode en wordt roze bij de positieve elektrode.  
 C De roze oplossing blijft roze bij de negatieve elektrode en wordt kleurloos bij de positieve elektrode.  
 D De roze oplossing wordt kleurloos bij de negatieve elektrode en blijft roze bij de positieve elektrode.

### Reactiesnelheid en evenwicht

- 12 Wanneer aan 2,0 g vast  $CaCO_3$  100 mL 1,0 M zoutzuur wordt toegevoegd, ontstaat met een bepaalde snelheid  $CO_2$  gas. In welk van onderstaande gevallen ontstaat  $CO_2$  gas met dezelfde snelheid?
- A De 100 mL 1,0 M zoutzuur verwarmen voordat het wordt toegevoegd.  
 B Het  $CaCO_3$  verpulveren voordat de 100 mL 1,0 M zoutzuur wordt toegevoegd.  
 C Toevoegen van 50 mL 2,0 M zoutzuur in plaats van 100 mL 1,0 M zoutzuur.  
 D Toevoegen van 150 mL 1,0 M zoutzuur in plaats van 100 mL 1,0 M zoutzuur.
- 13  $NO$  en  $H_2$  reageren in de gasfase als volgt:  
 $2 NO + 2 H_2 \rightarrow N_2 + 2 H_2O$   
 Voor de reactiesnelheid van deze reactie geldt:  $s = k [NO] [H_2]^2$ .  
 Wat is de eenheid van  $k$ ?
- A  $L \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$   
 B  $L^2 \text{ mol}^{-2} \text{ s}^{-1}$   
 C  $\text{mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$   
 D  $\text{mol}^2 \text{ L}^{-2} \text{ s}^{-1}$   
 E  $\text{s mol L}^{-1}$   
 F  $\text{s mol}^2 \text{ L}^{-2}$
- 14 Fosgeen,  $COCl_2$ , kan worden gemaakt volgens onderstaande evenwichtsreactie:  
 $CO(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons COCl_2(g)$   
 De reactie naar rechts is exotherm.  
 Onder welke omstandigheden wordt het meeste fosgeen gevormd?
- A hoge druk en hoge temperatuur  
 B hoge druk en lage temperatuur  
 C lage druk en hoge temperatuur  
 D lage druk en lage temperatuur

## Structuur

- 15 Beschouw de volgende reactie:
- $${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + \text{X}$$
- Wat is X?
- A** een  $\alpha$  deeltje  
**B** een  $\beta$  deeltje  
**C** een  $\gamma$  deeltje
- 16 Hoeveel isomeren dichloorbenzeen ( $\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$ ) bestaan er?
- A** 1  
**B** 2  
**C** 3  
**D** 4
- 17 In de deeltjes  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_3$  en  $\text{NH}_2^-$  heeft het stikstofatoom  $\text{sp}^3$  hybridisatie. Als je deze deeltjes moet rangschikken in volgorde van toenemende bindingshoek H–N–H, wat is dan die volgorde?
- A**  $\text{NH}_2^-$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$   
**B**  $\text{NH}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_3$   
**C**  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$   
**D**  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_2^-$   
**E**  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_2^-$   
**F**  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_2^-$ ,  $\text{NH}_3$   
**G** Alle bindingshoeken zijn even groot.
- 18 Welke van onderstaande deeltjes heeft dezelfde vorm als een  $\text{NO}_3^-$  ion?
- A**  $\text{ClF}_3$   
**B**  $\text{ClO}_3^-$   
**C**  $\text{SO}_3$   
**D**  $\text{SO}_3^{2-}$
- 19 Hoeveel grensstructuren (mesomere structuren) zijn er te tekenen van ureum:  $\text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{NH}_2$ ?
- A** 1  
**B** 2  
**C** 3  
**D** 4
- 20 Hoeveel  $\sigma$  bindingen en hoeveel  $\pi$  bindingen bevat een molecuul propadieen:  $\text{H}_2\text{C}=\text{C}=\text{CH}_2$ ?
- |          | aantal $\sigma$ bindingen | aantal $\pi$ bindingen |
|----------|---------------------------|------------------------|
| <b>A</b> | 2                         | 4                      |
| <b>B</b> | 2                         | 6                      |
| <b>C</b> | 4                         | 2                      |
| <b>D</b> | 6                         | 4                      |
| <b>E</b> | 6                         | 2                      |

## Open opgaven

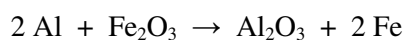
(totaal 56 punten)

### ■ Opgave 2 Thermiet

(12 punten)

In 2011 ontvingen de Mythbusters, Adam Savage en Jamie Hyneman, een eredoctoraat van de Universiteit Twente. De Mythbusters hebben op Discovery Channel en veel bekeken programma, waarin ze sterke verhalen op de proef stellen.

Tijdens een van deze afleveringen testten ze de thermietreactie: de reactie tussen aluminiumpoeder en ijzer(III)oxide:



Voor deze reactie worden aluminiumpoeder en ijzer(III)oxidepoeder goed gemengd en even verhit. Bij de reactie komt veel warmte vrij. De reactie verloopt snel, maar is niet explosief.

□13 Leg uit waarom deze reactie niet tot een explosie leidt. 2

□14 Bereken de enthalpieverandering,  $\Delta H$ , van deze reactie (298 K en  $p = p_0$ ). 3

In de praktijk wordt de thermietreactie tussen aluminiumpoeder en ijzer(III)oxide gebruikt om materialen te lassen waar je met gewone lasapparaten niet goed bij kunt komen. De Mythbusters gebruiken voor hun experiment 1,75 kg ijzer(III)oxide en genoeg aluminium om alle ijzer(III)oxide om te zetten.

□15 Ga door een berekening na of in dit experiment voldoende energie vrijkomt om twee metaaloppervlakken aan elkaar te lassen. Een bepaald type lasapparaat verbruikt 2,5 kWh om die oppervlakken te lassen. 3

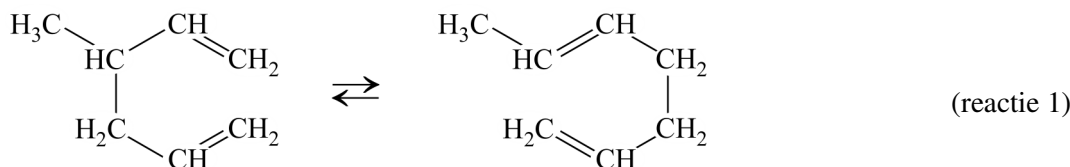
Toen de Mythbusters de thermietreactie uitvoerden op een groot blok ijs, trad tot hun genoegen wel een explosie op. Na afloop van het experiment bleek ook weer ijzer(III)oxide aanwezig te zijn.

□16 Geef een verklaring voor het optreden van de explosie en het ontstaan van ijzer(III)oxide als de thermietreactie wordt uitgevoerd op een blok ijs. Licht je antwoord toe met reactievergelijkingen. 4

### Opgave 3 De Cope rearrangement

(16 punten)

De Cope rearrangement (Cope omlegging) is een thermische isomerisatiereactie. Een voorbeeld van een Cope rearrangement is hieronder weergegeven:



- 17 Geef de systematische namen van de beginstof en van het reactieproduct.

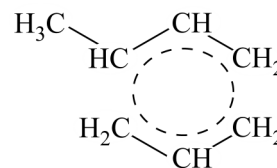
4

Noteer je antwoord als volgt:

beginstof: ...

reactieproduct: ...

Reactie 1 is pericyclisch. Dat wil zeggen dat de overgangstoestand tussen de moleculen van de beginstof en het reactieproduct cyclisch van aard is. Deze overgangstoestand wordt vaak weergegeven zoals hiernaast is afgebeeld.



Van de beginstof en van het reactieproduct van reactie 1 bestaan stereo-isomeren.

- 18 Leg dit uit.

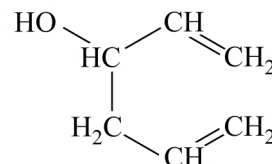
4

Bovenstaande weergave suggereert dat de ring in de overgangstoestand een benzeenachtige structuur heeft.

- 19 Als de ring in de overgangstoestand een benzeenachtige structuur heeft, is het dan mogelijk dat van het reactieproduct beide stereo-isomeren ontstaan, als van de beginstof één van de stereo-isomeren wordt gebruikt? Licht je antwoord toe.

2

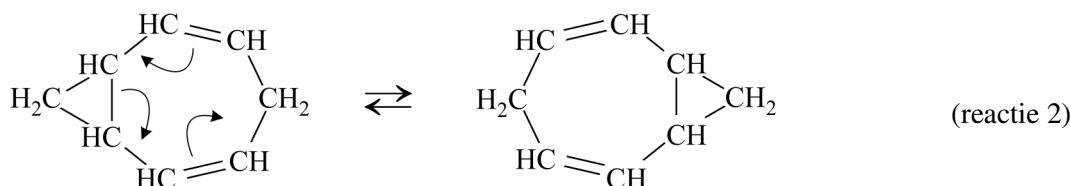
Ook wanneer men een stof met nevenstaande structuurformule verhit, vindt een Cope rearrangement plaats. Bovendien ondergaat het reactieproduct een tautomere omlegging.



- 20 Geef de structuurformule van het reactieproduct dat uiteindelijk ontstaat.

2

Een bijzondere vorm van een Cope rearrangement treedt op bij de stof homotropilideen. Hierbij blijft de moleculaire structuur onveranderd. De Cope rearrangement in homotropilideen is hieronder weergegeven:



Met pijlen zijn de veranderingen in de bindingen weergegeven.

Bij lage temperatuur is de snelheid van deze rearrangement erg laag; dan zijn in het  $^1\text{H-NMR}$  spectrum signalen te zien voor alle verschillende typen protonen. Bij voldoende verhoging van de temperatuur wordt de uitwisseling zodanig snel dat zogenoemde coalescentie plaatsvindt. Een proton dat dan in de isomerisatie van type verandert, levert dan een gemiddeld signaal van deze typen protonen.

- 21 Hoeveel verschillende protonsignalen komen voor in het  $^1\text{H-NMR}$  spectrum van homotropilideen bij lage temperatuur? En hoeveel bij hoge temperatuur? Licht je antwoorden toe. Laat eventuele opsplitsing van de signalen buiten beschouwing.

4

## Opgave 4 Een legering

(28 punten)

Een bepaalde legering bestaat uit de metalen zilver, koper en chroom; andere stoffen komen in die legering niet voor. Op internet is de volgende beschrijving te vinden van een onderzoek naar de samenstelling van deze legering.

Van de legering wordt  $1,500 \cdot 10^3$  mg opgelost. Er ontstaat een zure oplossing met  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  en  $\text{Cr}^{3+}$  ionen. Het volume van de oplossing wordt met gedestilleerd water op 500 mL gebracht. Daarna worden de volgende twee bepalingen gedaan:

Bepaling I: bepaling van het chroomgehalte, door middel van een terugtitratie;

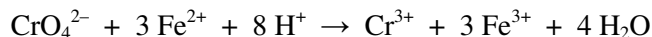
Bepaling II: bepaling van het zilver- en kopergehalte door middel van elektrolyse.

Bepaling I wordt als volgt uitgevoerd.

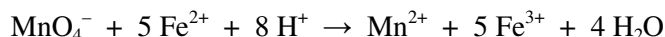
Uit de oorspronkelijke oplossing van 500 mL wordt 50,0 mL gepipetteerd. Uit deze oplossing worden alle  $\text{Ag}^+$  en  $\text{Cu}^{2+}$  ionen verwijderd. Daarna worden de  $\text{Cr}^{3+}$  ionen met behulp van waterstofperoxide omgezet tot  $\text{CrO}_4^{2-}$  ionen. Deze reactie verloopt in basisch milieu.

- 22 Geef van deze redoxreactie met  $\text{Cr}^{3+}$  de vergelijkingen van de beide halfreacties en de totale reactievergelijking. 4

Daarna wordt de verkregen oplossing aangezuurd en wordt 25,00 mL van een 0,100 M ijzer(II)sulfaat-oplossing toegevoegd. De volgende reactie treedt dan op:



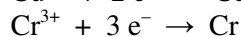
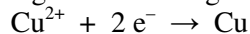
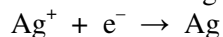
De overmaat  $\text{Fe}^{2+}$  wordt vervolgens getitreerd met een oplossing van kaliumpermanganaat ( $\text{KMnO}_4$ ). Ook deze reactie verloopt in zuur milieu. De vergelijking van de optredende reactie is:



De kaliumpermanganaatoplossing was 0,0200 M en er was 17,20 mL nodig om het overgebleven  $\text{Fe}^{2+}$  om te zetten.

- 23 Bereken het massapercentage chroom in de legering. 5

Voor bepaling II werd 200 mL van de oorspronkelijke oplossing geëlektrolyseerd met een stroomsterkte van 2,00 A. Na 785 seconden waren alle metaalionen uit de oplossing omgezet. Daarbij traden aan de negatieve elektrode de volgende reacties op:



- 24 Bereken: 12

a. de totale massa aan zilverionen en koperionen, in mg, die in bepaling II werd omgezet. 3

b. het aantal mmol elektronen dat nodig was voor de omzetting van de  $\text{Cr}^{3+}$  ionen tijdens de elektrolyse. 3

c. de massapercentages zilver en koper in de legering. 6

Gebruik de volgende gegevens:

- 1 A is  $1 \text{ C s}^{-1}$ ;

- een mol elektronen heeft een lading van 96485 C.

Als je het massapercentage chroom niet hebt kunnen berekenen, ga er hier dan vanuit dat de legering 10,0 massaprocent chroom bevat.

De hierboven beschreven bepaling is nogal omslachtig en problematisch. Zo zal men, gezien de samenstelling van de te elektrolyseren oplossing, voor bepaling II een bepaald probleem hebben moeten oplossen.

- 25 Leg uit welk probleem dat is. 2

- 26 Bedenk een manier om de samenstelling van de legering van zilver, koper en chroom te bepalen, zonder gebruik te maken van een titratie en elektrolyse. Schrijf die manier ook op. 5

**naam:**

**Antwoordblad meerkeuzevragen van voorronde 2 van de 33<sup>e</sup> Nationale Scheikundeolympiade 2012**

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		



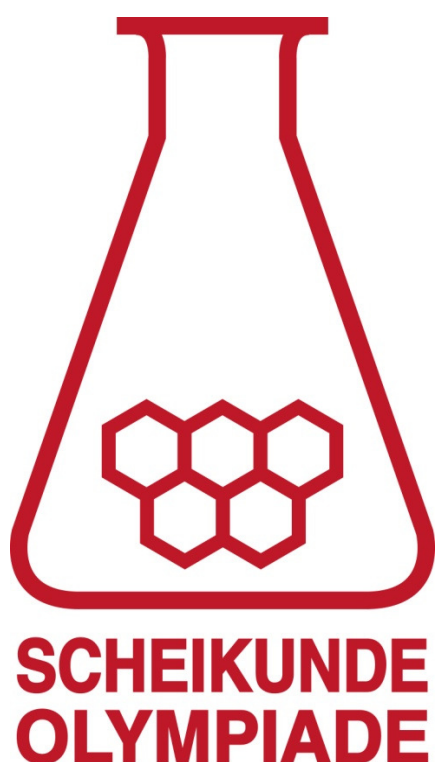
# 33<sup>e</sup> Nationale Scheikundeolympiade

Technische Universiteit

Eindhoven

## THEORIETOETS opgaven

dinsdag 12 juni 2012



Washington, D.C. • USA



- Deze theorietoets bestaat uit 8 opgaven met in totaal 31 deelvragen.
- Gebruik voor elke opgave een apart antwoordblad, voorzien van naam. Houd aan alle zijden 2 cm als marge aan.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 116 punten.
- De theorietoets duurt maximaal 4 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: rekenapparaat en BINAS 5<sup>e</sup> druk.
- Bij elke opgave is het aantal punten vermeld dat juiste antwoorden op de vragen oplevert.

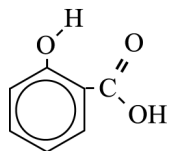
## Opgave 1 Aspirientje

(13 punten)

Salicylzuur is een zwak éénwaardig zuur. Een 0,050 M oplossing van salicylzuur blijkt bij 298 K  $\text{pH} = 2,18$  te hebben.

- 1 Bereken de waarde van  $K_z$  van salicylzuur. 3

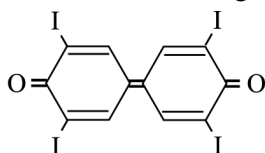
De structuurformule van salicylzuur kan als volgt worden weergegeven:



Op grond van de aanwezigheid van zowel een  $-\text{COOH}$  groep als een  $-\text{OH}$  groep aan de benzeenring zou men mogen verwachten dat salicylzuur een tweewaardig zuur is.

- 2 Geef een verklaring voor het feit dat salicylzuur toch een éénwaardig zuur is. 1

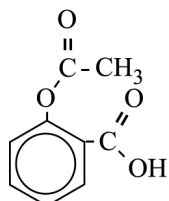
Laat men een oplossing van natriumsalicylaat reageren met natronloog en een joodoplossing dan ontstaat een neerslag van de stof tetrajoodfenyleenchinon:



In deze reactie reageren salicylaationen met hydroxide-ionen en joodmoleculen tot moleculen tetrajoodfenyleenchinon, watermoleculen, jodide-ionen en carbonaationen.

- 3 Geef de reactievergelijking. Gebruik brutoformules. 4

Deze reactie kan worden gebruikt om het gehalte aan acetylsalicylzuur in een aspirientje te bepalen. De structuurformule van acetylsalicylzuur kan als volgt worden weergegeven:



Voorafgaand aan de bepaling wordt het acetylsalicylzuur door verzeeping omgezet tot salicylaat en acetaat. Vervolgens laat men het salicylaat in basisch milieu reageren met jood, waarbij het slecht oplosbare tetrajoodfenyleenchinon wordt gevormd. Uit de massa van het gevormde tetrajoodfenyleenchinon kan men het gehalte aan acetylsalicylzuur in het aspirientje berekenen. Zo'n bepaling heeft men uitgevoerd met een aspirinetablet van 606 mg. Er bleek uiteindelijk 956 mg tetrajoodfenyleenchinon te zijn ontstaan.

- 4 Bereken het massapercentage acetylsalicylzuur in het onderzochte tablet. 5

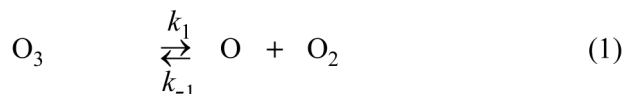
## Opgave 2 Ozon

(17 punten)

De concentratie van ozon ( $O_3$ ) in de onderste laag van de atmosfeer (de troposfeer) is zeer laag (lager dan 1 ppm; parts per million). Dit is maar goed ook, want door zijn oxiderende werking is ozon gevaarlijk voor mens en dier. Hoger in de atmosfeer, in de stratosfeer, op 15 - 30 km hoogte, in de zogeheten ozonlaag moet de ozonconcentratie hoger zijn om te voorkomen dat UV licht het aardoppervlak bereikt. Hier is de ozonconcentratie tussen de 1 en 10 ppm.

Ozon ontstaat in de stratosfeer uit zuurstof onder invloed van UV licht. Daarbij neemt een  $O_2$  molecuul een UV foton op, hetgeen zuurstofatomen (O) genereert. Door reactie van een zuurstofatoom met een ander zuurstofmolecuul ontstaat een ozonmolecuul. De excess-energie wordt overgedragen aan een ander molecuul M, dat in de stratosfeer aanwezig is.

De ozonconcentratie in de stratosfeer blijft relatief laag, omdat het ozon ontleedt via het volgende mechanisme:

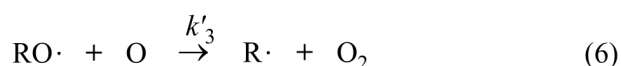
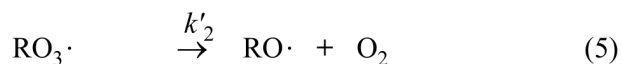
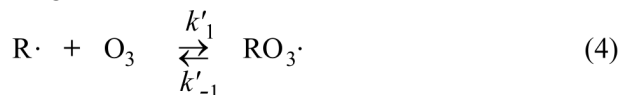


In dit mechanisme verloopt de tweede stap langzaam.

- 5 Leid een uitdrukking af voor de reactiesnelheid van de ontleding van ozon op basis van dit mechanisme.

5

De ozonafbraak in de stratosfeer wordt gekatalyseerd door radicalen, zoals  $OH\cdot$ , die van nature in de stratosfeer voorkomen. Het mechanisme voor de radicaal-gekatalyseerde ontleding van ozon is als volgt ( $R\cdot$  = radicaal):



- 6 Geef de totaalreactie voor de radicaal-gekatalyseerde ontleding van ozon.

2

In de jaren 80 van de vorige eeuw werd duidelijk dat freonen (CFK's) de afbraak van ozon versnellen, waardoor een verlaging van de ozonconcentratie in de stratosfeer optreedt, het zogenoemde ozongat. Freonen worden vaak aangeduid met een code, bijvoorbeeld freon-112. Deze aanduiding is in sommige gevallen niet eenduidig.

- 7 Leg uit hoeveel verschillende stoffen voldoen aan de code freon-112. Informatie over de naamgeving van freonen vind je in Binas.

3

- 8 Leid een uitdrukking af voor de snelheid waarmee  $O_2$  wordt gevormd in de radicaal-gekatalyseerde ontleding van ozon. In deze uitdrukking moet de totaalconcentratie  $[R\cdot]_t$  van katalysatorradicalen voorkomen:  $[R\cdot]_t = [R\cdot] + [RO\cdot] + [RO_3\cdot]$ .

Ga ervan uit dat:

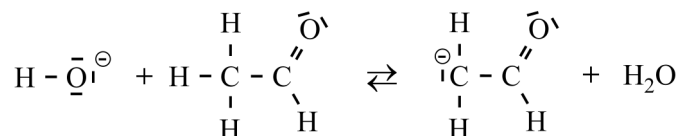
- evenwicht 4 zich instelt;
- zich in de stappen 5 en 6 een stationaire toestand instelt.

7

### Opgave 3 Carbonylverbindingen met $\alpha$ protonen

(26 punten)

Veel reacties van carbonylverbindingen berusten op de aanwezigheid van  $\alpha$  waterstof. In basisch milieu kunnen uit dit soort verbindingen enolaationen ontstaan. Als men bijvoorbeeld loog toevoegt aan ethanal stelt zich het volgende evenwicht in:



- 9 Leg uit waarom ethanal wel met loog kan reageren en een stof waarvan de moleculen geen  $\alpha$  waterstof bezitten, zoals 2,2,4,4-tetramethylpentanon, niet. 3

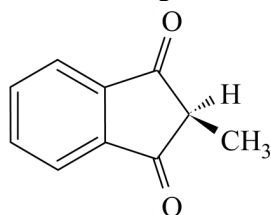
Wanneer men pentaan-3-on met loog verhit, kan een onverzadigd keton worden gevormd met molecuulformule  $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$ . Deze reactie is een voorbeeld van een aldolcondensatie.

- 10 Geef de reactievergelijking in molecuulformules. 3

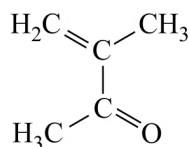
De vorming van  $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$  uit pentaan-3-on verloopt via de vorming van een enolaation uit een molecuul pentaan-3-on, waarna het negatief geladen C atoom aangrijpt op het carbonyl C atoom van een tweede molecuul pentaan-3-on.

- 11 Geef het reactiemechanisme voor deze reactie. Neem daarbij als eerste stap de vorming van het enolaation door reactie van een hydroxide-ion met een molecuul pentaan-3-on. Gebruik voor de organische deeltjes structuurformules met niet-bindende elektronenparen. 6

Wanneer men in basisch milieu 2-methylindaan-1,3-dion met methylisopropenylketon laat reageren, treedt een zogenoemde robinsonannulering op.



2-methylindaan-1,3-dion



methylisopropenylketon

Methylisopropenylketon is geen systematische naam.

- 12 Geef de systematische (IUPAC) naam van methylisopropenylketon. 3

De robinsonannulering bestaat uit een reeks omzettingen waarbij via de vorming van C–C bindingen polycyclische moleculen ontstaan. Tijdens de robinsonannulering treden onder andere op:

- afsplitsing van een  $\alpha$  proton;
- nucleofiele aanval (michaeladditie);
- tautomere omlegging(en);
- intramoleculaire aldolcondensatie.

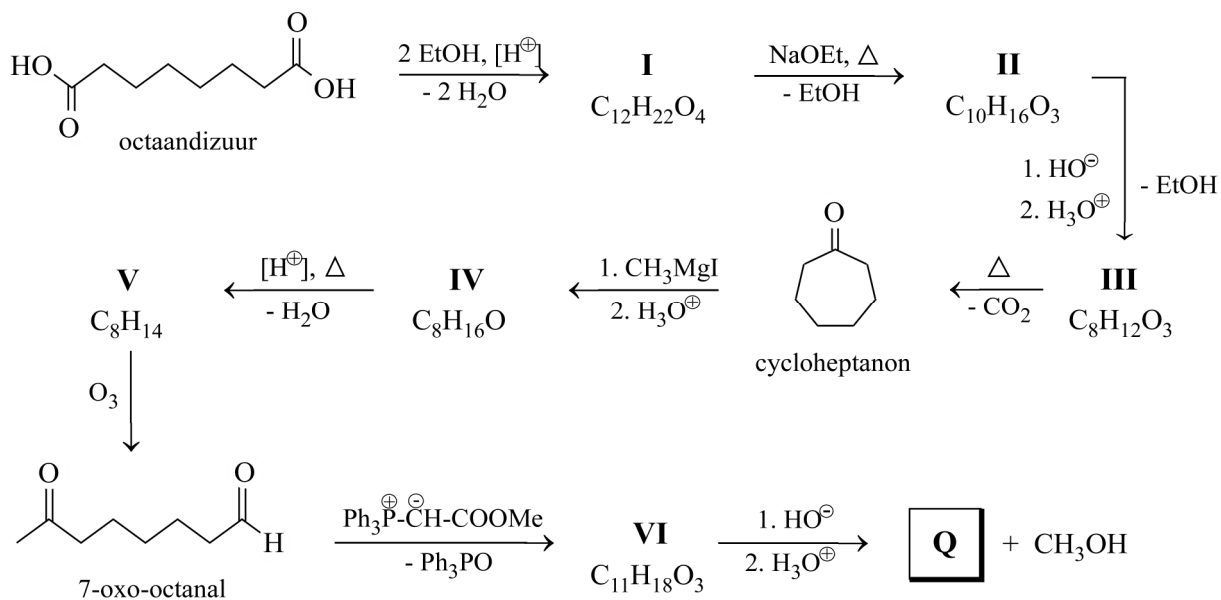
- 13 Geef de structuurformule van het reactieproduct van de robinsonannulering van 2-methylindaan-1,3-dion met methylisopropenylketon. Geef ook aan hoe je tot die structuurformule bent gekomen. 6

- 14 Leg uit hoeveel verschillende stereo-isomeren kunnen ontstaan. 5

## Opgave 4 Een ‘Koninklijke’ verbinding

(7 punten)

De substantie die een bijenkoningin afscheidt om ervoor te zorgen dat andere bijen niet uitgroeien tot koningin is een C<sub>10</sub> verbinding die gemakkelijk te synthetiseren is uit octaandizuur via cycloheptanon en 7-oxo-octanal. Hieronder is de syntheseroute weergegeven.



Een katalysator wordt in dit schema aangeduid boven de reactiepijlen tussen rechte haken.

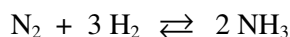
- 15 Geef de structuurformules van de intermediaren **I** t/m **VI** en van de koninginnesubstantie **Q**.

7

## ■ Opgave 5 Omhoog of omlaag?

(15 punten)

Stikstof en waterstof kunnen met elkaar reageren onder vorming van ammoniak. Uiteindelijk stelt zich het volgende evenwicht in:



- 16 Bereken de evenwichtsconstante  $K$  bij 500 K voor dit evenwicht. Voor gegevens met betrekking tot  $\Delta_f H^0$  en  $S^0$  zie Binas. 4
- In een rechtopstaand reactievat, dat van boven is afgesloten met een beweegbare zuiger, bevindt zich op een bepaald moment een gasmengsel, bestaande uit 2,0 mol  $\text{N}_2$ , 4,0 mol  $\text{H}_2$  en 1,0 mol  $\text{NH}_3$ . De temperatuur van het gasmengsel is 500 K en de druk is 3,0 bar.
- 17 Bereken het volume van het gasmengsel op dat moment. Neem aan dat het mengsel zich gedraagt als een ideaal gas. 3
- Het mengsel van 2,0 mol  $\text{N}_2$ , 4,0 mol  $\text{H}_2$  en 1,0 mol  $\text{NH}_3$  bij 500 K en 3,0 bar is niet in evenwicht. Dat betekent dat de zuiger in beweging is bij de instelling van het evenwicht.
- 18 Ga door middel van een berekening na of de zuiger omhoog of omlaag zal gaan als de temperatuur 500 K blijft en de druk 3,0 bar. Gebruik hierbij onder andere de uitkomst van vraag 16. 5
- 19 Bereken bij welke temperatuur het mengsel van 2,0 mol  $\text{N}_2$ , 4,0 mol  $\text{H}_2$  en 1,0 mol  $\text{NH}_3$  bij 3,0 bar in evenwicht zou zijn. 3

## ■ Opgave 6 Identificatie

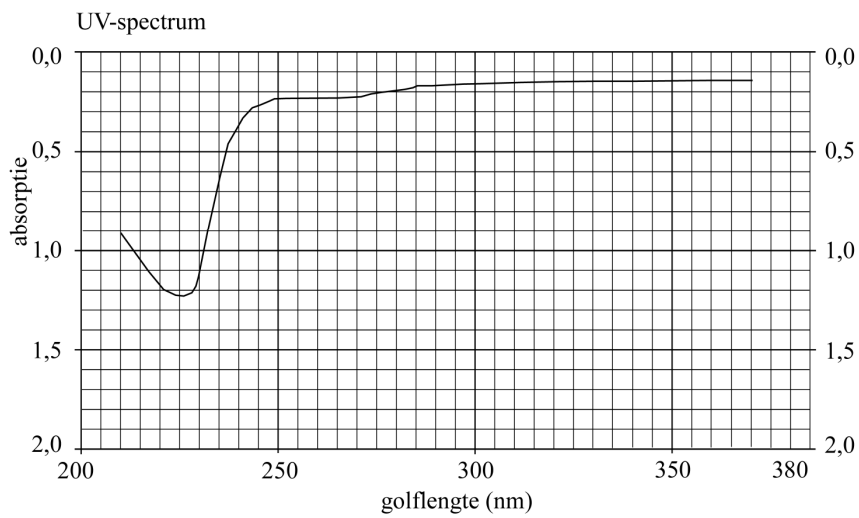
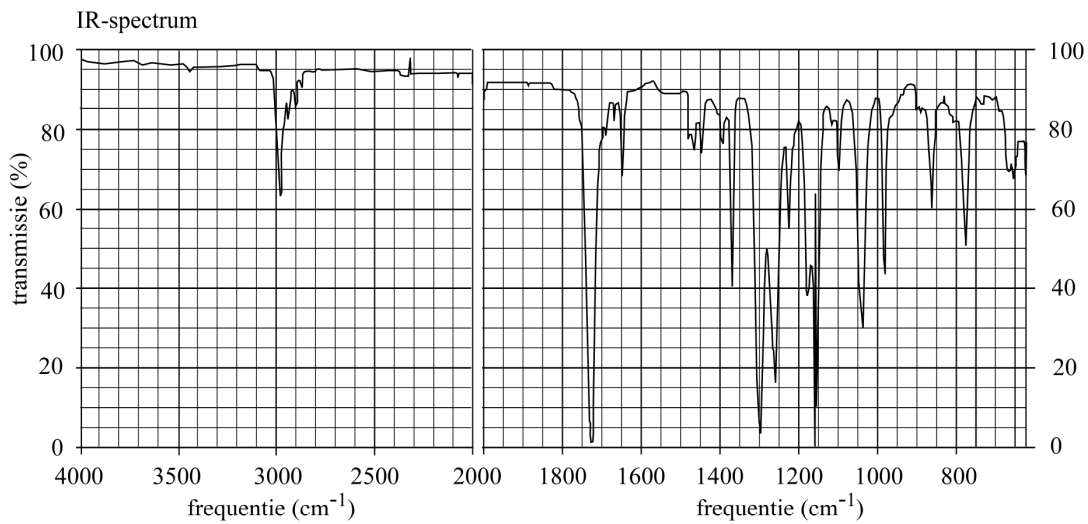
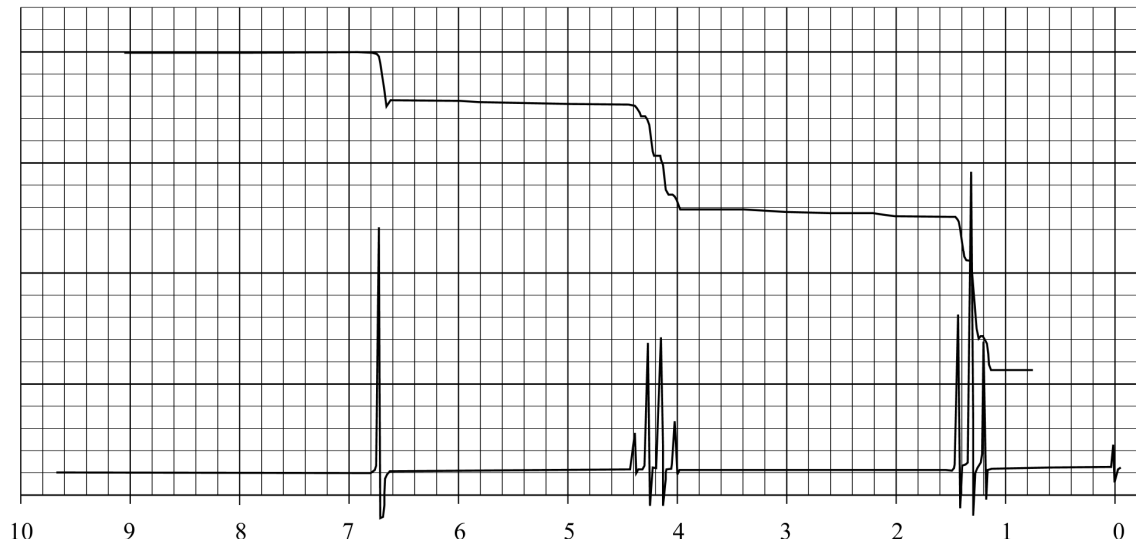
(12 punten)

Op de volgende pagina staan het NMR-, IR- en UV-spectrum van een organische verbinding. De moleculen van deze verbinding bevatten alleen koolstofatomen, waterstofatomen en zuurstofatomen. De molecuulmassa is 172 u.

De lijn bovenlangs de pieken in het NMR-spectrum is de zogenoemde integratielij. Deze geeft met sprongen de oppervlakteverhouding van de pieken aan. Deze is hier (afgerond) 3 : 2 : 1.

- 20 Welke andere informatie geeft het NMR-spectrum? 4
- 21 Welke relevante informatie geeft het IR-spectrum? Noem ook de frequenties ( $\text{cm}^{-1}$ ) van de absorptiegebieden. 5
- 22 Welke informatie geeft het UV-spectrum? 1
- 23 Welke structuurformule(s) kan (kunnen) uit de spectra en de overige verstrekte gegevens worden afgeleid? 2

NMR-spectrum



## Opgave 7 Waterstof

(17 punten)

Een elektron kan worden beschouwd als een golf, met golflengte  $\lambda$ , gegeven door de de Broglie-relatie. Wanneer het elektron in een cirkelvormige baan beweegt, met de kern in het middelpunt, moet de omtrek van die baan een veelvoud zijn van de golflengte van dat elektron.

- 24 Waarom is dat zo? 1  
De kinetische energie  $E_k$  van een elektron in een waterstofatoom in de grondtoestand is 2,179 aJ.
- 25 Bereken de kleinst mogelijke straal  $r$  van de cirkelvormige baan van het elektron in een waterstofatoom. 6  
Spectroscopie van het waterstofatoom laat overgangen zien tussen twee niveaus. Voor de reciproke golflengte van het licht dat met deze overgangen samenhangt, geldt:  $\frac{1}{\lambda} = R_H \left[ \frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right]$ , waarbij  $R_H$  de Rydbergconstante voor waterstof is en  $n_2 < n_1$ . De overgangen worden samengenomen in zogenoemde reeksen; iedere overgang heeft dezelfde  $n_2$ .
- 26 Is voor een emissiespectrum  $n_2$  de begintoestand of de eindtoestand van de overgang? Licht je antwoord toe. 2  
De Balmerreeks werd het eerst ontdekt, omdat de overgangen van deze reeks in het zichtbare gebied liggen. Voor deze reeks geldt  $n_2 = 2$ .
- 27 Ga door middel van een berekening na wat de kleur is van het licht met de grootste golflengte in deze reeks. 4  
Voor waterstofachtige ionen (dat wil zeggen atomaire ionen met slechts één elektron) geldt voor de overgangen tussen twee energieniveaus de volgende betrekking:  $\frac{1}{\lambda} = Z^2 R_H \left[ \frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right]$ , waarbij  $Z$  het atoomnummer is.  
Stel we hebben atomen van een onbekend element. We verwijderen uit de atomen alle elektronen op één na en nemen het spectrum op. De overgang met de kleinste golflengte heeft  $\lambda = 10,129$  nm.
- 28 Ga door middel van een berekening na welk element het hier betreft. 4

## Opgave 8 Ionisatiepotentialen

(9 punten)

De ionisatiepotentiaal is de minimale energie die nodig is om een elektron uit een atoom of een molecuul te verwijderen.

De elektronenconfiguratie van een waterstofmolecuul wordt gegeven door  $(1\sigma)^2$ . Dat betekent dat er twee elektronen in de bindende  $1\sigma$  moleculaire orbitaal zitten.

De ionisatiepotentiaal van moleculair waterstof is groter dan de ionisatiepotentiaal van atomair waterstof.

- 29 Leg dat uit. 3  
De elektronenconfiguratie van moleculair zuurstof is  $(1\sigma)^2(2\sigma^*)^2(3\sigma)^2(4\sigma^*)^2(5\sigma)^2(1\pi)^4(2\pi^*)^2$ . De sterretjes (\*) duiden antibindende orbitalen aan.
- 30 Is de ionisatiepotentiaal van moleculair zuurstof groter of kleiner dan de ionisatiepotentiaal van atomair zuurstof? Licht je antwoord toe. 3
- 31 Is de ionisatiepotentiaal van moleculair stikstof groter of kleiner dan de ionisatiepotentiaal van atomair stikstof? Licht je antwoord toe. 3



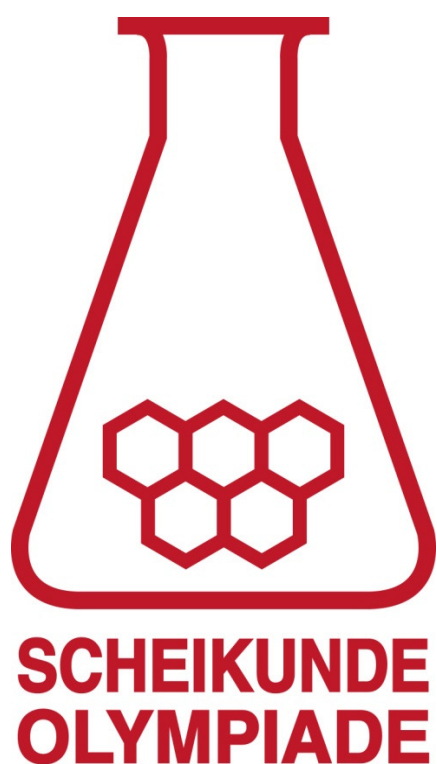
# 33<sup>e</sup> Nationale Scheikundeolympiade

Technische Universiteit

Eindhoven

PRACTICUMTOETS

woensdag 13 juni 2012



Washington, D.C. • USA



## Aanwijzingen/hulpmiddelen

- Deze practicumtoets bestaat uit twee geïntegreerde onderdelen:
  - een synthese (synthese van [tris-(pentaan-2,4-diono)]mangaan(III), een coördinatiecomplex)
  - een analyse (analyse van [tris-(pentaan-2,4-diono)]mangaan(III)).
- Na 4 uur eindigt de practicumtoets. Binnen deze tijd moeten:
  - de bijgevoegde antwoordbladen zijn ingevuld;
  - de opbrengst en het rendement van de synthese zijn berekend;
  - de ijklijn zijn getekend en het mangaangehalte van het complex zijn berekend;
  - alle vragen zijn beantwoord.
- Na afloop van de hele practicumtoets, als je alles hebt ingeleverd, moet het glaswerk nog schoongemaakt en opgeruimd worden (tot ca. 18.00 u).
- De maximumscore voor de gehele practicumtoets bedraagt 40 punten.
- De score wordt bepaald door:

○ praktische vaardigheid, netheid, veiligheid	maximaal 8 punten
○ opbrengst en rendement van de synthese	maximaal 8 punten
○ ijklijn en gehalte van de analyse	maximaal 12 punten
○ beantwoording van de vragen	maximaal 12 punten
- Benodigde hulpmiddelen: (grafische) rekenmachine, lineaal/geodriehoek en Binas.
- Lees eerst de inleiding en alle opdrachten door en begin daarna pas met de uitvoering.

### Extra:

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

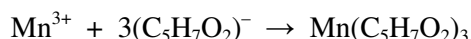
# Practicumtoets 33<sup>e</sup> Nationale Scheikundeolympiade

## Opdracht 1 Synthese van [tris-(pentaan-2,4-diono)]mangaan(III)

### Inleiding

De reactie tussen  $\text{Mn}^{3+}$  en pentaan-2,4-dion (acetylaceton:  $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$ ) is een voorbeeld van de vorming van een coördinatie-complex. Acetylaceton fungeert in waterige oplossing als een zwak zuur dankzij de keto-/enolvorm (tautomerisatie).

De geconjugeerde base van acetylaceton vormt met  $\text{Mn}^{3+}$  een complex ([tris-(pentaan-2,4-diono)]mangaan(III) of mangaan(III)acetylacetonaat) volgens:



We starten met een oplossing van mangaan(II)chloride. Het  $\text{Mn}^{2+}$  hierin moet eerst worden geoxideerd tot  $\text{Mn}^{3+}$ . Dit gebeurt met behulp van een aangezuurde oplossing van  $\text{KMnO}_4$ .

### Veiligheid

Gebruik bij voorkeur latexhandschoenen. Ruim gemorste chemicaliën direct op!

Zorg altijd voor een schone, opgeruimde werkomgeving!

- Mangaan(II)chloride is een schadelijke stof. Gebruik handschoenen!  
R-zin: 22; S-zin 24.
- Natriumacetaat is een licht irriterende stof. Bij huidcontact wassen met water en zeep.
- Acetylaceton is vluchtig en brandbaar. Werk bij voorkeur in de zuurkast.  
R-zinnen: 10, 22; S-zinnen: 21, 23, 24, 25.
- Kaliumpermanganaat is een sterke oxiderende verbinding en is bovendien schadelijk. Bij huidcontact snel afspoelen met water en zeep. Gebruik handschoenen!  
R-zinnen: 8, 22, 50-53; S-zinnen 60, 61.
- Het mangaan(III)acetylacetonaatcomplex is een licht irriterende verbinding. Bij huidcontact wassen met water en zeep.

### Uitvoering

- Maak in een bekersglas van 250 mL een oplossing van 2,50 g (0,0127 mol)  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  en 7 g (0,051 mol)  $\text{NaAc} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (natriumacetaat) in 100 mL water.
- Voeg onder roeren 12 g (0,12 mol) acetylaceton en tenminste 0,55 g (0,0035 mol)  $\text{KMnO}_4$  toe.
- Voeg dan nog een extra hoeveelheid van 7 g  $\text{NaAc} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  toe en roer het mengsel gedurende 5 minuten. Verwarm het mengsel onder roeren circa 10 minuten op 70 °C.
- Laat de oplossing langzaam afkoelen tot 30 °C en daarna in ijswater tot ca. 10 °C.
- Filtreer de donkere massa onder vacuüm af met een büchnertrechter.
- Maak 25 mL van een 0,1 M oplossing van acetylaceton in water en was hiermee de kristallen in de büchnertrechter om verontreinigingen te verwijderen en tevens dissociatie van het complex te onderdrukken.
- Droog het product door 5 minuten lucht aan te zuigen via de büchnertrechter.
- Bepaal de opbrengst en het rendement.

### Vragen

- 1 Geef de structuurformules van de keto- en enolvorm van pentaan-2,4-dion en leid hieruit de structuurformule van de geconjugeerde base (anion) af. 3
- 2 Wat kun je zeggen over het coördinatiegetal en de ruimtelijke structuur van het ontstane complex? Licht je antwoord toe. 2
- 3 Geef de vergelijking van de redoxreactie van  $\text{Mn}^{2+}$  met  $\text{MnO}_4^-$  in zuur milieu 3

## Opdracht 2 Analyse van [tris-(pentaan-2,4-diono)]mangaan(III)

### Inleiding

De analyse bestaat uit het bepalen van het mangaangehalte, uitgedrukt in mol Mn per mol complex. Bedenk dat het complex eerst moet worden afgebroken. Het vrijgekomen  $\text{Mn}^{3+}$  wordt eerst omgezet tot  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{MnO}_4^-$  dat vervolgens spectrofotometrisch bepaald wordt.

Eerst wordt een ijklijn gemaakt waarbij extincties van bekende ijkoplossingen worden gemeten t.o.v. een blanco bij een bepaalde golflengte. Hierna wordt de extinctie gemeten van een monster en hieruit kan m.b.v. de ijklijn de concentratie bepaald worden. Tenslotte kan hieruit het mangaangehalte bepaald worden.

### Veiligheid

Gebruik bij voorkeur latexhandschoenen. Ruim gemorste chemicaliën direct op!

Zorg altijd voor een schone, opgeruimde werkomgeving!

- Verdund zwavelzuur (2 M; 4 M) is een sterk zuur en is erg corrosief. Voeg nooit water toe aan zwavelzuur, andersom mag wel.  
R-zinnen: 36-38; S-zinnen: 26, 30, 36, 37, 39, 45.
- Geconcentreerd salpeterzuur is een sterk zuur, sterk oxiderend en erg corrosief. Gebruik altijd handschoenen en werk in de zuurkast!  
R-zinnen: 8, 35; S-zinnen: 23, 26, 36, 45.
- Kaliumperjodaat is een schadelijke oxiderende stof. Bij huidcontact afspoelen met water en zeep. Gebruik handschoenen!  
R-zinnen: 8, 36, 37, 38; S-zinnen: 17, 26, 36.

### Uitvoering

#### IJKLIJN

- Maak met behulp van finnpipetten tenminste 6 ijkoplossingen (inclusief de blanco) uitgaande van een 0,01945 M  $\text{KMnO}_4$  standaardoplossing. Gebruik maatkolven van 100 mL.
- Voeg aan elke ijkoplossing 5 mL 4 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  toe en vul aan met demiwater tot 100 mL.
- Het lineaire gebied (Lambert-Beer) gaat van 0 – 0,4 mmol  $\text{MnO}_4^-$  per L.
- Meet van elke ijkoplossing de extinctie t.o.v. de blanco bij een golflengte van 524 nm.
- Maak een ijklijn.

#### MONSTER

- Weeg circa 100 mg (in duplo) monster nauwkeurig af en breng dit over in een bekeerglas van 100 mL.
- Voeg 3 mL 4 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en 5 mL geconcentreerd  $\text{HNO}_3$  toe en verwarm voorzichtig in de zuurkast totdat alles is opgelost (duur ca. 30 minuten).
- Breng de oplossing, na afkoelen, over in een maatkolf van 250 mL.
- Vul aan met demiwater en homogeniseer.
- Pipetteer 25,00 mL van deze oplossing in een bekeerglas van 150 mL
- Voeg achtereenvolgens toe: 50 mL demiwater, 5 mL 4 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en 1 g kaliumperjodaat.
- Verwarm de oplossing al roerende in de zuurkast bij ca. 80 °C totdat de paarse kleur van permanganaat ontstaat (duur ca. 30 minuten).
- Koel de oplossing af in ijswater en breng deze over in een maatkolf van 100 mL.
- Vul aan en homogeniseer.
- Meet de extinctie bij een golflengte van 524 nm.
- Bereken het mangaangehalte in mol/mol onder aanname dat de stof zuiver is. Houd rekening met verdunningen.

### Vragen

- 4 Wat wordt verstaan onder een blanco? 1
- 5 Geef de reactievergelijking voor de omzetting van  $\text{Mn}^{3+}$  tot  $\text{MnO}_4^-$  met behulp van  $\text{IO}_4^-$  (perjodaat) in zuur milieu. Het  $\text{IO}_4^-$  wordt hierbij omgezet tot  $\text{IO}_3^-$  (jodaat). 3

**Antwoordblad naam:**

**Opdracht 1**

Opbrengst in g:

Berekening van het rendement:

Antwoorden op vragen:

Vraag 1:

Vraag 2:

Vraag 3:

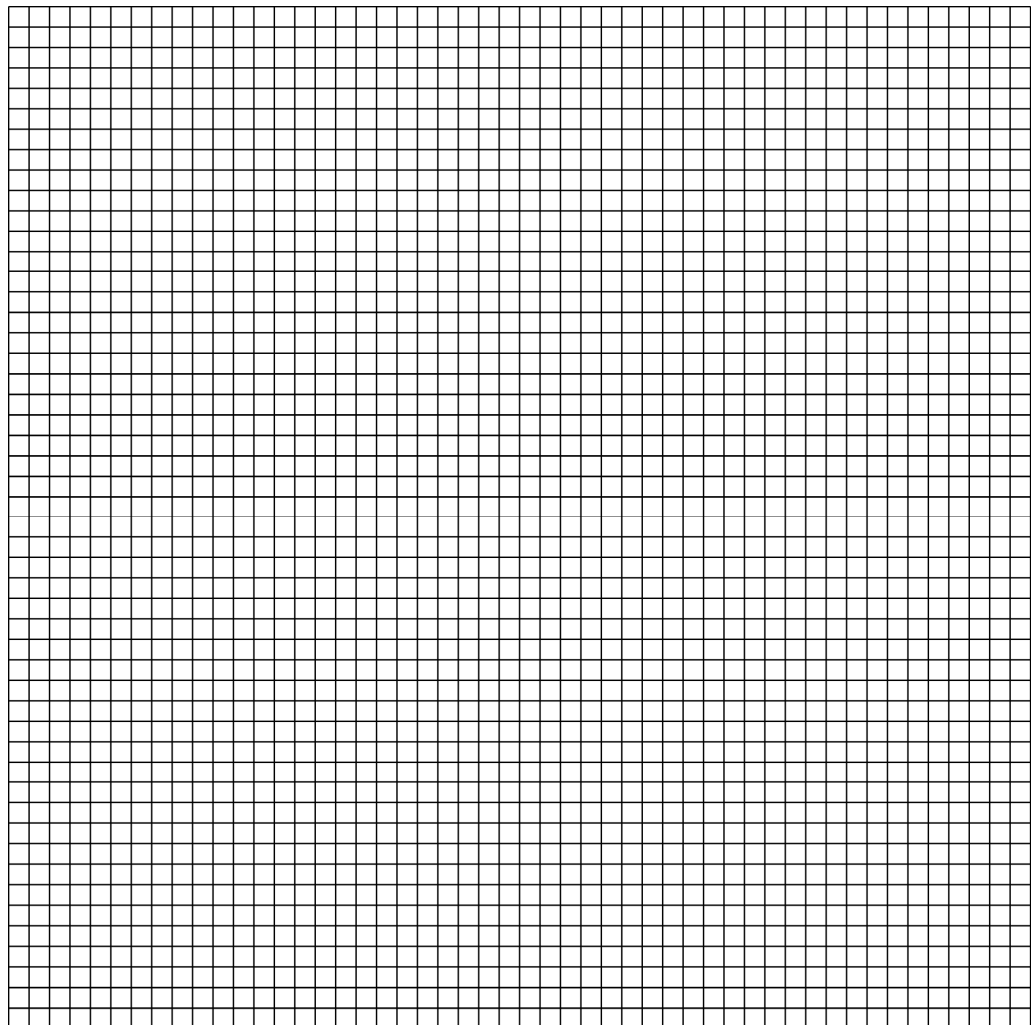
**Antwoordblad naam:**

**Opdracht 2**

IJkreeks

Oplossing nr.	Concentratie $\text{MnO}_4^-$ in $\text{mmol L}^{-1}$	Extinctie
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
monster 1		
monster 2		

IJklijn



**Antwoordblad naam:**

**Opdracht 2 - vervolg**

Berekening van het mangaangehalte:

Antwoorden op vragen:

Vraag 4:

Vraag 5:



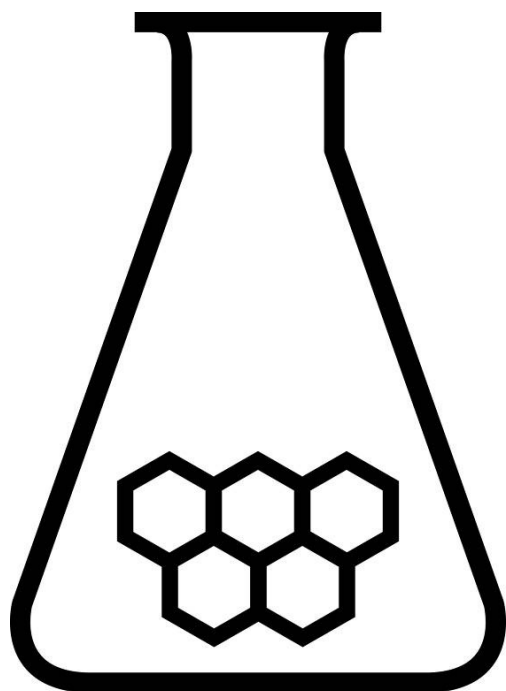


# NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE

## CORRECTIEVOORSCHRIFT VOORRONDE 1

(de week van)

woensdag 25 januari 2012



## SCHEIKUNDE OLYMPIADE

- Deze voorronde bestaat uit 24 meerkeuzevragen verdeeld over 5 onderwerpen en 2 open opgaven met in totaal 12 deelvragen.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 72 punten (geen bonuspunten).
- Benodigde hulpmiddelen: rekenapparaat en BINAS 5<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 CSE worden verstrekt.

**Opgave 1 Meerkeuzevragen****(totaal 36 punten)****Per juist antwoord: 1½ punt****Let op: fout antwoord: -¼ pt; geen antwoord: 0 pt****Rekenen**

1	F	Per 100 u vanadiumoxide heb je $\frac{56}{50,94} = 1,1$ vanadiumionen en $\frac{44}{16,00} = 2,75$ zuurstofionen de verhoudingsformule is dus $V_{1,1}O_{2,75}$ , of $V_2O_5$ . Gegeven dat zuurstof $O^{2-}$ is, volgt daaruit dat de vanadiumionen lading 5+ moeten hebben.
2	A	De ijzerionen in $Fe_3O_4$ moeten 8 minladingen compenseren. $(1 \times 2+) + (2 \times 3+) = 8+$ , dus is de verhouding tussen de $Fe^{2+}$ ionen en $Fe^{3+}$ ionen 1 : 2.
3	C	2,00 mol Y kan reageren met 1,33 mol X. Dus X is overmaat. Uit 2,00 mol Y kan maximaal 2,00 mol Z worden gevormd. Rendement is dus $\frac{1,25}{2,00} \times 100 = 62,5\%$ .
4	A	$\frac{\text{aantal mol sucrose}}{\text{aantal mol water}} = \frac{525 \text{ (g)} / 342,3 \text{ (g mol}^{-1}\text{)}}{100 \text{ (g)} / 18,02 \text{ (g mol}^{-1}\text{)}} = 0,276$
5	F	$\frac{2,50 \text{ (molL}^{-1}\text{)} \times 2,00 \text{ (L)}}{18,0 \text{ (molL}^{-1}\text{)}} \times 10^3 \text{ (mLL}^{-1}\text{)} = 278 \text{ mL}$

**pH / zuurgraad**

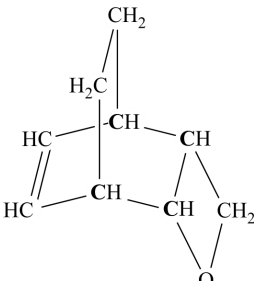
6	D	$K_z = \frac{[H_3O^+][Z^-]}{[HZ]} = \frac{(10^{-2,30})^2}{(0,015 - 10^{-2,30})} = 2,5 \cdot 10^{-3}$
7	B	Een 1 : 1 buffer (waarbij $pH = pK_z$ ) krijg je als je aan $a$ mol van het zuur $\frac{1}{2}a$ mol sterke base toevoegt.
8	B	Mengen van gelijke hoeveelheden van beide oplossingen levert 0,25 M $NH_4Cl$ oplossing. $NH_4^+$ is een zwak zuur (en $Cl^-$ is geen base) dus de oplossing heeft een pH van ongeveer 5.
9	B	De $[H^+]$ in de resulterende oplossing is het gemiddelde van de $H^+$ concentraties in de oorspronkelijke oplossingen: $[H^+] = \frac{10^{-1,0} + 10^{-3,0}}{2}$ . Dus $pH = -\log \frac{10^{-1,0} + 10^{-3,0}}{2} = 1,3$ .
10	A	De oplossing moet een base bevatten. Alleen $CH_3COO^-$ is een base.
11	E	$H_3PO_4$ is een zwak zuur, $pH_{III}$ zal dus het hoogst zijn. $HCl$ en $H_2SO_4$ zijn beide sterke zuren, maar omdat de tweede ionisatiestap van het $H_2SO_4$ ook nog $H^+$ levert, zal $pH_{II}$ het laagst zijn.

**Reactie**

12	A	Door de reactie $Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4$ verschuift de ligging van het evenwicht $HSO_4^- \rightleftharpoons H^+ + SO_4^{2-}$ naar rechts. Er komen dus meer $H^+$ ionen in de oplossing (het volume blijft gelijk) dus pH daalt.
13	C	$Sn^{2+}$ wordt $Sn^{4+}$ , staat dus elektronen af
14	A	$NH_4^+$ is een (zwak) zuur en reageert met de base $CO_3^{2-}$ , waardoor de ligging van het evenwicht $CuCO_3(s) \rightleftharpoons Cu^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq)$ naar rechts verschuift.
15	D	De reactievergelijking is: $C_3H_8 + 5 O_2 \rightarrow 3 CO_2 + 4 H_2O$ per 5 mol $O_2$ die verdwijnt, ontstaat dus 3 mol $CO_2$ , dus $\frac{s_{O_2}}{s_{CO_2}} = \frac{5}{3} = 1,7$ .

16	C	<p>Uit de resultaten van de experimenten 1 en 2 blijkt dat de reactie twee keer zo snel gaat als de [aceton] wordt verdubbeld. Dus <math>s</math> is recht evenredig met [aceton].</p> <p>Uit de resultaten van de experimenten 1 en 3 volgt dat de <math>[I_2]</math> geen invloed heeft op de reactiesnelheid.</p> <p>Uit de resultaten van de experimenten 1 en 4 blijkt dat de reactie anderhalf keer zo snel gaat als de <math>[H^+]</math> anderhalf keer zo groot wordt. Dus <math>s</math> is recht evenredig met <math>[H^+]</math>.</p>
----	---	---

### Structuur en eigenschap

17	B	Een I-127 kern heeft $127 - 53 = 74$ neutronen. Zoveel zitten er ook in een Te-126 kern: $126 - 52$ .
18	A	$CH_4$ , $CO_2$ , $HCl$ en $NH_3$ zijn (bij kamertemperatuur) gassen. $C_6H_6$ is een vloeistof, maar moleculen $C_6H_6$ kunnen geen waterstofbruggen (met watermoleculen) vormen.
19	C	Een molecuul 2-methylpentaan-3-on heeft zes C atomen, één O atoom en één dubbele binding. De genoemde vier moleculen hebben ook allemaal zes C atomen en één O atoom, maar een molecuul 4-methylcyclopenteen-3-ol heeft twee dubbele binding(sequivalent)en. De overige drie moleculen hebben één dubbele binding(sequivalent).
20	A	Alleen $FHC = CHF$ heeft <i>cis-trans</i> isomerie.
21	C	<p>Zie vetgedrukte C atomen:</p> 

### Praktijk

22	B	Bariumcarbonaat is een slecht oplosbaar zout, maar bevat de base $CO_3^{2-}$ .
23	B	Bij een langere verblijftijd in de kolom treedt piekverbreding op. Er is dezelfde hoeveelheid geïnjecteerd, dus moet het piekoppervlak hetzelfde zijn, dus krijg je lagere pieken.
24	C	In laan 5 komen twee vlekken voor. Eén ter hoogte van de vlek van lactose (4) en één ter hoogte van de vlek van glucose (1).

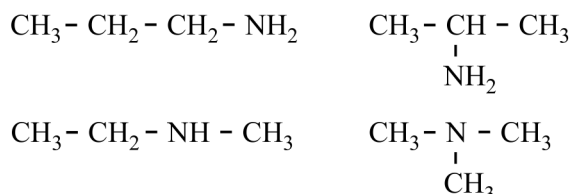
## Open opgaven

(totaal 36 punten)

### Opgave 2 Aminen

18 punten

□1 Maximumscore 4



· per juiste structuurformule

1

□2 Maximumscore 2

Als geen optische activiteit wordt waargenomen, betekent dat dat de concentraties van beide spiegelbeeldisomeren aan elkaar gelijk moeten zijn. Omdat voor de evenwichtsconstante

geldt:  $K = \frac{[\text{amine-1}]}{[\text{amine-2}]}$ , waarin amine-1 het spiegelbeeld is van amine-2, moet  $K$  gelijk zijn aan 1.

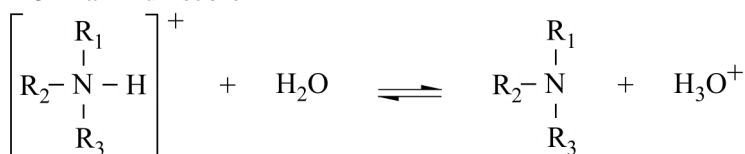
· uitleg waarom de concentraties van beide spiegelbeeldisomeren aan elkaar gelijk moeten zijn

1

· consequentie voor  $K$

1

□3 Maximumscore 2

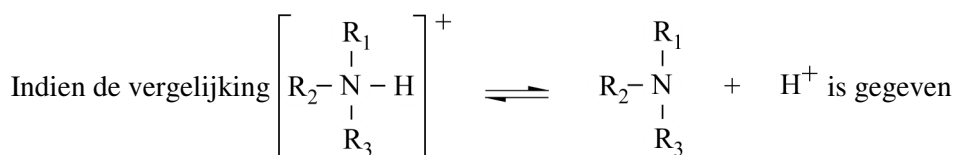


· juiste formule van het ammoniumion voor de pijl en juiste formule van het amine na de pijl

1

·  $\text{H}_2\text{O}$  voor de pijl en  $\text{H}_3\text{O}^+$  na de pijl

1



1

#### Opmerking

Wanneer een reactiepijl in plaats van een evenwichtsteken is gebruikt, dit niet aanrekenen.

□4 Maximumscore 3

De moleculen van het tertiaire amine dat ontstaat kunnen in de oplossing ‘omklappen’. Omdat het zuur-base evenwicht een dynamisch evenwicht is, kunnen de spiegelbeeldmoleculen die na ‘omklappen’ zijn ontstaan, weer een proton opnemen. Na verloop van enige tijd is de concentratie van het oorspronkelijke optisch actieve isomeer gelijk aan de concentratie van het spiegelbeeldisomeer. dan vertoont de oplossing geen optische activiteit meer.

· moleculen van het tertiaire amine kunnen omklappen

1

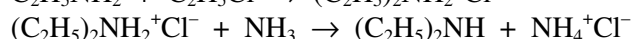
· notie dat het zuur-base evenwicht een dynamisch evenwicht is

1

· rest van de uitleg

1

□5 Maximumscore 4



- in de eerste vergelijking  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$  en  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$  voor de pijl 1
- in de eerste vergelijking  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2^+\text{Cl}^-$  na de pijl 1
- in de tweede vergelijking  $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}_2^+\text{Cl}^-$  en  $\text{NH}_3$  voor de pijl 1
- in de tweede vergelijking  $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$  en  $\text{NH}_4^+\text{Cl}^-$  na de pijl 1

Indien in een overigens juist antwoord  $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}_2^+\text{Cl}^- \rightarrow (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH} + \text{HCl}$  als tweede vergelijking is gegeven 3

*Opmerkingen*

- Wanneer  $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}_2^+\text{Cl}^- + \text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2 \rightarrow (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3^+\text{Cl}^-$  als reactievergelijking voor de tweede stap is gegeven, dit goed rekenen.
- Wanneer de zouten geïoniseerd zijn weergegeven, dit goed rekenen.

□6 Maximumscore 3

Het tertiaire amine komt als twee spiegelbeeldisomeren voor. Elk van die twee spiegelbeeldisomeren kan een vlak carbokation van twee kanten benaderen. Dan kunnen vier stereo-isomeren worden gevormd.

- het tertiaire amine komt als twee spiegelbeeldisomeren voor 1
- het (vlakke) carbokation kan van twee kanten worden benaderd 1
- conclusie 1

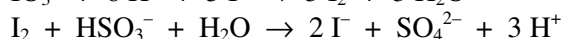
Indien een antwoord is gegeven als: „In het positieve ion komt een asymmetrisch C atoom voor en een asymmetrisch N atoom. Elk van deze atomen kan in de D en de L configuratie voorkomen. Er kunnen dus 4 stereo-isomeren ontstaan.” 2

Indien een antwoord is gegeven als: „In het positieve ion van het reactieproduct komen twee asymmetrische centra voor, dus ontstaan  $2^2 = 4$  stereo-isomeren.” 1

### ■ Opgave 3 Kleurrijk

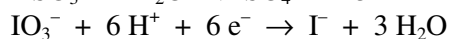
18 punten

□7 Maximumscore 3



- in de eerste vergelijking de O en H balans juist 1
- in de eerste vergelijking de I balans en ladingsbalans juist 1
- juiste coëfficiënten in de tweede reactievergelijking 1

□8 Maximumscore 3



- in de eerste vergelijking  $\text{HSO}_3^-$  en  $\text{H}_2\text{O}$  voor de pijl en  $\text{SO}_4^{2-}$  en  $\text{H}^+$  na de pijl 1
- in de tweede vergelijking  $\text{IO}_3^-$  en  $\text{H}^+$  voor de pijl en  $\text{I}^-$  en  $\text{H}_2\text{O}$  na de pijl 1
- in de eerste vergelijking  $\text{e}^-$  na de pijl en in de tweede vergelijking  $\text{e}^-$  voor de pijl en juiste coëfficiënten in beide vergelijkingen 1

□9 Maximumscore 4

Als  $\text{HgI}_2$  neerslaat, geldt:  $[\text{Hg}^{2+}][\text{I}^-]^2 = 2,0 \cdot 10^{-11}$ .

$$[\text{Hg}^{2+}] = \frac{2,0 \text{ mmol}}{(840 + 160) \text{ mL}} = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

dus het neerslag ontstaat wanneer  $[\text{I}^-] = \sqrt{\frac{2,0 \cdot 10^{-11}}{2,0 \cdot 10^{-3}}} = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$

dus  $\bar{s} = \frac{1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}}{15 \text{ s}} = 6,7 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$ .

- notie dat pas kwik(II)jodide kan neerslaan, als het ionenproduct gelijk is geworden aan het oplosbaarheidsproduct:  $[\text{Hg}^{2+}][\text{I}^-]^2 = 2,0 \cdot 10^{-11}$  1
  - berekening  $[\text{Hg}^{2+}]$ : 2,0 mmol delen door het totale volume (840 mL + 160 mL) 1
  - berekening  $[\text{I}^-]$ : de wortel trekken uit het quotiënt van  $2,0 \cdot 10^{-11}$  en de gevonden  $[\text{Hg}^{2+}]$  1
  - berekening  $\bar{s}$ : de gevonden  $[\text{I}^-]$  delen door 15 (s) en juiste eenheid vermeld 1
- Indien in een overigens juist antwoord een onjuiste eenheid of geen eenheid is vermeld 3

□10 Maximumscore 4

De blauwkleuring ontstaat pas als alle gevormde  $\text{HgI}_2$  met  $\text{I}^-$  heeft gereageerd. Als er dan nog  $\text{I}^-$  over is, kan dat met  $\text{IO}_3^-$  reageren onder vorming van jood. Kennelijk verlopen de reacties van  $\text{I}^-$  met  $\text{Hg}^{2+}$  en met  $\text{HgI}_2$  sneller dan de reactie tussen  $\text{I}^-$  en  $\text{IO}_3^-$ .

De hoeveelheden van de gebruikte stoffen zijn zo gekozen dat dit mogelijk is:

Er is  $160 \times 0,10 = 16 \text{ mmol IO}_3^-$  gebruikt, hiervan kan 10 mmol met de 30 mmol  $\text{HSO}_3^-$  reageren, onder vorming van 10 mmol  $\text{I}^-$ . Van die 10 mmol  $\text{I}^-$  reageren er 8 met de 2,0 mmol  $\text{Hg}^{2+}$  (tot uiteindelijk  $\text{HgI}_4^{2-}$ ). Er blijft dus na reactie van alle  $\text{Hg}^{2+}$  tot  $\text{HgI}_4^{2-}$  nog 2 mmol  $\text{I}^-$  over om met het overgebleven  $\text{IO}_3^-$  te reageren onder vorming van  $\text{I}_2$  (dat met stijfsel blauw kleurt).

- notie dat eerst alle  $\text{Hg}^{2+}$  met  $\text{I}^-$  moet hebben gereageerd voordat jood kan worden gevormd en dat de reacties van  $\text{I}^-$  met  $\text{Hg}^{2+}$  en met  $\text{HgI}_2$  sneller verlopen dan de reactie tussen  $\text{I}^-$  en  $\text{IO}_3^-$  1
- berekening van het aantal mmol  $\text{IO}_3^-$  dat is gebruikt 1
- uitleg dat  $\text{HSO}_3^-$  de beperkende factor is in de reactie met  $\text{IO}_3^-$  1
- uitleg dat na reactie met  $\text{Hg}^{2+}$  nog voldoende  $\text{I}^-$  overblijft om met (de overmaat  $\text{IO}_3^-$ ) te reageren (tot  $\text{I}_2$ ) 1

□11 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Als 100 mmol  $\text{HSO}_3^-$  wordt gebruikt in plaats van 30 mmol, is  $\text{HSO}_3^-$  overmaat. Dan reageert alle  $\text{IO}_3^-$  met  $\text{HSO}_3^-$  en blijft geen  $\text{IO}_3^-$  over om met  $\text{I}^-$  te reageren onder vorming van  $\text{I}_2$ . Daardoor blijft de blauwkleuring uit.

Er ontstaat nu dus nog meer  $\text{I}^-$  dan in de eerste proef. In die proef loste het  $\text{HgI}_2$  al op, dus zal het  $\text{HgI}_2$  nu ook oplossen.

- juiste uitleg waarom blauwkleuring uitblijft 1
- juiste uitleg waarom het  $\text{HgI}_2$  ook nu oplost 1

□12 Maximumscore 2

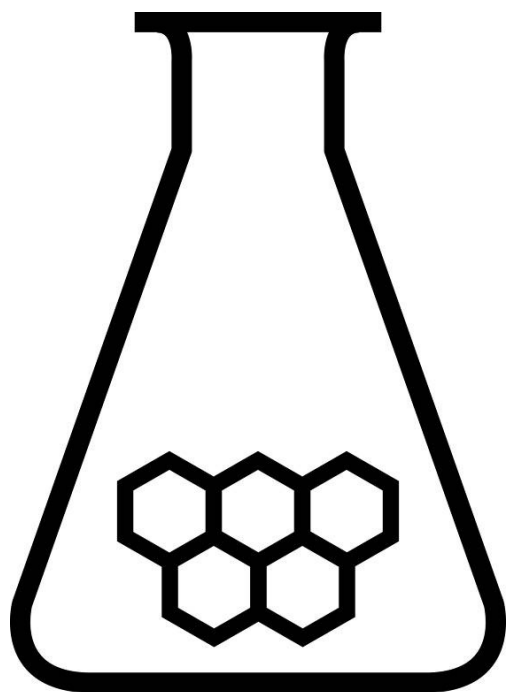
Als 16 mmol  $\text{IO}_3^-$  reageert, ontstaat 16 mmol  $\text{I}^-$ . Wanneer alle  $\text{Hg}^{2+}$  wordt omgezet tot  $\text{HgI}_4^{2-}$  heeft  $\text{Hg}^{2+}$  met  $\text{I}^-$  gereageerd in de molverhouding 1 : 4. Om met 16 mmol  $\text{I}^-$  te reageren is dus 4,0 mmol  $\text{Hg}^{2+}$  nodig, dus moet 4,0 mmol kwik(II)chloride worden opgelost.

- berekening van het aantal mmol  $\text{I}^-$  dat wordt gevormd 1
- berekening van het aantal mmol  $\text{HgCl}_2$  dat nodig is 1

# NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE

## CORRECTIEVOORSCHRIFT VOORRONDE 2

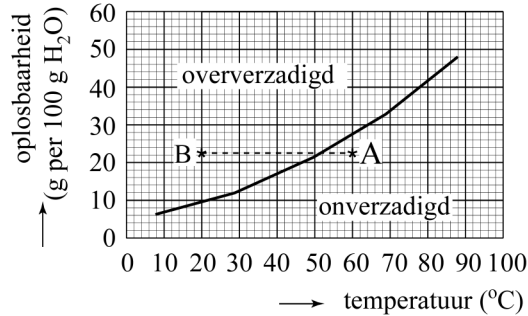
af te nemen in de week van  
woensdag 28 maart 2012



## SCHEIKUNDE OLYMPIADE

- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 6 onderwerpen en 3 open opgaven met in totaal 14 deelvragen.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 96 punten (geen bonuspunten).
- Benodigde hulpmiddelen: rekenapparaat en BINAS 5<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****Let op: fout antwoord: -½ pt; geen antwoord: 0 pt****Rekenen en Thermochemie**

1	<b>B</b>	Voor de molaire massa van het gas geldt: $M = \frac{10 \text{ (g)} \times 8,314 \text{ (J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}) \times 340 \text{ (K)}}{1,013 \cdot 10^5 \text{ (Pa)} \times 70 \cdot 10^{-3} \text{ (m}^3)} = 4,0 \text{ g mol}^{-1}$ <p>Dat is de molaire massa van helium.</p>
2	<b>D</b>	Het gebied onder de curve weerspiegelt de onverzadigde oplossingen, het gebied op de curve de verzadigde oplossingen en het gebied boven de curve de oververzadigde oplossingen. Het gehalte van de oplossing is $\frac{100}{45,0} \times 10,0 = 22,2$ g per 100 g water, zie punt A in onderstaand diagram.  Bij afkoelen naar 20 °C kom je via de stippellijn in punt B terecht. Dat is dus een oververzadigde oplossing.
3	<b>D</b>	De vormingswarmte is het warmte-effect van de reactie $\text{N}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2\text{H}_4(\text{g})$ . $\Delta H_f^0 = -\text{B.E.}(\text{N}\equiv\text{N}) - 2 \times \text{B.E.}(\text{H}-\text{H}) + \text{B.E.}(\text{N}-\text{N}) + 4 \times \text{B.E.}(\text{N}-\text{H}) =$ $-(-9,41 \cdot 10^5) - 2 \times (-4,36 \cdot 10^5) + (-1,59 \cdot 10^5) + 4 \times (-3,89 \cdot 10^5) = 0,98 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$

**Analyse**

4	<b>A</b>	Er slaat zilverbromide neer volgens: $\text{Ag}^+ + \text{Br}^- \rightarrow \text{AgBr}$ Het massapercentage $\text{Br}^-$ is: $\frac{6,40 \text{ (mL)} \times 0,200 \text{ (mmol mL}^{-1}) \times 10^{-3} \text{ (mol mmol}^{-1}) \times 79,90 \text{ (g mol}^{-1})}{2,00 \text{ (g)}} \times 10^2 \text{ (%) = 5,11 (%)}$
5	<b>A</b>	Alle waterstofatomen in een benzeenmolecuul zijn identiek.

**Zuren en basen**

6	<b>A</b>	HCl is een sterk zuur; HF is een zwak zuur; KCl is geen zuur en geen base, $\text{F}^-$ in KF is een base.
7	<b>B</b>	Dichloorazijnzuur is $\text{CHCl}_2-\text{COOH}$ ; $K_z = 5,0 \cdot 10^{-2}$ . Het aantal mol gedissocieerd dichloorazijnzuur is te berekenen door $x$ op te lossen uit: $\frac{x^2}{0,20 - x} = 5,0 \cdot 10^{-2}$ . Dit geeft $x = 0,078$ , zodat het gevraagde percentage is $\frac{0,078}{0,20} \times 10^2 = 39 \text{ (%)}$ .



8	C	25 mL zoutzuur met pH = 1,00 bevat $25 \times 10^{-1,00} = 2,5$ mmol $\text{H}_3\text{O}^+$ 25 mL natronloog met pH = 12,78 bevat $25 \times 10^{-(14,00-12,78)} = 1,5$ mmol $\text{OH}^-$ Na reactie van $\text{H}_3\text{O}^+$ met $\text{OH}^-$ blijft $2,5 - 1,0 = 1,0$ mmol $\text{H}_3\text{O}^+$ over in 50 mL. $\text{pH} = -\log \frac{1,0 \text{ (mmol)}}{50 \text{ (mL)}} = 1,70$
---	---	---

### Redox en elektrolyse

9	D	De volledige vergelijking van de halfreactie is: $\text{S}^{2-} + 4 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + 8 \text{H}^+ + 8 \text{e}^-$
10	B	De potentiaal van de zilverelektrode is: $V = 0,80 + 0,059 \log 0,23 = 0,76$ V. De potentiaal van de grafietelektrode is: $V = 0,77 + 0,059 \log \frac{0,15}{0,050} = 0,80$ V. De zilverelektrode is dus negatief ten opzichte van de grafietelektrode.
11	A	Bij de negatieve elektrode treedt de reactie $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$ op. De oplossing wordt daar dus basisch, waardoor fenolftaleïne roze wordt gekeurd.

### Reactiesnelheid en evenwicht

12	D	In een heterogeen milieu treedt de reactie aan het oppervlak van de vaste stof op. De snelheid is dan afhankelijk van de concentratie in de oplossing.
13	B	De reactiesnelheid wordt uitgedrukt in $\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$ ; $[\text{NO}] [\text{H}_2]^2$ is in $\text{mol}^3 \text{L}^{-3}$ dan wordt de eenheid van $k$ : $\frac{\text{mol}^{-1} \text{L}^{-1} \text{s}^{-1}}{\text{mol}^3 \text{L}^{-3}} = \text{L}^2 \text{mol}^{-2} \text{s}^{-1}$ .
14	B	Het aantal mol gas neemt af in de reactie naar rechts, dus bij hoge druk verschuift de ligging van het evenwicht naar rechts. De reactie naar rechts is exotherm, dus bij lage temperatuur verschuift de ligging van het evenwicht naar rechts.

### Structuur

15	A	X moet massagetal 4 hebben en 2 protonen. Dus is X een heliumkern of $\alpha$ deeltje.
16	C	1,2-dichloorbenzeen, 1,3-dichloorbenzeen en 1,4-dichloorbenzeen
17	A	Normaal is de hoek tussen de vier $\text{sp}^3$ orbitalen is $109,5^\circ$ - dat is het geval in $\text{NH}_4^+$ . In een $\text{NH}_3$ molecuul komt een vrij elektronenpaar voor, dat drukt de bindingselektronenparen van de N-H bindingen naar elkaar toe, zodat de bindingshoek kleiner is dan $109,5$ . In een $\text{NH}_2^-$ ion komen twee vrije elektronenparen voor, waardoor de bindingshoek nog kleiner wordt.
18	C	Zowel in een $\text{NO}_3^-$ ion als in een $\text{SO}_3$ molecuul heeft het centrale atoom geen lone pairs. De structuur is dan vlak trigonaal. In een $\text{ClF}_3$ molecuul heeft het chlooratoom een vijfomringing met twee lone pairs, de structuur wordt dan T-vormig. Zowel in een $\text{ClO}_3^-$ ion als in een $\text{SO}_3^{2-}$ heeft het centrale atoom een vieromringing met één lone pair. De structuur is dan trigonaal pyramidaal.
19	C	
20	E	Alle C-H bindingen zijn $\sigma$ bindingen en elke C=C binding bestaat uit een $\sigma$ binding en een $\pi$ binding.

## Open opgaven

(totaal 56 punten)

### Opgave 2 Thermiet

12 punten

□1 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Voor een explosie is, behalve een exotherme reactie, ook nodig dat een (snelle) volumevergroting plaatsvindt. Er worden hier geen gassen gevormd, dus geen explosie.

- voor een explosie is een (snelle) volumevergroting nodig 1
- uitleg waarom in deze reactie geen volumevergroting optreedt 1

□2 Maximumscore 3

$$\Delta H = \Delta H_f(\text{Al}_2\text{O}_3) - \Delta H_f(\text{Fe}_2\text{O}_3) = -16,70 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1} - (-8,22 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}) = -8,48 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$$

- juiste vormingsenthalpieën gebruikt 1
- alle min-tekens juist 1
- eenheid juist 1

□3 Maximumscore 3

Bij het experiment komt  $\frac{1,75 \times 10^3}{159,7} \times 8,48 \cdot 10^5 = 9,29 \cdot 10^6 \text{ J}$  vrij.

Nodig is  $2,5 \times 3,6 \cdot 10^6 = 9,0 \cdot 10^6 \text{ J}$ .

Bij het experiment komt genoeg energie vrij.

- berekening van het aantal mol ijzer(III)oxide dat is gebruikt: 1,75 (kg) vermenigvuldigen met  $10^3 \text{ (g kg}^{-1}\text{)}$  en delen door de molaire massa van ijzer(III)oxide ( $159,7 \text{ g mol}^{-1}$ ) 1
- berekening van de hoeveelheid energie die vrijkomt: het aantal mol ijzer(III)oxide dat is gebruikt vermenigvuldigen met de berekende enthalpieverandering van de reactie (is het antwoord op vraag 2) 1
- berekening van het aantal J dat voor het lassen nodig is: 2,5 (kWh) vermenigvuldigen met  $3,6 \cdot 10^6 \text{ (J kWh}^{-1}\text{)}$  en conclusie 1

□4 Maximumscore 4

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Het hete ijzer dat bij de thermietreactie ontstaat, reageert met stoom, onder vorming van ijzer(III)oxide en waterstof:  $2 \text{ Fe} + 3 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{ H}_2$ . De ontstane waterstof reageert vervolgens explosief met zuurstof uit de lucht:  $2 \text{ H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}$ .
- Door de grote hoeveelheid warmte die ontstaat, kan water(damp) ontleiden:  $2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ H}_2 + \text{O}_2$ . De zuurstof reageert met ijzer onder vorming van ijzer(III)oxide:  $4 \text{ Fe} + 3 \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ Fe}_2\text{O}_3$  en de ontstane waterstof reageert explosief met zuurstof uit de lucht:  $2 \text{ H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}$ .
- Het aluminiumpoeder kan (bij hoge temperatuur) ook met water(damp) reageren, waarbij waterstof ontstaat:  $2 \text{ Al} + 3 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3 \text{ H}_2$ . Zo zal er dus ijzeroxide overblijven. De ontstane waterstof reageert vervolgens explosief met zuurstof uit de lucht:  $2 \text{ H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}$ .

- notie dat de explosie wordt veroorzaakt door waterstof 1
- uitleg hoe die waterstof kan ontstaan 1
- uitleg hoe het ijzer(III)oxide kan ontstaan / overblijft 1
- juiste reactievergelijkingen 1

#### Opmerkingen

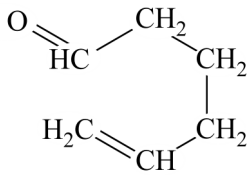
- Wanneer de reactievergelijking van de waterstofexplosie niet is gegeven, dit niet aanrekenen.
- Wanneer het optreden van de explosie wordt verklaard door de (snelle) volumetoename door de vorming van stoom en waterstof, zonder de verbrandingsreactie van waterstof te noemen, dit goed rekenen.

### Opgave 3 De Cope rearrangement

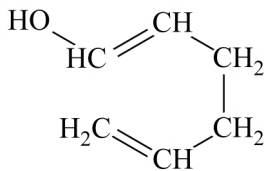
16 punten

- 5 Maximumscore 4  
beginstof: 3-methyl-1,5-hexadien  
reactieproduct: 1,5-heptadien
- ‘-hexa-’ in de naam van de beginstof en ‘-hepta-’ in de naam van het reactieproduct 1
  - ‘-dieen’ in beide namen 1
  - nummering van de dubbele bindingen in beide namen juist 1
  - ‘3-methyl-’ in de naam van de beginstof 1
- 6 Maximumscore 4  
Een voorbeeld van een juist antwoord is:  
Van de beginstof bestaan (twee) stereo-isomeren, want C atoom 3 in een molecuul van de beginstof is asymmetrisch.  
Van het reactieproduct bestaan (ook twee) stereo-isomeren, want beide C atomen van de dubbele binding tussen C atoom 5 en C atoom 6 hebben twee verschillende atomen/atoomgroepen.
- een molecuul van de beginstof heeft een asymmetrisch C atoom 1
  - aangeven welk C atoom asymmetrisch is 1
  - in een molecuul van het reactieproduct komt een dubbele binding voor waar beide C atomen twee verschillende atomen/atoomgroepen hebben 1
  - aangeven welke dubbele binding dat is 1
- Indien in een overigens juist antwoord ook is vermeld dat in de beginstof *cis-trans*-isomerie voorkomt 3  
Indien slechts een antwoord is gegeven als: „De beginstof heeft spiegelbeeldisomerie en het reactieproduct heeft *cis-trans*-isomerie.” 2
- 7 Maximumscore 2  
Voorbeelden van een juist antwoord zijn:
- Ik denk van niet, want in een benzeenring bestaat geen vrije draaibaarheid rond de C–C bindingen / binding tussen C atoom 2 en C atoom 3.
  - Als er rond de binding tussen C atoom 2 en C atoom 3 in de overgangstoestand (toch) vrije draaibaarheid is, kan het dat beide stereo-isomeren ontstaan, als van de beginstof één van de stereo-isomeren wordt gebruikt.
- (on)mogelijkheid van vrije draaibaarheid vermeld 1
  - conclusie 1
- Indien een antwoord is gegeven als: „Ja, want er is vrije draaibaarheid rond de binding tussen C atoom 2 en C atoom 3 in de overgangstoestand.” 1
- Opmerking*  
Wanneer een antwoord is gegeven als: „De (ring in de) overgangstoestand (heeft geen benzeenachtige structuur, maar) komt voor in een stoelconformatie (zoals in een molecuul cyclohexaan). Deze stoelconformatie kan op twee manieren voorkomen: met de methylgroep equatoriaal en met de methylgroep axiaal. In beide gevallen krijg je een verschillend reactieproduct.” dit goed rekenen.

- 8 Maximumscore 2  
Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:

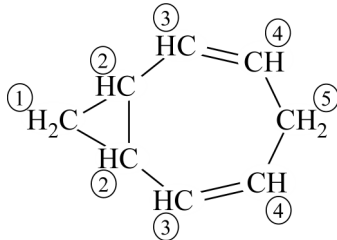


Indien het volgende antwoord is gegeven:



1

- 9 Maximumscore 4  
Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:  
Er zijn in een molecuul homotropilideen vijf verschillende soorten protonen. Zie de nummers 1 t/m 5:



Bij lage temperatuur krijg je dus vijf signalen in het  $^1\text{H-NMR}$  spectrum.

Bij hoge temperatuur vindt een snelle verandering plaats van protonen van het type 1 naar protonen van het type 5 en van protonen van het type 2 naar protonen van het type 4. De protonen van het type 2 en van het type 5 geven dan één gemiddeld signaal evenals de protonen van het type 2 en het type 4. Dus bij hoge temperatuur krijg je drie signalen in het  $^1\text{H-NMR}$  spectrum.

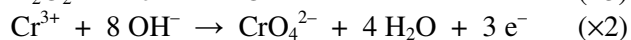
- uitleg dat in een molecuul homotropilideen vijf verschillende protonen voorkomen 1
- dus bij lage temperatuur vijf signalen in het  $^1\text{H-NMR}$  spectrum 1
- aangeven dat bij hoge temperatuur de protonen van het type 1 en van het type 5 en van het type 2 en van het type 4 snel in elkaar overgaan 1
- dus bij hoge temperatuur drie signalen in het  $^1\text{H-NMR}$  spectrum 1

Indien in een overigens juist antwoord alleen is vermeld dat de protonen van het type 1 en van het type 5 snel in elkaar overgaan of alleen is vermeld dat de protonen van het type 2 en van het type 4 snel in elkaar overgaan, leidend tot de conclusie dat bij hoge temperatuur vier signalen in het  $^1\text{H-NMR}$  spectrum voorkomen 3

## Opgave 4 Een legering

28 punten

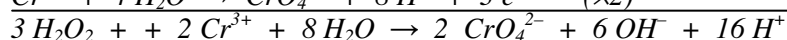
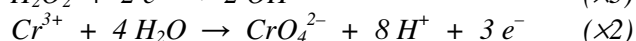
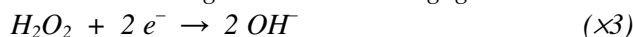
□10 Maximumscore 4



- de vergelijking van de halfreactie van  $\text{H}_2\text{O}_2$  juist 1
- in de andere vergelijking  $\text{Cr}^{3+}$  en  $\text{OH}^-$  voor de pijl en  $\text{CrO}_4^{2-}$  en  $\text{H}_2\text{O}$  na de pijl 1
- $e^-$  na de pijl en juiste coëfficiënten in de andere vergelijking 1
- beide vergelijkingen van halfreacties juist gecombineerd en  $\text{OH}^-$  voor en na de pijl weggestreept 1

*Opmerking*

*Wanneer het volgende antwoord is gegeven:*



*gevolgd door  $6 \text{OH}^- + 6 \text{H}^+ \rightarrow 6 \text{H}_2\text{O}$  en wegstrepen van  $6 \text{H}_2\text{O}$  voor en na de pijl, leidend tot de volgende totale reactievergelijking:  $3 \text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{Cr}^{3+} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{CrO}_4^{2-} + 10 \text{H}^+$ , dit goed rekenen.*

□11 Maximumscore 5

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\frac{25,00 \times 0,100 - 5 \times 17,20 \times 0,0200}{3} \times \frac{500}{50,0} \times 52,00 \times 10^{-2} = 9,0 \text{ (massaprocent)}$$

- berekening van het aantal mmol  $\text{Fe}^{2+}$  in 25,00 mL 0,100 M ijzer(II)sulfaatoplossing en van het aantal mmol  $\text{MnO}_4^-$  in 17,20 mL 0,0200 M kaliumpermanganaatoplossing: 25,00 (mL) vermenigvuldigen met 0,100 ( $\text{mmol mL}^{-1}$ ) respectievelijk 17,20 (mL) vermenigvuldigen met 0,0200 ( $\text{mmol mL}^{-1}$ ) 1
- berekening van het aantal mmol  $\text{Fe}^{2+}$  dat met  $\text{CrO}_4^{2-}$  heeft gereageerd: het aantal mmol  $\text{Fe}^{2+}$  in 25,00 mL 0,100 M ijzer(II)sulfaatoplossing verminderen met vijf maal het aantal mmol  $\text{MnO}_4^-$  in 17,20 mL 0,0200 M kaliumpermanganaatoplossing 1
- berekening van het aantal mmol  $\text{Cr}^{3+}$  in de 50,0 mL oplossing (is gelijk aan het aantal mmol  $\text{CrO}_4^{2-}$  dat met  $\text{Fe}^{2+}$  heeft gereageerd): het aantal mmol  $\text{Fe}^{2+}$  dat met  $\text{CrO}_4^{2-}$  heeft gereageerd, delen door 3 1
- berekening van het aantal mg Cr in de  $1,500 \cdot 10^3$  mg legering: het aantal mmol  $\text{Cr}^{3+}$  in de 50,0 mL oplossing delen door 50,0 (mL) en vermenigvuldigen met 500 (mL) en vermenigvuldigen met de massa van een mmol Cr (52,00 mg) 1
- berekening van het massapercentage chroom in de legering: het aantal mg Cr in de  $1,500 \cdot 10^3$  mg legering delen door  $1,500 \cdot 10^3$  (mg) en vermenigvuldigen met  $10^2$ (%) 1

□12 Maximumscore 12

a. Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

○  $\left(1,500 \cdot 10^3 - \frac{9,0}{10^2} \times 1,500 \cdot 10^3\right) \times \frac{200}{500} = 544$  (mg zilverionen en koperionen)

○  $(1,500 \cdot 10^3 - 1,4 \cdot 10^2) \times \frac{200}{500} = 544$  (mg zilverionen en koperionen)

· berekening van het aantal mg chroom in de  $1,500 \cdot 10^3$  mg legering: het massapercentage chroom in de legering (is het antwoord op vraag 11: 9,0%) delen door  $10^2$ (%) en vermenigvuldigen met  $1,500 \cdot 10^3$  (mg) 1

· berekening van het totale aantal mg zilver en koper in de  $1,500 \cdot 10^3$  mg legering: het aantal mg chroom in de  $1,500 \cdot 10^3$  mg legering aftrekken van  $1,500 \cdot 10^3$  (mg) 1

· berekening van het totale aantal mg zilverionen en koperionen in de 200 mL oplossing die werd geëlektrolyseerd: het totale aantal mg zilver en koper in de  $1,500 \cdot 10^3$  mg legering vermenigvuldigen met 200 (mL) en delen door 500 (mL) 1

of

· berekening van het totale aantal mg zilver en koper in de  $1,500 \cdot 10^3$  mg legering: het aantal mg chroom in de  $1,500 \cdot 10^3$  mg legering (is in vraag 11 berekend: 1

$$\frac{25,00 \times 0,100 - 5 \times 17,20 \times 0,0200}{3} \times \frac{500}{50,0} \times 52,00 = 1,4 \cdot 10^2$$

2

· berekening van het totale aantal mg zilverionen en koperionen in de 200 mL oplossing die werd geëlektrolyseerd: het totale aantal mg zilver en koper in de  $1,500 \cdot 10^3$  mg legering vermenigvuldigen met 200 (mL) en delen door 500 (mL) 1

*Opmerking*

*Wanneer als uitkomst van de berekening 546 (mg zilverionen en koperionen) is gegeven, dit goed rekenen.*

b. Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

○  $\frac{544}{10^2 - 9,0} \times 9,0$   
 ○  $\frac{544}{52,00} \times 3 = 3,1$  (mmol elektronen)

○  $\frac{25,00 \times 0,100 - 5 \times 17,20 \times 0,0200}{3} \times \frac{200}{50,0} \times 3 = 3,1$  (mmol elektronen)

○  $2,6 \times \frac{200}{500} \times 3 = 3,1$  (mmol elektronen)

· berekening van het aantal mg  $\text{Cr}^{3+}$  in de 200 mL oplossing die werd geëlektrolyseerd: het aantal mg zilverionen en koperionen dat werd geëlektrolyseerd (is het antwoord op vraag 12a: 544 mg) delen door ( $10^2$ % minus het massapercentage Cr) en vermenigvuldigen met het massapercentage Cr 1

· berekening van het aantal mmol  $\text{Cr}^{3+}$  in de 200 mL oplossing die werd geëlektrolyseerd: het aantal mg  $\text{Cr}^{3+}$  in de 200 mL oplossing die werd geëlektrolyseerd, delen door de massa van een mmol Cr (52,00 mg) 1

· berekening van het aantal mmol elektronen dat nodig was voor de omzetting van de  $\text{Cr}^{3+}$  ionen tijdens de elektrolyse: het aantal mmol  $\text{Cr}^{3+}$  in de 200 mL oplossing die werd geëlektrolyseerd, vermenigvuldigen met 3 1

of

- berekening van het aantal mmol  $\text{Cr}^{3+}$  in de 200 mL oplossing die werd geëlektrolyseerd: het berekende aantal mmol  $\text{Cr}^{3+}$  in 50,0 mL oplossing (is in vraag 11 berekend:  

$$\frac{25,00 \times 0,100 - 5 \times 17,20 \times 0,0200}{3} = 0,26$$
) delen door 50,0 (mL) en vermenigvuldigen met 200 (mL) 2
- berekening van het aantal mmol elektronen dat nodig was voor de omzetting van de  $\text{Cr}^{3+}$  ionen tijdens de elektrolyse: het aantal mmol  $\text{Cr}^{3+}$  in de 200 mL oplossing die werd geëlektrolyseerd, vermenigvuldigen met 3 1
- of
- berekening van het aantal mmol  $\text{Cr}^{3+}$  in de 200 mL oplossing die werd geëlektrolyseerd: het aantal mg  $\text{Cr}^{3+}$  in de 500 mL oorspronkelijke oplossing (is in vraag 11 berekend:  

$$\frac{25,00 \times 0,100 - 5 \times 17,20 \times 0,0200}{3} \times \frac{500}{50,0} = 2,6$$
) delen door 500 (mL) en vermenigvuldigen met 200 (mL) 2
- berekening van het aantal mmol elektronen dat nodig was voor de omzetting van de  $\text{Cr}^{3+}$  ionen tijdens de elektrolyse: het aantal mmol  $\text{Cr}^{3+}$  in de 200 mL oplossing die werd geëlektrolyseerd, vermenigvuldigen met 3 1
- c. Een voorbeeld van een juiste berekening is:  
 Wanneer het aantal mg zilverionen in de 200 mL oplossing die werd geëlektrolyseerd op  $x$  wordt gesteld en het aantal mg koperionen op  $y$ , kan de volgende set van twee vergelijkingen met twee onbekenden worden opgesteld:  
 $x + y = 544$   

$$\frac{x}{107,9} + \frac{y}{63,55} \times 2 = \frac{2,00 \times 785 \times 10^3}{96485} - 3,1$$
  
 Oplossen hiervan geeft  $x = 177$  mg  $\text{Ag}^+$  en  $y = 367$  mg  $\text{Cu}^{2+}$ .  
 Dus het massapercentage zilver is  $\frac{177}{\frac{200}{500} \times 1,500 \cdot 10^3} \times 10^2 = 29,5$  (%)  
 en het massapercentage koper  $\frac{367}{\frac{200}{500} \times 1,500 \cdot 10^3} \times 10^2 = 61,2$  (%).
- opstellen van de vergelijking  $x + y = 544$  1
- uitdrukken in  $x$  en  $y$  van het aantal mmol elektronen dat nodig was voor de omzetting van de  $\text{Ag}^+$  ionen en de  $\text{Cu}^{2+}$  ionen tijdens de elektrolyse:  $\frac{x}{107,9} + \frac{y}{63,55} \times 2$  1
- berekening van het aantal mmol elektronen dat nodig was tijdens de elektrolyse: 2,00 ( $\text{C s}^{-1}$ ) vermenigvuldigen met 785 (s) en delen door 96485 ( $\text{C mol}^{-1}$ ) en vermenigvuldigen met  $10^3$  ( $\text{mmol mol}^{-1}$ ) 1
- berekening van het aantal mmol elektronen dat nodig was voor de omzetting van de  $\text{Ag}^+$  ionen en de  $\text{Cu}^{2+}$  ionen tijdens de elektrolyse: het aantal mmol elektronen dat nodig was voor de omzetting van de  $\text{Cr}^{3+}$  ionen tijdens de elektrolyse aftrekken van het aantal mmol elektronen dat nodig was tijdens de elektrolyse 1
- opstellen van de tweede vergelijking en berekening van  $x$  en  $y$  1
- berekening van de massapercentages zilver en koper: de gevonden  $x$  respectievelijk  $y$  delen door het totale mg ionen dat werd geëlektrolyseerd (is  $\frac{200 \text{ (mL)}}{500 \text{ (mL)}} \times 1,500 \cdot 10^3$  (mg)) en vermenigvuldigen met  $10^2$  (%) 1

□13 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Het probleem is dat (omdat de oplossing zuur is) tijdens de elektrolyse ook waterstof kan ontstaan, want  $\text{Cr}^{3+}$  is een zwakkere oxidator dan  $\text{H}^+$  / heeft een lagere  $V^0$  dan  $\text{H}^+$  / staat in Binas-tabel 48 onder  $\text{H}^+$ .

- notie dat tijdens de elektrolyse  $\text{H}^+$  niet mag reageren 1
- uitleg dat tijdens de elektrolyse  $\text{H}^+$  ook kan reageren 1

Indien een antwoord is gegeven als: „Het probleem is hoe je ervoor moet zorgen dat tijdens de elektrolyse alleen de metaalionen reageren, want er zou ook waterstof kunnen ontstaan.”

1

Indien een antwoord is gegeven als: „Het probleem is hoe je ervoor moet zorgen dat tijdens de elektrolyse alleen de metaalionen reageren, want er zouden ook andere oxidatoren kunnen reageren.”

0

□14 Maximumscore 5

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Om het massapercentage chroom te bepalen, kun je (een afgewogen hoeveelheid van) de legering oplossen in zoutzuur. Uit de hoeveelheid waterstof die ontstaat, is het massapercentage chroom te berekenen.

Om het massapercentage zilver te bepalen, kun je (een afgewogen hoeveelheid van) de legering oplossen in (verdund) salpeterzuur. Daarna kun je aan de oplossing een (natrium)chloride-oplossing toevoegen. Uit de massa van het ontstane neerslag is het massapercentage zilver te berekenen.

Het massapercentage koper vind je door de som van de massapercentages chroom en zilver af te trekken van  $10^2(\%)$ .

- Je moet (een afgewogen hoeveelheid van) de legering oplossen in verdund salpeterzuur. Om het massapercentage zilver te bepalen, kun je aan (een afgemeten deel van) de oplossing een (natrium)chloride-oplossing toevoegen. Uit de massa van het ontstane neerslag is het massapercentage zilver te berekenen. Om het massapercentage koper te bepalen, kun je aan (een afgemeten deel van) de oplossing een grote overmaat (natron)loog toevoegen. Koper(II)hydroxide en zilveroxide slaan dan neer, terwijl  $\text{Cr}^{3+}$  het oplosbare complex  $\text{Cr}(\text{OH})_6^{3-}$  vormt. Uit de massa van het ontstane neerslag en het (uit de vorige proef bekende) massapercentage zilver is het massapercentage koper te berekenen. Het massapercentage chroom vind je door de som van de massapercentages zilver en koper af te trekken van  $10^2(\%)$ .

- (een afgewogen hoeveelheid van) de legering oplossen in zoutzuur 1
  - uit de hoeveelheid ontstane waterstof is het massapercentage chroom te berekenen 1
  - (een afgewogen hoeveelheid van) de legering oplossen in (verdund) salpeterzuur en een oplossing van een chloride toevoegen 1
  - uit de massa van het ontstane neerslag is het massapercentage zilver te berekenen 1
  - aangeven dat het massapercentage koper dan ook bekend is 1
- of
- (een afgewogen hoeveelheid van) de legering oplossen in salpeterzuur en aan (een afgemeten hoeveelheid van) de oplossing een oplossing van een chloride toevoegen 1
  - uit de massa van het ontstane neerslag is het massapercentage zilver te berekenen 1
  - aan (een afgemeten deel van) de oplossing een grote overmaat (natron)loog toevoegen 1
  - uit de massa van het ontstane neerslag en het (uit de vorige proef bekende) massapercentage zilver is het massapercentage koper te berekenen 1
  - aangeven dat het massapercentage chroom dan ook bekend is 1



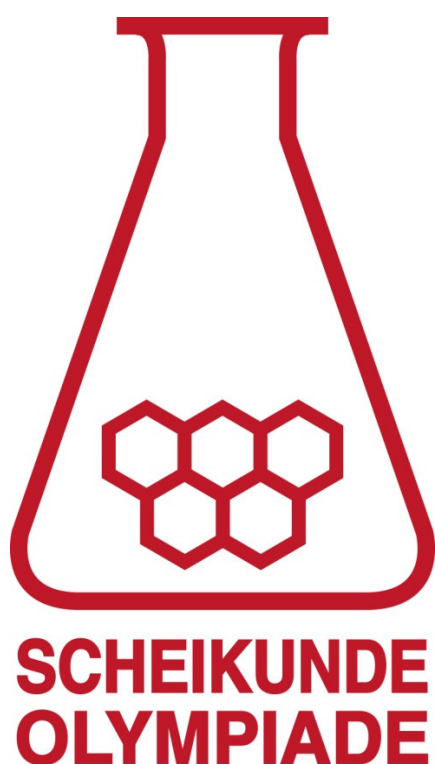
# 33<sup>e</sup> Nationale Scheikundeolympiade

Technische Universiteit

Eindhoven

## THEORIETOETS correctievoorschrift

dinsdag 12 juni 2012



Washington, D.C. • USA



- Deze theorietoets bestaat uit 8 opgaven met in totaal 31 deelvragen.
- Gebruik voor elke opgave een apart antwoordblad, voorzien van naam.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 116 punten.
- De theorietoets duurt maximaal 4 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: rekenapparaat en BINAS 5<sup>e</sup> druk.
- Bij elke opgave is het aantal punten vermeld dat juiste antwoorden op de vragen oplevert.

## Opgave 1 Aspirientje

(13 punten)

□1 Maximumscore 3

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{Z}^-] = 10^{-2,18} = 6,6 \cdot 10^{-3}$$

$$[\text{HZ}] = 0,050 - 10^{-2,18} = 0,043$$

$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{Z}^-]}{[\text{HZ}]} = \frac{(6,6 \cdot 10^{-3})^2}{0,043} = 1,0 \cdot 10^{-3}$$

· berekening  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  en  $[\text{Z}^-]$

1

· berekening  $[\text{HZ}]$

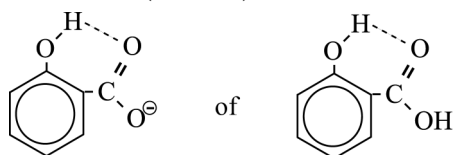
1

· berekening  $K_z$

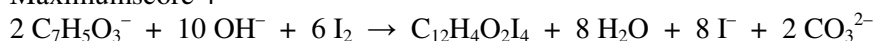
1

□2 Maximumscore 1

Er kan een (stabiele) intramoleculaire waterstofbrug worden gevormd:



□3 Maximumscore 4



· alle formules juist voor de pijl en na de pijl

1

· coëfficiënt 2 voor  $\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_3^-$  en voor  $\text{CO}_3^{2-}$  (en coëfficiënt 1 voor  $\text{C}_{12}\text{H}_4\text{O}_2\text{I}_4$ )

1

· H en O balans juist

1

· I balans en ladingsbalans juist

1

□4 Maximumscore 5

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\frac{\frac{956}{687,8} \times 2 \times 180,2}{606} \times 100 = 82,7 \text{ (massaprocent)}$$

· berekening van de massa's van een mmol tetrajoodfenyleenchinon en van een mmol acetylsalicylzuur: respectievelijk 687,8 (mg) en 180,2 (mg)

1

· omrekening van 956 mg tetrajoodfenyleenchinon naar het aantal mmol: 956 (mg) delen door de massa van een mmol tetrajoodfenyleenchinon

1

· omrekening van het aantal mmol tetrajoodfenyleenchinon naar het aantal mmol acetylsalicylzuur: vermenigvuldigen met 2

1

· omrekening van het aantal mmol acetylsalicylzuur naar het aantal mg acetylsalicylzuur: vermenigvuldigen met de massa van een mmol acetylsalicylzuur

1

· omrekening van het aantal mg acetylsalicylzuur naar het massapercentage: delen door 606 (mg) en vermenigvuldigen met 100(%)

1

## ■ Opgave 2 Ozon

(17 punten)

□5 Maximumscore 5

Stap 2 is de snelheidsbepalende stap, dus:  $s = k_2[\text{O}][\text{O}_3]$ .

Omdat stap 2 langzaam verloopt, kan evenwicht 1 zich instellen. Dan geldt:  $\frac{[\text{O}][\text{O}_2]}{[\text{O}_3]} = K$ , waarin

$$K = \frac{k_1}{k_{-1}}, \text{ dus } [\text{O}] = \frac{k_1}{k_{-1}} \frac{[\text{O}_3]}{[\text{O}_2]}, \text{ zodat } s = \frac{k_2 k_1}{k_{-1}} \frac{[\text{O}_3]^2}{[\text{O}_2]}.$$

·  $s = k_2[\text{O}][\text{O}_3]$  1

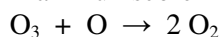
·  $\frac{[\text{O}][\text{O}_2]}{[\text{O}_3]} = K$  1

·  $K = \frac{k_1}{k_{-1}}$  1

· dus  $[\text{O}] = \frac{k_1}{k_{-1}} \frac{[\text{O}_3]}{[\text{O}_2]}$  1

· conclusie 1

□6 Maximumscore 2



·  $\text{O}_3$  en  $\text{O}$  links van de pijl 1

·  $2 \text{O}_2$  rechts van de pijl 1

Indien de vergelijking  $2 \text{O}_3 \rightarrow 3 \text{O}_2$  is gegeven 1

Indien een vergelijking is gegeven waarin  $\text{R} \cdot$  voorkomt 0

□7 Maximumscore 3

De molecuulformule van freon-112 is  $\text{C}_2\text{Cl}_4\text{F}_2$ . De fluoratomen kunnen aan verschillende koolstofatomen zijn gebonden, maar ook aan hetzelfde koolstofatoom. Er zijn dus twee stoffen die aan freon-112 voldoen.

· een molecuul freon-112 bevat twee fluoratomen en twee koolstofatomen 1

· een molecuul freon-112 bevat vier chlooratomen 1

· rest van de uitleg 1

□8 Maximumscore 7

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Uit evenwicht 4 volgt:  $\frac{[\text{RO}_3\cdot]}{[\text{R}\cdot][\text{O}_3]} = K' = \frac{k_1'}{k_{-1}'}$ , dus  $[\text{RO}_3\cdot] = \frac{k_1'}{k_{-1}'}[\text{R}\cdot][\text{O}_3]$

In de stappen 5 en 6 stelt zich een stationaire toestand in, dus:  $k_2'[\text{RO}_3\cdot] = k_3'[\text{RO}\cdot][\text{O}]$  waaruit volgt dat  $[\text{RO}\cdot] = \frac{k_2'}{k_3'} \frac{[\text{RO}_3\cdot]}{[\text{O}]}$ .

Invullen van de uitdrukking voor  $[\text{RO}_3\cdot]$  levert:  $[\text{RO}\cdot] = \frac{k_2'}{k_3'} \times \frac{k_1'}{k_{-1}'} \times \frac{[\text{R}\cdot][\text{O}_3]}{[\text{O}]}$ .

Invullen in  $[\text{R}\cdot]_t = [\text{R}\cdot] + [\text{RO}\cdot] + [\text{RO}_3\cdot]$  levert  $[\text{R}\cdot]_t = [\text{R}\cdot] + \frac{k_2'}{k_3'} \times \frac{k_1'}{k_{-1}'} \times \frac{[\text{R}\cdot][\text{O}_3]}{[\text{O}]} + \frac{k_1'}{k_{-1}'} \times [\text{R}\cdot][\text{O}_3]$  en

$$[\text{R}\cdot] = [\text{R}\cdot]_t \frac{1}{1 + \frac{k_2'}{k_3'} \times \frac{k_1'}{k_{-1}'} \times \frac{[\text{O}_3]}{[\text{O}]} + \frac{k_1'}{k_{-1}'} \times [\text{O}_3]}$$

De reactiesnelheid is gelijk aan de snelheid van reactie 6, zodat geldt:

$$s = k_3'[\text{RO}\cdot][\text{O}] = k_3' \times \frac{k_2'}{k_3'} \times \frac{k_1'}{k_{-1}'} \times \frac{[\text{R}\cdot][\text{O}_3]}{[\text{O}]} \times [\text{O}].$$

Invullen van de uitdrukking voor  $[\text{R}\cdot]$  hierin levert:  $s = [\text{R}\cdot]_t \times \frac{k_2' \times \frac{k_1'}{k_{-1}'} \times [\text{O}_3]}{1 + \frac{k_2'}{k_3'} \times \frac{k_1'}{k_{-1}'} \times \frac{[\text{O}_3]}{[\text{O}]} + \frac{k_1'}{k_{-1}'} \times [\text{O}_3]}$ .

Via de reactiesnelheidsformule van reactie 5:  $s = k_2'[\text{RO}_3\cdot]$  wordt dezelfde uitdrukking verkregen.

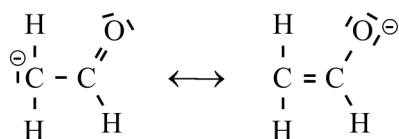
- evenwicht 4 juist verwerkt:  $[\text{RO}_3\cdot] = \frac{k_1'}{k_{-1}'}[\text{R}\cdot][\text{O}_3]$  1
- stationaire toestand van de stappen 5 en 6 juist verwerkt:  $[\text{RO}\cdot] = \frac{k_2'}{k_3'} \frac{[\text{RO}_3\cdot]}{[\text{O}]}$  1
- $[\text{RO}\cdot] = \frac{k_2'}{k_3'} \times \frac{k_1'}{k_{-1}'} \times \frac{[\text{R}\cdot][\text{O}_3]}{[\text{O}]}$  1
- $[\text{R}\cdot] = [\text{R}\cdot]_t \frac{1}{1 + \frac{k_2'}{k_3'} \times \frac{k_1'}{k_{-1}'} \times \frac{[\text{O}_3]}{[\text{O}]} + \frac{k_1'}{k_{-1}'} \times [\text{O}_3]}$  1
- notie dat de reactiesnelheid waarmee zuurstof ontstaat kan worden beschreven via reactie 6 of reactie 5 1
- (via reactie 6):  $s = k_3'[\text{RO}\cdot][\text{O}] = k_3' \times \frac{k_2'}{k_3'} \times \frac{k_1'}{k_{-1}'} \times \frac{[\text{R}\cdot][\text{O}_3]}{[\text{O}]} \times [\text{O}]$  1
- conclusie 1

### Opgave 3 Carbonylverbindingen met $\alpha$ protonen

(26 punten)

□9 Maximumscore 3

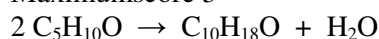
Het anion van ethanal wordt gestabiliseerd door mesomerie:



Het anion dat ontstaat als een molecuul 2,2,4,4-tetramethylpentanon een proton afstaat, wordt niet gestabiliseerd door mesomerie.

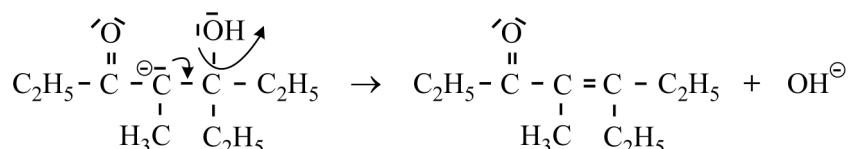
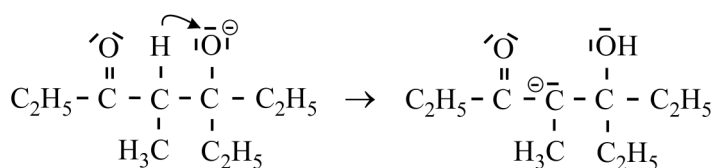
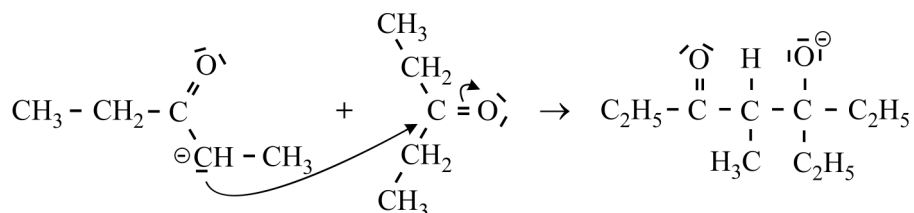
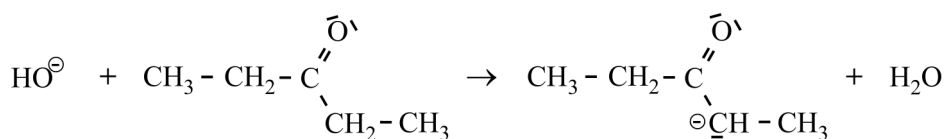
- het anion van ethanal wordt gestabiliseerd door mesomerie 1
- juiste mesomere structuren getekend 1
- het anion dat ontstaat als een molecuul 2,2,4,4-tetramethylpentanon een proton afstaat, wordt niet gestabiliseerd door mesomerie 1

□10 Maximumscore 3



- $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$  voor de pijl 1
- $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$  en  $\text{H}_2\text{O}$  na de pijl 1
- juiste coëfficiënten bij juiste molecuulformules 1

□11 Maximumscore 6



- vorming enolaation juist weergegeven 1
- nucleofiele aanval van het ethanolaation op de carbonyl C juist weergegeven 1
- verplaatsing  $\text{H}^+$  juist weergegeven 1
- eliminatie  $\text{OH}^-$  juist weergegeven 1
- alle niet-bindende elektronenparen juist weergegeven 1
- alle ladingen juist weergegeven 1

□12 Maximumscore 3

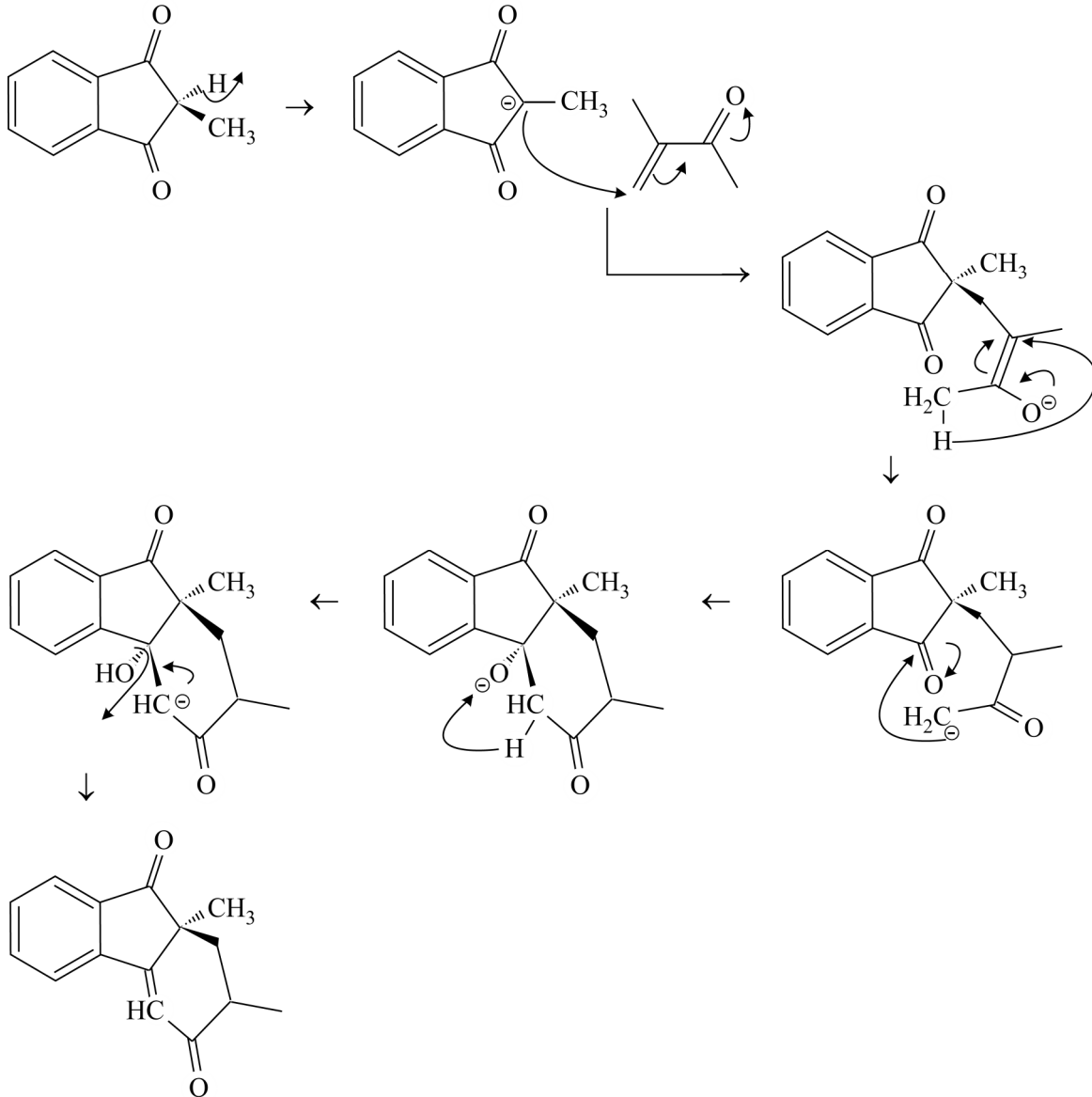
3-methyl-but-3-een-2-on / 3-methyl-3-buteen-2-on / (3-)methylbutenon

- methyl en buteen of but-3-een of buten in de naam
- uitgang -on
- juiste nummering

1  
1  
1  
2

Indien de naam 2-methylbut-1-een-3-on of 2-methyl-1-buteen-3-on is gegeven

□13 Maximumscore 6



- juiste afsplitsing  $H^+$
- nucleofiele aanval op het methylisopropenylketon juist weergegeven
- eerste tautomere omlegging juist weergegeven
- ringsluiting juist weergegeven
- tweede tautomere omlegging juist weergegeven
- afsplitsing  $OH^-$  juist weergegeven

1  
1  
1  
1  
1  
1

□14 Maximumscore 5

De nucleofiele aanval kan van ‘boven’ en van ‘beneden’ plaatsvinden, dat geeft twee stereo-isomeren. Ook de eerste tautomere omlegging kan van ‘boven’ en van ‘beneden’ plaatsvinden, dat geeft weer twee stereo-isomeren. Er kunnen dus in totaal vier stereo-isomeren ontstaan.

- de nucleofiele aanval kan van ‘boven’ en van ‘beneden’ plaatsvinden 1
- dat geeft twee stereo-isomeren 1
- de eerste tautomere omlegging kan van ‘boven’ en van ‘beneden’ plaatsvinden 1
- dat geeft twee stereo-isomeren 1
- dus in totaal vier stereo-isomeren 1

Indien slechts is geantwoord: „De nucleofiele aanval kan van ‘boven’ en van ‘beneden’ plaatsvinden, dat geeft twee stereo-isomeren.” of „De eerste tautomere omlegging kan van ‘boven’ en van ‘beneden’ plaatsvinden, dat geeft twee stereo-isomeren.” 2

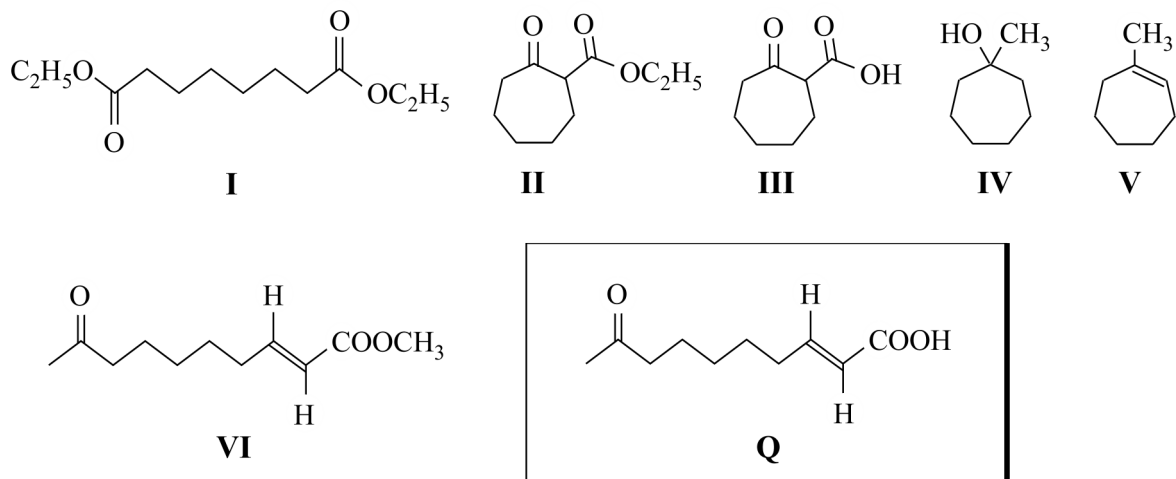
*Opmerking*

Wanneer in het antwoord ook is vermeld dat bij de vorming de dubbele binding in de laatste stap cis-trans isomerie kan optreden, 2 punten aftrekken.

**■ Opgave 4 Een ‘Koninklijke’ verbinding**

**(7 punten)**

□15 Maximumscore 7



- per juiste structuurformule 1

## ■ Opgave 5 Omhoog of omlaag?

(15 punten)

□16 Maximumscore 4

(Bij benadering geldt:)  $\Delta_r G^0(500) = \Delta_r H^0(298) - T\Delta_r S^0(298)$ .

$$\Delta_r H^0(298) = 2 \times (-0,462 \cdot 10^5) = -0,924 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$$

$$\Delta_r S(298) = 2 \times 193 - 191 - 3 \times 131 = -198 \text{ J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$$

$$\text{Dus } \Delta_r G^0(500) = -0,924 \cdot 10^5 - 500 \times (-198) = 6,60 \cdot 10^3 \text{ J mol}^{-1}$$

$$\text{Uit } \Delta_r G^0(T) = -RT \ln K \text{ volgt } K = e^{-\frac{\Delta_r G}{RT}} = e^{-\frac{6,60 \cdot 10^3}{8,3145 \times 500}} = 0,204$$

- berekening  $\Delta_r H^0(298)$  1
- berekening  $\Delta_r S(298)$  1
- berekening  $\Delta_r G^0(500)$  1
- berekening  $K$  1

□17 Maximumscore 3

Onder de zuiger bevindt zich 7,0 mol gas, met een druk van  $3,0 \cdot 10^5$  Pa. Dus

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{7,0 \times 8,3145 \times 500}{3,0 \cdot 10^5} = 9,7 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3.$$

- 7,0 mol gas met een druk van  $3,0 \cdot 10^5$  Pa 1
- rest van de berekening 1
- juiste eenheid vermeld 1

□18 Maximumscore 5

Voor het partiële drukkquotiënt geldt:  $Q = \frac{(p_{\text{NH}_3})^2 (p^0)^2}{(p_{\text{N}_2})(p_{\text{H}_2})^3}$ , met  $p^0 = 1,0$  bar.

$$p_{\text{NH}_3} = \frac{1,0}{7,0} \times 3,0 \text{ bar}; \quad p_{\text{N}_2} = \frac{2,0}{7,0} \times 3,0 \text{ bar} \text{ en } p_{\text{H}_2} = \frac{4,0}{7,0} \times 3,0 \text{ bar, dus } Q = 0,043.$$

Het partiële drukkquotiënt is kleiner dan  $K$ . Er moet dus  $\text{NH}_3$  worden bijgevormd om evenwicht te verkrijgen. Daarbij neemt het aantal mol gas af, dus ook het volume: de zuiger gaat omlaag.

- $Q = \frac{(p_{\text{NH}_3})^2 (p^0)^2}{(p_{\text{N}_2})(p_{\text{H}_2})^3}$ , met  $p^0 = 1,0$  bar 1
- berekening van  $p_{\text{NH}_3}$ ,  $p_{\text{N}_2}$  en  $p_{\text{H}_2}$  1
- berekening  $Q$  vergelijking met de gevonden waarde voor  $K$  1
- vergelijking van  $Q$  met de gevonden waarde voor  $K$  1
- conclusie 1

□19 Maximumscore 3

$\Delta_r G^0(T) = \Delta_r H^0(298) - T\Delta_r S^0(298) = -RT \ln K$ ; nu moet  $K = 0,043$  zijn, dus:  
 $-0,924 \cdot 10^5 - T \times (-198) = -8,3145 \times T \times \ln(0,043)$ , dit levert  $T = 538$  K.

- $\Delta_r G^0(T) = \Delta_r H^0(298) - T\Delta_r S^0(298) = -RT \ln K$  1
- nu moet  $K = 0,043$  zijn 1
- rest van de berekening en juiste eenheid voor  $T$  vermeld 1



## Opgave 6 Identificatie

(12 punten)

□20 Maximumscore 4

- er zijn drie soorten waterstofatomen in het molecuul 1
- een soort waterstofatomen heeft twee andersoortige burens (drie-opsplitsing) 1
- een soort waterstofatomen heeft drie andersoortige burens (vier-opsplitsing) 1
- een soort waterstofatomen heeft geen andersoortige burens 1

□21 Maximumscore 5

- de piek bij circa  $970\text{ cm}^{-1}$  wijst op een *trans*-alkeen maar de piek(en) tussen  $650\text{ cm}^{-1}$  en  $700\text{ cm}^{-1}$  wijst(wijzen) op een *cis*-alkeen 1
- de piek bij  $1650\text{ cm}^{-1}$  wijst op de aanwezigheid van een  $\text{C}=\text{C}$  in een asymmetrisch molecuul 1
- de piek bij  $1750\text{ cm}^{-1}$  in combinatie met de pieken bij  $1300\text{ cm}^{-1}$  en  $1150\text{ cm}^{-1}$  wijst op een ester 1
- de pieken tussen  $3000\text{ cm}^{-1}$  en  $2800\text{ cm}^{-1}$  wijzen op een  $\text{C}-\text{H}$  binding aan een C atoom met  $\text{sp}^2$ -hybridisatie 1
- de pieken tussen  $3000\text{ cm}^{-1}$  en  $2800\text{ cm}^{-1}$  wijzen ook op een  $\text{C}-\text{H}$  binding aan een C atoom met  $\text{sp}^3$ -hybridisatie 1

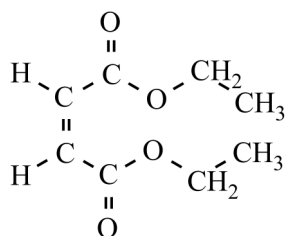
Opmerkingen

- Wanneer is opgemerkt dat de piek bij  $1650\text{ cm}^{-1}$  wijst op de aanwezigheid van een  $\text{C}=\text{C}$  binding in een symmetrisch molecuul, omdat het een zwakke piek is, dit goed rekenen.
- Wanneer is opgemerkt dat de piek bij  $1650\text{ cm}^{-1}$  wijst op de aanwezigheid van een  $\text{C}=\text{C}$  binding, maar uit de sterkte van de piek niet valt op te maken of het een symmetrisch molecuul betreft dan wel een asymmetrisch molecuul, dit goed rekenen.

□22 Maximumscore 1

- de absorptieband bij  $220 - 230\text{ nm}$  wijst op een geconjugeerd systeem 1

□23 Maximumscore 2



Opmerkingen

- Wanneer in het antwoord op vraag 21 is opgemerkt dat de piek bij  $1650\text{ cm}^{-1}$  wijst op de aanwezigheid van een  $\text{C}=\text{C}$  binding in een symmetrisch molecuul, en als antwoord op vraag 23 de structuurformule van de *trans*-isomeer is gegeven, dit goed rekenen.
- Wanneer in het antwoord op vraag 21 ten aanzien van de piek bij  $1650\text{ cm}^{-1}$  is opgemerkt dat niet valt op te maken of het een symmetrisch molecuul betreft dan wel een asymmetrisch molecuul, en als antwoord op vraag 23 zowel de formules van de *cis*- als de *trans*-isomeer zijn gegeven, dit goed rekenen.

## ■ Opgave 7 Waterstof

(17 punten)

□24 Maximumscore 1

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Dan is de golf in fase (met zichzelf).
- Dan interfereert de golf constructief met zichzelf.
- Dan ontstaat er een staande golf.
- Zou dat niet zo zijn, dan dooft de golf (op den duur) uit door interferentie.

□25 Maximumscore 6

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Voor de kinetische energie van het elektron geldt:  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  en voor de de Broglie-golf:  $p = mv = \frac{h}{\lambda}$ .

Daaruit kan worden afgeleid:  $2mE_k = \frac{h^2}{\lambda^2}$  of  $\lambda = h \sqrt{\frac{1}{2mE_k}}$ .

De golflengte moet één keer op de omtrek passen, dus geldt  $\lambda = 2\pi r$ .

Dus:  $r = \frac{h}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{2mE_k}} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34}}{2 \times 3,1416} \sqrt{\frac{1}{2 \times 0,0009109 \cdot 10^{-27} \times 2,179 \cdot 10^{-18}}} = 5,293 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ .

· voor de kinetische energie van het elektron geldt:  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  1

· voor de de Broglie-golf geldt:  $p = mv = \frac{h}{\lambda}$  1

·  $\lambda = h \sqrt{\frac{1}{2mE_k}}$  1

· de golflengte moet één keer op de omtrek passen, dus geldt  $\lambda = 2\pi r$  1

· dus:  $r = \frac{h}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{2mE_k}}$  1

· invullen, uitrekenen en eenheid juist 1

□26 Maximumscore 2

Voor een emissiespectrum geldt dat licht wordt uitgezonden. Het elektron valt dan terug van een hoger naar een lager niveau. Dus is  $n_2$  het eindniveau.

· voor een emissiespectrum geldt dat licht wordt uitgezonden 1

· het elektron valt dan terug van een hoger naar een lager niveau, dus is  $n_2$  het eindniveau 1

□27 Maximumscore 4

De grootste golflengte correspondeert met de minste energie, dus met het kleinste verschil tussen de niveaus. Dat is de overgang met  $n_2 = 2$  en  $n_1 = 3$ .

Dus  $\frac{1}{\lambda} = 1,0968 \cdot 10^7 \left[ \frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right] = 1,5233 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}$  en  $\lambda = 6,5646 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  of 656 nm. Dit is

rood/oranjerood licht.

· de grootste golflengte correspondeert met de minste energie 1

· dat is de overgang met  $n_2 = 2$  en  $n_1 = 3$  1

· golflengte juist berekend 1

· conclusie 1

□28 Maximumscore 4

De kleinste golflengte correspondeert met de meeste energie, dus met het grootste verschil tussen de niveaus. Dat is de overgang met  $n_2 = 1$  en  $n_1 = \infty$ .

Dus  $\frac{1}{10,129 \cdot 10^{-9}} = Z^2 \times 1,0968 \cdot 10^7 \left[ \frac{1}{1^2} - 0 \right]$ , waaruit volgt dat  $Z = 3$ . Het element is lithium.

- de kleinste golflengte correspondeert met de grootste energie 1
- dat is de overgang met  $n_2 = 1$  en  $n_1 = \infty$  1
- $Z$  juist berekend 1
- conclusie 1

## ■ Opgave 8 Ionisatiepotentialen

(9 punten)

□29 Maximumscore 3

Bij ionisatie van atomair waterstof wordt een elektron verwijderd uit de  $1s$  orbitaal. Bij ionisatie van moleculair waterstof wordt een elektron verwijderd uit de  $1\sigma$  orbitaal. De  $1\sigma$  orbitaal is een bindende orbitaal die wordt gevormd uit de  $1s$  orbitalen van de waterstofatomen. Een bindende orbitaal heeft een energie die lager dan de energie van de samenstellende orbitalen. (Het kost daarom meer energie om een elektron te verwijderen uit een waterstofmolecuul dan uit een waterstofatoom.)

- bij ionisatie van atomair waterstof gaat het om elektronen in de  $1s$  orbitaal (en bij moleculair waterstof om elektronen in de  $1\sigma$  orbitaal) 1
- de  $1\sigma$  orbitaal is gevormd uit  $1s$  orbitalen 1
- een bindende moleculaire orbitaal heeft een lagere energie dan de samenstellende orbitalen (en conclusie) 1

□30 Maximumscore 3

Bij ionisatie van moleculair zuurstof wordt een elektron verwijderd uit een  $2\pi^*$  orbitaal. Dat is een antibindende orbitaal met een hogere energie dan de samenstellende orbitalen van atomair zuurstof. Dus de ionisatiepotentiaal van moleculair zuurstof is kleiner dan van atomair zuurstof.

- bij ionisatie van moleculair zuurstof wordt een elektron verwijderd uit een  $2\pi^*$  orbitaal 1
- de antibindende  $2\pi^*$  orbitaal van een zuurstofmolecuul heeft een hogere energie dan de samenstellende orbitalen van atomair zuurstof 1
- conclusie 1

□31 Maximumscore 3

Een stikstofmolecuul heeft twee elektronen minder dan een zuurstofmolecuul. Het hoogste energieniveau in een stikstofmolecuul is dus een  $1\pi$  orbitaal. Dit is een bindende orbitaal, en die heeft een lagere energie dan de samenstellende atomaire orbitalen. Dus de ionisatiepotentiaal van moleculair stikstof is groter dan van atomair stikstof.

- een stikstofmolecuul heeft twee elektronen minder dan een zuurstofmolecuul 1
- het hoogste energieniveau in een stikstofmolecuul is dus een  $1\pi$  orbitaal 1
- rest van de uitleg en conclusie 1