

NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE

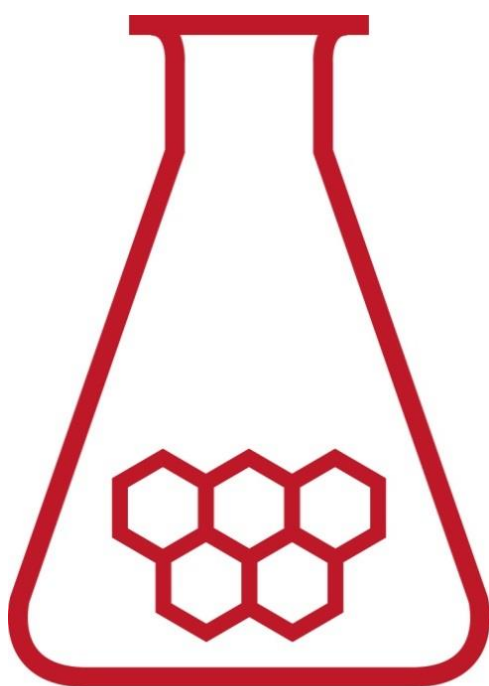
2021

Opgaven en correctievoorschriften

Voorronde 1

Voorronde 2

Eindronde



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**

 **BASF**
We create chemistry

Inhoud

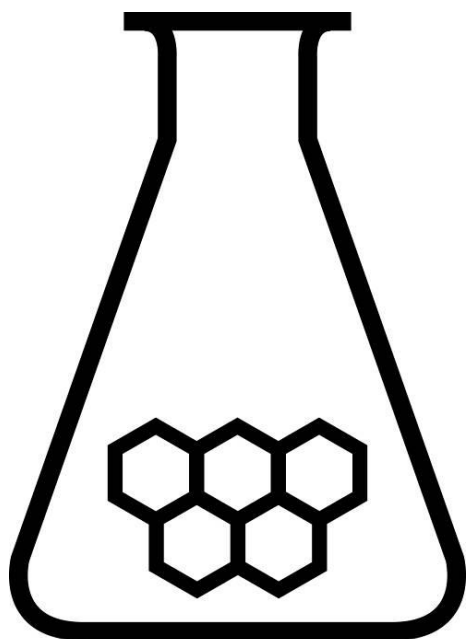
Opgaven voorronde 1	3
Opgave 1 Meerkeuzevragen	5
Opgave 2 Lithium	12
Opgave 3 Alcoholtest	13
Opgave 4 Een elementanalyse	14
Opgaven voorronde 2	17
Opgave 1 Meerkeuzevragen	18
Opgave 2 Waterstoffluoride-oplossing	25
Opgave 3 Coating uit biomassa	25
Opgave 4 Klei-onderzoek	28
Opgaven eindronde Open vragen toets	33
Opgave 1 Waterstofbrandstofcel	35
Opgave 2 Tamoxifen	36
Opgave 3 Boriumverbindingen als waterstofopslag	39
Opgave 4 Crotonzuurbepaling	40
Opgaven eindronde Meerkeuzetoets	43
Correctievoorschrift voorronde 1	53
Opgave 1 Meerkeuzevragen	54
Opgave 2 Lithium	58
Opgave 3 Alcoholtest	60
Opgave 4 Een elementanalyse	62
Correctievoorschrift voorronde 2	65
Opgave 1 Meerkeuzevragen	66
Opgave 2 Waterstoffluoride-oplossing	70
Opgave 3 Coating uit biomassa	72
Opgave 4 Klei-onderzoek	75
Correctievoorschrift eindronde Open vragen toets	79
Opgave 1 Waterstofbrandstofcel	80
Opgave 2 Tamoxifen	81
Opgave 3 Boriumverbindingen als waterstofopslag	84
Opgave 4 Crotonzuurbepaling	87
Correctievoorschrift eindronde Meerkeuzetoets	89

In 2021 zijn vanwege de corona pandemie de Nationale Scheikundeolympiadeweek, die bij BASF in De Meern zou worden gehouden, en de International Chemistry Olympiad, die in Japan zou worden gehouden, niet doorgegaan. Omdat de organisatie van de International Chemistry Olympiad had besloten om, net als in 2020, een remote wedstrijd te organiseren die uitsluitend uit een theoretische toets zou bestaan, is ook een theoretische nationale eindronde georganiseerd. Deze eindronde bestond uit twee toetsen: een toets met open vragen en een toets met meerkeuzevragen.

NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2021

OPGAVEN VOORRONDE 1

af te nemen in de periode van
11 januari tot en met 12 februari 2021



SCHEIKUNDE OLYMPIADE



- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 8 onderwerpen en 3 opgaven met in totaal 12 open vragen alsmede een antwoordblad voor de meerkeuzevragen.
- Gebruik voor de beantwoording van de meerkeuzevragen het antwoordblad.
- Gebruik voor de beantwoording van elke opgave met open vragen een apart antwoordvel, voorzien van naam.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 70 punten.
- De voorronde duurt 2 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e druk of ScienceData 1^e druk.
- Bij elke vraag is het aantal punten vermeld dat een juist antwoord op die vraag oplevert.

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

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

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

Opgave 1 Meerkeuzevragen

(totaal 40 punten)

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

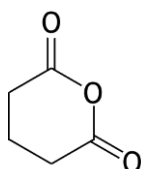
Normering: 2 punten per juist antwoord.

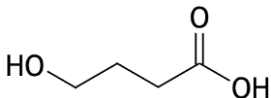
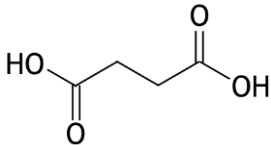
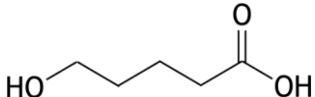
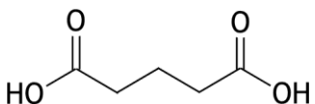
Koolstofchemie en biochemie

- 1 Welke van onderstaande formules kan horen bij een molecuul waarin een drievoudige binding voorkomt?

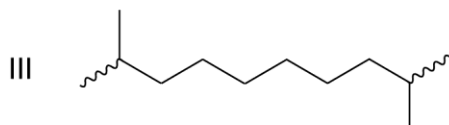
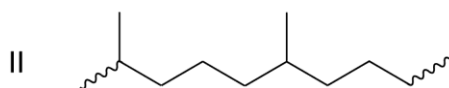
- A C_5H_{10}
- B C_5H_{12}
- C C_6H_{10}
- D C_6H_{12}

- 2 Uit welke stof kan door een condensatiereactie onderstaande verbinding ontstaan?

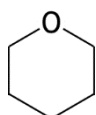


- A 
- B 
- C 
- D 

- 3 Welke van onderstaande structuren stelt/stellen een stukje voor uit het midden van een molecuul van een copolymeer van etheen en propreen, met van elk monomeer twee eenheden?



- A geen van drieën
 B alleen I
 C alleen II
 D alleen III
 E alleen I en II
 F alleen I en III
 G alleen II en III
 H alle drie
- 4 Oxaan heeft onderstaande structuurformule:



Hoeveel isomere monochloorsubstitutieproducten van oxaan zijn er in totaal? En hoeveel daarvan zijn stereo-isomeren?

	totaal aantal isomeren	aantal stereo-isomeren
A	drie	geen
B	vier	twee (één paar)
C	vijf	geen
D	vijf	vier (twee paar)
E	zes	twee (één paar)
F	zes	zes (drie paar)
G	negen	acht (vier paar)
H	tien	tien (vijf paar)

Thermochemie

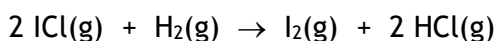
- 5 Hoe groot is de reactiewarmte voor de hydrogenering van benzeen tot cyclohexaan bij $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$?

Gegeven: de vormingswarmte van cyclohexaan is $-1,66 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ bij $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$.

- A $-10,93 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
- B $-2,15 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
- C $-1,17 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
- D $+1,17 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
- E $+2,15 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
- F $+10,93 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$

Reactiesnelheid en evenwicht

- 6 In een reactiesnelheidsonderzoek naar de volgende reactie



heeft men drie proefjes uitgevoerd en daarbij de volgende gegevens verkregen:

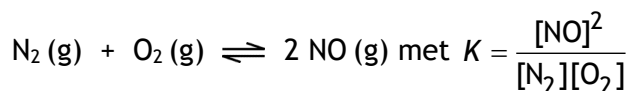
proefje	beginconcentratie ICl	beginconcentratie H ₂	reactiesnelheid
1	$1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$	$1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$	$3,7 \cdot 10^{-7} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$
2	$2,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$	$1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$	$5,7 \cdot 10^{-7} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$
3	$2,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$	$3,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$	$14,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$

De formule voor de reactiesnelheid kan worden weergegeven als $s = k[\text{ICl}]^x[\text{H}_2]^y$.

Hoe groot zijn x en y en wat is de eenheid van de reactiesnelheidsconstante k ?

- | | x | y | dimensie van k |
|---|-----|-----|--|
| A | 1 | 1 | $\text{L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ |
| B | 1 | 1 | $\text{s mol}^{-1} \text{ L}^{-1}$ |
| C | 2 | 1 | $\text{L}^2 \text{ mol}^{-2} \text{ s}^{-1}$ |
| D | 2 | 1 | $\text{s mol}^2 \text{ L}^{-2}$ |

- 7 In een ruimte met een vast volume van $1,0 \text{ dm}^3$ heeft zich bij een bepaalde temperatuur het volgende evenwicht ingesteld:



Na welke verandering stelt zich een nieuw evenwicht in met een grotere waarde van K ?

- I toevoegen van extra zuurstof bij constante temperatuur
- II afkoelen

- A in geen van beide gevallen
- B alleen in geval I
- C alleen in geval II
- D in beide gevallen

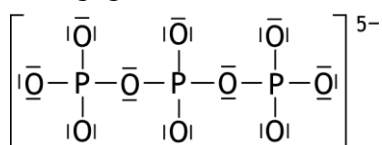
Structuren en formules

- 8 Tussen de zuurstofatomen in een ozonmolecuul (O_3) komen een dubbele binding en een enkelvoudige binding voor.

Wat kun je zeggen over een molecuul ozon?

- A het molecuul is lineair en heeft geen dipool
- B het molecuul is lineair en heeft een dipool
- C het molecuul is niet lineair en heeft geen dipool
- D het molecuul is niet lineair en heeft een dipool

- 9 Natriumtripolyfosfaat, $Na_5P_3O_{10}$, werd vaak in wasmiddelen als onthardingsmiddel gebruikt. De structuurformule van het tripolyfosfaation kan als volgt worden weergegeven:



Het tripolyfosfaation is één van de termen van een homologe reeks: de polyfosfaationen. In een polyfosfaation is elk fosforatoom omgeven door vier zuurstofatomen. Er komen geen bindingen tussen zuurstofatomen onderling voor.

De algemene formule van een polyfosfaation kan worden weergegeven met $P_nO_x^{y-}$.

Wat is het verband tussen x en n en tussen y en n ?

- | | |
|------------|----------|
| $x =$ | $y =$ |
| A $3n + 1$ | $n + 2$ |
| B $4n - 2$ | $n + 2$ |
| C $3n + 1$ | $2n - 1$ |
| D $4n - 2$ | $2n - 1$ |

- 10 Hoeveel bindende elektronenparen en hoeveel niet-bindende elektronenparen komen voor in een molecuul zuurstofdifluoride, OF_2 ?

- | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| aantal bindende elektronenparen: | aantal niet-bindende elektronenparen: |
| A 2 | 6 |
| B 2 | 8 |
| C 3 | 6 |
| D 3 | 8 |
| E 4 | 6 |
| F 4 | 8 |

- 11 Hoeveel mesomere structuren (grensstructuren), waarin alle atomen voldoen aan de oktetregel, zijn er te tekenen van het oxalaation, $C_2O_4^{2-}$?

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

pH / zuur-base

- 12 Wat is de molariteit van een zwavelzuuroplossing waarvan de $\text{pH} = -0,25$?
- A 0,28 M
 - B 0,56 M
 - C 0,89 M
 - D 1,8 M
- 13 Een leerling heeft de beschikking over een NaH_2PO_4 oplossing. Hij wil daar een andere oplossing aan toevoegen, zodat hij een bufferoplossing heeft met $\text{pH} = 7,5$. Met welke oplossing kan hij dat doen?
- I een Na_2HPO_4 oplossing
 - II natronloog
 - III zoutzuur
- A alleen met oplossing I
 - B alleen met oplossing II
 - C alleen met oplossing III
 - D met oplossing I en met oplossing II
 - E met oplossing I en met oplossing III
 - F met oplossing II en met oplossing III
 - G met oplossing I, met oplossing II en met oplossing III

Redox en elektrochemie

- 14 Gegeven het redoxkoppel $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{N}_2$.
Hoeveel elektronen (e^-) komen voor in de vergelijking van de halfreactie van dit redoxkoppel en aan welke kant van de pijl staan ze?
- A $2 e^-$ links van de pijl
 - B $2 e^-$ rechts van de pijl
 - C $5 e^-$ links van de pijl
 - D $5 e^-$ rechts van de pijl
 - E $6 e^-$ links van de pijl
 - F $6 e^-$ rechts van de pijl
 - G $10 e^-$ links van de pijl
 - H $10 e^-$ rechts van de pijl
 - I $12 e^-$ links van de pijl
 - J $12 e^-$ rechts van de pijl

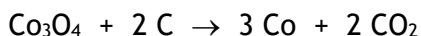
- 15 Men elektrolyseert de volgende gesmolten zouten: aluminiumoxide, lithiumchloride en magnesiumchloride. Men gebruikt in alle drie gevallen dezelfde constante stroomsterkte.
- In welk geval is het eerste 1,0 g metaal ontstaan?
- A aluminiumoxide
 - B lithiumchloride
 - C magnesiumchloride
 - D het duurt in alle drie gevallen even lang

Analyse

- 16 Een monster bevat als hoofdbestanddelen natriumchloride en kaliumjodide. De massa van de overige bestanddelen is te verwaarlozen. Van dit monster wordt 442 mg opgelost in water. Aan de oplossing wordt een overmaat zilvernitraatoplossing toegevoegd. Het verkregen neerslag wordt afgefiltreerd, gedroogd en gewogen. De massa van het neerslag was 952 mg.
- Hoe groot was het massapercentage kaliumjodide in het onderzochte monster?
- A 10,1%
 - B 28,8%
 - C 71,2%
 - D 89,9%
- 17 In een voorschrift voor de bepaling van het gehalte aan sulfiet in een monster staat het volgende:
- Weeg ongeveer 5 gram van het monster nauwkeurig af en los het in water op. Voeg zoveel water toe dat het volume van de oplossing 100 mL is (oplossing A). Breng 10 mL van oplossing A in een erlenmeyer en voeg daaraan 25 mL toe van een oplossing van kaliumpermanganaat (overmaat) met bekende molariteit en 10 mL verdund zwavelzuur. Titreer de overmaat permanganaat terug met een oplossing van ijzer(II)sulfaat van bekende molariteit.
- Voor het afmeten van welke oplossing moet je een pipet gebruiken?
- A alleen de 10 mL oplossing A
 - B alleen de 25 mL kaliumpermanganaatoplossing
 - C alleen de 10 mL verdund zwavelzuur
 - D de 10 mL oplossing A en de 25 mL kaliumpermanganaatoplossing
 - E de 10 mL oplossing A en de 10 mL verdund zwavelzuur
 - F de 25 mL kaliumpermanganaatoplossing en de 10 mL verdund zwavelzuur
 - G de 10 mL oplossing A, de 25 mL kaliumpermanganaatoplossing en de 10 mL verdund zwavelzuur

Rekenen en Groene chemie

- 18 Een belangrijke reactie die plaatsvindt bij de productie van kobalt (Co) uit kobalterts is de volgende:



Wat is de atomeconomie van de vorming van kobalt via deze reactie?

- A 17%
B 22%
C 33%
D 67%
- 19 In de industrie wordt veel waterstof bereid met behulp van propaan. Hierbij treden twee reacties op:
Reactie 1: De reactie van propaan met water tot koolstofmonoïoxide en waterstof.
Reactie 2: De reactie van het gevormde koolstofmonoïoxide met water tot koolstofdioxide en waterstof.
Hoeveel mol waterstof ontstaat bij deze bereiding per 1,0 mol koolstofdioxide? Ga ervan uit dat beide reacties volledig verlopen.
- A 1,0 mol
B 2,0 mol
C 2,3 mol
D 3,3 mol
E 4,0 mol
F 5,0 mol
G 8,0 mol
- 20 Bij 25 °C en $p = p_0$ neemt 45,7 mg van een bepaald gas een volume in van 40 cm³. Welk gas is dit?
- A CO
B CO₂
C H₂
D Ne
E NH₃
F SO₂

Open opgaven

(totaal 30 punten)

■ Opgave 2 Lithium

(8 punten)

De vraag naar lithium neemt sterk toe. Het wordt steeds meer verwerkt in batterijen en in accu's van elektrische auto's.

Lithium wordt onder andere gewonnen uit lithiumhoudende ertslagen. Het belangrijkste lithiwmerts is spodumeen, $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$. Volgens de formule $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ zou het massapercentage lithium in spodumeen 3,7% bedragen. Meestal bevat spodumeen een lager massapercentage lithium doordat in het rooster van spodumeen een deel van de lithiumionen is 'vervangen' door natriumionen. Het werkelijke massapercentage lithium in spodumeen bedraagt gemiddeld 3,2%.

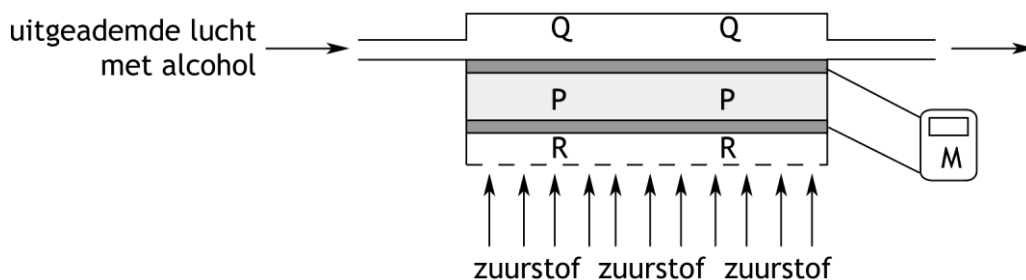
- 1 Bereken hoeveel procent van de lithiumionen is 'vervangen' door natriumionen in spodumeen dat 3,2 massa% lithium bevat. 4
- Om lithium uit spodumeen te bereiden, wordt uit het spodumeen via een aantal omzettingen lithiumcarbonaat gevormd. Daarna wordt aan het lithiumcarbonaat overmaat zoutzuur toegevoegd. De ontstane oplossing wordt ingedampt, waarna het vaste lithiumchloride wordt gesmolten en bij 400 °C geëlektrolyseerd. Bij deze elektrolyse gebruikt men een grafietelektrode en een ijzerelektrode.
- 2 Geef de vergelijking van de reactie van lithiumcarbonaat met zoutzuur. 2
- 3 Wordt bij de elektrolyse van het gesmolten lithiumchloride de ijzerelektrode als positieve of als negatieve elektrode gebruikt? Geef een verklaring voor je antwoord. 2

Opgave 3 Alcoholtest

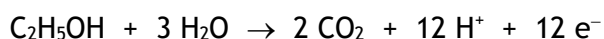
(7 punten)

Een meetinstrument dat in Nederland wordt gebruikt om het alcoholgehalte in uitgeademde lucht te meten, is de Alcotest 7110. In dit instrument bevindt zich een elektrochemische cel. Bij zo'n meting van het ademalcoholgehalte wordt $1,0 \text{ cm}^3$ uitgeademde lucht in de elektrochemische cel gepompt.

Hieronder is de elektrochemische cel schematisch afgebeeld.



De poreuze plaat P bevat een aangezuurde oplossing van een elektrolyt. Aan beide kanten van de poreuze plaat is fijn verdeeld platinapoeder aangebracht. Dit poeder zorgt voor elektrische geleiding, het werkt als katalysator en het laat H^+ ionen door. De uitgeademde lucht wordt aan een kant langs de poreuze plaat geleid (Q in de figuur). De aanwezige alcohol wordt hier volledig omgezet volgens onderstaande halfreactie:



Aan de andere kant van de poreuze plaat (R in de figuur) reageert zuurstof.

De oppervlakken Q en R zijn geleidend met elkaar verbonden zodat er een elektrische stroom loopt tijdens de alcoholbepaling. Deze stroom wordt in meetkastje M gemeten.

- 4 Geef de vergelijking van de andere halfreactie en leid de vergelijking van de totale reactie af. 2

- 5 Leg uit of de elektronen via het meetkastje M van Q naar R stromen of van R naar Q. 2

Gedurende de korte tijd dat er tijdens de alcoholbepaling een stroom loopt, wordt het aantal doorgestroomde coulombs bepaald. Hieruit wordt het alcoholgehalte berekend. Dat wordt op het display van meetkastje M weergegeven. In Nederland is men strafbaar als men aan het verkeer deelneemt met meer dan $220 \mu\text{g}$ alcohol in een dm^3 uitgeademde lucht. Bij de controle van een verkeersdeelnemer werd $1,0 \text{ cm}^3$ van de uitgeademde lucht door de elektrochemische cel geleid. De totale hoeveelheid doorgestroomde elektrische lading bedroeg $9,9 \cdot 10^{-3} \text{ C}$.

- 6 Ga door middel van een berekening van het alcoholgehalte in de uitgeademde lucht na of de verkeersdeelnemer de wet heeft overtreden. 3
Gebruik hierbij Binas-tabel 7 of ScienceData-tabel 1.4.

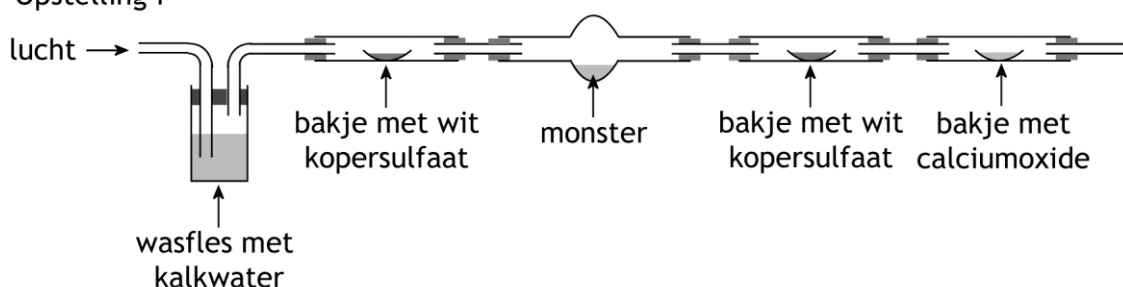
■ Opgave 4 Een elementanalyse

(15 punten)

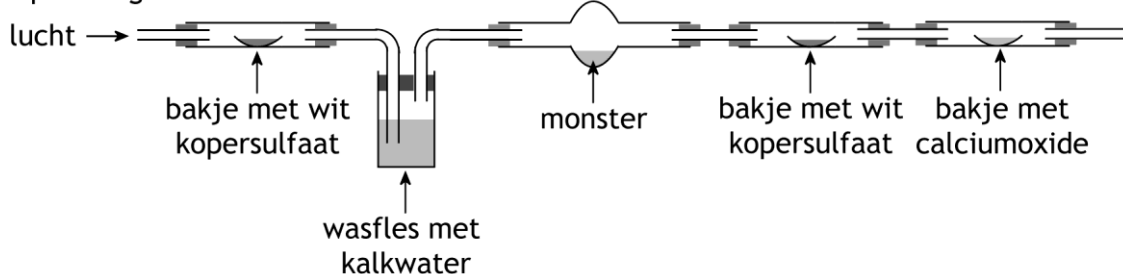
Voor het ophelderen van de formules van organische verbindingen wordt vaak gebruikgemaakt van de zogenoemde elementanalyse. Daarbij wordt een monster met een bekende massa van de te onderzoeken stof volledig verbrand door het te verhitten terwijl lucht wordt overgeleid. De vrijkomende koolstofdioxide en waterdamp worden gebonden in respectievelijk calciumoxide en wit kopersulfaat. Uit de massatoenames van het calciumoxide en het kopersulfaat kan berekend worden wat de verhouding is tussen de koolstofatomen en waterstofatomen in de moleculen van de onderzochte stof. Omdat lucht ook koolstofdioxide en waterdamp bevat, moeten die stoffen eerst uit de lucht worden gehaald. Dat gebeurt met kalkwater en wit kopersulfaat.

Hieronder staan twee opstellingen voor de elementanalyse van een koolstofverbinding.

Opstelling I



Opstelling II



- 7 Welk van deze opstellingen is juist, of zijn ze allebei juist of zijn ze allebei onjuist? Geef een verklaring voor je antwoord.

3

Van een onbekend carbonzuur $C_xH_yO_z$ werd via een elementanalyse vastgesteld dat de stof 40,00 massaprocent C en 6,71 massaprocent H en 53,29 massaprocent O bevat.

- 8 Bereken de verhouding $x : y : z$. Geef deze verhouding op in de vorm van zo klein mogelijke gehele getallen.

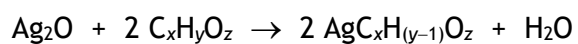
2

Het onbekende carbonzuur $C_xH_yO_z$ kan reageren met vast zilveroxide (Ag_2O) onder vorming van een slecht oplosbaar zout. Het zilveroxide wordt vers bereid door oplossingen van zilvernitraat en natriumhydroxide samen te voegen.

- 9 Geef de reactievergelijking voor deze vorming van zilveroxide.

3

De vergelijking van de reactie tussen zilveroxide en $C_xH_yO_z$ is:



Aan 1,64 g Ag_2O voegt men overmaat $C_xH_yO_z$ toe. Wanneer alle Ag_2O heeft gereageerd, is 2,79 g $AgC_xH_{(y-1)}O_z$ ontstaan.

- | | | |
|-----|--|---|
| □10 | Bereken hoeveel g $C_xH_yO_z$ heeft gereageerd. | 3 |
| □11 | Bereken de molaire massa van $C_xH_yO_z$. | 2 |
| □12 | Leid de molecuulformule van het onbekende carbonzuur af. | 2 |

42^e Nationale Scheikundeolympiade 2021 voorronde 1
Antwoordblad meerkeuzevragen

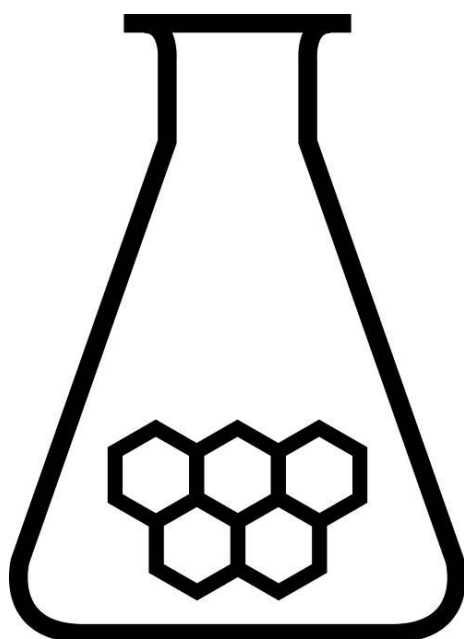
naam:

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

NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2021

OPGAVEN VOORRONDE 2

af te nemen in de periode van
22 tot en met 26 maart 2021



SCHEIKUNDE OLYMPIADE



- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 8 onderwerpen en 3 opgaven met in totaal 16 open vragen alsmede een antwoordblad voor de meerkeuzevragen.
- Gebruik voor de beantwoording van de meerkeuzevragen het antwoordblad.
- Gebruik voor de beantwoording van elke opgave met open vragen een apart antwoordvel, voorzien van naam.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 93 punten.
- De voorronde duurt maximaal 3 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e druk of ScienceData 1^e druk.
- Bij elke vraag is het aantal punten vermeld dat een juist antwoord op die vraag oplevert.

Opgave 1 Meerkeuzevragen

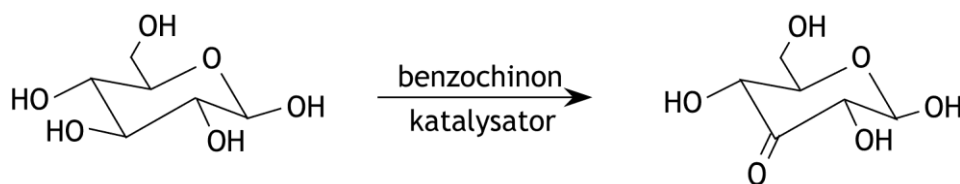
(totaal 40 punten)

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

Normering: 2 punten per juist antwoord.

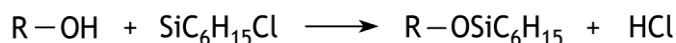
Koolstofchemie

- 1 Op de Rijksuniversiteit Groningen heeft men de volgende omzetting geperfectioneerd:



Wat voor soort reactie is dit?

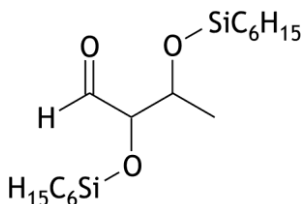
- A een additiereactie
B een condensatiereactie
C een redoxreactie
D een substitutiereactie
- 2 Om bij een organische synthese een ongewenste reactie van een OH groep tegen te gaan, wordt vaak *tertiair*-butyldimethylsilylchloride (TBS-Cl of $\text{SiC}_6\text{H}_{15}\text{Cl}$) gebruikt. De volgende reactie treedt dan op:



De $\text{SiC}_6\text{H}_{15}$ groep wordt een beschermende groep genoemd.

Aan het eind van de syntheseroute moeten de beschermende groepen worden verwijderd. Daarvoor wordt vaak een oplossing van waterstoffluoride in water gebruikt. De $\text{OSiC}_6\text{H}_{15}$ groep wordt dan weer omgezet tot een OH groep en er wordt $\text{SiC}_6\text{H}_{15}\text{F}$ gevormd. Daarbij wordt een geringe overmaat waterstoffluoride gebruikt: per mol TBS groepen 0,05 mol HF.

Bij een bepaalde synthese is 1,50 g van het volgende tussenproduct met molaire massa $M = 332,63 \text{ g mol}^{-1}$ verkregen:



Hoeveel mL 27,6 M HF oplossing moet worden toegevoegd om hierin alle beschermende groepen te verwijderen?

- A 0,163
B 0,172
C 0,327
D 0,335
E 0,343

- 3 Hoeveel verschillende verbindingen met de molecuulformule $C_5H_{11}Br$ kunnen worden gevormd uit de reactie van broom met 2-methylbutaan? Houd rekening met stereo-isomerie.
- A 3
 - B 4
 - C 5
 - D 6
 - E 7

Structuren en formules

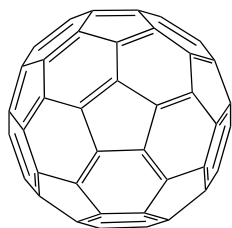
- 4 Diazeen heeft de molecuulformule N_2H_2 .
Hoeveel π bindingen, σ bindingen en niet-bindende elektronenparen zitten er in een molecuul diazeen?

	aantal π bindingen	aantal σ bindingen	aantal niet-bindende elektronenparen
A	0	3	2
B	0	3	4
C	1	2	2
D	1	3	2
E	2	2	2
F	2	3	0
G	3	2	0

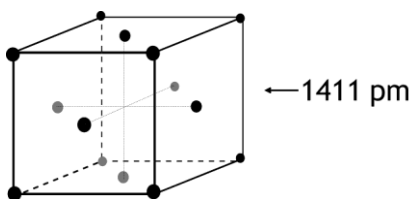
- 5 Hoeveel orbitalen zijn gevuld of gedeeltelijk gevuld in de grondtoestand van een Ti atoom dat zich in de gasfase bevindt?
- A 11
 - B 12
 - C 13
 - D 14

Gebruik onderstaande informatie voor het beantwoorden van de vragen 6 t/m 8.

Tot aan de jaren 80 van de vorige eeuw werd aangenomen dat koolstof in twee allotrope vormen voorkwam: diamant en grafiet. Daar kwam verandering in toen in 1985 het buckminsterfullereen werd ontdekt. De formule van deze stof is C_{60} . In een molecuul C_{60} zitten de koolstofatomen op de hoekpunten van regelmatige zeshoeken en regelmatige vijfhoeken. Er zijn 20 regelmatige zeshoeken in het molecuul en 12 regelmatige vijfhoeken. Hieronder is de structuur van een C_{60} molecuul weergegeven.



De kristalstructuur van vast C_{60} is vlakgecentreerd kubisch (face-centered cubic, fcc), waarin de moleculen dichtstgestapeld zijn. De ribbe van de eenheidscel is 1411 pm. Zie onderstaande figuur - de punten daarin geven de middelpunten aan van de C_{60} moleculen.



- 6 Hoewel dat niet blijkt uit de gegeven structuur zijn alle bindingen tussen de koolstofatomen in een C_{60} molecuul identiek.
Hoeveel koolstof - koolstof bindingen zijn er in een C_{60} molecuul?
- A 30
B 45
C 60
D 90
E 180
- 7 Hoe groot is de straal van een C_{60} molecuul? Neem aan dat C_{60} moleculen volmaakt bolvormig zijn.
- A 499 pm
B 998 pm
C 706 pm
D 1411 pm
- 8 Hoe groot is de dichtheid van vast C_{60} ?
- A $1,704 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$
B $2,130 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$
C $2,983 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$
D $5,965 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

Thermochemie

- 9 De reactiewarmte voor de volledige verbranding van C_{60} is $-26,17 \cdot 10^6 \text{ J mol}^{-1}$.
Hoe groot is de vormingswarmte van C_{60} ?
- A $-49,78 \cdot 10^6 \text{ J mol}^{-1}$
B $-25,78 \cdot 10^6 \text{ J mol}^{-1}$
C $-2,56 \cdot 10^6 \text{ J mol}^{-1}$
D 0 J mol^{-1}
E $+2,56 \cdot 10^6 \text{ J mol}^{-1}$
F $+26,56 \cdot 10^6 \text{ J mol}^{-1}$
G $+49,78 \cdot 10^6 \text{ J mol}^{-1}$
- 10 In welk geval kan geen spontane reactie optreden?
- A $\Delta H < 0$ en $\Delta S < 0$
B $\Delta H < 0$ en $\Delta S > 0$
C $\Delta H > 0$ en $\Delta S < 0$
D $\Delta H > 0$ en $\Delta S > 0$

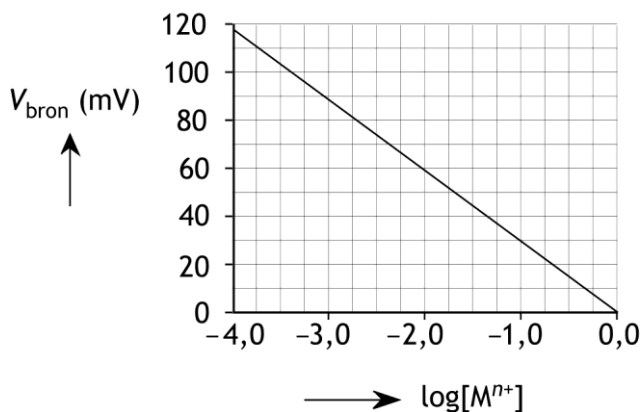
Redox en elektrochemie

- 11 De samenstelling van een legering van uitsluitend koper en zilver wordt onderzocht. Van de legering wordt 500 mg opgelost in overmaat verdund salpeterzuur. Daarna wordt de oplossing geëlektrolyseerd met een stroomsterkte van 1,20 A. Na 520 s zijn alle metaalionen uit de oplossing weer omgezet tot metaalatomen.
Wat was het zilveragehalte van de legering?
- A 7,5 massaprocent
B 16,5 massaprocent
C 43,3 massaprocent
D 56,7 massaprocent
E 83,5 massaprocent
F 92,5 massaprocent
- 12 Een oplossing van koper(II)chloride wordt geëlektrolyseerd met koperelektroden. Welke reactie treedt op aan de positieve elektrode en welke aan de negatieve elektrode?
- | positieve elektrode | negatieve elektrode |
|--|---|
| A $2 \text{ Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{ e}^-$ | $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{ e}^- \rightarrow \text{Cu}$ |
| B $2 \text{ Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{ e}^-$ | $2 \text{ H}_2\text{O} + 2 \text{ e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{ OH}^-$ |
| C $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2 \text{ e}^-$ | $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{ e}^- \rightarrow \text{Cu}$ |
| D $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2 \text{ e}^-$ | $2 \text{ H}_2\text{O} + 2 \text{ e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{ OH}^-$ |
| E $2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{ H}^+ + 4 \text{ e}^-$ | $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{ e}^- \rightarrow \text{Cu}$ |
| F $2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{ H}^+ + 4 \text{ e}^-$ | $2 \text{ H}_2\text{O} + 2 \text{ e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{ OH}^-$ |

- 13 Men heeft de bronspanningen gemeten van een aantal concentratiecellen van het metaal M dat ionen M^{n+} kan vormen. Deze concentratiecellen kunnen met het volgende celdiagram worden weergegeven:



De gemeten bronspanningen werden in een diagram uitgezet tegen de logaritme van de $[M^{n+}]$. Dit heeft onderstaand diagram opgeleverd.



Hoe groot is n ?

- A 1
B 2
C 3
D 4
- pH / zuur-base**
- 14 Wat is de pH van een oplossing die wordt gevormd door 45,0 mL 0,10 M HNO_3 , 50,0 mL 0,20 M HCl en 55,0 mL 0,10 M CH_3COOH te mengen?

- A 0,40
B 0,88
C 1,01
D 1,52

Rekenen

- 15 Welke van onderstaande gasen heeft bij 27 °C en een druk van 3,0 atm een dichtheid van $3,4 \text{ kg m}^{-3}$?
- I ethaan
II stikstof
- A geen van beide
B ethaan
C stikstof
D allebei

- 16 Rokus heeft de beschikking over natriumsesquicarbonaat ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en natriumhydroxide.
- Hoeveel mol van beide stoffen moet hij gebruiken om 1,00 L oplossing te krijgen waarin $[\text{Na}^+] = 0,50 \text{ mol L}^{-1}$ en $[\text{HCO}_3^-] = 0,10 \text{ mol L}^{-1}$?
- | | $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | NaOH |
|---|---|---------------|
| A | 0,05 mol | 0,35 mol |
| B | 0,10 mol | 0,20 mol |
| C | 0,12 mol | 0,14 mol |
| D | 0,15 mol | 0,05 mol |

Reactiesnelheid en evenwicht

- 17 Voor de reactie $2 \text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_2$ heeft men gevonden dat de reactiesnelheid kan worden weergegeven met de volgende formule: $s = k[\text{NO}]^2[\text{O}_2]$.
- Welk van onderstaande mechanismen is hiermee in overeenstemming?
- I $\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{NO}_3$ snel
 $2 \text{NO}_3 \rightarrow 2 \text{NO}_2 + \text{O}_2$ langzaam
- II $2 \text{NO} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_2$ snel
 $\text{N}_2\text{O}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_2$ langzaam
- A geen van beide
 B alleen mechanisme I
 C alleen mechanisme II
 D allebei
- 18 Cyclopropan isomeriseert tot propen in een irreversibele, eerste-orde reactie. Bij 700 K wordt een hoeveelheid cyclopropan in een reactor gedaan zodat de druk 22,0 mm Hg is. Na 1,0 minuut is de partiële druk van propen gelijk aan 17,5 mm Hg. De temperatuur van de reactor werd op 700 K gehouden.
- Wat is de snelheidsconstante van de isomerisatie bij deze temperatuur?
- A $3,8 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$
 B $2,6 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$
 C $0,23 \text{ s}^{-1}$
 D $1,6 \text{ s}^{-1}$

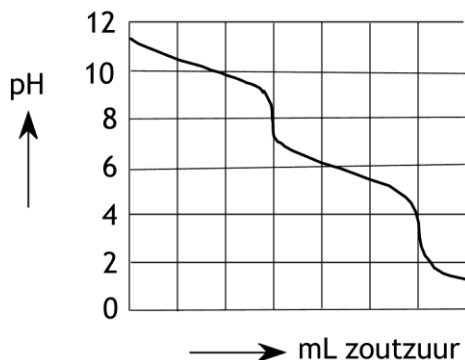
Analyse

- 19 Constance moet onderzoeken of vast natriumsulfaat verontreinigd is met natriumsulfiet. Mathilde moet onderzoeken of vast natriumsulfiet verontreinigd is met natriumsulfaat. Ze willen allebei wat van de vaste stof oplossen in water en daarna broomwater toevoegen aan de oplossing.

Voor wie is dit een juiste aanpak?

- A voor geen van beiden
- B voor Constance
- C voor Mathilde
- D voor allebei

- 20 Een oplossing van natriumcarbonaat kan worden getitreerd met zoutzuur. Het pH verloop van zo'n titratie is hieronder weergegeven.



Kristalsoda bevat tussen de 30 en 40 massaprocent Na_2CO_3 . De rest is kristalwater. Om het gehalte aan Na_2CO_3 van kristalsoda te bepalen, wordt het volgende voorschrift gegeven:

Weeg ongeveer 4 gram kristalsoda nauwkeurig af en breng dit in een maatkolf van 250 mL, los het op in water en vul de oplossing aan tot de maatstreep. Breng met behulp van een pipet 25,00 mL over in een erlenmeyer van 250 mL en voeg 2 druppels toe van de indicator broomkresolgroen. Titreer de oplossing vanuit een 50 mL buret met ongeveer 0,1 M zoutzuur (de molariteit moet nauwkeurig bekend zijn) tot de kleur verandert.

Als je dit voorschrift wilt gebruiken om het Na_2CO_3 gehalte van watervrije soda (met een zuiverheid > 98%) te bepalen, moet je het voorschrift aanpassen, omdat je anders tussentijds de buret moet bijvullen.

Welke van de volgende aanpassingen kun je doen om dit probleem te vermijden?

- I gebruik voor de titratie zoutzuur dat ongeveer 0,05 M is
- II gebruik kresolrood als indicator

- A geen van beide aanpassingen is juist
- B alleen aanpassing I is juist
- C alleen aanpassing II is juist
- D beide aanpassingen zijn juist

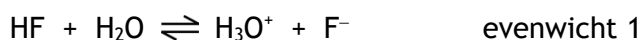
Open opgaven

(totaal 53 punten)

■ Opgave 2 Waterstoffluoride-oplossing

(9 punten)

In een oplossing van waterstoffluoride heeft zich het volgende evenwicht ingesteld:



In deze oplossing is $[\text{H}_3\text{O}^+]$ niet gelijk aan $[\text{F}^-]$. Dit komt omdat een deel van de F^- ionen in de oplossing is gebonden aan HF moleculen:



In een waterstoffluoride-oplossing van 298 K met $\text{pH} = 1,52$ is $[\text{HF}] = 1,0 \text{ mol L}^{-1}$. In deze oplossing is $[\text{F}^-]$ veel kleiner dan $1,0 \text{ mol L}^{-1}$.

- 1 Bereken voor deze oplossing de $[\text{F}^-]$. 2
- 2 Bereken de waarde van de evenwichtsconstante K van evenwicht 2. 3

In 100 mL van een waterstoffluoride-oplossing met $\text{pH} = 1,52$ lost men enkele grammen van het zout KHF_2 op. Dit zout splitst zich in ionen K^+ en HF_2^- .

- 3 Leg aan de hand van de evenwichten 1 en 2 uit of de pH van de dan verkregen oplossing lager dan 1,52, gelijk aan 1,52 of hoger dan 1,52 is. Neem aan dat het volume van de oplossing niet verandert door het toevoegen van het KHF_2 . 4

■ Opgave 3 Coating uit biomassa

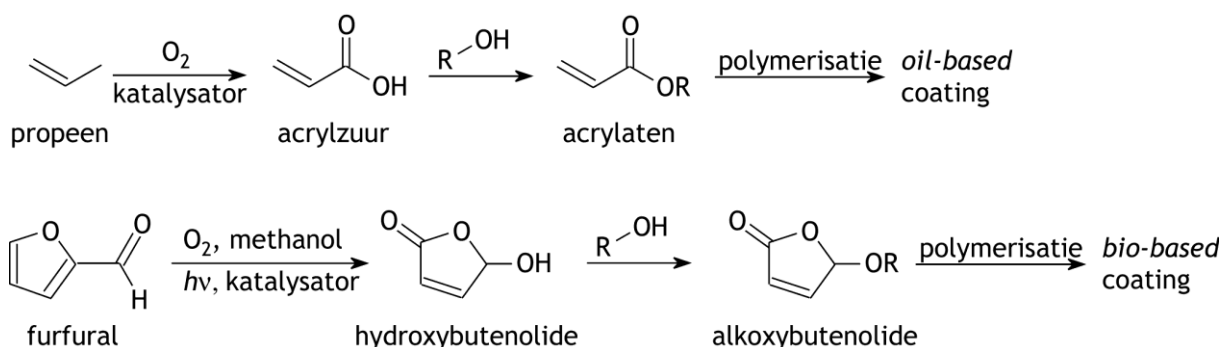
(23 punten)

Verf, lak en andere coatings beschermen tegen slijtage, verkleuring en roestvorming. Het zit op talloze alledaagse producten, van speelgoed en keukenkastjes tot telefoons en auto's. Veel coatings worden gemaakt uit *oil-based* acrylaat. Jaarlijks wordt meer dan 3,5 miljoen ton acrylaat geproduceerd uit aardolie.

Een onderzoeksteam onder leiding van Ben Feringa van de Rijksuniversiteit Groningen heeft een manier gevonden om met 'groene chemie' een coating te maken uit biomassa. De grondstof voor deze *bio-based* coating is furfural (zie figuur 1). Dit wordt onder invloed van zuur bij gematigde temperaturen geproduceerd uit lignocellulose, het houtige gedeelte van planten.

In figuur 1 is de vorming van *oil-based* en *bio-based* coating schematisch weergegeven.

figuur 1



Bij de vorming van acrylzuur uit propen reageren propen en zuurstof in de molverhouding 2 : 3. Deze reactie verloopt met een rendement van 92%. De omzetting van acrylzuur met methanol tot methylacrylaat verloopt met een rendement van 99%.

- 4 Bereken de *E*-factor van de vorming van methylacrylaat uit propen.

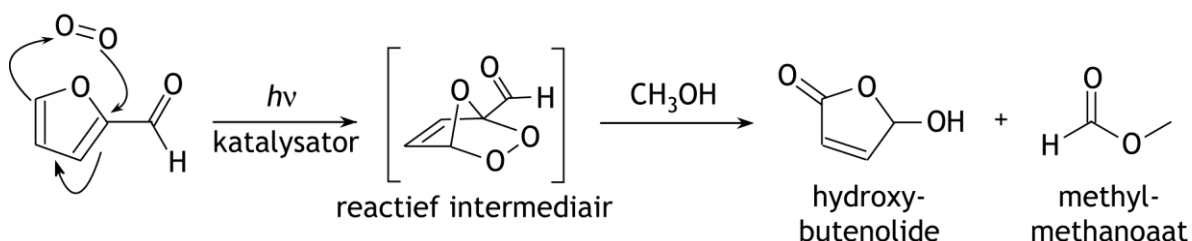
3

In de publicatie over de *bio-based* coating vermelden de onderzoekers zes uitgangspunten uit de groene chemie die van toepassing zijn op hun productie van alkoxybutenolide. Onder andere wordt het uitgangspunt 6 (zie Binas-tabel 97F of ScienceData-tabel 38.6) genoemd. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de wijze waarop furfural uit lignocellulose wordt geproduceerd in vergelijking met de productie van propen uit aardolie.

- 5 Leg uit dat uitgangspunt 6 uit de groene chemie van toepassing is bij de productie van furfural uit lignocellulose in vergelijking met de productie van propen uit aardolie. Maak hierbij onder andere gebruik van informatie die hierboven is gegeven.

2

Methyleenblauw wordt gebruikt als katalysator om hydroxybutenolide te maken. Deze zogenoemde foto-oxidator maakt singlet zuurstof van triplet zuurstof (natuurlijk voorkomend zuurstof). Singlet zuurstof is veel reactiever en reageert onder invloed van licht volgens een additiereactie met furfural. Hierbij wordt een reactief intermediair gevormd dat doorreageert met methanol tot hydroxybutenolide en methylmethanoaat:



Een molecuul furfural is volkomen vlak. Dat komt omdat op veel atomen in het molecuul sp^2 hybridisatie voorkomt.

- 6 Neem de structuurformule van furfural over en omcirkel hierin alle koolstofatomen die een sp^2 hybridisatie hebben.

1

Bovendien is er in het molecuul furfural geen vrije draaibaarheid rond de binding tussen het C atoom van de aldehydegroep en de vijftring. Dit kan worden verklaard met behulp van mesomerie.

- 7 Teken een mesomere structuur (grensstructuur) van een furfuralmolecuul waarmee kan worden verklaard dat er geen vrije draaibaarheid is rond de binding tussen het C atoom van de aldehydegroep en de vijftring.

2

In furfural komt dus geen stereo-isomerie voor. Toch ontstaat bij bovenbeschreven synthese een mengsel van stereo-isomeren van hydroxybutenolide.

- 8 Leg uit dat een mengsel van stereo-isomeren van hydroxybutenolide ontstaat bij deze synthese.

3

De reactie van furfural tot hydroxybutenolide wordt uitgevoerd in een glazen buisreactor waarin het reactiemengsel wordt rondgedraaid. Zo wordt ervoor gezorgd dat een dunne laag vloeistof ontstaat waarin het licht van een lamp die wordt gebruikt, gemakkelijk kan doordringen. Op deze wijze is een productie behaald van 30 mmol hydroxybutenolide per uur. Het reactiemengsel wordt belicht met monochromatisch licht met een golflengte van 680 nm.

- 9 Bereken hoeveel Watt ($= \text{J s}^{-1}$) de lamp minstens aan licht moet produceren om een productie van 30 mmol hydroxybutenolide per uur te behalen.

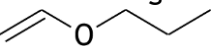
Ga ervan uit dat:

- al het licht wordt gebruikt voor de reactie;
- elk molecuul methyleenblauw wordt aangeslagen door één foton;
- elk aangeslagen molecuul methyleenblauw leidt tot de vorming van één molecuul hydroxybutenolide.

4

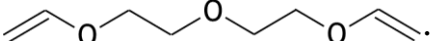
De coating wordt gevormd door een additiepolymerisatie.

De hechtingseigenschappen van een coating op basis van alleen alkoxybutenolides zijn niet goed genoeg. Copolymeren op basis van alkoxybutenolides hebben betere hechtingseigenschappen. Door de tweede monomeer te variëren kunnen coatings worden gevormd met uiteenlopende eigenschappen.

- 10 Geef de structuurformule van een fragment van het copolymeer dat wordt gevormd uit alkoxybutenolide en PVE, . Dit fragment komt uit het midden van het copolymeer en bestaat uit twee eenheden van elke monomeer die alternerend (om-en-om) voorkomen. Houd geen rekening met stereo-isomerie.

3

Het is ook mogelijk de tweede monomeer zo te kiezen dat een netwerkpolymeer ontstaat.

Een voorbeeld van zo'n monomeer is DVE, .

- 11 Leg uit dat copolymerisatie van alkoxybutenolide en DVE kan leiden tot een netwerkpolymeer.

2

Bij de copolymerisatie van alkoxybutenolide en een tweede monomeer wordt gebruikgemaakt van een initiator die door belichting wordt geactiveerd. Bij het onderzoek heeft men in praktijkproefjes zeer dunne laagjes netwerkpolymeer van alkoxybutenolide en DVE kunnen aanbrengen op glasplaatjes.

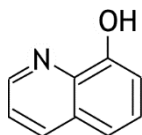
- 12 Beschrijf globaal hoe zo'n praktijkproefje kan worden uitgevoerd.

3

Opgave 4 Klei-onderzoek

(21 punten)

Een bepaalde soort klei die ijzer(III)oxide (Fe_2O_3) en aluminiumoxide (Al_2O_3) bevat, wordt onderzocht. Om de gehalten aan ijzer(III)oxide en aluminiumoxide te bepalen, wordt gebruikgemaakt van de stof 8-hydroxychinoline. Deze stof heeft onderstaande structuurformule:



Het is een zwak, eenwaardig zuur met $\text{p}K_z = 9,9$.

Bij zo'n bepaling wordt gebruikgemaakt van het feit dat de zuurrestionen van 8-hydroxychinoline met ijzer(III)ionen en aluminiumionen slecht oplosbare zouten vormen. Daarbij reageren de metaalionen met de zuurrestionen in de molverhouding 1 : 3.

Tevens wordt gebruikgemaakt van de eigenschap van 8-hydroxychinoline om met broom te reageren. Dit is een substitutiereactie, waarbij 5,7-dibroom-8-hydroxychinoline wordt gevormd. De molverhouding waarin 8-hydroxychinoline met broom reageert, is 1 : 2.

- 13 Geef de reactievergelijking van deze substitutiereactie. Gebruik structuurformules voor de organische stoffen. 3

Bij de bepaling wordt aan 252,2 mg van de klei een overmaat zoutzuur toegevoegd, zodat alle ijzer(III)oxide en aluminiumoxide oplost. Na filtreren wordt aan het filtraat zoveel van een oplossing van een stof toegevoegd dat een bufferoplossing met een pH van ongeveer 5 ontstaat.

- 14 Leg voor elk van de volgende oplossingen uit of men die kan gebruiken om de bufferoplossing met $\text{pH} = 5$ te verkrijgen:

- 1 ammonia (een oplossing van ammoniak);
- 2 een oplossing van natriumethanoaat (natriumacetaat);
- 3 natronloog (een oplossing van natriumhydroxide).

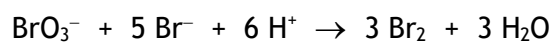
5

Vervolgens wordt aan de ontstane oplossing 25,00 mL van een 0,1012 M oplossing van 8-hydroxychinoline toegevoegd; dit is een overmaat. Alle Fe^{3+} ionen en Al^{3+} ionen reageren nu met de negatieve ionen van 8-hydroxychinoline tot slecht oplosbare zouten.

Hoewel bij $\text{pH} = 5$ maar weinig 8-hydroxychinoline is omgezet tot het zuurrestion, worden toch genoeg zuurrestionen gevormd om uiteindelijk alle Fe^{3+} en Al^{3+} neer te slaan. De pH mag niet te hoog zijn omdat anders nevenreacties kunnen optreden die de uitkomst van de bepaling beïnvloeden.

- 15 Welke nevenreacties kunnen optreden als de pH te hoog is? 1

Het neerslag wordt afgefiltreerd, gewassen, gedroogd en gewogen. De massa is 188,2 mg. Aan het filtraat wordt vervolgens een hoeveelheid zoutzuur en natriumbromide toegevoegd. Daarna wordt een oplossing van kaliumbromaat toegevoegd. De volgende reactie treedt dan op:



Het ontstane broom reageert vervolgens onmiddellijk met het niet-gereageerde 8-hydroxychinoline onder vorming van 5,7-dibroom-8-hydroxychinoline. Er was 0,885 mmol BrO_3^- nodig om zoveel broom te laten ontstaan dat juist alle 8-hydroxychinoline was omgezet tot 5,7-dibroom-8-hydroxychinoline.

- 16 Bereken de massapercentages ijzer(III)oxide en aluminiumoxide in de onderzochte klei. Neem aan dat andere bestanddelen in de klei de uitkomst van de bepaling niet beïnvloeden.

12

42^e Nationale Scheikundeolympiade 2021 voorronde 2
Antwoordblad meerkeuzevragen

naam:

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

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

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

De eindredactie was in handen van:

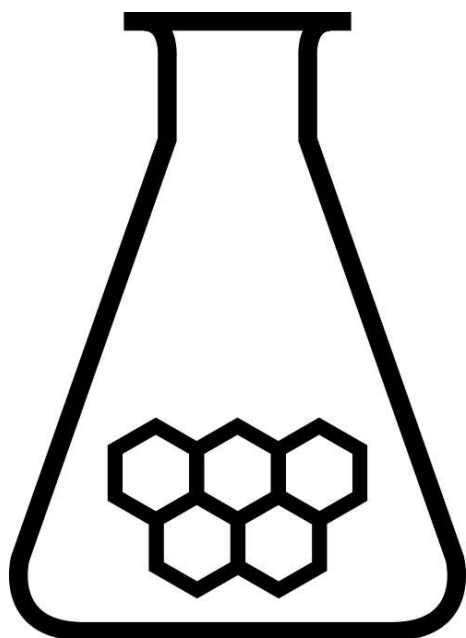
Kees Beers en Dick Hennink

42^e Nationale Scheikundeolympiade

Eindronde 2021

Open vragen toets
opgavenboekje

9 juni 2021



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



- Deze toets bestaat uit 4 opgaven met 23 open vragen.
- Gebruik voor elke opgave een apart antwoordblad, voorzien van je naam. Houd aan alle zijden 2 cm als marge aan.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 75 punten.
- De toets duurt maximaal 2,5 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en Binas 6^e druk of ScienceData 1^e druk.
- Bij elke vraag is het aantal punten vermeld dat een juist antwoord op die vraag oplevert.

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

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

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

■ Opgave 1 Waterstofbrandstofcel

(10 punten)

Maak in deze opgave gebruik van de volgende gegevens:

$T = 323 \text{ K}, p = p_0$	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$\text{H}_2(\text{g})$	$\text{O}_2(\text{g})$
$\Delta_f H \text{ (kJ mol}^{-1}\text{)}$	-286	0	0
$S \text{ (J mol}^{-1} \text{K}^{-1}\text{)}$	70	131	205

De motoren van de huidige vervoersmiddelen zijn nu nog voornamelijk verbrandingsmotoren, waarvoor fossiele brandstoffen, zoals iso-octaan, nodig zijn. Het rendement van verbrandingsmotoren is beperkt en ligt meestal tussen 20% en 40%. Behalve het terugdringen van de CO_2 emissie biedt het gebruik van brandstofcellen de mogelijkheid om het rendement van motoren te verbeteren. Zo kan het rendement van motoren worden verhoogd door brandstofcellen te gebruiken met waterstof als brandstof.

Om brandstoffen met elkaar te kunnen vergelijken qua energie wordt de zogenoemde specifieke verbrandingsenthalpie ($\Delta_c H_s$) gehanteerd. Deze wordt uitgedrukt in J per kg.

- 1 Bereken de specifieke verbrandingsenthalpie van iso-octaan ($\Delta_c H_s (\text{C}_8\text{H}_{18})$) en van waterstof ($\Delta_c H_s (\text{H}_2)$) bij 323 K.

Gegeven de verbrandingsenthalpie van iso-octaan bij 323 K: $\Delta_c H (\text{C}_8\text{H}_{18}) = -5\,065 \text{ kJ mol}^{-1}$.

2

Het thermodynamische rendement (η) van een ideale brandstofcel wordt gegeven als de verhouding tussen de verandering van de gibbsenergie en de enthalpieverandering van de *overall* reactie van de brandstofcel. Dit rendement wordt weergegeven als een percentage.

- 2 Bereken het thermodynamische rendement (η) van een ideale waterstofbrandstofcel waarbij vloeibaar water wordt gevormd uit waterstof en zuurstof bij 323 K en $p = p_0$.
- 3 Bereken, met behulp van de gegevens uit de bovenstaande tabel, de bronspanning (V) van een brandstofcel waarbij vloeibaar water wordt gevormd uit waterstof en zuurstof bij 323 K en $p = p_0$.

4

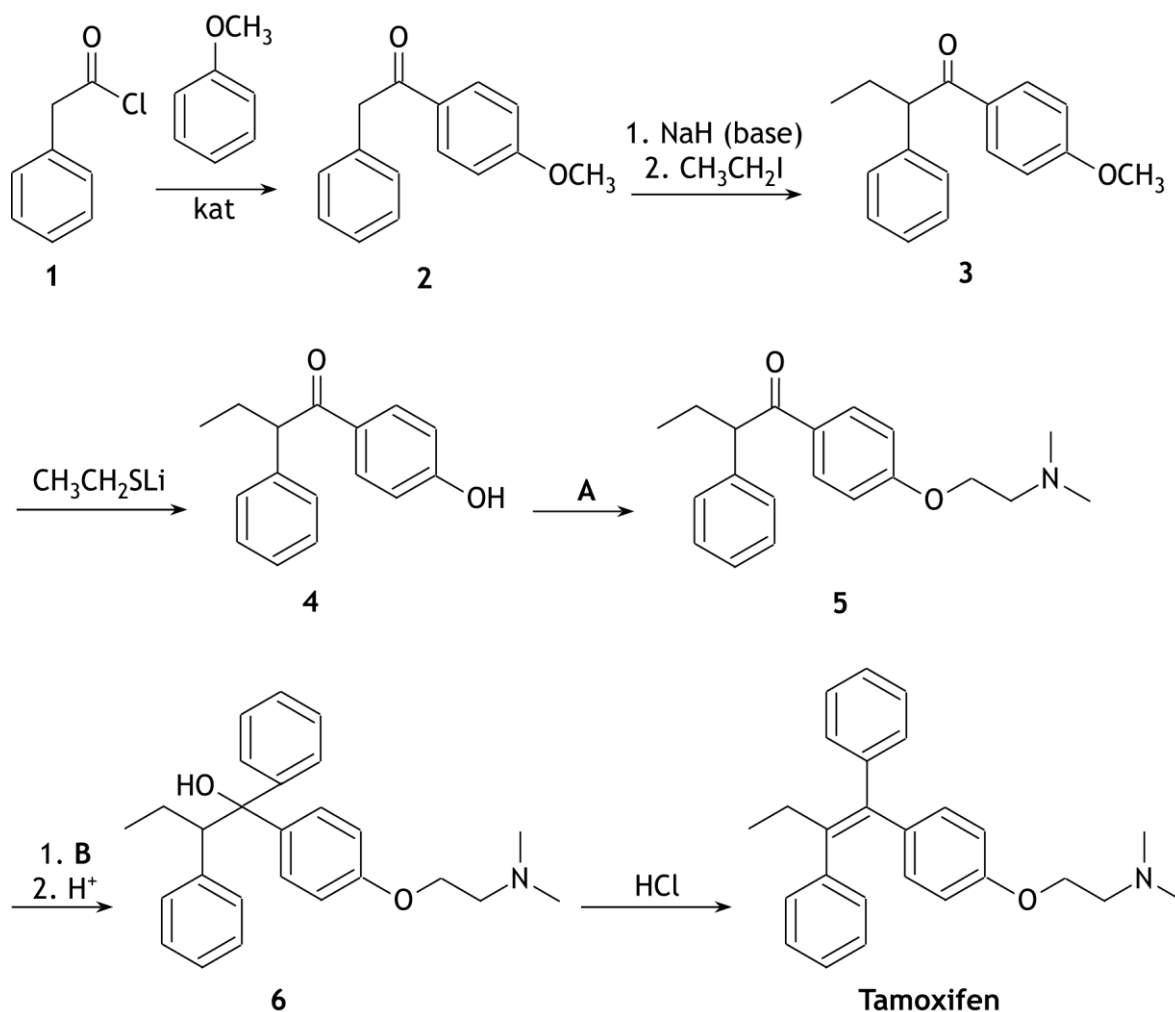
4

Opgave 2 Tamoxifen

(21 punten)

Tamoxifen is een geneesmiddel met een anti-oestrogene werking. Het wordt gebruikt bij de behandeling van bepaalde vormen van borstkanker. Ook sommige bodybuilders die anabole steroïden gebruiken, gebruiken Tamoxifen om de groei van borstklierweefsel tegen te gaan.

Hieronder staat een syntheseroute van Tamoxifen die in 1982 door Robertson en Katzenellenbogen is ontwikkeld.

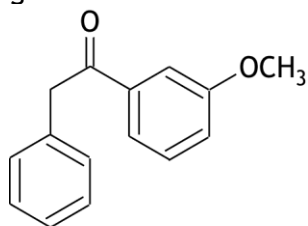


De omzetting van verbinding 1 tot verbinding 2 is een Friedel-Crafts acylering.

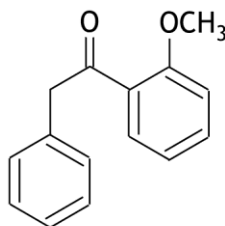
- 4 Geef de formule van een stof die bij de omzetting van 1 tot 2 als katalysator kan worden gebruikt.

1

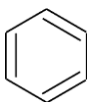
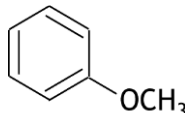
Behalve **2** kunnen in de eerste omzetting ook de volgende isomeren van **2** worden gevormd.



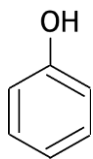
2a

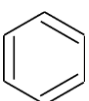
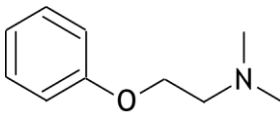


2b

- 5 Welk van deze twee isomeren wordt het meest gevormd, of ontstaat van beide isomeren (ongeveer) evenveel? Geef een verklaring voor je antwoord. 2
- 6 Geef een mogelijk reactiemechanisme voor de omzetting van **2** tot **3**.
 - Gebruik voor elke stap in het mechanisme een reactievergelijking.
 - Teken alle relevante bindende en niet-bindende elektronenparen.
 - Geef met kromme pijlen ($\curvearrowright$) aan hoe elektronenparen verschuiven bij het vormen en verbreken van bindingen.
 - Geef alle formele ladingen aan.
- Noteer de groep  met X en de groep  met Y. 5

In de omzetting van **3** tot **4** wordt de OCH_3 groep vervangen door een OH groep. Dat zou niet nodig zijn als voor de omzetting van **1** tot **2** onderstaande verbinding was gebruikt.



- 7 Leg uit waarom men bij de omzetting van **1** tot **2** deze verbinding niet gebruikt. 2
- 8 Geef de structuurformule van een reagens **A** dat geschikt is voor de omzetting van **4** tot **5**. 2
 Bij de omzetting van **5** tot **6** wordt een reagens **B** gebruikt. Reagens **B** is een Grignard reagens.
- 9 Geef de structuurformule van reagens **B**. 1
- 10 Geef een mogelijk reactiemechanisme voor de omzetting van **5** tot **6**.
 - Gebruik voor elke stap in het mechanisme een reactievergelijking.
 - Teken alle relevante bindende en niet-bindende elektronenparen.
 - Geef met kromme pijlen ($\curvearrowright$) aan hoe elektronenparen verschuiven bij het vormen en verbreken van bindingen.
 - Geef alle formele ladingen aan.
- Noteer de groep  met X en de groep  met Z. 3

(Ten behoeve van de beantwoording van de vragen 11 en 12 is hieronder de synthesesroute van Tamoxifen nogmaals weergegeven.)

De omzetting van **6** tot Tamoxifen is een eliminatiereactie.

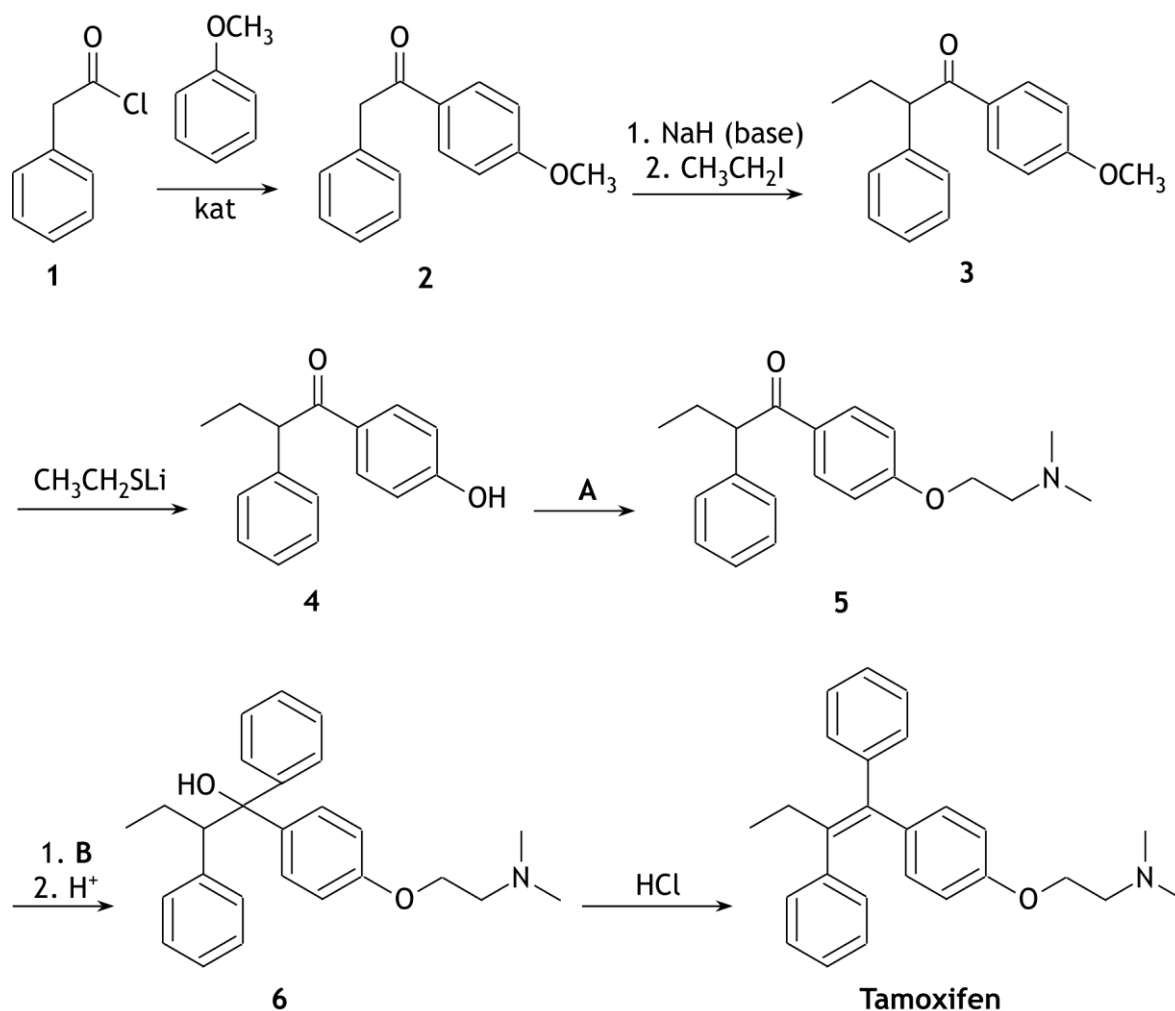
- 11 Welk mechanisme is het meest waarschijnlijk voor deze omzetting: E1 of E2? Geef een verklaring voor je antwoord.

2

In deze synthesesroute worden op verschillende momenten mengsels van stereo-isomeren gevormd. Deze mengsels van stereo-isomeren worden niet gescheiden.

- 12 Uit hoeveel stereo-isomeren bestaat het reactieproduct bij de volgende omzettingen?
- van **2** tot **3**
 - van **5** tot **6**
 - van **6** tot Tamoxifen

3



■ Opgave 3 Boriumverbindingen als waterstofopslag

(24 punten)

Waterstof wordt gezien als één van de belangrijkste energiedragers van de toekomst. Om waterstof op te slaan worden vaak verbindingen van borium met waterstof gebruikt. Twee van zulke verbindingen zijn natriumboorhydride, NaBH_4 , en ammoniakboraan, BNH_6 .

- 13 Bereken het massapercentage H in ammoniakboraan. 2

Natriumboorhydride wordt industrieel bereid uit borax, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, door reactie met natrium, waterstof en siliciumdioxide. Bij deze reactie wordt alle waterstof opgeslagen in NaBH_4 . Behalve NaBH_4 ontstaat één andere stof, namelijk natriumsilicaat, Na_2SiO_3 .

- 14 Geef de reactievergelijking van deze bereiding van NaBH_4 . 3

- 15 Teken de ruimtelijke structuur van een ammoniakboraanmolecuul. Geef hierin ook eventuele formele ladingen aan. 4

Waterstof dat is opgeslagen in deze verbindingen kan worden vrijgemaakt door middel van hydrolyse met een geschikte katalysator. Zo ontstaat bij de hydrolyse van ammoniakboraan 3 mol H_2 per mol BNH_6 . Bovendien ontstaat ammoniummetaboraat; een metaboraation bevat uitsluitend B en O.

- 16 Geef de reactievergelijking van de hydrolyse van ammoniakboraan. 3

De katalysator voor de hydrolyse van ammoniakboraan is platina. Meestal wordt geen zuiver platina gebruikt, maar een legering van platina en koper op een matrix van koolstof, weergegeven als CuPt/C . De activiteit van een katalysator wordt uitgedrukt in de zogenoemde omzetfrequentie (de turnover frequency, TOF). Hieronder verstaat men bij deze reactie het aantal mol gevormd waterstof per mol katalysator per tijdseenheid. TOF

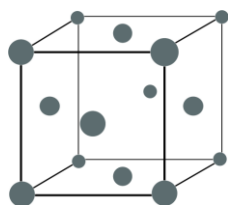
wordt berekend via:
$$\text{TOF} = \frac{n_{\text{waterstof}}}{n_{\text{katalysator}} \times t}$$

Hierin is $n_{\text{waterstof}}$ het aantal mol waterstof en $n_{\text{katalysator}}$ het aantal mol katalysator.

In een experiment werd een hoeveelheid BNH_6 gehydrolyseerd met behulp van 5,0 mg CuPt/C katalysator die 8,2 massaprocent Pt bevatte. Na 5,0 minuten was 67,25 cm^3 waterstofgas ontstaan, gemeten bij 273 K en $p = p_0$.

- 17 Bereken de TOF van het platina in de gebruikte CuPt/C katalysator. Geef ook de eenheid. 5

De eenheidscel van platina is een vlakgecentreerde kubus (fcc, zie figuur hieronder).



In een legering van platina en koper is een aantal Pt atomen vervangen door Cu atomen. De eenheidscel van de legering is ook vlakgecentreerd.

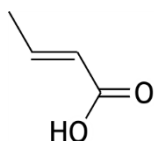
Een kenmerkende legering die gebruikt kan worden voor de hydrolyse van ammoniakboraan, bestaat uit Cu atomen en Pt atomen in de molverhouding 2 : 1, Cu_2Pt . De ribbe van de eenheidscel van deze legering is 380 pm.

- 18 Bereken de dichtheid van deze legering in kg m^{-3} . 7

■ Opgave 4 Crotonzuurbepaling

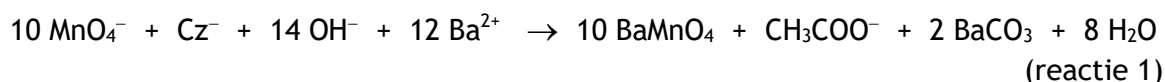
(20 punten)

Crotonzuur is een onverzadigd zuur met de volgende structuurformule:



Men heeft de zuiverheid van een monster crotonzuur bepaald. Daarbij is men als volgt te werk gegaan.

Van het monster wordt 75,0 mg in een maatkolf opgelost tot 250,0 mL oplossing. Uit deze oplossing wordt 10,00 mL gepipetteerd en toegevoegd aan 10,00 mL 0,0400 M KMnO_4 oplossing (overmaat). Vervolgens wordt de oplossing basisch gemaakt en een hoeveelheid bariumnitraat (ook een overmaat) toegevoegd. Hierna wordt het mengsel gedurende 45 minuten verwarmd. De volgende reactie treedt dan op:



Dit is een redoxreactie; de afkorting Cz^- staat voor het zuurrestion van crotonzuur.

- 19 Hoeveel elektronen worden per Cz^- afgestaan? Geef een verklaring voor je antwoord. 3

Vervolgens wordt aan de ontstane oplossing 8,00 mL van een 0,0100 M KCN oplossing toegevoegd. De volgende reactie treedt dan op:



Ook dit is een redoxreactie.

- 20 Geef de vergelijking van de halfreactie van CN^- . 3

Tenslotte wordt de suspensie gefiltreerd en de overmaat cyanide in het filtraat getitreerd met een 0,00500 M AgNO_3 oplossing tot een neerslag van AgCN begint te ontstaan. De vergelijking van de reactie die tijdens de titratie vóór het equivalentiepunt optreedt, is



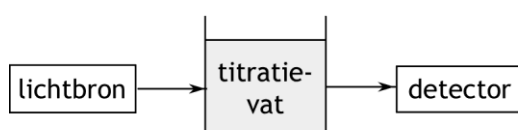
- 21 Geef de vergelijking van de vorming van het AgCN in het equivalentiepunt. 2

Voor de titratie was 5,40 mL 0,00500 M AgNO_3 oplossing nodig.

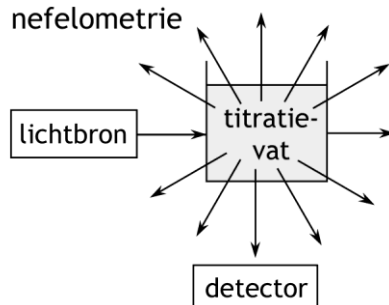
- 22 Bereken het massapercentage crotonzuur in het onderzochte monster. 10

Het eindpunt van deze titratie kan behalve visueel ook turbidimetrisch of nefelometrisch worden bepaald. Bij deze methoden wordt de vloeistof in het titratievat bestraald met licht met een constante intensiteit. Dat licht gaat door de vloeistof en de intensiteit van het licht dat uit de vloeistof komt, wordt gemeten door een detector. In het geval van turbidimetrie bevindt de detector zich achter de vloeistof. Bij turbidimetrie wordt dus de intensiteit van het doorgelaten licht gemeten. In het geval van nefelometrie bevindt de detector zich onder een hoek van 90° met de richting van het invallende licht. Hierbij wordt gebruikgemaakt van het feit dat vaste deeltjes in een vloeistof het licht in alle richtingen verstrooien. Bij nefelometrie wordt dus de intensiteit van het verstrooide licht gemeten. Hieronder staan schematisch de opstellingen van een turbidimetrische en een nefelometrische bepaling.

turbidimetrie



nefelometrie



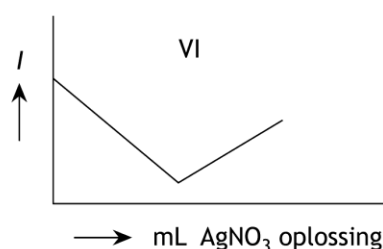
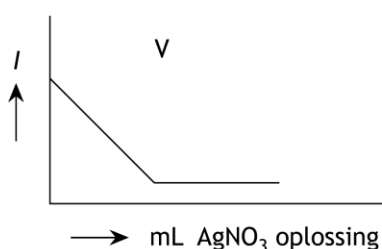
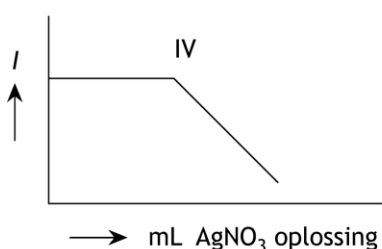
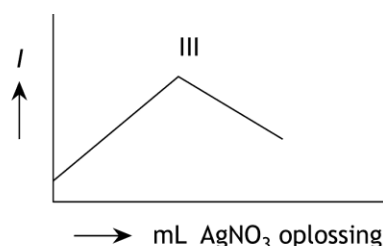
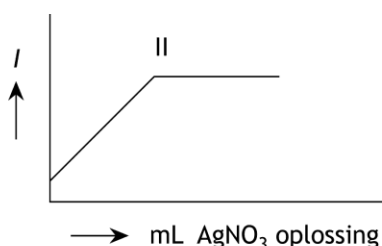
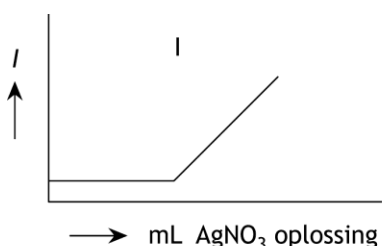
- 23 Welk van onderstaande figuren geeft weer hoe de intensiteit (I) verandert van het licht dat tijdens de titratie op de detector valt in het geval het eindpunt turbidimetrisch wordt bepaald? En welke figuur geeft weer hoe de intensiteit (I) verandert van het licht dat tijdens de titratie op de detector valt in het geval het eindpunt nefelometrisch wordt bepaald?

Noteer je antwoord als volgt:

turbidimetrie: figuur ...

nefelometrie: figuur ...

2

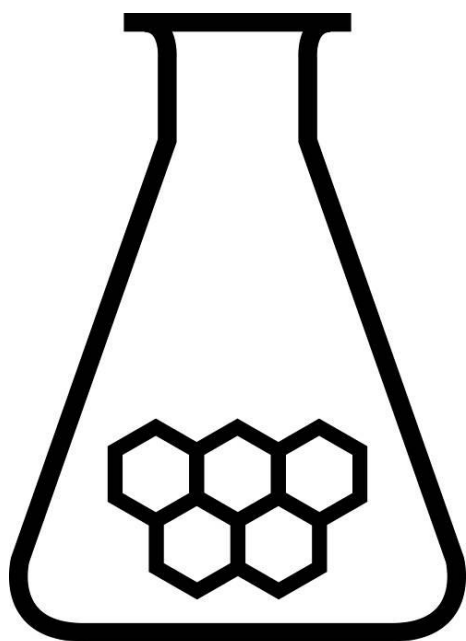


42^e Nationale Scheikundeolympiade

Eindronde 2021

Meerkeuzetoets
vragen

9 juni 2021



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



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

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

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

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

Meerkeuzevragen

(totaal 40 punten)

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

Normering: 2 punten per juist antwoord.

Koolstofchemie

- 1 Met welk van de hieronder genoemde reagentia kan ethanol, $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$ worden omgezet tot natriumethanolaat, $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{ONa}$?

Reagentia: Na, NaH, NaOH.

- A alleen met Na
- B alleen met NaH
- C alleen met NaOH
- D met Na en met NaH
- E met Na en met NaOH
- F met NaH en met NaOH
- G met Na en met NaH en met NaOH

- 2 Met welk van de hieronder genoemde reagentia kan nitrobenzeen, $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{NO}_2$, worden omgezet tot benzeenamine, $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{NH}_2$?

Reagentia: $\text{KMnO}_4 / \text{H}^+$, LiAlH_4 , Zn / HCl .

- A alleen met $\text{KMnO}_4 / \text{H}^+$
- B alleen met LiAlH_4
- C alleen met Zn / HCl
- D met $\text{KMnO}_4 / \text{H}^+$ en met LiAlH_4
- E met $\text{KMnO}_4 / \text{H}^+$ en met Zn / HCl
- F met LiAlH_4 en met Zn / HCl
- G met $\text{KMnO}_4 / \text{H}^+$ en met LiAlH_4 en met Zn / HCl

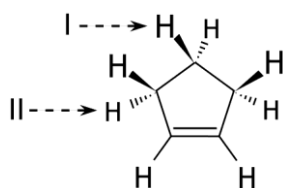
3

Butanon, $\text{H}_3\text{C} - \overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$, kan door een tautomere omlegging worden omgezet tot een enol.

Hoeveel enolen kunnen hierbij ontstaan? Houd rekening met stereo-isomerie.

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

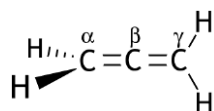
- 4 Door het vervangen van welk H atoom door een Cl atoom ontstaat een chiraal molecuul?



- A alleen het H atoom bij I
- B alleen het H atoom bij II
- C zowel het H atoom bij I als het H atoom bij II
- D bij geen van beide H atomen

Structuren en formules

- 5 De stof alleen (propadieen) kan met de volgende ruimtelijke structuurformule worden weergegeven :



Welk type hybridisatie komt voor op de koolstofatomen in dit molecuul?

- | | op C atoom α | op C atoom β | op C atoom γ |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|
| A | sp -hybridisatie | sp -hybridisatie | sp -hybridisatie |
| B | sp -hybridisatie | sp^2 -hybridisatie | sp -hybridisatie |
| C | sp^2 -hybridisatie | sp -hybridisatie | sp^2 -hybridisatie |
| D | sp^2 -hybridisatie | sp^2 -hybridisatie | sp^2 -hybridisatie |
- 6 Hoeveel stereo-isomeren zijn mogelijk voor het complexe ion $[\text{Co}(\text{NH}_3)_2(\text{CN})_2\text{Cl}_2]^{2-}$?
- A 4
 - B 5
 - C 6
 - D 8
 - E 9
 - F 10

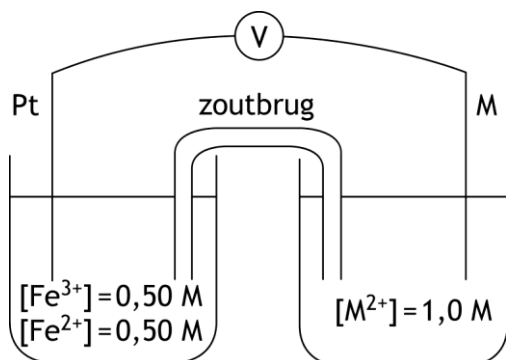
pH / zuur-base

- 7 Bij 298 K worden 100 mL 1,0 M ethaanzuuroplossing en 20 mL 1,0 M natronloog bij elkaar gevoegd.
Wat is de pH van de ontstane oplossing?
- A 4,06
B 4,16
C 4,76
D 5,36
E 5,46
- 8 Het oplosbaarheidsproduct K_s van $\text{Sr}(\text{OH})_2$ bedraagt $2,0 \cdot 10^{-3}$ bij 298 K.
Wat is de pH bij 298 K van een verzadigde oplossing van $\text{Sr}(\text{OH})_2$?
- A 11,30
B 12,65
C 12,90
D 13,20
- 9 Hoe groot is de evenwichtsconstante bij 298 K voor het volgende evenwicht?
 $\text{HF}(\text{aq}) + \text{NH}_3(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{F}^-(\text{aq})$
- A $1,1 \cdot 10^{-8}$
B $8,9 \cdot 10^{-7}$
C $1,1 \cdot 10^6$
D $8,8 \cdot 10^7$

Redox en elektrochemie

- 10 Een oplossing van magnesiumbromide wordt geëlektrolyseerd met platina-elektroden.
Welke stof ontstaat aan welke elektrode?
- | negatieve elektrode | positieve elektrode |
|---------------------|---------------------|
| A Br_2 | H_2 |
| B Br_2 | Mg |
| C H_2 | Br_2 |
| D H_2 | O_2 |
| E Mg | Br_2 |
| F Mg | O_2 |

- 11 Onderstaande cel heeft bij 298 K een $V_{\text{bron}} = 1,03 \text{ V}$.
De stroomlevering van de cel berust op de reactie
 $2 \text{ Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{M}(\text{s}) \rightarrow 2 \text{ Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{M}^{2+}(\text{aq})$



Hoe groot is V° bij 298 K voor de halfreactie $\text{M}(\text{s}) \rightarrow \text{M}^{2+} + 2 \text{ e}^-$?

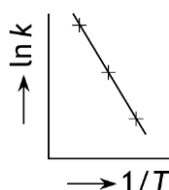
- A $-0,26 \text{ V}$
- B $-0,13 \text{ V}$
- C $+0,51 \text{ V}$
- D $+0,90 \text{ V}$
- E $+1,80 \text{ V}$
- F $+2,57 \text{ V}$

Reactiesnelheid en evenwicht

- 12 De vormingsconstante K_f voor de vorming van het hexamminecadmiumcomplex, $\text{Cd}(\text{NH}_3)_6^{2+}$, bedraagt $2,6 \cdot 10^5$.
Hoeveel procent van de cadmiumionen komt voor in de vorm van $\text{Cd}(\text{NH}_3)_6^{2+}$ in een oplossing waarin $[\text{NH}_3] = 0,12 \text{ mol L}^{-1}$?

- A 44%
- B 51%
- C 78%
- D >99%

- 13 Bij een reactiesnelheidsonderzoek is bij drie temperaturen de reactiesnelheidsconstante k bepaald en in een diagram uitgezet tegen $1/T$. Daarbij is onderstaand diagram verkregen.



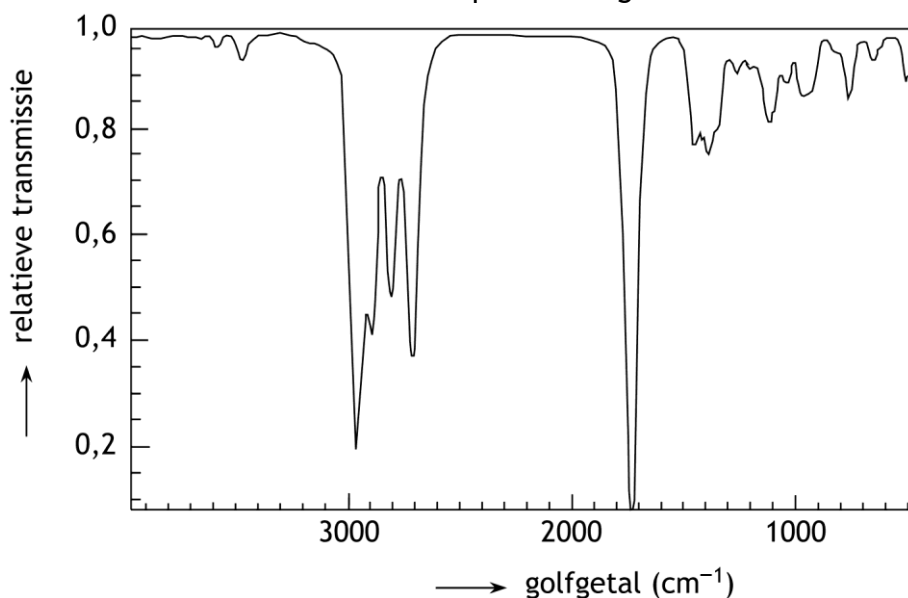
Wat is de relatie tussen de helling van de grafiek en de activeringsenergie, E_{act} ?

- A helling = E_{act}
- B helling = $-E_{\text{act}}$
- C helling = $-E_{\text{act}} / R$
- D helling = $E_{\text{act}} \times R$

- 14 Tin komt als element in twee vormen voor: wit tin en grijs tin.
Voor de omzetting van wit tin tot grijs tin geldt:
 $\Delta H_0 = -2,02 \text{ kJ mol}^{-1}$ en $\Delta S_0 = -7,04 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.
Welke bewering beschrijft de stabiliteit van de twee vormen van tin het best?
- A wit tin is stabiel onder 14°C en grijs tin is stabiel boven 14°C
 B grijs tin is stabiel onder 14°C en wit tin is stabiel boven 14°C
 C wit tin is stabiel onder $0,3^\circ\text{C}$ en grijs tin is stabiel boven $0,3^\circ\text{C}$
 D grijs tin is stabiel onder $0,3^\circ\text{C}$ en wit tin is stabiel boven $0,3^\circ\text{C}$
- 15 De thermolyse van NOCl is een tweede orde reactie. De reactiesnelheidsconstante k bij 160°C bedraagt $0,0037 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Op t_0 is $[\text{NOCl}]$ gelijk aan $0,043 \text{ mol L}^{-1}$.
Wat is $[\text{NOCl}]$ op $t = 20,0 \text{ min}$ bij 160°C ?
- A $0,0051 \text{ mol L}^{-1}$
 B $0,036 \text{ mol L}^{-1}$
 C $0,040 \text{ mol L}^{-1}$
 D $0,042 \text{ mol L}^{-1}$

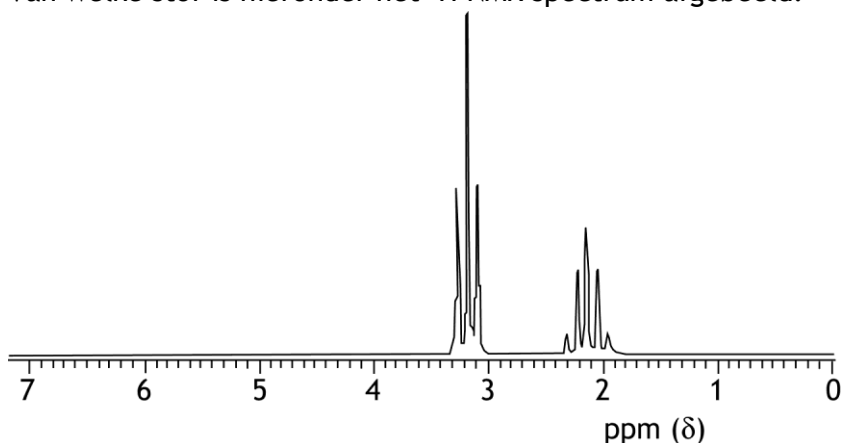
Analyse

- 16 Van welke stof is hieronder het IR-spectrum afgebeeld?



- A van butaan-1-ol
 B van butaanzuur
 C van butanal
 D van butanon

- 17 Van welke stof is hieronder het ^1H NMR spectrum afgebeeld?



- A BrCC(=O)CC
- B CCOC(=O)OCC
- C BrCCCCBr
- D CCOCC
- E CC1(C)CCC1

- 18 Van een aangezuurde oplossing van kaliumpermanganaat wordt de extinctie gemeten: 0,900. Aan 50,0 mL van deze oplossing wordt 25,0 mL van een oplossing van natriumsulfiet toegevoegd. Er treedt een reactie op waarbij het MnO_4^- wordt omgezet tot Mn^{2+} en het SO_3^{2-} tot SO_4^{2-} . Na afloop van de reactie wordt de extinctie van de oplossing weer gemeten: 0,360. In beide extinctiemetingen wordt een cuvet gebruikt met een weglengte van 1,00 cm. De golflengte waarbij de metingen zijn uitgevoerd, was 525 nm.

Wat was de molariteit van de natriumsulfietoplossing? Ga ervan uit dat alleen MnO_4^- licht van 525 nm absorbeert en dat ten gevolge van het optreden van de reactie het volume niet verandert. Maak onder andere gebruik van de wet van Lambert-Beer.

- A $1,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$
- B $3,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$
- C $5,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$
- D $9,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$
- E $1,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$
- F $5,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$

Rekenen

- 19 Welke van onderstaande stoffen bevat per gram het grootste aantal atomen?
- A C_2H_6
 - B C_6H_6
 - C CO
 - D CO_2
- 20 Als een mengsel van uitsluitend koper(II)carbonaat en lood(II)carbonaat sterk wordt verhit, worden de carbonaten volledig omgezet tot oxiden. Tevens wordt koolstofdioxide gevormd.
- Bij een experiment is 3,91 g van zo'n mengsel verhit tot alle carbonaten zijn omgezet. De koolstofdioxide is bij 425 K en $p = p_0$ opgevangen. Er is 628 cm³ koolstofdioxide ontstaan.
- Wat was de samenstelling van het mengsel?
- | | massapercentage koper(II)carbonaat | massapercentage lood(II)carbonaat |
|---|------------------------------------|-----------------------------------|
| A | 19,9 | 80,1 |
| B | 31,6 | 68,4 |
| C | 50,0 | 50,0 |
| D | 68,4 | 31,6 |
| E | 80,1 | 19,9 |

42^e Nationale Scheikundeolympiade 2021 Eindronde
Antwoordblad meerkeuzevragen

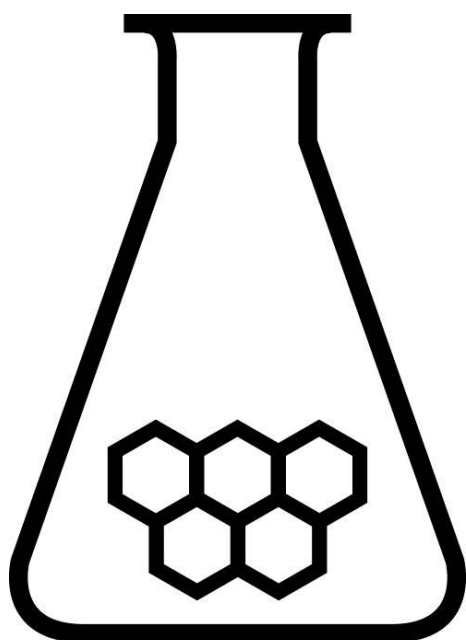
naam:

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

SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2021

CORRECTIEMODEL VOORRONDE 1

af te nemen in de periode van
11 januari tot en met 12 februari 2021



SCHEIKUNDE OLYMPIADE

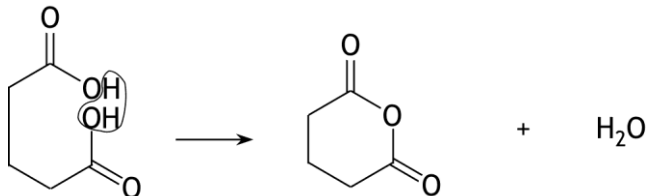
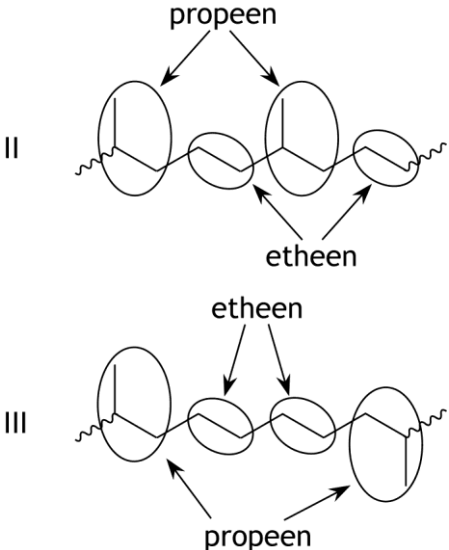
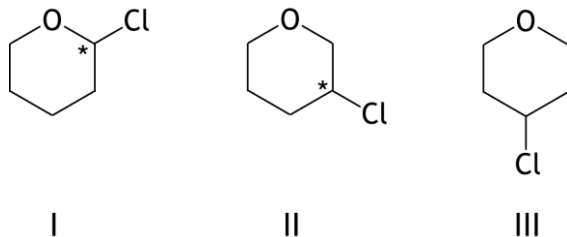


- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 8 onderwerpen en 3 opgaven met in totaal 12 open vragen.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 70 punten (geen bonuspunten).
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e druk of ScienceData 1^e druk.
- Bij elke vraag is het aantal punten vermeld dat een juist antwoord op die vraag oplevert.
- Bij de correctie van het werk moet bijgaand antwoordmodel worden gebruikt. Daarnaast gelden de algemene regels, zoals die bij de correctievoorschriften voor het CE worden verstrekt.

Opgave 1 Meerkeuzevragen
per juist antwoord: 2 punten

(totaal 40 punten)

Koolstofchemie

1	C	C_6H_{10} kan een alkyn zijn, want de algemene formule van een alkyn is C_nH_{2n-2} .
2	D	De reactie is: 
3	G	Zie onderstaande formules waarin de monomeereenheden zijn omcirkeld. 
4	D	De isomeren zijn:  I II III Zowel in molecuul I als molecuul II komt een asymmetrisch koolstofatoom voor, aangegeven met *. Er zijn dus twee isomeren I en twee isomeren II, dus totaal vijf isomeren, waarvan vier stereo-isomeren.

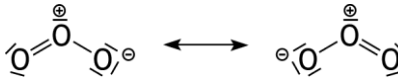
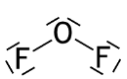
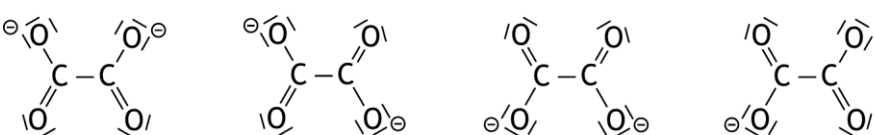
Thermochemie

5	B	De reactievergelijking is $\text{C}_6\text{H}_6(\text{l}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}(\text{l})$. $\Delta_r H = \Delta_f H^\circ_{\text{cyclohexaan}} - \Delta_f H^\circ_{\text{benzeen}} = -1,66 \cdot 10^5 - (+0,49 \cdot 10^5) = -2,15 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
---	---	---

Reactiesnelheid en evenwicht

6	A	In proefje 2 is de $[\text{ICl}]$ 1,5 keer zo groot als in proefje 1, bij dezelfde $[\text{H}_2]$. In proefje 2 is de reactiesnelheid ook 1,5 keer zo groot als in proefje 1, dus $x = 1$. In proefje 3 is de $[\text{H}_2]$ 2,5 keer zo groot als in proefje 2, bij dezelfde $[\text{ICl}]$. In proefje 3 is de reactiesnelheid ook 2,5 keer zo groot als in proefje 2, dus $y = 1$. $s = k[\text{ICl}][\text{H}_2]$, dus $k = \frac{s}{[\text{ICl}][\text{H}_2]}$. De dimensie van k is dus $\frac{\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}}{\text{mol}^2 \text{L}^{-2}} = \text{L mol}^{-1} \text{s}^{-1}$.
7	A	Alleen bij temperatuurverandering verandert K . Bij temperatuurverlaging verschuift de ligging van het evenwicht naar de kant van de exotherme reactie, dat is in dit geval naar links (de vormingswarmte van NO is positief). Dus $[\text{NO}]$ wordt kleiner en $[\text{N}_2]$ en $[\text{O}_2]$ worden groter.

Structuren en formules

8	D	Er kunnen twee grensstructuren worden getekend van een ozonmolecuul:  Het middelste zuurstofatoom heeft een positieve lading en de twee buitenste zuurstofatomen zijn negatief geladen.
9	A	Een polyfosfaat ion bestaat uit een aantal gekoppelde PO_3 eenheden en één extra zuurstofatoom, dus bij n fosforatomen heb je $3n + 1$ zuurstofatomen. Alle buitenste zuurstofatomen hebben formele lading -1 . Dat zijn er bij n fosforatomen $2n + 2$. De fosforatomen hebben allemaal formele lading $+1$. Dus de negatieve lading van een polyfosfaat ion met n fosforatomen is $2n + 2 - n = n + 2$.
10	B	De elektronenformule van OF_2 is: 
11	C	

pH / zuur-base

12	D	In verdund zwavelzuur met $\text{pH} = -0,25$ is $[\text{H}^+] = 10^{-(-0,25)} = 1,8$. Bij deze pH mag zwavelzuur worden beschouwd als een éénwaardig sterk zuur. Motivering: $K_{\text{z, HSO}_4^-} = \frac{[\text{H}^+][\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{HSO}_4^-]} = 1,0 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{[\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{HSO}_4^-]} = \frac{1,0 \cdot 10^{-2}}{1,8} = 5,5 \cdot 10^{-3}$. Dus de ionisatie van HSO_4^- is te verwaarlozen.
13	D	$\text{pH} = 7,5$ ligt in de buurt van de $\text{p}K_{\text{z}}$ van H_2PO_4^-. Dus de bufferoplossing moet het zuurbase koppel $\text{H}_2\text{PO}_4^- / \text{HPO}_4^{2-}$ bevatten. Dat krijg je als je de Na_2HPO_4 oplossing toevoegt en ook als je natronloog toevoegt. Dan reageert het H_2PO_4^- met OH^- onder vorming van HPO_4^{2-}.

Redox en elektrochemie

14	G	De vergelijking van de halfreactie is: $2 \text{NO}_3^- + 12 \text{H}^+ + 10 \text{e}^- \rightarrow \text{N}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}.$
15	C	Voor het ontstaan van 1,00 g metaal is $\frac{1,00}{M} \times n$ mol elektronen nodig, waarin M de molaire massa van het metaal is en n het aantal elektronen dat per metaalion wordt opgenomen. In het geval van magnesiumchloride is $\frac{n}{M}$ het kleinst en is bij gelijke stroomsterkte het eerst 1,00 g metaal ontstaan.

Analyse

16	B	Stel het monster bevatte x mmol NaCl en y mmol KI, dan geldt $58,443x + 166,00y = 442$. Het neerslag bestaat dan uit x mmol AgCl en y mmol AgI, dus geldt $143,32x + 234,77y = 952$. Oplossen van dit stelsel van twee vergelijkingen met twee onbekenden levert $y = 0,766$. Het massapercentage KI in het monster was dus $\frac{0,766 \times 166,00}{442} \times 10^2 = 28,8\%$. Of Wanneer het mengsel voor 100% uit NaCl (en 0% KI) zou bestaan, zou het neerslag uitsluitend uit zilverchloride bestaan en zou de massa van het neerslag $\frac{442}{58,443} \times 143,32 = 1084$ mg zijn. Wanneer het mengsel voor 100% uit KI (en 0% NaCl) zou bestaan, zou het neerslag uitsluitend uit zilverjodide bestaan en zou de massa van het neerslag $\frac{442}{166,00} \times 234,77 = 625$ mg zijn. De massa is 952 mg, dus het massapercentage is $\frac{1084 - 952}{1084 - 625} \times 100 = 28,8\%$.
17	D	Het verdunde zwavelzuur dient alleen om een zuur milieu te creëren, dus hoeft het volume van die oplossing niet nauwkeurig bekend te zijn. Van de andere twee oplossingen moet het volume nauwkeurig bekend zijn omdat die een rol spelen bij de berekening van het resultaat van de bepaling.

Rekenen en Groene chemie

18	D	$\text{atoomeconomie} = \frac{3 \times 58,93}{(3 \times 58,93 + 4 \times 16,00) + 2 \times 12,01} \times 100\% = 67\%$
19	D	Het totale proces kan worden weergegeven met de reactievergelijking $\text{C}_3\text{H}_8 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 10 \text{H}_2$.
20	A	Bij 298 K en $p = p_0$ is $V_m = 24,5 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$. Dus 40 cm^3 is $\frac{40 (\text{cm}^3) \times 10^{-3} (\text{dm}^3 \text{ cm}^{-3})}{24,5 (\text{dm}^3 \text{ mol}^{-1})} = 0,00163 \text{ mol}$. $M = \frac{45,7 (\text{mg}) \times 10^{-3} (\text{g mg}^{-1})}{0,00163 (\text{mol})} = 28 \text{ g mol}^{-1}$. Dit is de molaire massa van CO.

Open opgaven

(totaal 30 punten)

Opgave 2 Lithium

8 punten

□1 Maximumscore 4

Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

In 100 g spodumeen zit $\frac{3,2}{6,94}$ mol Li^+ en dus ook $\frac{3,2}{6,94}$ mol $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$. Dat is

$$\frac{3,2}{6,94} \times 186,10 = 85,8 \text{ g LiAlSi}_2\text{O}_6.$$

Dus zit er $100 - 85,8$ g $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ in en dat is $\frac{100 - 85,8}{202,15} = 0,0702$ mol $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$.

Het percentage lithiumionen dat vervangen is door natriumionen is dus

$$\frac{\text{aantal mol Na}^+}{\text{aantal mol Li}^+ + \text{aantal mol Na}^+} \times 10^2 = \frac{\text{aantal mol NaAlSi}_2\text{O}_6}{\text{aantal mol LiAlSi}_2\text{O}_6 + \text{aantal mol NaAlSi}_2\text{O}_6} \times 10^2 =$$

$$\frac{0,0702}{\frac{3,2}{6,94} + 0,0702} \times 10^2 = 13(\%).$$

- omrekening van 3,2 g Li^+ naar het aantal mol $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ in 100 g spodumeen (is gelijk aan het aantal mol Li^+): 3,2 (g) delen door 6,94 (g mol^{-1}) 1
- berekening van het aantal g $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ in 100 g spodumeen: het berekende aantal mol $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ vermenigvuldigen met de molaire massa van $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ (186,10 g mol^{-1}) 1
- berekening van het aantal mol $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ in 100 g spodumeen: 100 (g) verminderen met het berekende aantal g $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ en delen door de molaire massa van $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ (202,15 g mol^{-1}) 1
- berekening van het percentage lithiumionen dat is vervangen door natriumionen: het aantal mol $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ delen door de som van het aantal mol $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ en het aantal mol $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ en vermenigvuldigen met $10^2(\%)$ 1

en

Stel dat per mol Li^+ x mol is vervangen door Na^+ , dan kan de verhoudingsformule worden geschreven als $\text{Li}_{(1-x)}\text{Na}_x\text{AlSi}_2\text{O}_6$.

Het massapercentage Li hierin is

$$\frac{6,94 \times (1-x)}{6,94 \times (1-x) + 22,99 \times x + 26,98 + 2 \times 28,09 + 6 \times 16,00} \times 10^2 = 3,2.$$

Dit levert $x = 0,13$, dus 13% van de lithiumionen is vervangen door natriumionen.

- berekening van het aantal g Li^+ in een mol $\text{Li}_{(1-x)}\text{Na}_x\text{AlSi}_2\text{O}_6$: 6,94 (g mol^{-1}) vermenigvuldigen met $(1-x)$ (mol) 1
- berekening van de molaire massa van $\text{Li}_{(1-x)}\text{Na}_x\text{AlSi}_2\text{O}_6$: $6,94 \times (1-x) + 22,99 \times x + 26,98 + 2 \times 28,09 + 6 \times 16,00$ (g mol^{-1}) 1
- berekening van het massapercentage Li in $\text{Li}_{(1-x)}\text{Na}_x\text{AlSi}_2\text{O}_6$: het aantal g Li^+ in een mol $\text{Li}_{(1-x)}\text{Na}_x\text{AlSi}_2\text{O}_6$ delen door de molaire massa van $\text{Li}_{(1-x)}\text{Na}_x\text{AlSi}_2\text{O}_6$ en vermenigvuldigen met $10^2(\%)$ 1
- berekening van x en conclusie 1

en

Stel dat per mol Li^+ x mol is vervangen door Na^+ , dan kan de verhoudingsformule worden geschreven als $\text{Li}_{(1-x)}\text{Na}_x\text{AlSi}_2\text{O}_6$. Dan is 100 g $\text{Li}_{(1-x)}\text{Na}_x\text{AlSi}_2\text{O}_6$ dus

$$\frac{100}{6,94 \times (1-x) + 22,99 \times x + 26,98 + 2 \times 28,09 + 6 \times 16,00} \text{ mol en daarin zit}$$

$$\frac{100}{6,94 \times (1-x) + 22,99 \times x + 26,98 + 2 \times 28,09 + 6 \times 16,00} \times (1-x) \text{ mol Li}^+.$$

In 100 g spodumeen zit 3,2 g Li^+ en dat is $\frac{3,2}{6,94}$ mol Li^+ .

$$\text{Dus } \frac{100}{6,94 \times (1-x) + 22,99 \times x + 26,98 + 2 \times 28,09 + 6 \times 16,00} \times (1-x) = \frac{3,2}{6,94}$$

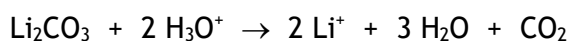
Dit levert $x = 0,13$, dus 13% van de lithiumionen is vervangen door natriumionen.

- berekening van de molaire massa van $\text{Li}_{(1-x)}\text{Na}_x\text{AlSi}_2\text{O}_6$:
 $6,94 \times (1-x) + 22,99 \times x + 26,98 + 2 \times 28,09 + 6 \times 16,00 \text{ (g mol}^{-1}\text{)}$ 1
- berekening van het aantal mol $\text{Li}_{(1-x)}\text{Na}_x\text{AlSi}_2\text{O}_6$ in 100 g spodumeen en omrekening van 3,2 g Li^+ naar het aantal mol Li^+ : 100 (g) delen door de molaire massa van $\text{Li}_{(1-x)}\text{Na}_x\text{AlSi}_2\text{O}_6$ respectievelijk 3,2 (g) delen door de molaire massa van Li^+ (6,94 g mol⁻¹) 1
- berekening van het aantal mol Li^+ in 100 g spodumeen: het aantal mol $\text{Li}_{(1-x)}\text{Na}_x\text{AlSi}_2\text{O}_6$ in 100 g spodumeen vermenigvuldigen met $(1-x)$ 1
- berekening van x en conclusie 1

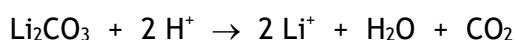
Indien het volgende antwoord is gegeven:

$$\frac{0,5}{3,7} \times 10^2 = 14(\%)$$
 1

□2 Maximumscore 2



of



- Li_2CO_3 en H_3O^+ of Li_2CO_3 en H^+ voor de pijl en Li^+ en H_2O en CO_2 na de pijl 1
- juiste coëfficiënten bij juiste formules 1

□3 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan als volgt geformuleerd zijn:

Als de ijzerelektrode als positieve elektrode gebruikt zou worden, zou die reageren, want ijzer is geen onaantastbaar materiaal. Dat is niet de bedoeling, dus de ijzerelektrode is de negatieve elektrode.

- ijzer is geen onaantastbaar materiaal 1
- conclusie 1

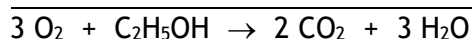
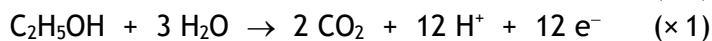
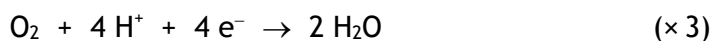
Opmerking

Wanneer een antwoord is gegeven als: „Als de ijzerelektrode als positieve elektrode gebruikt zou worden, zou die reageren, want Fe is een sterkere reductor dan Cl^- . Dat is niet de bedoeling, dus de ijzerelektrode is de negatieve elektrode.” dit goed rekenen.

Opgave 3 Alcoholtest

7 punten

□4 Maximumscore 2



- de eerste halfvergelijking juist 1
- combineren van beide halfvergelijkingen en wegstrepen van H^+ en H_2O 1

□5 Maximumscore 2

Voorbeelden van juiste antwoorden zijn:

Bij Q worden elektronen geproduceerd en bij R worden elektronen opgenomen, dus de elektronen stromen (via M) van Q naar R.

en

Bij Q reageert de reductor (dus is Q de minpool), dus de elektronen stromen (via M) van Q naar R.

- bij Q worden elektronen geproduceerd en bij R worden elektronen opgenomen / bij Q reageert de reductor (dus is Q de minpool) 1
- conclusie 1

□6 Maximumscore 3

Voorbeelden van juiste antwoorden zijn:

Het ademalcoholgehalte is $\frac{9,9 \cdot 10^{-3}}{9,6 \cdot 10^4} \times \frac{1}{12} \times 46,07 \times 10^6 \times 10^3 = 4,0 \cdot 10^2 \text{ } \mu\text{g dm}^{-3}$. Dit is

meer dan $220 \text{ } \mu\text{g dm}^{-3}$, dus de verkeersdeelnemer heeft de wet overtreden.

- berekening van het aantal mol elektronen dat door de cel is gestroomd: $9,9 \cdot 10^{-3} \text{ (C)}$ delen door de lading van een mol elektronen ($9,6 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$) 1
 - omrekening van het aantal mol elektronen dat door de cel is gestroomd naar het aantal mol alcohol per $1,0 \text{ cm}^3$ uitgeademde lucht: delen door 12 1
 - omrekening van het aantal mol alcohol per $1,0 \text{ cm}^3$ uitgeademde lucht naar het aantal μg alcohol per $1,0 \text{ dm}^3$ uitgeademde lucht: vermenigvuldigen met de molaire massa van alcohol ($46,07 \text{ g mol}^{-1}$) en met $10^6 \text{ (}\mu\text{g g}^{-1}\text{)}$ en met $10^3 \text{ (cm}^3 \text{ dm}^{-3}\text{)}$ en conclusie 1
- en

De maximale doorgestroomde hoeveelheid elektrische lading mag gelijk zijn

aan $\frac{220 \times 10^{-6} \times 10^{-3}}{46,07} \times 12 \times 9,6 \cdot 10^4 = 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ C}$. Dit is minder dan $9,9 \cdot 10^{-3} \text{ C}$, dus de

verkeersdeelnemer heeft de wet heeft overtreden.

- berekening van het maximum aantal mol alcohol dat in $1,0 \text{ cm}^3$ adem mag voorkomen:
 $220 \text{ (}\mu\text{g dm}^{-3}\text{)}$ vermenigvuldigen met $10^{-6} \text{ (g }\mu\text{g}^{-1}\text{)}$ en met $10^{-3} \text{ (dm}^3 \text{ cm}^{-3}\text{)}$ en delen door de
 molaire massa van alcohol ($46,07 \text{ g mol}^{-1}$) 1
- omrekening van het maximum aantal mol alcohol dat in $1,0 \text{ cm}^3$ adem mag voorkomen naar
 het maximum aantal mol elektronen: vermenigvuldigen met 12 1
- omrekening van het maximum aantal mol elektronen naar het maximum aantal coulombs
 dat mag doorstromen: vermenigvuldigen met de lading van een mol elektronen
 ($9,6 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$) en conclusie 1

Opgave 4 Een elementanalyse

15 punten

□7 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Je moet vermijden dat waterdamp, die eventueel met de luchtstroom uit het kalkwater mee kan komen, in de buis komt waarin het monster wordt verbrand. Dus het witte kopersulfaat moet bij de ingang na het kalkwater worden geplaatst.

Je moet vermijden dat het calciumoxide ook water bindt. Dus moet bij de uitgang het calciumoxide na het witte kopersulfaat worden geplaatst.

Aan beide voorwaarden is voldaan in opstelling I. Die is dus juist (en opstelling II is onjuist).

- uitleg waarom het kalkwater bij de ingang voor het witte kopersulfaat moet worden geplaatst 1
 - uitleg waarom het calciumoxide bij de uitgang na het witte kopersulfaat moet worden geplaatst 1
 - conclusie 1
- Indien een antwoord is gegeven waarin alleen wordt uitgelegd dat opstelling 1 juist is 1
- Indien in een overigens juist antwoord niets over de volgorde van de bakjes bij de uitgang is gezegd 1

□8 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

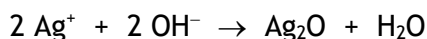
In 100 g van het onbekende zuur zit 40,00 g C en 6,71 g H en 53,29 g O.

Dat is $\frac{40,00}{12,01}$ mol C, $\frac{6,71}{1,008}$ mol H en $\frac{53,29}{16,00}$ mol O.

Dus $x : y : z = \frac{40,00}{12,01} : \frac{6,71}{1,008} : \frac{53,29}{16,00} = 1 : 2 : 1$.

- berekening van het aantal mol C, H en O in (bijvoorbeeld) 100 g van de onbekende verbinding: respectievelijk 40,00 (g) delen door 12,01 (g mol⁻¹), 6,71 (g) delen door 1,008 (g mol⁻¹) en 53,29 delen door 16,00 (g mol⁻¹) 1
- rest van de berekening 1

□9 Maximumscore 3



- Ag⁺ en OH⁻ voor de pijl 1
 - Ag₂O en H₂O na de pijl 1
 - juiste coëfficiënten bij juiste formules 1
- Indien de vergelijking $2 \text{Ag}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{Ag}_2\text{O} + \text{H}^+$ is gegeven 1

□10 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

Er reageert $\frac{1,64}{231,74}$ mol Ag_2O , dus er ontstaat ook $\frac{1,64}{231,74}$ mol H_2O . Dat is

$$\frac{1,64}{231,74} \times 18,015 = 0,128 \text{ g H}_2\text{O}.$$

Dus heeft gereageerd $2,79 + 0,128 - 1,64 = 1,28 \text{ g C}_x\text{H}_y\text{O}_z$.

- berekening van het aantal mol Ag_2O : $1,64 \text{ (g)}$ delen door $231,74 \text{ (g mol}^{-1}\text{)}$ 1
- berekening van het aantal g H_2O dat ontstaat: het aantal mol H_2O dat ontstaat (is gelijk aan het aantal mol Ag_2O dat reageert) vermenigvuldigen met $18,015 \text{ (g mol}^{-1}\text{)}$ 1
- berekening van het aantal g $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ dat reageert: het aantal g Ag_2O dat reageert, aftrekken van de som van het aantal gram $\text{AgC}_x\text{H}_{(y-1)}\text{O}_z$ en het aantal gram H_2O dat ontstaat 1

□11 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

Met $\frac{1,64}{231,74}$ mol Ag_2O reageert $\frac{1,64}{231,74} \times 2 = 0,0142$ mol $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$.

Dat is $1,28 \text{ g}$, dus de molaire massa van $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ is $\frac{1,28}{0,0142} = 90,1 \text{ g mol}^{-1}$.

- berekening van het aantal mol $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ dat reageert: het aantal mol Ag_2O dat reageert (zie de vorige vraag) vermenigvuldigen met 2 1
 - berekening van de molaire massa van $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$: het aantal g $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ dat reageert (is het antwoord op de vorige vraag) delen door het aantal mol $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ dat reageert 1
- Indien in een overigens juist antwoord geen eenheid of een onjuiste eenheid is vermeld 1

Opmerking

Wanneer een onjuist antwoord op vraag 11 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 10, dit antwoord op vraag 11 goed rekenen.

□12 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Uit het antwoord op vraag 8 volgt dat de verhoudingsformule van de onbekende stof $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n$ is.

Dan volgt uit het antwoord op vraag 11: $n \times 12,01 + 2n \times 1,008 + n \times 16,00 = 90,1$. Dit levert $n = 3$, dus de molecuulformule is $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$.

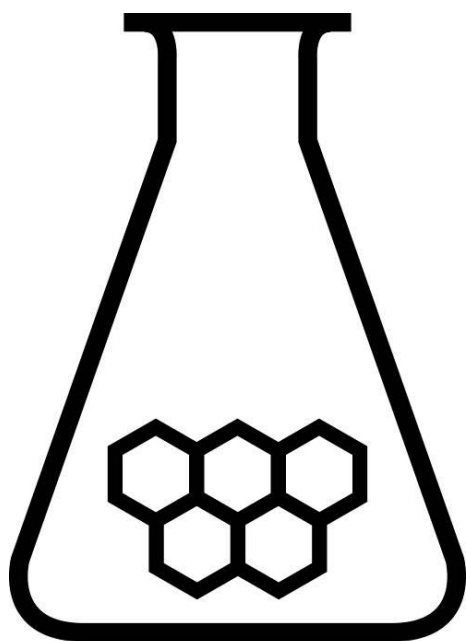
- uitdrukken van de molecuulmassa van het onbekende carbonzuur in n : (bij een juist antwoord op vraag 8) $n \times 12,01 + 2n \times 1,008 + n \times 16,00$ 1
- oplossen van n en conclusie 1

Wanneer een onjuist antwoord op vraag 12 het consequente gevolg is van onjuiste antwoorden op de vragen 8 en/of 11, dit antwoord op vraag 12 goed rekenen.

SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2021

CORRECTIEMODEL VOORRONDE 2

af te nemen in de periode van
22 tot en met 26 maart 2021



SCHEIKUNDE OLYMPIADE



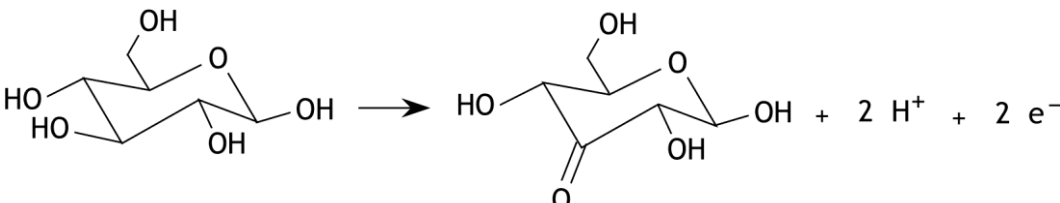
- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 8 onderwerpen en 3 opgaven met in totaal 16 open vragen.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 93 punten.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e druk of ScienceData 1^e druk.
- Bij elke vraag is het aantal punten vermeld dat een juist antwoord op die vraag oplevert.
- Bij de correctie van het werk moet bijgaand antwoordmodel worden gebruikt. Daarnaast gelden de algemene regels, zoals die bij de correctievoorschriften voor het CE worden verstrekt.

Opgave 1 Meerkeuzevragen

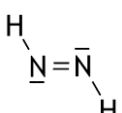
(totaal 40 punten)

per juist antwoord: 2 punten

Koolstofchemie

1	C	De omzetting van een C – OH groep naar een C = O groep is een oxidatie. De vergelijking van de halfreactie is: 
2	E	Er was $\frac{1,50}{332,63}$ mol tussenproduct. Een mol tussenproduct bevat 2 mol TBS groepen, dus $\frac{1,50}{332,63}$ mol tussenproduct moet reageren met $\frac{1,50}{332,63} \times 2 \times 1,05$ mol HF en dat zit in $\frac{\frac{1,50}{332,63} \times 2 \times 1,05}{27,6} = 3,43 \cdot 10^{-4}$ L of 0,343 mL.
3	D	D - 1 - broom - 2 - methylbutaan, L - 1 - broom - 2 - methylbutaan, 2 - broom - 2 - methylbutaan, D - 3 - broom - 2 - methylbutaan, L - 3 - broom - 2 - methylbutaan en 1 - broom - 3 - methylbutaan

Structuren en formules

4	D	De elektronenformule is:  De N – H bindingen zijn σ bindingen, de dubbele binding bestaat uit een π binding en een σ binding.
5	B	De elektronenconfiguratie van Ti is $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 3d^2, 4s^2$. Het aantal orbitalen = vier s-orbitalen (volledig gevuld) + zes p-orbitalen (volledig gevuld) + twee d-orbitalen (met één elektron in elke orbitaal) = 12.
6	D	In de 20 zeshoeken zitten 20×6 bindingen tussen koolstofatomen en in de 12 vijfhoeken 12×5 bindingen tussen koolstofatomen. Elke koolstof-koolstof binding komt voor in twee veelhoeken, dus er zijn $\frac{20 \times 6 + 12 \times 5}{2} = 90$ bindingen tussen koolstofatomen.
7	A	De bollen langs de diagonaal van een zijvlak raken elkaar. De lengte van de diagonaal is dus gelijk aan vier keer de straal van een bol, dus $r = \frac{1411 \times \sqrt{2}}{4} = 499$ pm.

8	A	Er zitten $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ C₆₀ moleculen in de eenheidscel. Dus de dichtheid is $\rho = \frac{4 \times 60 \times 12,01 \text{ (u)} \times 1,661 \cdot 10^{-27} \text{ (kg u}^{-1}\text{)}}{(1411 \text{ pm})^3 \times (10^{-12} \text{ (m pm}^{-1}\text{)})^3} = 1,704 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$.
---	---	---

Thermochemie

9	E	De reactievergelijking is: C₆₀ + 60 O₂ → 60 CO₂. Dus voor de verbrandingsreactie geldt $\Delta_r H = 60 \times \Delta_f H(\text{CO}_2) - \Delta_f H(\text{C}_{60})$, dus $\Delta_f H(\text{C}_{60}) = 60 \times \Delta_f H(\text{CO}_2) - \Delta_r H = 60 \times (-3,935 \cdot 10^5) - (-26,17 \cdot 10^6) = +2,56 \cdot 10^6 \text{ J mol}^{-1}$.
10	C	Als $\Delta G > 0$ kan geen spontane reactie optreden. $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$. Dus als $\Delta H > 0$ en $\Delta S < 0$ is $\Delta G > 0$.

Redox en elektrochemie

11	E	Stel x mg Ag en (500 – x) mg Cu. Na reactie met salpeterzuur worden dat dus x mg Ag⁺ en (500 – x) mg Cu²⁺. Dat is $\frac{x}{107,9}$ mmol Ag⁺ en $\frac{500-x}{63,55}$ mmol Cu²⁺. $\frac{x}{107,9}$ mmol Ag⁺ neemt $\frac{x}{107,9}$ mmol elektronen op en $\frac{500-x}{63,55}$ mmol Cu²⁺ neemt $2 \times \frac{500-x}{63,55}$ mmol elektronen op. Totaal wordt dus bij de elektrolyse $\frac{x}{107,9} + 2 \times \frac{500-x}{63,55}$ mmol elektronen opgenomen. Dat is $\left(\frac{x}{107,9} + 2 \times \frac{500-x}{63,55}\right) \times 10^{-3} \times 9,649 \cdot 10^4 \text{ C}$. Er liep gedurende 520 s een stroom van 1,20 A; dat is $520 \times 1,20 \text{ C}$. Oplossen van x uit $\left(\frac{x}{107,9} + 2 \times \frac{500-x}{63,55}\right) \times 10^{-3} \times 9,649 \cdot 10^4 = 520 \times 1,20$ levert x = 417,4. Het massapercentage zilver is dus $\frac{417,4}{500} \times 100 = 83,5 \%$.
12	C	Koper is een niet-onaantastbaar materiaal. Dat reageert wanneer dat wordt gebruikt als positieve elektrode. Cu²⁺ is de sterkste oxidator en reageert dus aan de negatieve elektrode.
13	B	De bronspanning van de concentratiecel is $V_{\text{bron}} = (V^0 + \frac{0,059}{n} \log 1,00) - (V^0 + \frac{0,059}{n} \log [M^{n+}]) = -\frac{0,059}{n} \log [M^{n+}]$. Bij $\log [M^{n+}] = -4,0$ is $V_{\text{bron}} = 118 \text{ mV}$, of $0,118 \text{ V}$, dus $0,118 = -\frac{0,059}{n} \times (-4,0)$. Dit levert $n = 2$.

pH / zuur-base

14	C	De oplossing bevat $45,0 \times 0,10 + 50,0 \times 0,20 = 14,5$ mmol H^+. (De ionisatie van het zwakke zuur CH_3COOH is te verwaarlozen in deze oplossing van sterke zuren.) $\text{pH} = -\log \frac{14,5}{150} = 1,01$
----	---	---

Rekenen

15	C	Bij 27°C en een druk van $3,0$ atm is $V_m = \frac{1,00 \times 8,314 \times (27 + 273)}{3,0 \times 1,013 \cdot 10^5} = 8,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}.$ De molaire massa van ethaan, C_2H_6, is $30,07 \text{ g mol}^{-1}$, of $0,03007 \text{ kg mol}^{-1}$. De dichtheid van ethaan is dus $\frac{0,03007}{8,2 \cdot 10^{-3}} = 3,7 \text{ kg m}^{-3}$. De molaire massa van stikstof, N_2, is $28,02 \text{ g mol}^{-1}$, of $0,02802 \text{ kg mol}^{-1}$. De dichtheid van stikstof is dus $\frac{0,02802}{8,2 \cdot 10^{-3}} = 3,4 \text{ kg m}^{-3}$.
16	D	Bij het samenvoegen treedt de reactie $\text{HCO}_3^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ op. Stel je hebt x mol NaOH nodig en y mol $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, dan geldt $x + 3y = 0,50$ en $y - x = 0,10$. Hieruit volgt $y = 0,15$ en $x = 0,05$.

Reactiesnelheid en evenwicht

17	C	De tweede stap van mechanisme II is snelheidsbepalend. Daarvoor geldt $s = k[\text{N}_2\text{O}_2][\text{O}_2]$. Voor de eerste stap geldt $\frac{[\text{N}_2\text{O}_2]}{[\text{NO}]^2} = K$, dus $[\text{N}_2\text{O}_2] = K[\text{NO}]^2$. Dit invullen in $s = k[\text{N}_2\text{O}_2][\text{O}_2]$ levert $s = kK[\text{NO}]^2[\text{O}_2]$ en dit is in overeenstemming met de gegeven snelheidsformule. Mechanisme I levert als snelheidsformule $s = k[\text{NO}]^2[\text{O}_2]^2$.
18	B	$\ln \frac{[\text{cyclopropan}]_{t=0 \text{ s}}}{[\text{cyclopropan}]_{t=60 \text{ s}}} = k t$, (concentratie van een gas is evenredig met de (partiële) druk) dus $k = \frac{\ln \frac{22,0}{22,0 - 17,5}}{60} = 2,6 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Analyse

19	B	Broom reageert in een redoxreactie met sulfiet: $\text{Br}_2 + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Br}^- + 2 \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ De bruine kleur van het broom verdwijnt hierbij. Als het natriumsulfaat van Constance niet verontreinigd is met natriumsulfiet, ontkleurt het broomwater niet, als het wel is verontreinigd is, wordt de oplossing kleurloos. In het geval van Mathilde wordt de oplossing altijd kleurloos.
20	C	Ongeveer 4 g watervrije soda bevat ongeveer 4 g Na_2CO_3 en dat is ongeveer $\frac{4}{106}$ mol. Broomkresolgroen verandert van kleur tussen pH = 5,4 en pH = 3,8. Dan heeft de totale reactie $\text{CO}_3^{2-} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ plaatsgevonden. Voor de titratie van het watervrije soda heb je dus ongeveer nodig $\frac{25,00}{250} \times \frac{4}{106} \times 2 = 0,075$ L of 75 mL. Dat past niet in de buret. Gebruik je 0,05 M zoutzuur in plaats van 0,1 M zoutzuur wordt het alleen maar erger, want dan heb je twee keer zoveel zoutzuur nodig. Aanpassing I is onjuist. Kresolrood verandert van kleur tussen pH = 8,8 en pH = 7,0. Dan heeft de reactie $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{HCO}_3^-$ plaatsgevonden. Dan heb je voor de titratie ongeveer de helft van 75 mL nodig en dat past in de buret van 50 mL. Aanpassing II is dus juist.

■ Opgave 2 Waterstoffluoride-oplossing

9 punten

□1 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{F}^-]}{[\text{HF}]} \text{ dus } [\text{F}^-] = K_z \times \frac{[\text{HF}]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = 6,3 \cdot 10^{-4} \times \frac{1,0}{10^{-1,52}} = 0,021 \text{ mol L}^{-1}.$$

- berekening van de $[\text{H}_3\text{O}^+]$: $10^{-1,52}$ 1
- rest van de berekening 1

□2 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$K = \frac{[\text{HF}_2^-]}{[\text{HF}][\text{F}^-]}; [\text{HF}] = 1,0 \text{ mol L}^{-1} \text{ en } [\text{F}^-] = 0,021 \text{ mol L}^{-1}.$$

(Omdat de oplossing elektrisch neutraal is, geldt: $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{F}^-] + [\text{HF}_2^-] + [\text{OH}^-]$. Hierin is $[\text{OH}^-]$ te verwaarlozen ten opzichte van $[\text{F}^-]$ en $[\text{HF}_2^-]$, dus)

$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{F}^-] + [\text{HF}_2^-]$. Hieruit volgt $[\text{HF}_2^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] - [\text{F}^-] = 10^{-1,52} - 0,021 = 0,009$.

$$\text{Dus } K = \frac{0,009}{1,0 \times 0,021} = 0,4.$$

- $K = \frac{[\text{HF}_2^-]}{[\text{HF}][\text{F}^-]}$, eventueel reeds gedeeltelijk ingevuld 1
- berekening van $[\text{HF}_2^-]$ 1
- rest van de berekening 1

Opmerking

Wanneer een onjuist antwoord op vraag 2 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 1, dit antwoord op vraag 2 goed rekenen.

□3 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Door toevoegen van extra HF_2^- verschuift evenwicht 2 naar links. Hierdoor ontstaat meer HF en F^- , van elk evenveel. Dus $[\text{HF}]_{\text{nieuw}} = [\text{HF}]_{\text{oud}} + a$ en $[\text{F}^-]_{\text{nieuw}} = [\text{F}^-]_{\text{oud}} + a$. Omdat

$$[\text{HF}]_{\text{oud}} > [\text{F}^-]_{\text{oud}} \text{ neemt } [\text{F}^-] \text{ relatief meer toe dan } [\text{HF}]. \text{ Dus } \frac{[\text{HF}]_{\text{nieuw}}}{[\text{F}^-]_{\text{nieuw}}} < \frac{[\text{HF}]_{\text{oud}}}{[\text{F}^-]_{\text{oud}}}.$$

Omdat $[\text{H}_3\text{O}^+] = K_z \frac{[\text{HF}]}{[\text{F}^-]}$ is $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{nieuw}} < [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{oud}}$, dus $\text{pH}_{\text{nieuw}} > \text{pH}_{\text{oud}}$. De pH van de oplossing is dus hoger dan 1,52.

- door toevoegen van extra HF_2^- verschuift evenwicht 2 naar links 1
- uitleg dat $\frac{[\text{HF}]_{\text{nieuw}}}{[\text{F}^-]_{\text{nieuw}}} < \frac{[\text{HF}]_{\text{oud}}}{[\text{F}^-]_{\text{oud}}}$ 1
- uitleg dat $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{nieuw}} < [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{oud}}$ 1
- conclusie 1

Indien één van de volgende antwoorden is gegeven:

2

„Door toevoegen van HF_2^- nemen $[\text{HF}]$ en $[\text{F}^-]$ in gelijke mate toe, dus $[\text{H}_3\text{O}^+]$ blijft gelijk en de pH blijft 1,52.”

of

„Door toevoegen van HF_2^- neemt $[\text{HF}]$ toe, dus evenwicht 1 verschuift naar rechts, $[\text{H}_3\text{O}^+]$ neemt toe, dus de pH wordt lager dan 1,52.”

of

„Door toevoegen van HF_2^- neemt $[\text{F}^-]$ toe, dus evenwicht 1 verschuift naar links, $[\text{H}_3\text{O}^+]$ neemt af, dus de pH wordt hoger dan 1,52.”

Indien na een volledig onjuiste uitleg de conclusie wordt getrokken dat $[\text{H}_3\text{O}^+]$ en pH gelijk blijven of dat $[\text{H}_3\text{O}^+]$ toeneemt en de pH lager wordt dan 1,52 of dat $[\text{H}_3\text{O}^+]$ afneemt en de pH hoger wordt dan 1,52

0

Opgave 3 Coating uit biomassa

23 punten

□4 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$E\text{-factor} = \frac{m_{\text{beginstoffen}} - m_{\text{werkelijke opbrengst product}}}{m_{\text{werkelijke opbrengst product}}}$$

$$= \frac{2 \times 42,08 + 3 \times 32,00 + 0,92 \times 2 \times 32,04 - 0,99 \times 0,92 \times 2 \times 86,09}{0,99 \times 0,92 \times 2 \times 86,09} = 0,52$$

- berekening van de som van de massa van 2 mol propeen, 3 mol zuurstof en de massa van $2 \times 0,92$ mol methanol 1
- berekening van de massa van methylacrylaat die wordt gevormd uit $2 \times 0,92$ mol propeen en $2 \times 0,92$ mol methanol 1
- rest van de berekening 1

□5 Maximumscore 2

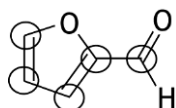
Een juist antwoord kan als volgt geformuleerd zijn:

Om propeen uit aardolie te maken moet aardolie het kraakproces worden uitgevoerd. Hiervoor is veel energie nodig. De vorming van furfural uit biomassa/lignocellulose kost (veel) minder energie.

- er is veel energie nodig om aardolie te kraken tot propeen 1
- de vorming van furfural uit biomassa/lignocellulose kost (veel) minder energie dan het kraakproces 1

□6 Maximumscore 1

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:

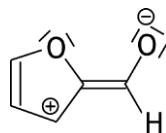


Opmerkingen

- Wanneer geen tekening is gegeven, maar een antwoord is gegeven als: „Alle C atomen hebben sp^2 hybridisatie.” dit goed rekenen.
- Wanneer ook het O atoom van de aldehydegroep is omcirkeld, dit niet aanrekenen.

□7 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



- een dubbele binding getekend tussen het C atoom van de aldehydegroep en de vijfkring 1
- rest van de structuur juist 1

Opmerking

Wanneer de niet-bindende elektronenparen op het zuurstofatoom in de vijfkring niet zijn getekend, dit niet aanrekenen.

□8 Maximumscore 3

Een juist antwoord kan als volgt geformuleerd zijn:

Het C atoom (in hydroxybutenolide) waaraan de OH groep is gebonden, is asymmetrisch. Dit C atoom is al asymmetrisch in het reactieve intermediair. Het zuurstofmolecuul kan met het furfuralmolecuul aan de bovenkant en aan de onderkant reageren (en zo ontstaan uiteindelijk twee spiegelbeeldisomeren/stereo-isomeren van 2-hydroxybutenolide).

- het C atoom waaraan de OH groep is gebonden, is asymmetrisch 1
- het C atoom waaraan de OH is gebonden is in het reactieve intermediair al asymmetrisch 1
- het zuurstofmolecuul kan met het furfuralmolecuul aan de bovenkant en aan de onderkant reageren 1

Indien een antwoord is gegeven als: „Het C atoom (in hydroxybutenolide) waaraan de OH groep is gebonden, is asymmetrisch en er ontstaan dus twee spiegelbeeldisomeren/stereo-isomeren.”

of

„Het C atoom (in hydroxybutenolide) waaraan de OH groep is gebonden, is asymmetrisch en er ontstaan dus twee spiegelbeeldisomeren/stereo-isomeren.” 1

Indien een antwoord is gegeven als: „Hydroxybutenolide heeft een asymmetrisch C atoom en er ontstaan dus twee spiegelbeeldisomeren/stereo-isomeren.” 0

Opmerking

Wanneer een antwoord is gegeven als: „Het C atoom (in hydroxybutenolide) waaraan de OH groep is gebonden, is asymmetrisch. Dit is hetzelfde C atoom waaraan in het reactieve intermediair / in furfural de aldehydegroep was gebonden. Het zuurstofmolecuul kan met het furfuralmolecuul aan de bovenkant en aan de onderkant reageren (en zo ontstaan uiteindelijk twee spiegelbeeldisomeren/stereo-isomeren van 2-hydroxybutenolide).”

of

„Het C atoom (in hydroxybutenolide) waaraan de OH groep is gebonden, is asymmetrisch. Er ontstaan (twee) stereo-isomeren van het reactieve intermediair met twee asymmetrische C atomen. Een van deze C atomen is het C atoom waaraan de OH groep gebonden wordt (en zo ontstaan uiteindelijk twee spiegelbeeldisomeren/stereo-isomeren van 2-hydroxybutenolide)”, dit goed rekenen

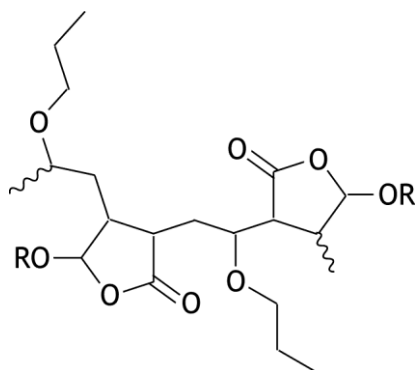
□9 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\frac{30 \cdot 10^{-3}}{3600} \times 6,022 \cdot 10^{23} \times \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{680 \cdot 10^{-9}} = 1,5 \text{ W}$$

- berekening van het aantal mol hydroxybutenolide dat per seconde wordt gevormd: $30 \cdot 10^{-3}$ (mol) delen door 3600 (sec) 1
- berekening van het aantal moleculen hydroxybutenolide dat per seconde wordt gevormd: het aantal mol hydroxybutenolide dat per seconde wordt gevormd, vermenigvuldigen met de constante van Avogadro 1
- berekening van de energie van een foton met een golflengte van 680 nm: de constante van Planck vermenigvuldigen met de lichtsnelheid en delen door $680 \cdot 10^{-9}$ (m) 1
- rest van de berekening 1

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



- keten met 8 C atomen getekend met aan begin en uiteinde $\sim$ of $-$ of $\bullet$ 1
- propoxyzijketens juist weergegeven 1
- rest van de structuurformule juist weergegeven 1

Opmerking

Wanneer de propoxyzijketens zijn weergegeven met OC_3H_7 , dit goed rekenen.

- 11 Maximumscore 2
Een juist antwoord kan als volgt geformuleerd zijn:

In een molecuul DVE komen twee $C = C$ bindingen voor. Iedere $C = C$ binding kan deelnemen aan de polymerisatie van alkoxybutenolidemoleculen in twee afzonderlijke polymeerketens (die zo via crosslinks aan elkaar gebonden worden).

- (een molecuul) DVE beschikt over twee $C = C$ bindingen 1
- rest van de uitleg 1

- 12 Maximumscore 3
Een juist antwoord kan als volgt geformuleerd zijn:

Alkoxybutenolide, DVE en initiator mengen. Een laagje van het mengsel aanbrengen op een glasplaatje. Het laagje belichten.

- alkoxybutenolide, DVE en initiator mengen 1
- een laagje van het mengsel aanbrengen op een glasplaatje 1
- belichten van het laagje 1

Indien een antwoord is gegeven als: „Alkoxybutenolide, DVE en initiator mengen. Het mengsel belichten. Een laagje van het mengsel snel aanbrengen op een glasplaatje.” 2

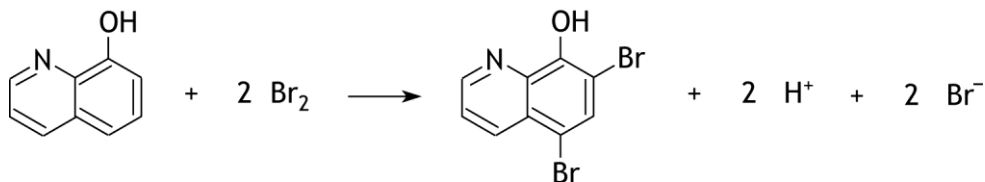
Indien een antwoord is gegeven als: „Alkoxybutenolide, DVE en initiator mengen. Het mengsel belichten. Een laagje van het ontstane polymeer aanbrengen op een glasplaatje.” 1

Opgave 4 Klei-onderzoek

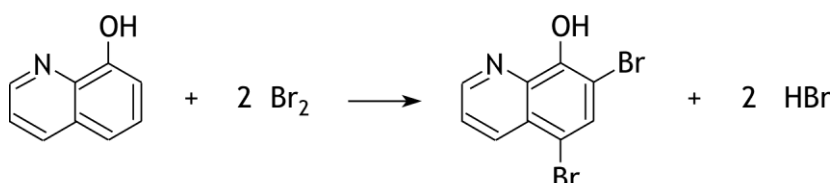
21 punten

□13 Maximumscore 3

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

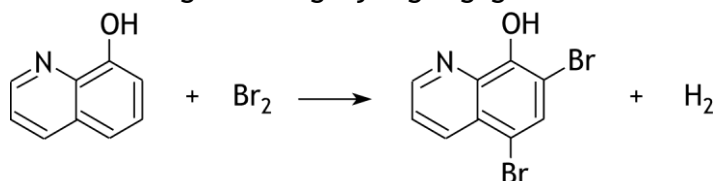


en



- Br₂ en juiste structuurformule van 8-hydroxychinoline voor de pijl 1
- H⁺ en Br⁻ of HBr en juiste structuurformule van 5,7-dibroom-8-hydroxychinoline na de pijl 1
- juiste coëfficiënten 1

Indien de volgende vergelijking is gegeven: 1



□14 Maximumscore 5

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Bij toevoeging van ammonia kan weliswaar een bufferoplossing ontstaan met NH₄⁺ als zwak zuur en NH₃ als geconjugeerde base, maar de pH van zo'n bufferoplossing (ligt in de buurt van de pK_z van NH₄⁺ en) is ongeveer 9,25. Ammonia is dus niet geschikt.

Bij toevoeging van een oplossing van natriumethanoaat kan een bufferoplossing ontstaan met CH₃COOH als zwak zuur en CH₃COO⁻ als geconjugeerde base. De pH van zo'n bufferoplossing (ligt in de buurt van de pK_z van ethaanzuur en) is ongeveer 4,76. Een oplossing van natriumethanoaat is dus geschikt.

Bij toevoeging van natronloog kan geen oplossing met een zwak zuur en diens geconjugeerde base ontstaan. Die buffert dus niet. Natronloog is ongeschikt.

- uitleg dat bij toevoeging van ammonia een bufferoplossing kan ontstaan 1
- uitleg dat toevoeging van ammonia toch niet geschikt is 1
- uitleg dat bij toevoeging van een oplossing van natriumacetaat een bufferoplossing kan ontstaan 1
- uitleg dat toevoeging van een oplossing van natriumacetaat geschikt is 1
- uitleg dat toevoeging van natronloog niet geschikt is 1

□15 Maximumscore 1

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Er kunnen neerslagen van ijzer(III)hydroxide en/of aluminiumhydroxide ontstaan.
- Fe^{3+} en/of Al^{3+} kan reageren met OH^- .

□16 Maximumscore 12

Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

Er is toegevoegd $25,00 \times 0,1012$ mmol 8-hydroxychinoline.

Uit 0,885 mmol BrO_3^- is $0,885 \times 3$ mmol Br_2 ontstaan en dit reageert met

$$\frac{0,885 \times 3}{2} \text{ mmol 8-hydroxychinoline.}$$

Er heeft dus $25,00 \times 0,1012 - \frac{0,885 \times 3}{2} = 1,203$ mmol (negatieve ionen van)

8-hydroxychinoline ($\text{C}_9\text{H}_6\text{NO}^-$) met Fe^{3+} en Al^{3+} gereageerd.

Stel er was x mmol Fe^{3+} en y mmol Al^{3+} .

De reactievergelijkingen zijn $\text{M}^{3+} + 3 \text{C}_9\text{H}_6\text{NO}^- \rightarrow \text{M}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3$, dus x mmol Fe^{3+} reageert met $3x$ mmol $\text{C}_9\text{H}_6\text{NO}^-$ en y mmol Al^{3+} reageert met $3y$ mmol $\text{C}_9\text{H}_6\text{NO}^-$.

Hieruit volgt $3x + 3y = 1,203$ (vergelijking 1).

Er ontstaat x mmol $\text{Fe}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3$ en y mmol $\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3$. De molaire massa's zijn respectievelijk $488,3 \text{ (m)g (m)mol}^{-1}$ en $459,4 \text{ (m)g (m)mol}^{-1}$. Dus er ontstaat $488,3x$ mg $\text{Fe}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3$ en $459,4y$ mg $\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3$.

Hieruit volgt $488,3x + 459,4y = 188,2$ (vergelijking 2).

Oplossen van x en y uit vergelijkingen 1 en 2 levert $x = 0,14$ en $y = 0,26$.

Het kleimonster bevatte dus $\frac{0,14}{2}$ mmol Fe_2O_3 en $\frac{0,26}{2}$ mmol Al_2O_3 ,

dus $\frac{0,14}{2} \times 159,69$ mg Fe_2O_3 en $\frac{0,26}{2} \times 101,96$ mg Al_2O_3 . De massapercentages zijn dus

$$\frac{\frac{0,14}{2} \times 159,69}{252,2} \times 100 = 4,4\% \text{ Fe}_2\text{O}_3 \text{ en } \frac{\frac{0,26}{2} \times 101,96}{252,2} \times 100 = 5,3\% \text{ Al}_2\text{O}_3.$$

- berekening van het aantal mmol toegevoegd 8-hydroxychinoline: $25,00 \text{ (mL)}$ vermenigvuldigen met $0,1012 \text{ (mmol mL}^{-1}\text{)}$ 1
- berekening van het aantal mmol broom dat ontstaat: $0,885 \text{ (mmol)}$ vermenigvuldigen met 3 1
- berekening van het aantal mmol 8-hydroxychinoline dat na de reacties met Fe^{3+} en Al^{3+} over was: het aantal mmol broom dat ontstaat, delen door 2 1
- berekening van het aantal mmol $\text{C}_9\text{H}_6\text{NO}^-$ dat met Fe^{3+} en Al^{3+} heeft gereageerd: het aantal mmol 8-hydroxychinoline dat na de reacties met Fe^{3+} en Al^{3+} over was, aftrekken van het aantal mmol toegevoegd 8-hydroxychinoline 1
- notie dat Fe^{3+} en Al^{3+} in de molverhouding 1 : 3 met $\text{C}_9\text{H}_6\text{NO}^-$ reageren 1
- opstellen van vergelijking 1 1
- berekening van de molaire massa's van $\text{Fe}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3$ en $\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{NO})_3$: respectievelijk $488,3 \text{ (m)g (m)mol}^{-1}$ en $459,4 \text{ (m)g (m)mol}^{-1}$ 1
- opstellen van vergelijking 2 1
- oplossen van het verkregen stelsel van twee vergelijkingen met twee onbekenden 1

- berekening van het aantal mmol Fe_2O_3 en Al_2O_3 : het gevonden aantal mmol Fe^{3+} en Al^{3+} delen door 2 1
- berekening van het aantal mg Fe_2O_3 en Al_2O_3 : het aantal mmol Fe_2O_3 vermenigvuldigen met de molaire massa van Fe_2O_3 ($159,69 \text{ mg mmol}^{-1}$) en het aantal mmol Al_2O_3 vermenigvuldigen met de molaire massa van Al_2O_3 ($101,96 \text{ mg mmol}^{-1}$) 1
- berekening van de massapercentages Fe_2O_3 en Al_2O_3 : het aantal mg Fe_2O_3 delen door 252,2 (mg) en vermenigvuldigen met 100(%) en het aantal mg Al_2O_3 delen door 252,2 (mg) en vermenigvuldigen met 100(%) 1

en

Stel er was $x \text{ mg Fe}^{3+}$ en $y \text{ mg Al}^{3+}$.

Er is toegevoegd $25,00 \times 0,1012 \text{ mmol 8-hydroxychinoline}$.

Uit $0,885 \text{ mmol BrO}_3^-$ is $0,885 \times 3 \text{ mmol Br}_2$ ontstaan en dit reageert met

$$\frac{0,885 \times 3}{2} \text{ mmol 8-hydroxychinoline.}$$

Er heeft dus $25,00 \times 0,1012 - \frac{0,885 \times 3}{2} = 1,203 \text{ mmol}$ (negatieve ionen van)

8-hydroxychinoline ($\text{C}_9\text{H}_6\text{NO}^-$) met Fe^{3+} en Al^{3+} gereageerd, dat is $1,203 \times 144,1 \text{ mg}$. In de 188,2 mg neerslag zat dus $188,2 - 1,203 \times 144,1 = 14,8 \text{ mg Fe}^{3+}$ en Al^{3+} .

Dus $x + y = 14,8$ (vergelijking 1).

Met $x \text{ mg Fe}^{3+}$ reageert $3 \times \frac{x}{55,85} \text{ mmol C}_9\text{H}_6\text{NO}^-$ en met $y \text{ mg Al}^{3+}$ reageert

$$3 \times \frac{y}{26,98} \text{ mmol C}_9\text{H}_6\text{NO}^-, \text{ dus } 3 \times \frac{x}{55,85} + 3 \times \frac{y}{26,98} = 1,203 \text{ (vergelijking 2).}$$

Oplossen van x en y uit vergelijkingen 1 en 2 levert $x = 7,7$ en $y = 7,1$.

Het kleimonster bevatte dus $\frac{1}{2} \times \frac{7,7}{55,85} \text{ mmol Fe}_2\text{O}_3$ en $\frac{1}{2} \times \frac{7,1}{26,98} \text{ mmol Al}_2\text{O}_3$, dat is

$$\frac{1}{2} \times \frac{7,7}{55,85} \times 159,69 \text{ mg Fe}_2\text{O}_3 \text{ en } \frac{1}{2} \times \frac{7,1}{26,98} \times 101,96 \text{ mg Al}_2\text{O}_3. \text{ De massapercentages zijn}$$

$$\text{dus } \frac{\frac{1}{2} \times \frac{7,7}{55,85} \times 159,69}{152,2} \times 100 = 4,4 \% \text{ Fe}_2\text{O}_3 \text{ en } \frac{\frac{1}{2} \times \frac{7,1}{26,98} \times 101,96}{252,2} \times 100 = 5,3 \% \text{ Al}_2\text{O}_3.$$

- berekening van het aantal mmol toegevoegd 8-hydroxychinoline: $25,00 \text{ (mL)}$ vermenigvuldigen met $0,1012 \text{ (mmol mL}^{-1}\text{)}$ 1
- berekening van het aantal mmol broom dat ontstaat: $0,885 \text{ (mmol)}$ vermenigvuldigen met 3 1
- berekening van het aantal mmol 8-hydroxychinoline dat na de reacties met Fe^{3+} en Al^{3+} over was: het aantal mmol broom dat ontstaat, delen door 2 1
- berekening van het aantal mmol $\text{C}_9\text{H}_6\text{NO}^-$ dat met Fe^{3+} en Al^{3+} heeft gereageerd: het aantal mmol 8-hydroxychinoline dat na de reacties met Fe^{3+} en Al^{3+} over was, aftrekken van het aantal mmol toegevoegd 8-hydroxychinoline 1
- berekening van het aantal mg $\text{C}_9\text{H}_6\text{NO}^-$ dat in het neerslag zat: aantal mmol $\text{C}_9\text{H}_6\text{NO}^-$ vermenigvuldigen met de molaire massa van $\text{C}_9\text{H}_6\text{NO}^-$ ($144,1 \text{ mg mmol}^{-1}$) 1
- berekening van het totale aantal mg Fe^{3+} en Al^{3+} dat in het neerslag zat: het aantal mg $\text{C}_9\text{H}_6\text{NO}^-$ dat in het neerslag zat, aftrekken van 188,2 (leidt tot vergelijking 1) 1

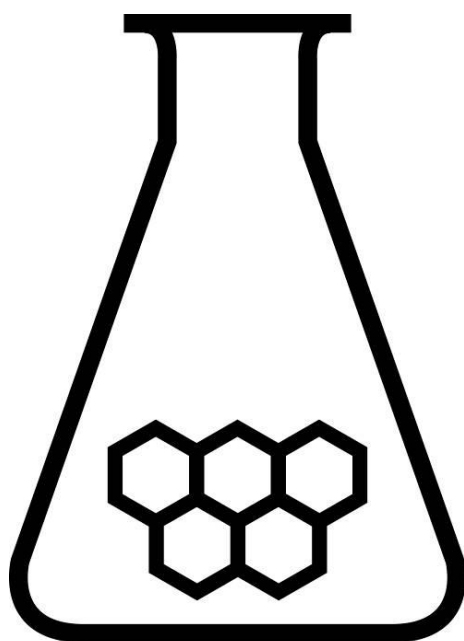
- berekening van het aantal mmol Fe^{3+} en het aantal mmol Al^{3+} in het neerslag: respectievelijk x (mg) delen door $55,85 \text{ (mg mmol}^{-1}\text{)}$ en y (mg) delen door $26,98 \text{ (mg mmol}^{-1}\text{)}$ 1
- berekening van het aantal mmol $\text{C}_9\text{H}_6\text{NO}^-$ dat met Fe^{3+} en met Al^{3+} heeft gereageerd: de som van het aantal mmol Fe^{3+} vermenigvuldigd met 3 en het aantal mmol Al^{3+} in het neerslag vermenigvuldigd met 3 (leidt tot vergelijking 2) 1
- oplossen het verkregen stelsel van twee vergelijkingen met twee onbekenden 1
- berekening van het aantal mmol Fe_2O_3 en Al_2O_3 : het gevonden aantal mg Fe^{3+} delen door $55,85 \text{ (mg mmol}^{-1}\text{)}$ en vermenigvuldigen met $\frac{1}{2}$ respectievelijk het gevonden aantal mg Al^{3+} delen door $26,98 \text{ (mg mmol}^{-1}\text{)}$ en vermenigvuldigen met $\frac{1}{2}$ 1
- berekening van het aantal mg Fe_2O_3 en Al_2O_3 : het aantal mmol Fe_2O_3 vermenigvuldigen met de molaire massa van Fe_2O_3 ($159,69 \text{ mg mmol}^{-1}$) en het aantal mmol Al_2O_3 vermenigvuldigen met de molaire massa van Al_2O_3 ($101,96 \text{ mg mmol}^{-1}$) 1
- berekening van de massapercentages Fe_2O_3 en Al_2O_3 : het aantal mg Fe_2O_3 delen door $252,2 \text{ (mg)}$ en vermenigvuldigen met $100(\%)$ en het aantal mg Al_2O_3 delen door $252,2 \text{ (mg)}$ en vermenigvuldigen met $100(\%)$ 1

42^e Nationale Scheikundeolympiade

Eindronde 2021

Open vragen toets
correctievoorschrift

9 juni 2021



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



- Deze toets bestaat uit 4 opgaven met in totaal 23 open vragen.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 75 punten (geen bonuspunten).
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e druk of ScienceData 1^e druk.
- Bij de correctie van het werk moet bijgaand antwoordmodel worden gebruikt. Daarnaast gelden de algemene regels, zoals die bij de correctievoorschriften voor het CE worden verstrekt.

Open opgaven

(totaal 75 punten)

Opgave 1 Waterstofbrandstofcel

10 punten

□1 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\Delta_c H_s(\text{C}_8\text{H}_{18}) = \frac{\Delta_c H(\text{C}_8\text{H}_{18})}{M(\text{C}_8\text{H}_{18})} = \frac{-5065 \cdot 10^3 \text{ (J mol}^{-1}\text{)}}{114,2 \cdot 10^{-3} \text{ (kg mol}^{-1}\text{)}} = -4,434 \cdot 10^7 \text{ (J kg}^{-1}\text{)}$$

$$\Delta_c H_s(\text{H}_2) = \frac{\Delta_c H(\text{H}_2)}{M(\text{H}_2)} = \frac{-286 \cdot 10^3 \text{ (J mol}^{-1}\text{)}}{2,016 \cdot 10^{-3} \text{ (kg mol}^{-1}\text{)}} = -1,42 \cdot 10^8 \text{ (J kg}^{-1}\text{)}$$

· juiste berekening van $\Delta_c H_s(\text{C}_8\text{H}_{18})$

1

· juiste berekening van $\Delta_c H_s(\text{H}_2)$

1

Opmerking

Wanneer als uitkomsten $4,434 \cdot 10^7 \text{ (J kg}^{-1}\text{)}$ en $1,42 \cdot 10^8 \text{ (J kg}^{-1}\text{)}$ zijn gegeven, dit goed rekenen.

□2 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

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

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S = -286 \cdot 10^3 - 323 \times (70 - 131 - \frac{1}{2} \times 205) = -2,33 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$$

$$\eta = \frac{\Delta G}{\Delta H} \times 10^2 (\%) = \frac{-2,33 \cdot 10^5 \text{ (J mol}^{-1}\text{)}}{-2,86 \cdot 10^3 \text{ (J mol}^{-1}\text{)}} \times 10^2 (\%) = 81,5 (\%)$$

· juiste berekening van ΔS

1

· juiste berekening van ΔG

1

· juiste formule voor de berekening van η (eventueel impliciet)

1

· juiste berekening van η

1

Indien in een overigens juist antwoord η is berekend met de formule $\eta = \frac{\Delta G}{\Delta H}$, met als

uitkomst 0,815

3

□3 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

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

$$V = -\frac{\Delta G}{n \times F} = -\frac{-2,33 \cdot 10^5 \text{ (J mol}^{-1}\text{)}}{2 \times 9,6485 \cdot 10^4 \text{ (C mol}^{-1}\text{)}} = 1,21 \text{ V}$$

· juiste formule voor de berekening van V

1

· notie dat 2 elektronen betrokken zijn bij de vorming van 1 mol H_2O

1

· juiste berekening van V

1

· juiste eenheid van V

1

Indien V is berekend als: $V = V^0(\text{O}_2) - V^0(\text{H}_2) = 1,23 \text{ V}$

1

Opmerking

Wanneer een onjuist antwoord op vraag 3 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 2, dit antwoord op vraag 3 goed rekenen.

Opgave 2 Tamoxifen

21 punten

□4 Maximumscore 1

Voorbeelden van een juist antwoord zijn formules van lewiszuren zoals: SnCl_4 en AlCl_3 .

□5 Maximumscore 2

Van **2b** wordt het meeste gevormd, want de OCH_3 groep is een ortho-para richter.

· de OCH_3 groep is een ortho-para richter

1

· conclusie

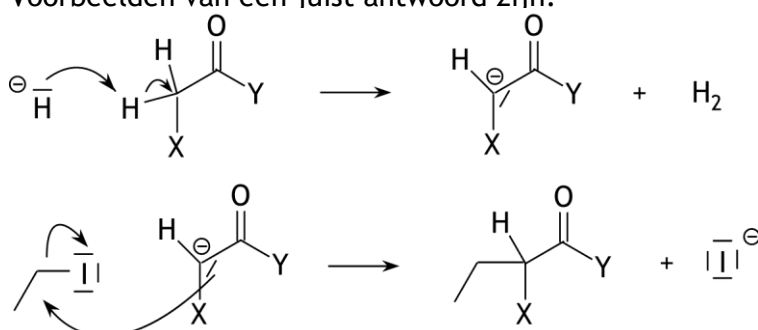
1

Opmerking

Wanneer een antwoord is gegeven als: „Van **2b** wordt het meeste gevormd, want de OCH_3 groep is een ortho richter.” dit goed rekenen.

□6 Maximumscore 5

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:



· alle relevante elektronenparen getekend

1

· de vorming van het enolaation juist weergegeven

1

· H_2 als reactieproduct in de eerste stap

1

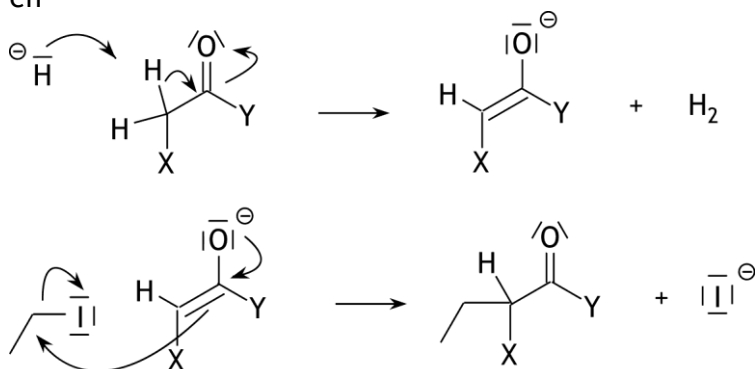
· de vorming van het reactieproduct **3** juist weergegeven

1

· jodide als reactieproduct in de tweede stap

1

en



· alle relevante elektronenparen getekend

1

· de vorming van het carbanion juist weergegeven

1

· H_2 als reactieproduct in de eerste stap

1

· de vorming van het reactieproduct **3** juist weergegeven

1

· jodide als reactieproduct in de tweede stap

1

Indien in een overigens juist antwoord één of meer formele ladingen niet zijn weergegeven

4

□7 Maximumscore 2

De OH groep aan een benzeenring heeft zure eigenschappen. Daardoor zou in de omzetting van 2 tot 3 een (ongewenste) nevenreactie met H^+ kunnen optreden.

- de OH groep aan een benzeenring heeft zure eigenschappen 1
- rest van de verklaring 1

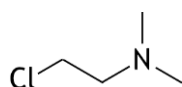
Indien een antwoord is gegeven als: „De OCH_3 bevordert de vorming van het paraproduct meer dan de OH groep.” 1

Opmerking

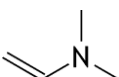
Wanneer een antwoord is gegeven als: „Bij gebruik van fenol in plaats van methoxybenzeen is er kans op estervorming”, dit goed rekenen.

□8 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



Indien een formule met OH, of een andere slechte leaving group, in plaats van Cl is gegeven 1

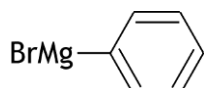
Indien een structuurformule is gegeven als  1

Opmerking

Wanneer in plaats van Cl een andere goede leaving group, zoals bijvoorbeeld Br, I, of O-tosyl, is gegeven, dit goed rekenen.

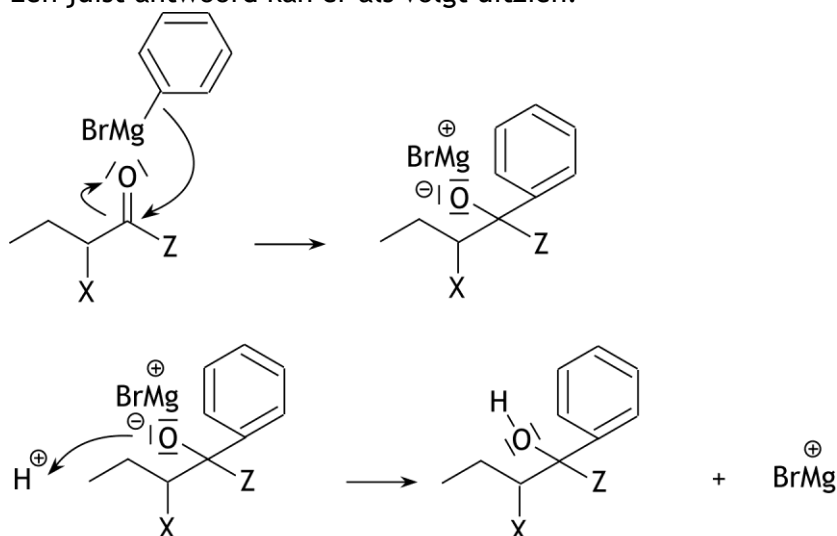
□9 Maximumscore 1

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



□10 Maximumscore 3

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- alle relevante elektronenparen getekend 1
- de eerste stap juist weergegeven 1
- de tweede stap juist weergegeven 1

Indien in een overigens juist antwoord één of meer formele ladingen niet zijn weergegeven 2

□11 Maximumscore 2

Het meest waarschijnlijke mechanisme is E1.

Verklaringen:

- Het molecuul is te veel sterisch gehinderd voor E2.
- Bij een E1 mechanisme wordt een tertiair carbokation gevormd, dat erg stabiel is.
- het molecuul is te veel sterisch gehinderd voor E2 of bij een E1 mechanisme wordt een tertiair carbokation gevormd, dat erg stabiel is 1
- conclusie 1

□12 Maximumscore 3

- van **2** tot **3**: twee stereo-isomeren
- van **5** tot **6**: vier stereo-isomeren
- van **6** tot Tamoxifen: twee stereo-isomeren

per juist antwoordonderdeel 1

■ Opgave 3 Boriumverbindingen als waterstofopslag

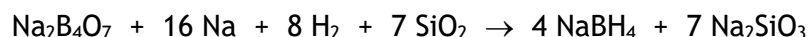
24 punten

□13 Maximumscore 2

Het massapercentage H is $\frac{6 \times 1,008}{30,87} \times 100 = 19,59\%$.

- berekening van de molaire massa van BNH_6 1
- rest van de berekening 1

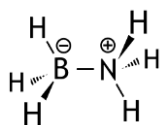
□14 Maximumscore 3



- bij juiste formules de B en H balans juist 1
- bij juiste formules de Si en O balans juist 1
- bij juiste formules de Na balans juist 1

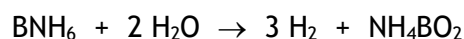
□15 Maximumscore 4

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- enkelvoudige binding tussen B en N in een structuur die voldoet aan de formule BNH_6 1
- drie B – H bindingen en drie N – H bindingen getekend 1
- ruimtelijke structuur juist weergegeven 1
- formele ladingen juist aangegeven 1

□16 Maximumscore 3



- BNH_6 voor de pijl en 3H_2 na de pijl 1
- NH_4BO_2 na de pijl 1
- $2 \text{H}_2\text{O}$ voor de pijl in een overigens juiste vergelijking 1

□17 Maximumscore 5

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\text{TOF} = \frac{\frac{67,25}{22,41}}{\frac{0,082 \times 5,0}{195,1} \times 5,0 \times 60} = 4,8 \text{ s}^{-1}$$

- berekening van het aantal mmol H₂: 67,25 (mmol) delen door 22,41 (cm³ mmol⁻¹) 1
- berekening van het aantal mg Pt: 8,2(%) delen door 100(%) en vermenigvuldigen met 5,0 (mg) 1
- berekening van het aantal mmol Pt: het aantal mg Pt delen door de molaire massa van platina (195,1 mg mmol⁻¹) 1
- berekening van TOF: het aantal mmol H₂ delen door het aantal mmol Pt en door 5,0 (min) en door 60 (s min⁻¹) 1
- juiste eenheid vermeld 1

Opmerking

Wanneer het volgende antwoord is gegeven: $\text{TOF} = \frac{\frac{67,25}{22,41}}{\frac{0,082 \times 5,0}{195,1} \times 5,0} = 2,9 \cdot 10^2 \text{ min}^{-1},$

dit goed rekenen.

□18 Maximumscore 7

(In een vlakgecentreerde kubische eenheidscel zitten 8 atomen op de hoekpunten, die gedeeld worden met 8 andere eenheidscellen en 6 atomen op de zijvlakken die gedeeld worden met 2 andere eenheidscellen.) Een vlakgecentreerde kubische eenheidscel bevat

$$(8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} =) 4 \text{ atomen.}$$

Omdat de legering twee keer zoveel Cu atomen als Pt atomen heeft, heeft een eenheidscel van de legering gemiddeld 2,67 Cu atomen en 1,33 Pt atomen.

De gemiddelde massa van de eenheidscel is dus $2,67 \times 63,55 + 1,33 \times 195,1 = 429,2 \text{ u}$ of $429,2 \times 1,661 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Het volume van de eenheidscel is $380^3 \text{ pm}^3 = 5,49 \cdot 10^7 \text{ pm}^3$ of $5,49 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$.

$$\text{Dus } \rho = \frac{429,2 \times 1,661 \cdot 10^{-27}}{5,49 \cdot 10^{-29}} = 1,30 \cdot 10^4 \text{ kg m}^{-3}.$$

- een vlakgecentreerde kubische eenheidscel bevat 4 atomen 1
- berekening van het gemiddeld aantal Cu atomen en Pt atomen in de eenheidscel van de legering: het aantal atomen in de eenheidscel vermenigvuldigen met $\frac{2}{3}$ respectievelijk met $\frac{1}{3}$ 1
- berekening van de gemiddelde massa van een eenheidscel in u: het gemiddeld aantal Cu atomen vermenigvuldigd met 63,55 optellen bij het gemiddeld aantal Pt atomen vermenigvuldigd met 195,1 1
- omrekening van de gemiddelde massa van een eenheidscel in u naar kg: de gemiddelde massa van een eenheidscel in u vermenigvuldigen met $1,661 \cdot 10^{-27}$ 1
- berekening van het volume van de eenheidscel in pm^3 : 380^3 1
- omrekening van het volume van de eenheidscel in pm^3 naar m^3 : het volume van de eenheidscel in pm^3 vermenigvuldigen met $(10^{-12})^3$ 1
- rest van de berekening 1

Opgave 4 Crotonzuurbepaling

20 punten

□19 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

MnO_4^- wordt MnO_4^{2-} (in BaMnO_4) en neemt dus 1 e^- op. Er reageren 10 MnO_4^- ionen per Cz^- ion, dus een Cz^- ion staat 10 elektronen af.

- MnO_4^- wordt MnO_4^{2-} 1
- dus MnO_4^- neemt 1 e^- op 1
- rest van de uitleg en conclusie 1

Opmerking

Wanneer een juiste vergelijking van de halfreactie van crotonzuur is gegeven, dit goed rekenen.

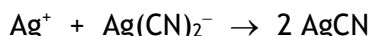
□20 Maximumscore 3



- CN^- en OH^- voor de pijl 1
- CNO^- en H_2O na de pijl 1
- e^- na de pijl en juiste coëfficiënten 1

Indien de vergelijking $\text{CN}^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{CNO}^- + \text{H}^+ + 2\text{e}^-$ is gegeven 2

□21 Maximumscore 2



- Ag^+ en $\text{Ag}(\text{CN})_2^-$ voor de pijl en AgCN na de pijl 1
- juiste coëfficiënten 1

Indien de vergelijking $\text{Ag}^+ + \text{Ag}(\text{CN})_2^- \rightarrow \text{Ag}_2\text{CN}_2$ is gegeven 1

Indien de vergelijking $\text{Ag}^+ + \text{CN}^- \rightarrow \text{AgCN}$ is gegeven 0

□22 Maximumscore 10

In reactie 3 reageerde $5,40 \times 0,00500\text{ mmol Ag}^+$ met $2 \times 5,40 \times 0,00500 = 0,0540\text{ mmol CN}^-$.

In reactie 2 heeft dus $8,00 \times 0,0100 - 0,0540\text{ mmol CN}^-$ gereageerd met

$2 \times (8,00 \times 0,0100 - 0,0540) = 0,052\text{ mmol MnO}_4^-$ dat over was na reactie 1.

In reactie 1 heeft dus $10,00 \times 0,0400 - 0,052\text{ mmol MnO}_4^-$ gereageerd met

$$\frac{1}{10} \times (10,00 \times 0,0400 - 0,052) = 0,0348\text{ mmol Cz}^-.$$

Dus de $10,00\text{ mL}$ oplossing uit de maatkolf bevatte $0,0348\text{ mmol}$ crotonzuur. In de gehele

maatkolf zat dus $\frac{250,00}{10,00} \times 0,0348 = 0,870\text{ mmol}$ crotonzuur. Dat is

$0,870 \times 86,09 = 74,9\text{ mg}$ crotonzuur.

Het massapercentage crotonzuur in het onderzochte monster is dus $\frac{74,9}{75,0} \times 100 = 99,9\%$.

· berekening van het aantal mmol toegevoegd MnO_4^- , CN^- en Ag^+ : respectievelijk 10,00 (mL) vermenigvuldigen met 0,0400 (mmol mL^{-1}), 8,00 (mL) vermenigvuldigen met 0,0100(mmol mL^{-1}) en 5,40 (mL) vermenigvuldigen met 0,00500 (mmol mL^{-1})	1
· berekening van het aantal mmol CN^- dat in reactie 3 met Ag^+ heeft gereageerd: het aantal mmol Ag^+ dat heeft gereageerd, vermenigvuldigen met 2	1
· berekening van het aantal mmol CN^- dat in reactie 2 heeft gereageerd: het aantal mmol CN^- dat in reactie 3 met Ag^+ heeft gereageerd, aftrekken van het aantal mmol toegevoegd CN^-	1
· berekening van het aantal mmol MnO_4^- dat in reactie 2 met CN^- heeft gereageerd: het aantal mmol CN^- dat in reactie 2 heeft gereageerd, vermenigvuldigen met 2	1
· berekening van het aantal mmol MnO_4^- dat in reactie 1 met Cz^- heeft gereageerd: het aantal mmol MnO_4^- dat in reactie 2 met CN^- heeft gereageerd, aftrekken van het aantal mmol toegevoegd MnO_4^-	1
· berekening van het aantal mmol Cz^- dat in reactie 1 heeft gereageerd: het aantal mmol MnO_4^- dat in reactie 1 met Cz^- heeft gereageerd, vermenigvuldigen met $\frac{1}{10}$	1
· berekening van het aantal mmol crotonzuur in de 250 mL maatkolf: het aantal mmol Cz^- dat in reactie 1 heeft gereageerd, vermenigvuldigen met $\frac{250,00}{10,00}$	1
· berekening van de molaire massa van crotonzuur ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$): 86,09 (m)g (m) mol^{-1}	1
· berekening van het aantal mg crotonzuur dat was opgelost in de maatkolf: het aantal mmol crotonzuur in de 250 mL maatkolf vermenigvuldigen met de molaire massa van crotonzuur (86,09 mg mol^{-1})	1
· berekening van het massapercentage crotonzuur in het onderzochte monster: het aantal mg crotonzuur dat was opgelost in de maatkolf delen door 75,0 (mg) en vermenigvuldigen met 100(%)	1
□23 Maximumscore 2	
· turbidimetrie: figuur IV	1
· nefelometrie: figuur I	1

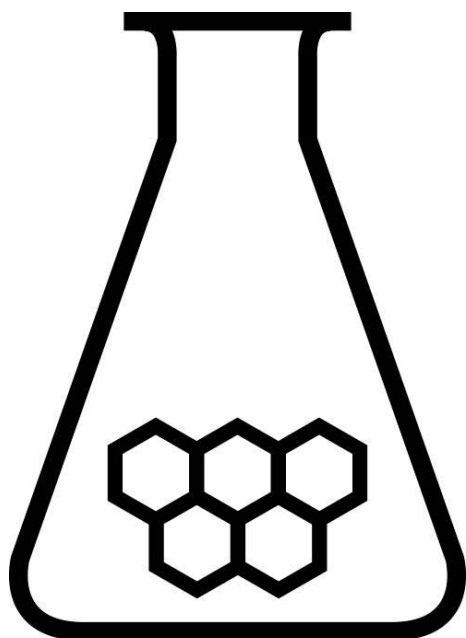
42^e Nationale Scheikundeolympiade

Eindronde 2021

Meerkeuzetoets

Scoringsvoorschrift

9 juni 2021



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



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

Meerkeuzevragen

(totaal 40 punten)

per juist antwoord: 2 punten

Koolstofchemie

1	D	Ethanol reageert met Na volgens een redoxreactie tot natriumethanolaat en H ₂ . Ethanol reageert met NaH volgens een zuur-basereactie tot natriumethanolaat en H ₂ . Ethanol is een te zwak zuur om met NaOH te reageren.
2	F	Voor de omzetting van C ₆ H ₅ – NO ₂ tot C ₆ H ₅ – NH ₂ is een reductor nodig. Zowel LiAlH ₄ als Zn / HCl zijn geschikte reductoren. KMnO ₄ is een oxidator.
3	B	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{H}_2\text{C} = \text{C} \\ \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array} \qquad \begin{array}{c} \text{HO} \qquad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H}_3\text{C} \qquad \text{CH}_3 \end{array} \qquad \begin{array}{c} \text{HO} \qquad \text{CH}_3 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H}_3\text{C} \qquad \text{H} \end{array}$
4	B	Alleen bij II is het C atoom waaraan het Cl atoom is gebonden, asymmetrisch. En het ontstane molecuul heeft geen intern spiegelvlak.

Structuren en formules

5	C	C atoom β heeft een lineaire omringing met de twee andere C atomen en heeft dus <i>sp</i> -hybridisatie. De beide andere C atomen zijn onder hoeken van 120° gebonden aan drie andere atomen. Deze C atomen hebben dus <i>sp</i> ² -hybridisatie.
6	C	Het complexe ion heeft zes liganden. Dus het heeft een octaëdrische structuur. De vijf geometrische isomeren die behoren bij de formule Co(Cl)₂(CN)₂(NH₃)₂ zijn: $\left[\begin{array}{c} \text{NH}_3 \\ \\ \text{Cl} - \text{Co} - \text{CN} \\ \quad \\ \text{Cl} \quad \text{CN} \\ \\ \text{NH}_3 \end{array} \right]^{2-}$ NH₃ - NH₃ trans $\left[\begin{array}{c} \text{CN} \\ \\ \text{Cl} - \text{Co} - \text{NH}_3 \\ \quad \\ \text{Cl} \quad \text{NH}_3 \\ \\ \text{CN} \end{array} \right]^{2-}$ CN - CN trans $\left[\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{NC} - \text{Co} - \text{NH}_3 \\ \quad \\ \text{NC} \quad \text{NH}_3 \\ \\ \text{Cl} \end{array} \right]^{2-}$ Cl - Cl trans $\left[\begin{array}{c} \text{NH}_3 \\ \\ \text{NC} - \text{Co} - \text{Cl} \\ \quad \\ \text{Cl} \quad \text{CN} \\ \\ \text{NH}_3 \end{array} \right]^{2-}$ alles trans $\left[\begin{array}{c} \text{NH}_3 \\ \\ \text{NC} - \text{Co} - \text{Cl} \\ \quad \\ \text{NC} \quad \text{NH}_3 \\ \\ \text{Cl} \end{array} \right]^{2-}$ alles cis Van “alles cis” zijn twee spiegelbeeldisomeren mogelijk.

pH / zuur-base

7	B	Er ontstaat een bufferoplossing met 80 mmol CH_3COOH en 20 mmol CH_3COO^- . $\text{pH} = \text{p}K_{\text{CH}_3\text{COOH}} + \log \frac{\text{aantal mol base}}{\text{aantal mol zuur}} = 4,76 + \log \frac{0,020}{0,080} = 4,16.$
8	D	$K_s = [\text{Sr}^{2+}][\text{OH}^-]^2$ en $[\text{Sr}^{2+}] = \frac{1}{2} [\text{OH}^-]$. Dus $\frac{1}{2} [\text{OH}^-]^3 = 2,0 \cdot 10^{-3}$ $[\text{OH}^-] = \sqrt[3]{4,0 \cdot 10^{-3}} = 0,16$. $\text{pH} = 14,00 - (-\log 0,16) = 13,20$
9	C	$K = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{F}^-]}{[\text{NH}_3][\text{HF}]} = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{H}_3\text{O}^+][\text{F}^-]}{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+][\text{HF}]} = \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]} \times \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{F}^-]}{[\text{HF}]} = \frac{1}{K_z(\text{NH}_4^+)} \times K_z(\text{HF}) =$ $\frac{1}{5,6 \cdot 10^{-10}} \times 6,3 \cdot 10^{-4} = 1,1 \cdot 10^6$

Redox en elektrochemie

10	C	De sterkste oxidator is H_2O , dus aan de negatieve elektrode treedt de volgende reactie op: $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$. de sterkste reductor is Br^- , dus aan de positieve elektrode treedt de volgende reactie op: $2 \text{Br}^- \rightarrow \text{Br}_2 + 2 \text{e}^-$.
11	A	Fe^{3+} treedt als oxidator op, dus de $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ halfcel is de positieve pool. Dus $V_{\text{bron}} = V(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}) - V(\text{M}/\text{M}^{2+})$ of $V(\text{M}/\text{M}^{2+}) = V(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}) - V_{\text{bron}}$. De potentiaal van de $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ halfcel is $V = 0,77 + 0,050 \log \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]} = 0,77 \text{ V}$. Omdat $[\text{M}^{2+}] = 1,0 \text{ mol L}^{-1}$, is de potentiaal van de M/M^{2+} halfcel gelijk aan $V^0(\text{M}/\text{M}^{2+})$. Dus $V^0(\text{M}/\text{M}^{2+}) = 0,77 - 1,03 = -0,26 \text{ V}$.

Reactiesnelheid en evenwicht

12	A	$K_f = \frac{[\text{Cd}(\text{NH}_3)_6^{2+}]}{[\text{Cd}^{2+}] \times [\text{NH}_3]^6}, \text{ dus } \frac{[\text{Cd}(\text{NH}_3)_6^{2+}]}{[\text{Cd}^{2+}]} = 2,6 \cdot 10^5 \times 0,12^6 = 0,78$ $\frac{[\text{Cd}(\text{NH}_3)_6^{2+}]}{[\text{Cd}^{2+}]_{\text{totaal}}} = \frac{0,78}{1 + 0,78} \times 10^2 = 44\%$
13	C	Voor het verband tussen de reactiesnelheidsconstante en de activeringsenergie geldt: $k_T = A e^{-\frac{E_{\text{act}}}{RT}}, \text{ of } \ln k_T = \ln A + \ln e^{-\frac{E_{\text{act}}}{RT}} = -\frac{E_{\text{act}}}{RT} + \ln A = -\frac{E_{\text{act}}}{R} \times \frac{1}{T} + \ln A.$ Dus als je in een diagram $\ln k_T$ uitzet tegen $1/T$, krijg je een rechte lijn met helling (richtingscoëfficiënt) $-E_{\text{act}}/R$.

14	B	Voor de omzetting $\text{Sn}(\text{wit}) \rightarrow \text{Sn}(\text{grijs})$ geldt bij het “omslagpunt” voor de stabiliteit: $\Delta G^0 = \Delta H^0 - T \Delta S^0 = 0$. $T = \frac{\Delta H^0}{\Delta S^0} = \frac{-2,02 \cdot 10^3}{-7,04} = 287 \text{ K}, \text{ of } 287 - 273 = 14 \text{ }^\circ\text{C}.$ Doordat ΔH^0 negatief is en ΔS^0 ook negatief is, is grijs tin stabiel bij lagere temperaturen ($\Delta G < 0$).
15	B	Voor de tweede orde reactie $2 \text{ NOCl} \rightarrow \text{reactieproducten}$, geldt de volgende vergelijking: $\frac{1}{[\text{NOCl}]_t} - \frac{1}{[\text{NOCl}]_0} = k \times t. \text{ Dus } \frac{1}{[\text{NOCl}]_t} = 0,0037 \times (20,0 \times 60) + \frac{1}{0,043}$ Oplossen van deze vergelijking levert $[\text{NOCl}]_t = 0,036$.

Analyse

16	C	De piek bij 1700 cm^{-1} wordt veroorzaakt door de $\text{C}=\text{O}$ strekvibratie van een carbonylverbinding. De pieken bij 2700 en 2800 cm^{-1} worden veroorzaakt door de $\text{C}-\text{H}$ strekvibratie van een aldehyde.
17	C	De beide H atomen op C atoom 2 hebben in totaal vier burenen, die geven het kwintet iets boven 2 ppm. De twee H atomen op C atoom 1 en de twee H atomen op C atoom 3 zijn gelijkwaardig en hebben twee burenen. Die zijn verantwoordelijk voor het triplet iets boven 3 ppm.
18	D	Voor de reactie is $[\text{MnO}_4^-] = \frac{0,900}{2000 \times 1,00} \text{ mol L}^{-1}$; er was dus aanwezig $50,0 \times \frac{0,900}{2000 \times 1,00} = 0,0225 \text{ mmol MnO}_4^-.$ Na de reactie is $[\text{MnO}_4^-] = \frac{0,360}{2000 \times 1,00} \text{ mol L}^{-1}$; er was dus aanwezig $(50,0 + 25,0) \times \frac{0,360}{2000 \times 1,00} = 0,0135 \text{ mmol MnO}_4^-.$ Dus heeft gereageerd $0,0225 - 0,0135 = 0,0090 \text{ mmol MnO}_4^-$. MnO_4^- en SO_3^{2-} reageren in de molverhouding 2 : 5, dus heeft gereageerd $\frac{5}{2} \times 0,0090 \text{ mmol SO}_3^{2-}.$ Dat zat in 25,0 mL, dus de molariteit van de natriumsulfietoplossing was $\frac{\frac{5}{2} \times 0,0090}{25,0} = 9,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}.$

Rekenen

19	A	In C_2H_6 is de gemiddelde atoommassa het kleinst, dus het aantal atomen per gram is het grootst.
20	A	Er is $\frac{1,013 \cdot 10^5 \times 628 \times 10^{-6}}{8,314 \times 425} = 0,0180$ mol CO_2 ontstaan. Stel het mengsel bestond uit x g $CuCO_3$ en y g $PbCO_3$, dan geldt: $x + y = 3,91 \text{ en } \frac{x}{123,56} + \frac{y}{267,21} = 0,0180.$ Oplossen van dit stelsel van twee vergelijkingen met twee onbekenden levert $y = 3,13$. Er was dus 3,13 g $PbCO_3$ in het mengsel, dat is $\frac{3,13}{3,91} \times 100 = 80,1\%$ $PbCO_3$ en $100 - 80,1 = 19,9\%$ $CuCO_3$. Of Wanneer het monster voor 100% uit $PbCO_3$ en 0% $CuCO_3$ zou bestaan, ontstaat $\frac{3,91}{267,21} \times \frac{8,314 \times 425}{1,013 \cdot 10^5} = 5,10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 CO_2 \text{ of } 510 \text{ cm}^3.$ Wanneer het monster voor 100% uit $CuCO_3$ zou bestaan, ontstaat $\frac{3,91}{123,56} \times \frac{8,314 \times 425}{1,013 \cdot 10^5} = 1,104 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 CO_2 \text{ of } 1104 \text{ cm}^3.$ Er ontstaat 628 cm^3 CO_2, interpoleren geeft $\text{massapercentage } CuCO_3 = \frac{628 - 510}{1104 - 510} \times 100 = 19,9\% \text{ en}$ $\text{massapercentage } PbCO_3 = 100 - 19,9 = 80,1\%.$