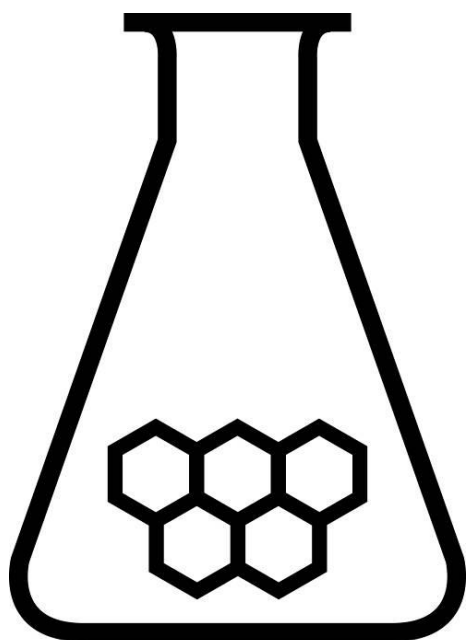


SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2023

CORRECTIEMODEL VOORRONDE 1

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



SCHEIKUNDE OLYMPIADE



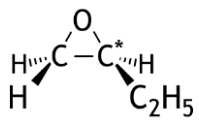
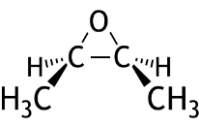
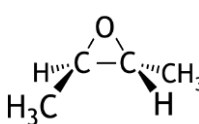
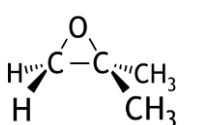
Universiteit Leiden

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

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

per juist antwoord: 2 punten

Koolstofchemie

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

Reactiesnelheid en evenwicht

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

Structuren en formules

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

pH / zuur-base

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

Redox en elektrochemie

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

Rekenen

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

Thermochemie en Groene chemie

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

Analyse

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

Open opgaven

(totaal 37 punten)

■ Opgave 2 Goud in oplossing

19 punten

□1 Maximumscore 3

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

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

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

1

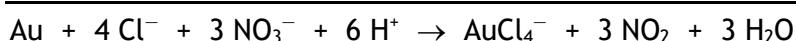
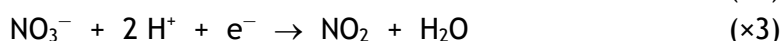
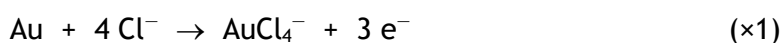
· berekening van de pH

1

· significantie juist

1

□2 Maximumscore 3



· de vergelijking van de halfreactie van Au juist

1

· de vergelijking van de halfreactie van NO_3^- juist

1

· juist optellen van beide vergelijkingen van de halfreacties

1

□3 Maximumscore 1

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

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

Opmerking

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

□4 Maximumscore 3



· Au balans juist

1

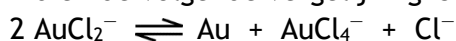
· Cl balans juist

1

· ladingsbalans juist

1

Indien de volgende vergelijking is gegeven:



1

□5 Maximumscore 3

$$[\text{AuCl}_4^-] = \frac{(5,34 \times 0,0100)}{10,00} = 2,67 \cdot 10^{-3} \text{ (mol L}^{-1}\text{)}$$

- berekening van het aantal mmol $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ dat voor de titratie is gebruikt: 5,34 (mL) vermenigvuldigen met 0,0100 (mmol L^{-1}) 1
- berekening van het aantal mmol AuCl_4^- in de onderzochte oplossing (is gelijk aan het aantal mmol I_2 dat is ontstaan): het aantal mmol $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ dat voor de titratie is gebruikt, delen door 2 1
- berekening van de $[\text{AuCl}_4^-]$ in de onderzochte oplossing: het aantal mmol AuCl_4^- in de onderzochte oplossing delen door 10,00 (mL) 1

□6 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Na afloop van de titratie is alle Au in het Aul beland, dus het aantal mmol Aul is de som van het aantal mmol AuCl_2^- en het aantal mmol AuCl_4^- in het monster van 10,00 mL.

- notie dat na afloop van de titratie alle Au in het Aul terecht is gekomen 1
- conclusie 1

□7 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

De oplossing moet elektrisch neutraal zijn, dus geldt:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{AuCl}_2^-] + [\text{AuCl}_4^-] + [\text{Cl}^-]$$

- de oplossing moet elektrisch neutraal zijn 1
- conclusie 1

□8 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Nee, want goud is een vaste stof en een vaste stof wordt niet in de concentratiebreuk/evenwichtsvoorwaarde opgenomen.

- goud is een vaste stof 1
- vaste stoffen worden niet in de concentratiebreuk/evenwichtsvoorwaarde opgenomen en conclusie 1

Indien een antwoord is gegeven als: „Nee, want goud is een vaste stof en een vaste stof wordt niet in de evenwichtsconstante opgenomen.” 1

Opmerking

Wanneer een antwoord is gegeven als: „Nee, want goud is een vaste stof en van een vaste stof kun je de concentratie in de oplossing niet bepalen.”, dit goed rekenen.

Opgave 3 Klikchemie

18 punten

□9 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

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

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

□10 Maximumscore 5

Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

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

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

en

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

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

en

Er reageert $\frac{10}{132,15}$ mol alkyn. Bij 100% omzetting moet dus ook in totaal $\frac{10}{132,15}$ mol *anti*-product en *syn*-product ontstaan. Stel dat x mol *syn*-product ontstaat, dan ontstaat $1,6x$ mol *anti*-product.

Dus $\frac{10}{132,15} = 1,6x + x$, dit levert $x = 0,0291$. Bij 100% omzetting ontstaat dus $1,6 \times 0,0291$ mol *anti*-product. Dat is $1,6 \times 0,0291 \times 265,31 = 12,4$ g.

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

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

□11 Maximumscore 2

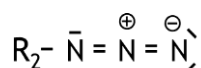
Een voorbeeld van een juist antwoord is:

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

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

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

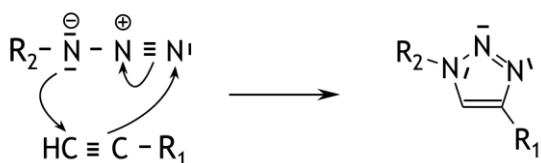
□12 Maximumscore 2



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

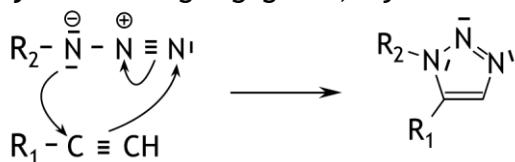
□13 Maximumscore 4

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



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

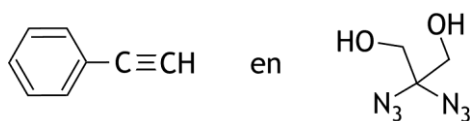
Indien in een overigens juist antwoord het mechanisme voor de vorming van de *syn*-verbinding is gegeven, bijvoorbeeld:



3

□14 Maximumscore 3

De gebruikte stoffen zijn:



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

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