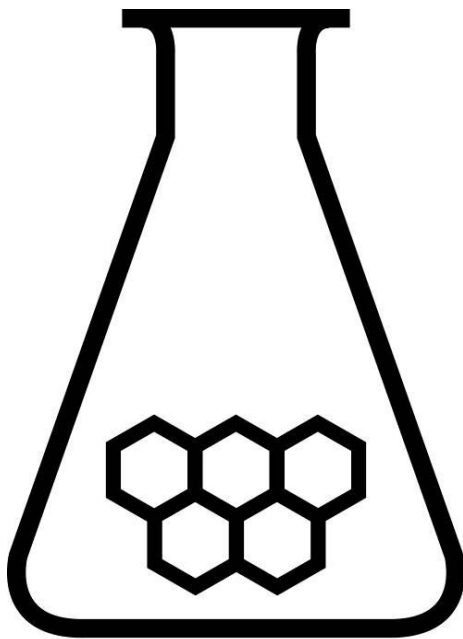


# NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2023

## OPGAVEN 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 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 77 punten.
- De voorronde duurt 2 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6<sup>e</sup> druk of ScienceData 1<sup>e</sup> druk.
- Bij elke vraag is het aantal punten vermeld dat een juist antwoord op die vraag oplevert.
- Tenzij anders is vermeld, is er sprake van standaardomstandigheden:  $T = 298 \text{ K}$  en  $p = p_0$ .

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  
Emiel de Kleijn  
Jasper Landman  
Bob Lefeber  
Marte van der Linden  
Han Mertens  
Geert Schulpen  
Niels Vreeswijk  
Eveline Wijbenga  
Amin Zadeh  
Emmy Zeetsen

De eindredactie was in handen van:

Kees Beers, Dick Hennink, Marijn Jonker en Piet Mellema

## 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

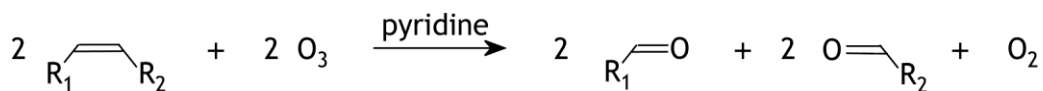
1 Bij de hydrolyse van een molecuul trehalose ontstaan twee moleculen glucose. Wat is de molecuulformule van trehalose?

- A  $C_{11}H_{22}O_{11}$
- B  $C_{11}H_{22}O_{12}$
- C  $C_{11}H_{24}O_{12}$
- D  $C_{12}H_{22}O_{11}$
- E  $C_{12}H_{22}O_{12}$
- F  $C_{12}H_{24}O_{12}$

2 Epoxiden zijn koolstofverbindingen met de groep  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{C} - \text{C} \end{array}$  in het molecuul. Hoeveel epoxiden met molecuulformule  $C_4H_8O$  zijn er? Houd rekening met stereo-isomerie.

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

3 Een alkeen kan in een zogenoemde ozonolysereactie reageren met ozon. Tijdens deze reactie wordt de  $C = C$  binding verbroken. Wanneer pyridine als katalysator wordt gebruikt, ontstaan aldehydes en/of ketonen. Zie onderstaande reactievergelijking, waarbij twee aldehydes ontstaan.



In deze reactie kunnen onder andere de alkenen pent-2-een, hex-3-een en cyclopenteen gebruikt worden.

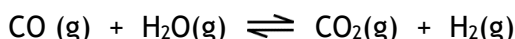
Met welke van de bovenstaande alkenen ontstaat via bovenstaande reactie, behalve  $O_2$ , slechts één andere stof?

- A met geen van alle
- B alleen met pent-2-een
- C alleen met hex-3-een
- D alleen met cyclopenteen
- E alleen met pent-2-een en hex-3-een
- F alleen met pent-2-een en cyclopenteen
- G alleen met hex-3-een en cyclopenteen
- H met alle drie

## Reactiesnelheid en evenwicht

4

In een onderzoek naar de volgende reactie



heeft men vier proeven uitgevoerd in een reactor waarbij het volume constant is en geen stof kan ontsnappen. Daarbij zijn de volgende gegevens verkregen:

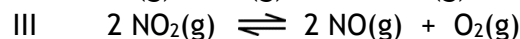
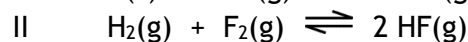
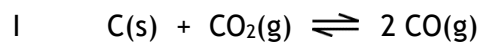
temperatuur	evenwichtsconstante
298 K	$9,9 \cdot 10^4$
500 K	$1,2 \cdot 10^2$
750 K	4,5
1000 K	0,86

Is de reactie naar rechts endotherm of exotherm? En is er bij hoge temperatuur meer of minder  $\text{H}_2$  aanwezig bij evenwicht dan bij lage temperatuur?

- |   |                     |                          |
|---|---------------------|--------------------------|
|   | reactie naar rechts | hoeveelheid $\text{H}_2$ |
| A | endotherm           | meer                     |
| B | endotherm           | minder                   |
| C | exotherm            | meer                     |
| D | exotherm            | minder                   |

5

Bij welk(e) van onderstaande evenwichten verschuift de ligging van het evenwicht naar rechts bij het vergroten van het volume van de reactor?



- A bij geen van alle
- B alleen bij I
- C alleen bij II
- D alleen bij III
- E alleen bij I en II
- F alleen bij I en III
- G alleen bij II en III
- H bij alle drie

6

In de reactie  $\text{N}_2\text{(g)} + 3 \text{H}_2\text{(g)} \rightarrow 2 \text{NH}_3\text{(g)}$  is de snelheid waarmee  $\text{H}_2$  reageert gelijk aan  $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol s}^{-1}$ .

Hoe groot is de snelheid waarmee  $\text{NH}_3$  ontstaat?

- A  $8,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol s}^{-1}$
- B  $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol s}^{-1}$
- C  $1,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol s}^{-1}$
- D  $2,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol s}^{-1}$

## Structuren en formules

- 7 Welke soort(en) binding komt/komen voor in vast magnesiumsulfaat?
- A alleen atoombindingen
  - B alleen atoombindingen en ionbindingen
  - C alleen atoombindingen en metaalbindingen
  - D alleen atoombindingen, ionbindingen en metaalbindingen
  - E alleen ionbindingen
  - F alleen ionbindingen en metaalbindingen
  - G alleen metaalbindingen
- 8 Welke van onderstaande uitspraken over een molecuul zuurstofdifluoride,  $\text{OF}_2$ , is/zijn juist?
- I Een molecuul zuurstofdifluoride is lineair.
  - II Een molecuul zuurstofdifluoride is een dipoolmolecuul.
- A geen van beide
  - B alleen I
  - C alleen II
  - D beide
- 9 Hoeveel elektronen worden weergegeven in de lewisstructuur van een persulfaat,  $\text{SO}_5^{2-}$ ?
- A 32
  - B 34
  - C 36
  - D 38

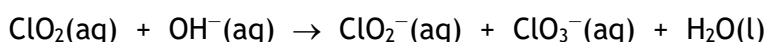
## pH / zuur-base

- 10 Aan een oplossing van ammoniumchloride ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) wordt een hoeveelheid natronloog toegevoegd. De resulterende oplossing heeft een pH van 9,50. Hoeveel % van het  $\text{NH}_4^+$  is hierbij omgezet tot  $\text{NH}_3$ ?
- A 23%
  - B 36%
  - C 44%
  - D 56%
  - E 64%
  - F 77%

- 11 200 mL 0,0657 M natronloog, 140 mL 0,107 M zoutzuur en 160 mL water worden gemengd.  
Wat is de pH van de oplossing die ontstaat?
- A 2,27  
B 2,43  
C 2,74  
D 3,04

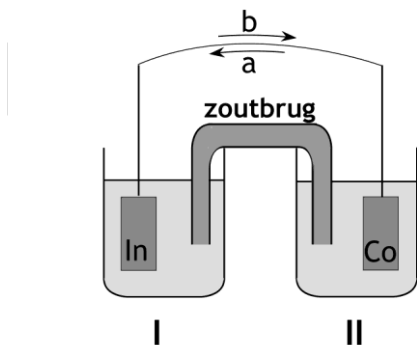
## Redox en elektrochemie

- 12 In een basische oplossing reageert chloordioxide volgens onderstaande onvolledige reactievergelijking. In deze onvolledige reactievergelijking ontbreken uitsluitend de coëfficiënten.



Wat is de verhouding tussen de coëfficiënten van  $\text{ClO}_2$  en  $\text{ClO}_3^-$  in de kloppend gemaakte vergelijking van deze reactie?

- A  $\text{ClO}_2 : \text{ClO}_3^- = 1 : 1$   
B  $\text{ClO}_2 : \text{ClO}_3^- = 2 : 1$   
C  $\text{ClO}_2 : \text{ClO}_3^- = 3 : 1$   
D  $\text{ClO}_2 : \text{ClO}_3^- = 3 : 2$   
E  $\text{ClO}_2 : \text{ClO}_3^- = 4 : 1$
- 13 In onderstaande elektrochemische cel bevindt zich in halfcel I een 1,0 M oplossing van indium(III)nitraat met een indiumelektrode en in halfcel II een 1,0 M oplossing van kobalt(II)nitraat met een kobaltelektrode.



Er gelden de volgende standaardelektrodepotentialen:



Welke pijl geeft de juiste richting weer waarin de elektronen zich bewegen als de cel stroom levert en wat is de bronspanning van deze elektrochemische cel?

- |   | weergave elektronenstroom | bronspanning |
|---|---------------------------|--------------|
| A | pijl a                    | 0,06 V       |
| B | pijl a                    | 0,62 V       |
| C | pijl b                    | 0,06 V       |
| D | pijl b                    | 0,62 V       |

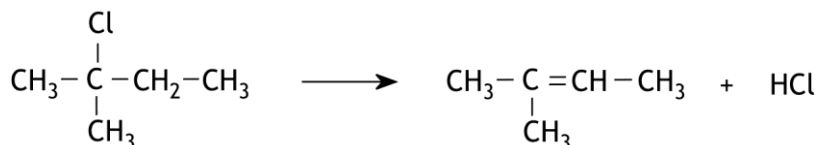
## Rekenen

- 14 Een bepaalde soort tafelazijn bevat 5,00 massaprocent azijnzuur,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ( $M = 60,0 \text{ g mol}^{-1}$ ).
- Wat is de molariteit van azijnzuur in deze tafelazijn? De dichtheid van de tafelazijn is  $1,00 \text{ g mL}^{-1}$ .
- A  $0,833 \text{ mol L}^{-1}$
  - B  $1,00 \text{ mol L}^{-1}$
  - C  $1,20 \text{ mol L}^{-1}$
  - D  $3,00 \text{ mol L}^{-1}$
- 15 Van een legering van koper en zilver wordt 3,00 g in overmaat verdund salpeterzuur gebracht. Er ontstaat een oplossing. Daarna wordt aan de oplossing een overmaat natriumfosfaat toegevoegd. De ontstane suspensie wordt gefiltreerd en het residu gedroogd en gewogen. Het residu bestaat uit zilverfosfaat ( $M = 418,58 \text{ g mol}^{-1}$ ) en koper(II)fosfaat ( $M = 380,59 \text{ g mol}^{-1}$ ). De massa van het gedroogde residu was 4,25 g.
- Wat was het massapercentage zilver in de legering?
- A 10% à 11%
  - B 17% à 18%
  - C 82% à 83%
  - D 89% à 90%

## Thermochemie en Groene chemie

- 16 Epoxyethaan wordt industrieel bereid uit de reactie van etheen met zuurstof:
- $$2 \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{C}_2\text{H}_4\text{O}(\text{g})$$
- De reactiewarmte (bij 298 K,  $p = p_0$ ) van deze synthese bedraagt  $-148 \text{ kJ}$  per mol etheen.
- Wat is de vormingswarmte (bij 298 K,  $p = p_0$ ) van epoxyethaan? Gegeven: de vormingswarmte (bij 298 K,  $p = p_0$ ) van etheen is  $+52 \text{ kJ mol}^{-1}$ .
- A  $-200 \text{ kJ mol}^{-1}$
  - B  $-148 \text{ kJ mol}^{-1}$
  - C  $-96 \text{ kJ mol}^{-1}$
  - D  $+96 \text{ kJ mol}^{-1}$
  - E  $+148 \text{ kJ mol}^{-1}$
  - F  $+200 \text{ kJ mol}^{-1}$

- 17 Hieronder staat een voorbeeld van een eliminatiereactie:



Het rendement van de productie van 2-methylbut-2-een is 77%.

Wat is de *E*-factor van dit proces?

- A 0,17  
B 0,51  
C 0,52  
D 0,97  
E 1,9
- 18 We vergelijken de absolute waarden van de verbrandingswarmtes, uitgedrukt in verschillende eenheden, van de volgende gassen: methaan, methanal en waterstof. Welk gas heeft de grootste verbrandingswarmte (bij 298 K,  $p = p_0$ ) uitgedrukt in  $\text{J kg}^{-1}$  en welk gas heeft de grootste verbrandingswarmte (bij 298 K,  $p = p_0$ ) uitgedrukt in  $\text{J m}^{-3}$ ? Maak hierbij onder andere gebruik van Binas-tabellen 56 en 57A of ScienceData tabellen 8.7 en 9.2.

	grootste verbrandingswarmte in $\text{J kg}^{-1}$	grootste verbrandingswarmte in $\text{J m}^{-3}$
A	methaan	methaan
B	methaan	methanal
C	methaan	waterstof
D	methanal	methaan
E	methanal	methanal
F	methanal	waterstof
G	waterstof	methaan
H	waterstof	methanal
I	waterstof	waterstof

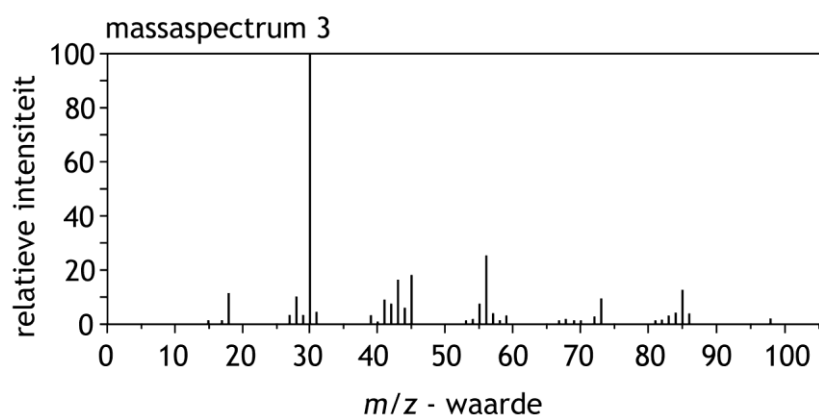
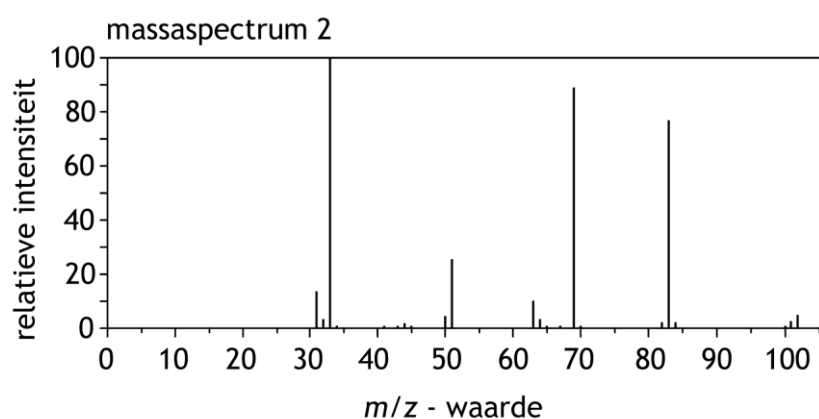
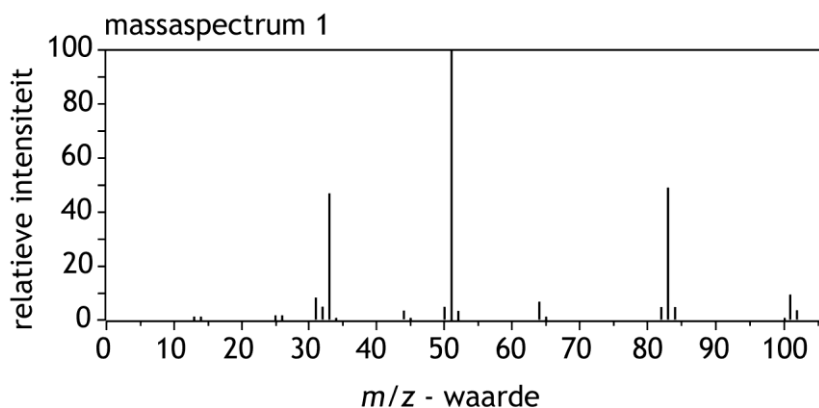
## Analyse

- 19 Gerrit onderzoekt een oplossing van een onbekend zout in water. Hij voert twee proeven uit:
- Proef 1: Hij voegt zoutzuur toe aan een deel van de oplossing van het onbekende zout. Hierbij ontstaat een gas en een oplossing.
- Proef 2: Hij voegt een oplossing van bariumjodide toe aan een deel van de oplossing van het onbekende zout. Hierbij ontstaat een oplossing.
- Welk van de onderstaande zouten kan het onbekende zout zijn?
- A  $\text{Ba}(\text{OH})_2$   
B  $\text{K}_2\text{CO}_3$   
C  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$   
D  $\text{NaOH}$   
E  $\text{Pb}(\text{HCO}_3)_2$



20

Hieronder staan de massaspectra van pentaan-1,5-diamine, 1,1,1,2-tetrafluorethaan en 1,1,2,2-tetrafluorethaan.



Welk spectrum hoort bij welke stof?

	massaspectrum 1	massaspectrum 2	massaspectrum 3
A	pentaan-1,5-diamine	1,1,1,2-tetrafluorethaan	1,1,2,2-tetrafluorethaan
B	pentaan-1,5-diamine	1,1,2,2-tetrafluorethaan	1,1,1,2-tetrafluorethaan
C	1,1,1,2-tetrafluorethaan	pentaan-1,5-diamine	1,1,2,2-tetrafluorethaan
D	1,1,1,2-tetrafluorethaan	1,1,2,2-tetrafluorethaan	pentaan-1,5-diamine
E	1,1,2,2-tetrafluorethaan	pentaan-1,5-diamine	1,1,1,2-tetrafluorethaan
F	1,1,2,2-tetrafluorethaan	1,1,1,2-tetrafluorethaan	pentaan-1,5-diamine

## Open opgaven

(totaal 37 punten)

### ■ Opgave 2 Goud in oplossing

(19 punten)

Goud is een edel metaal, dat met vrijwel geen enkel zuur reageert. Eén van de weinige vloeistoffen waarmee goud kan reageren, is koningswater. Dit is een mengsel van geconcentreerd zoutzuur en geconcentreerd salpeterzuur in de volumeverhouding 3,0 : 1,0. De molariteit van geconcentreerd zoutzuur is  $12 \text{ mol L}^{-1}$  en de molariteit van geconcentreerd salpeterzuur is  $15 \text{ mol L}^{-1}$ .

Koningswater heeft een heel lage pH.

- 1 Bereken de pH van koningswater. Geef je antwoord in het juiste aantal significante cijfers. Ga ervan uit dat beide zuren volledig zijn geïoniseerd. 3

Als goud met koningswater reageert, wordt het goud voornamelijk omgezet tot ionen  $\text{AuCl}_4^-$ . Tevens ontstaat stikstofdioxide. Dit is een redoxreactie.

- 2 Geef van deze redoxreactie de vergelijkingen van beide halfreacties en de totale reactievergelijking. 3

Wanneer je alleen rekening houdt met de  $V^0$  waarden van deze halfreacties, die in Binas of ScienceData zijn vermeld, zou je kunnen concluderen dat deze redoxreactie niet kan optreden.

- 3 Geef een mogelijke verklaring waarom deze redoxreactie toch optreedt. 1

Behalve ionen  $\text{AuCl}_4^-$  bestaan er ook ionen  $\text{AuCl}_2^-$ .  $\text{AuCl}_2^-$  ionen zijn echter instabiel; bij kamertemperatuur worden zij omgezet tot vast goud en  $\text{AuCl}_4^-$ . Dit is een evenwichtsreactie. De onvolledige reactievergelijking voor deze omzetting is:



In deze vergelijking ontbreken uitsluitend de coëfficiënten.

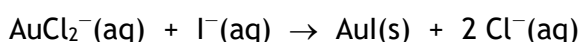
- 4 Neem bovenstaande onvolledige vergelijking over en maak hem kloppend. 3

Om de evenwichtsconstante van evenwicht I te bepalen, wordt een mengsel waarin evenwicht I zich heeft ingesteld, onderzocht. In dit evenwichtsmengsel bevinden zich geen andere negatieve ionen dan  $\text{AuCl}_4^-$ ,  $\text{AuCl}_2^-$  en  $\text{Cl}^-$ . Als positieve ionen bevinden zich uitsluitend  $\text{H}_3\text{O}^+$  ionen in het mengsel.

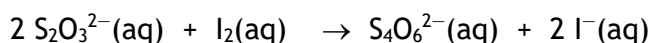
Eerst wordt het evenwichtsmengsel gefiltreerd. Daarna wordt de  $[\text{AuCl}_4^-]$  in het filtraat bepaald. Hierbij wordt eerst aan een monster van 10,00 mL uit het filtraat een overmaat van een kaliumjodide-oplossing toegevoegd, waarbij de volgende reacties optreden:



en



Het gevormde jood wordt daarna getitreerd met een oplossing van natriumthiosulfaat, waarbij de volgende reactie optreedt:



Voor deze titratie was 5,34 mL van een 0,0100 M natriumthiosulfaatoplossing nodig.

Aangenomen mag worden dat door het filtreren, het toevoegen van de kaliumjodide-oplossing en het titreren geen verschuiving van de ligging van evenwicht I plaatsvindt.

- 5 Bereken de  $[\text{AuCl}_4^{-}]$  in  $\text{mol L}^{-1}$  in het onderzochte evenwichtsmengsel. 3

Wanneer de  $[\text{AuCl}_4^{-}]$  bekend is, moeten nog meer bepalingen worden gedaan om de evenwichtsconstante te kunnen berekenen.

De  $[\text{AuCl}_2^{-}]$  in het evenwichtsmengsel is te berekenen door het mengsel dat is ontstaan na afloop van de titratie te filtreren en de massa van het residu te bepalen. Hiermee, en met het aantal mmol  $\text{AuCl}_4^{-}$  in het monster van 10,00 mL, kun je namelijk berekenen hoeveel mmol  $\text{AuCl}_2^{-}$  in het monster van 10,00 mL aanwezig was.

- 6 Leg uit hoe je uit het aantal mmol AuI in het residu en het aantal mmol  $\text{AuCl}_4^{-}$  in het monster van 10,00 mL, het aantal mmol  $\text{AuCl}_2^{-}$  in het monster van 10,00 mL kunt berekenen. 2

Door de pH van het evenwichtsmengsel te bepalen, is de  $[\text{Cl}^{-}]$  in het evenwichtsmengsel uit te rekenen. Er bestaat namelijk een verband tussen de  $[\text{H}_3\text{O}^{+}]$ , de  $[\text{AuCl}_4^{-}]$ , de  $[\text{AuCl}_2^{-}]$  en de  $[\text{Cl}^{-}]$ .

- 7 Leg uit welk verband er bestaat tussen de  $[\text{H}_3\text{O}^{+}]$ , de  $[\text{AuCl}_4^{-}]$ , de  $[\text{AuCl}_2^{-}]$  en de  $[\text{Cl}^{-}]$  in het evenwichtsmengsel. 2

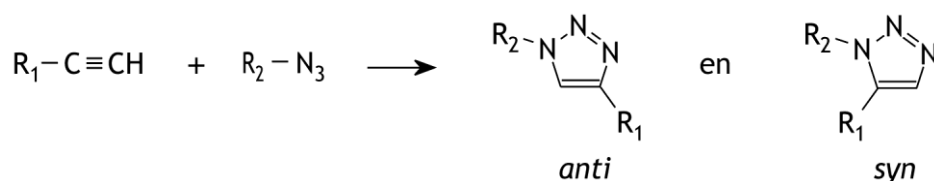
- 8 Moet ook nog de concentratie van Au in het evenwichtsmengsel worden bepaald om de evenwichtsconstante van evenwicht I te kunnen berekenen? Geef een verklaring voor je antwoord. 2

### Opgave 3 Klikchemie

(18 punten)

De Nobelprijs voor de scheikunde werd in 2022 gewonnen door Carolyn Bertozzi, Barry Sharpless en Morten Meldal voor het bedenken en ontwikkelen van het concept klikchemie. Bij klikchemie neemt men twee moleculen die als het ware aan elkaar worden ‘geklikt’ net zoals legosteentjes.

Een voorbeeld van een klikreactie is die tussen een alkyne ( $R_1 - C \equiv CH$ ) en een organisch azide ( $R_2 - N_3$ ), onder vorming van een zogenoemd triazool. Wanneer men geen specifieke katalysator gebruikt, ontstaat een mengsel van twee verbindingen: het zogenoemde *anti*-product en het zogenoemde *syn*-product:

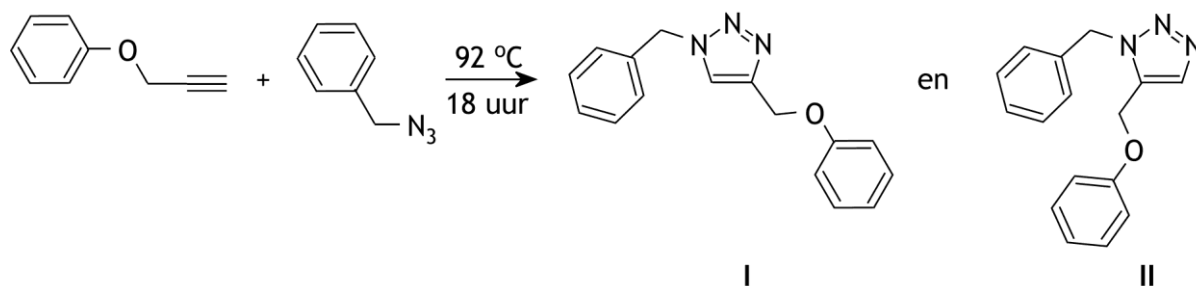


In veel gevallen worden gelijke hoeveelheden van het *anti*-product en het *syn*-product gevormd.

- 9 Is het *anti*-product een stereo-isomeer van het *syn*-product? Geef een verklaring voor je antwoord.

2

Wanneer  $R_1$  en/of  $R_2$  grote groepen zijn (en geen katalysator wordt gebruikt), blijkt er een voorkeur te zijn voor de vorming van het *anti*-product. Dit komt doordat de grote groepen elkaar in de weg zitten (sterische hindering). Een voorbeeld van zo'n reactie waarbij het *anti*-product en het *syn*-product niet in gelijke hoeveelheden worden gevormd, is de onderstaande omzetting:



Hierin worden het *anti*-product (I) en het *syn*-product (II) in de molverhouding 1,6 : 1,0 gevormd.

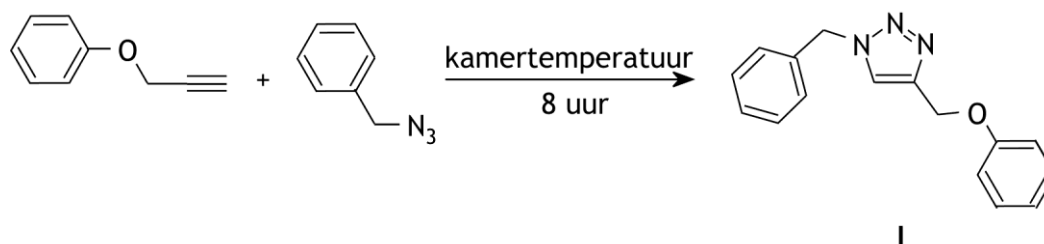
In een experiment waarin men 10 g van het alkyne met de juiste hoeveelheid azide liet reageren, ontstond 11 g van het *anti*-product (I).

- 10 Bereken hoeveel procent in totaal van het alkyne is omgezet tot de producten I en II.

5

Het werk waarvoor de Nobelprijs werd uitgereikt, betrof onder andere het onderzoek aan katalysatoren waarbij specifiek het *anti*- of *syn*-product wordt verkregen. Zo ontdekten zij dat bij gebruik van een koper(I)katalysator uitsluitend het *anti*-product wordt gevormd en bij gebruik van een rutheniumkatalysator uitsluitend het *syn*-product.

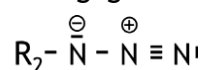
Hieronder is de vorming van verbinding I met gebruik van een koper(I)katalysator weergegeven.



Wanneer men alleen het *anti*-product I wil verkrijgen, voldoet de reactie met gebruik van de koper(I)katalysator beter aan de uitgangspunten van de Groene Chemie dan de reactie zonder katalysator.

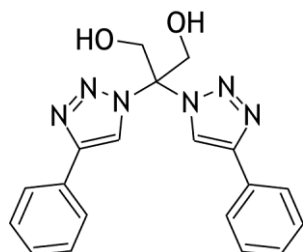
- 11 Geef voor de uitgangspunten 2 en 6 (zie Binas-tabel 97F of ScienceData tabel 38.6) aan waarom de reactie met de koper(I)katalysator ‘groener’ is dan de reactie zonder katalysator. Maak gebruik van in deze opgave verstrekte gegevens. 2

Voor een molecuul  $R_2 - N_3$  zijn voor de azidegroep twee mesomere grensstructuren te tekenen die aan de octetregel voldoen. Hieronder is één van die grensstructuren weergegeven.



- 12 Teken de andere mesomere grensstructuur van het  $R_2 - N_3$  molecuul. Geef hierin ook eventuele formele ladingen aan. 2
- 13 Geef een mogelijk reactiemechanisme voor de vorming van het *anti*-product uit  $R_1 - C \equiv CH$  en  $R_2 - N_3$ . 4
- Ga uit van de hierboven weergegeven grensstructuur van het azide.
  - Geef met kromme pijlen ( $\curvearrowright$ ) aan hoe elektronenparen verschuiven bij het vormen en verbreken van bindingen.
  - Geef in het product alle niet-bindende elektronenparen weer.

De klikreactie is gebruikt om tal van stoffen te maken. Hieronder is een product van een reactie gegeven dat gebruikt werd als onderdeel van een studie naar de medicinale werking van dit soort stoffen. Om deze stof te bereiden, zijn twee stoffen gebruikt: een alkyne en een stof met azidegroepen in de moleculen. Bij deze reactie is een katalysator gebruikt.



- 14 Geef de structuurformules van de twee stoffen die gebruikt zijn om de stof met bovenstaande structuurformule te synthetiseren. Noteer de azidegroep als  $N_3$ . Geef ook aan of een koper(I)katalysator of een rutheniumkatalysator is gebruikt tijdens de reactie. 3



**44<sup>e</sup> Nationale Scheikundeolympiade 2023 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		