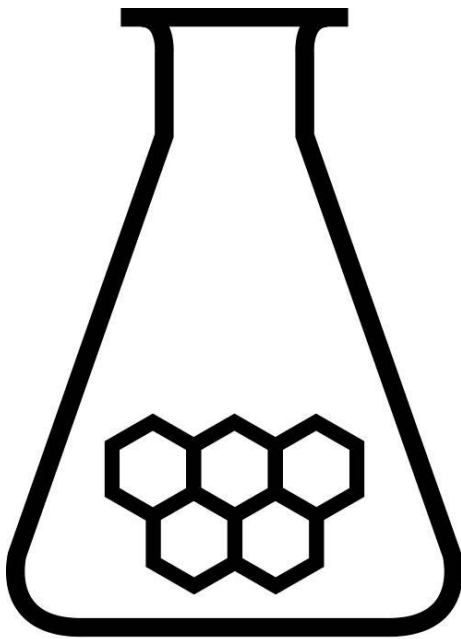


# NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2026

## OPGAVEN VOORRONDE 2

af te nemen in de periode van  
16 tot en met 23 maart 2026



**Universiteit  
Utrecht**

## SCHEIKUNDE OLYMPIADE

- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 8 onderwerpen en 3 opgaven met in totaal 13 open vragen alsmede een antwoordblad.
- 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 94 punten.
- De voorronde duurt 3 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 7e druk of ScienceData 1e 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  
Kees Beers  
Imre Bekkering  
Alex Blokhuis  
Johan Broens  
Guus Bukkems  
Jacob van Hengst  
Dick Hennink  
Marijn Jonker  
Emiel de Kleijn  
Jasper Landman  
Bob Lefeber  
Evert Limburg  
Marte van der Linden  
Han Mertens  
Anna Reinhold  
Joran de Ridder  
Geert Schulpen  
Nena Slaats  
Eveline Wijbenga  
Kjeld Zwitserloot

De eindredactie was in handen van:  
Martin Groeneveld, Piet Mellema en Pia Scheffer

## Opgave 1 Meerkeuzevragen

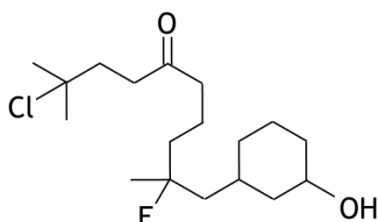
totaal 40 punten

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 Hoeveel stereo-isomeren bestaan van onderstaande verbinding?



- A 2
- B 3
- C 4
- D 8
- E 16

- 2 Polymelkzuur is het polyester dat ontstaat uit melkzuur.

Polymelkzuur kan als volgt worden weergegeven: 
$$\text{H} \left[ \text{O} - \underset{\text{H}_3\text{C}}{\underset{|}{\text{CH}}} - \overset{\text{O}}{\overset{||}{\text{C}}} \right]_n \text{OH}.$$

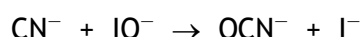
Door reactie met water in zuur milieu kunnen de esterbindingen in de polymelkzuurmoleculen worden verbroken.

Hoeveel mmol  $\text{H}_2\text{O}$  moet minimaal reageren om alle esterbindingen in 500 mg polymelkzuur met  $n = 12$  te verbreken?

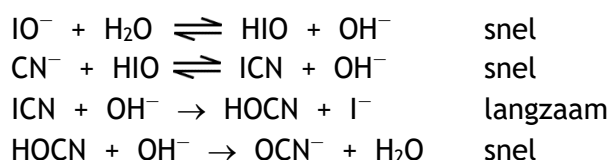
- A 6,23
- B 6,36
- C 6,80
- D 6,94

## Reactiesnelheid en evenwicht

- 3 Cyanide ( $\text{CN}^-$ ) kan in een basische oplossing door hypojodiet ( $\text{IO}^-$ ) worden omgezet tot cyanaat ( $\text{OCN}^-$ ):

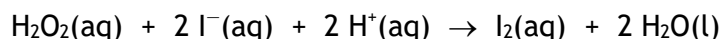


Deze omzetting vindt volgens het volgende mechanisme plaats:



Wat is de reactiesnelheidsvergelijking?

- A  $s = k [\text{CN}^-][\text{IO}^-][\text{OH}^-]^2$   
B  $s = k [\text{CN}^-][\text{IO}^-][\text{OH}^-]$   
C  $s = k [\text{CN}^-][\text{IO}^-]$   
D  $s = k \frac{[\text{CN}^-][\text{IO}^-]}{[\text{OH}^-]}$   
E  $s = k \frac{[\text{CN}^-][\text{IO}^-]}{[\text{OH}^-]^2}$
- 4 De reactiesnelheid van de omzetting van jodide tot jood door waterstofperoxide in zoutzuur wordt bestudeerd door onderstaande reactie te laten verlopen:



Van deze reactie wordt in verschillende experimenten de beginsnelheid  $s_0$  bepaald. De volgende gegevens zijn verkregen met oplossingen gemaakt met de aangegeven volumes van de verschillende oplossingen.

experiment	$\text{H}_2\text{O}_2$ oplossing (mL)	KI oplossing (mL)	zoutzuur (mL)	water (mL)	$s_0$ ( $\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$ )
1	2,0	2,0	2,0	4,0	$1,00 \cdot 10^{-4}$
2	2,0	2,0	4,0	2,0	$1,02 \cdot 10^{-4}$
3	2,0	4,0	2,0	2,0	$2,05 \cdot 10^{-4}$
4	4,0	2,0	2,0	2,0	$2,07 \cdot 10^{-4}$

De reactiesnelheidsvergelijking wordt gegeven door  $s = k [\text{H}_2\text{O}_2]^a [\text{I}^-]^b [\text{H}^+]^c$ .

Hoe groot zijn  $a$ ,  $b$  en  $c$ ?

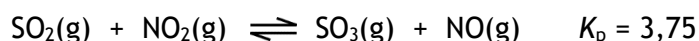
- |   | $a$ | $b$ | $c$ |
|---|-----|-----|-----|
| A | 0   | 1   | 0   |
| B | 0   | 1   | 1   |
| C | 1   | 1   | 0   |
| D | 1   | 1   | 1   |
| E | 1   | 2   | 0   |
| F | 1   | 2   | 1   |

- 5 De reactiesnelheid bij 100 °C is voor een bepaalde reactie vier keer zo hoog als de reactiesnelheid bij 50 °C, gemeten bij dezelfde beginconcentraties.

Hoe groot is de activeringsenergie voor deze reactie?

- A  $1,52 \cdot 10^3 \text{ J mol}^{-1}$
- B  $1,21 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1}$
- C  $2,78 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1}$
- D  $5,40 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1}$
- E  $8,01 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1}$

- 6 Gegeven is de volgende reactie:



Alle vier de gassen worden in een reactievat bij elkaar gevoegd en elk gas heeft bij aanvang een partiële druk van 0,60 bar.

Wat is de partiële druk van  $\text{SO}_2(\text{g})$  zodra de evenwichtssituatie is bereikt?

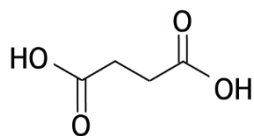
- A 0,19 bar
- B 0,25 bar
- C 0,35 bar
- D 0,41 bar

## Structuren en formules

- 7 Hoeveel elektronen met kwantumgetal  $m_l = 1$  zijn aanwezig in een As atoom in de grondtoestand?

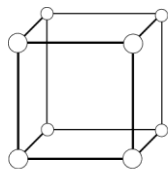
- A 5
- B 7
- C 15
- D 18

- 8 Hoeveel  $\pi$  bindingen en hoeveel  $\sigma$  bindingen heeft het hieronder afgebeelde molecuul barnsteenzuur?

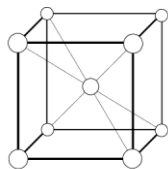


	aantal $\pi$ bindingen	aantal $\sigma$ bindingen
A	2	5
B	2	7
C	2	9
D	2	13
E	4	5
F	4	7
G	4	9
H	4	13

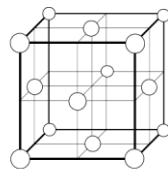
- 9 Goud heeft een dichtheid van  $19,3 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ . De eenheidscel van het kristalrooster van goud is een kubus met ribbe van  $4,08 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ .  
Hoeveel atomen zitten er in de eenheidscel van goud en in welk van onderstaande types eenheidscel (primitief kubisch, cubic-P, of lichaamsgecentreerd kubisch, bcc, of vlakgecentreerd kubisch, fcc) is goud gekristalliseerd?



cubic-P



bcc



fcc

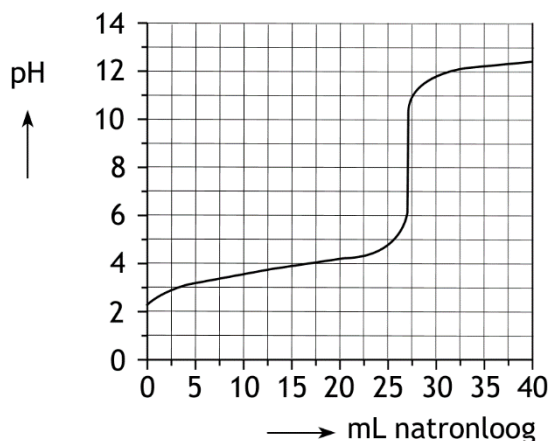
	aantal atomen	type eenheidscel
A	1	cubic-P
B	8	cubic-P
C	2	bcc
D	4	bcc
E	4	fcc
F	8	fcc

### pH / zuur-base

- 10 Een oplossing van allylamine,  $\text{C}_3\text{H}_5\text{NH}_2$ , heeft een pH van 11,12.  
In deze oplossing is 3,61 % van het allylamine omgezet tot zijn geconjugeerde zuur.  
Wat is de  $\text{p}K_z$  van het geconjugeerde zuur van allylamine?

- A 1,44
- B 3,77
- C 4,31
- D 9,69
- E 10,23
- F 12,56

- 11 Een oplossing van mierenzuur, HCOOH, wordt getitreerd met 0,1000 M natronloog. Het verloop van de pH tijdens de titratie is hieronder weergegeven.

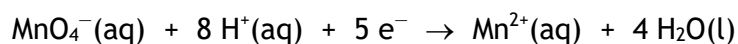


Wat zijn de relatieve concentraties van HCOOH, HCOO<sup>-</sup> en Na<sup>+</sup> als 15,0 ml 0,1000 M natronloog is toegevoegd?

- A [HCOO<sup>-</sup>] = [Na<sup>+</sup>] > [HCOOH]  
 B [HCOO<sup>-</sup>] > [HCOOH] = [Na<sup>+</sup>]  
 C [HCOOH] = [Na<sup>+</sup>] > [HCOO<sup>-</sup>]  
 D [HCOOH] > [HCOO<sup>-</sup>] = [Na<sup>+</sup>]

### Redox en elektrochemie

- 12 De standaardelektrodepotentiaal van onderstaande halfreactie



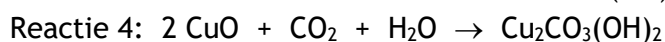
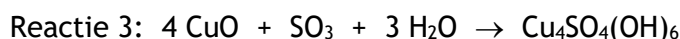
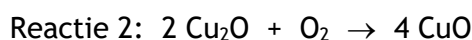
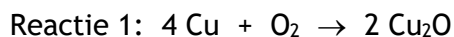
bedraagt +1,51 V.

Wat is de waarde van de elektrodepotentiaal van bovenstaande halfreactie bij 298 K en [MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>] = 0,0100 M, [H<sup>+</sup>] = 0,200 M en [Mn<sup>2+</sup>] = 0,0200 M?

- A +1,16 V  
 B +1,44 V  
 C +1,50 V  
 D +1,58 V

- 13 Bij het opladen van een loodaccu treedt de volgende reactie op:  
$$2 \text{PbSO}_4(\text{s}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{Pb}(\text{s}) + \text{PbO}_2(\text{s}) + 4 \text{H}^+(\text{aq}) + 2 \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$$
  
Hieronder staan twee beweringen over de loodaccu:  
I Tijdens het opladen ontstaat  $\text{PbO}_2(\text{s})$  aan de minpool.  
II Tijdens het opladen ontstaat bij beide elektrodes evenveel  $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ .  
Welke van de bovenstaande beweringen is/zijn juist?
- A geen van beide  
B alleen I  
C alleen II  
D beide

- 14 Bronzen standbeelden worden na verloop van tijd een beetje groen. Koper, een van de metalen uit de legering brons, reageert in verschillende reacties met onder andere zuurstof, water, zwaveltrioxide en koolstofdioxide waarbij koperverbindingen ontstaan met verschillende kleuren. Hieronder staan vier van deze reacties.



Reactie 1 is een redoxreactie.

Welke van de andere reacties is een/zijn redoxreactie(s)?

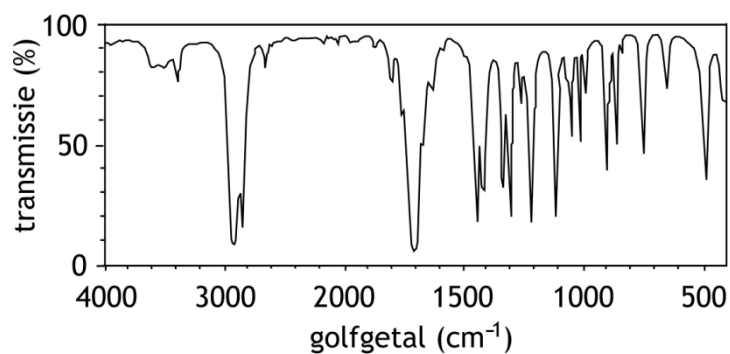
- A geen van alle  
B alleen reactie 2  
C alleen reactie 3  
D alleen reactie 4  
E reactie 2 en 3  
F reactie 2 en 4  
G reactie 3 en 4  
H alle reacties



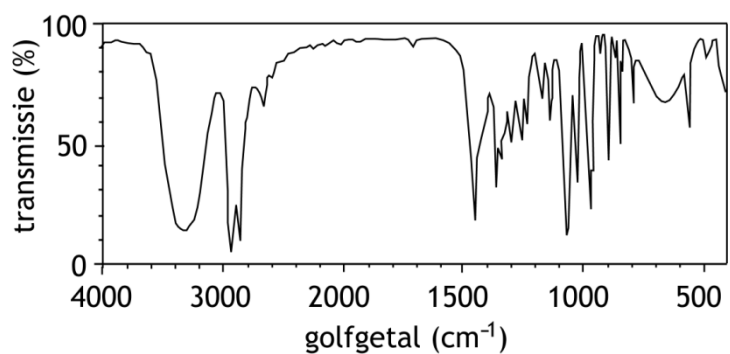
## Analyse

15 Hieronder staan twee IR-spectra.

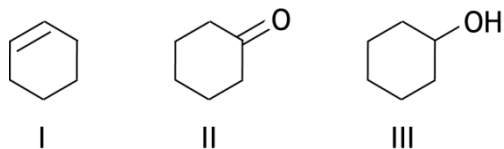
spectrum 1



spectrum 2



Elk spectrum hoort bij één van de onderstaande stoffen.



Welk spectrum hoort bij welke stof?

	spectrum 1	spectrum 2
A	I	II
B	I	III
C	II	I
D	II	III
E	III	I
F	III	II

## Rekenen

- 16 Een witte, kristallijne vaste stof bevat alleen de atoomsoorten C, H, N en O. Bij de volledige verbranding van 1,000 g van deze stof ontstaat 1,831 g CO<sub>2</sub> en 0,750 g H<sub>2</sub>O.  
Welke van onderstaande molecuulformules zou deze stof kunnen hebben?
- A C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>NO<sub>2</sub>
  - B C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>NO<sub>2</sub>
  - C C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>
  - D C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>
- 17 Een gasmengsel van 10,0 dm<sup>3</sup> bestaat uit methaan (CH<sub>4</sub>) en propaan (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>). Voor de volledige verbranding van dit gasmengsel is 38,0 dm<sup>3</sup> zuurstofgas nodig.  
Wat is het volumepercentage propaan in het oorspronkelijke gasmengsel?
- A 30,0 %
  - B 40,0 %
  - C 50,0 %
  - D 60,0 %
  - E 70,0 %

## Thermochemie

- 18 Voor de reactie:
- $$\text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_5(\text{g})$$

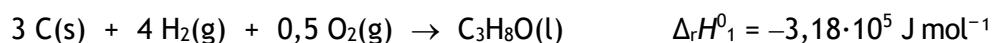
geldt bij 450 K:

	$\Delta_f H^0$ (J mol <sup>-1</sup> )	$S^0$ (J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )
Cl <sub>2</sub> (g)	0	223,1
PCl <sub>3</sub> (g)	-2,870·10 <sup>5</sup>	311,8
PCl <sub>5</sub> (g)	-3,749·10 <sup>5</sup>	364,4

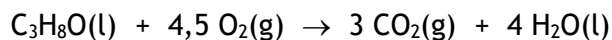
Wat is de waarde van de evenwichtsconstante  $K_p$  van bovenstaande evenwichtsreactie bij 450 K?

- A 19,8
- B  $2,02 \cdot 10^4$
- C  $3,17 \cdot 10^6$
- D  $1,60 \cdot 10^{10}$

19 Hieronder zijn standaard reactie-enthalpieën van drie reacties gegeven.



Wat is de standaard reactie-enthalpie voor de onderstaande verbranding?



- A  $-3,62 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
- B  $-9,98 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
- C  $-20,08 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
- D  $-21,16 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
- E  $-40,16 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$

20 Voor een bepaalde reactie geldt  $\Delta H^0 = -3,83 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1}$  en  $\Delta S^0 = -113 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ . Ga er bij deze vraag van uit dat  $\Delta H^0$  en  $\Delta S^0$  onafhankelijk zijn van de temperatuur.

Welke van onderstaande beweringen is juist?

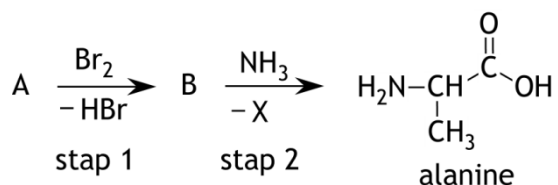
- A De reactie verloopt bij alle temperaturen.
- B De reactie verloopt alleen bij temperaturen lager dan  $66 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- C De reactie verloopt alleen bij temperaturen hoger dan  $66 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- D De reactie verloopt bij geen enkele temperatuur.

## ■ Opgave 2 Carbonzuur

(16 punten)

Carbonzuren worden op grote schaal industrieel geproduceerd, onder andere voor de synthese van aminozuren.

Om alanine te synthetiseren, reageert een bepaald carbonzuur met  $\text{Br}_2$  en vervolgens met  $\text{NH}_3$  volgens onderstaande syntheseschema:

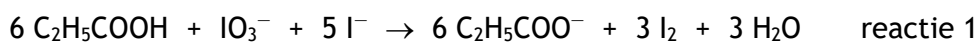


- 1 Voer de volgende opdrachten uit:
- Teken de structuurformules van A en B.
  - Geef de molecuulformule van X.
  - Geef de naam van het type reactie dat optreedt in stap 2 in bovenstaand syntheseschema. Kies uit: *additiereactie*, *eliminatiereactie* en *substitutiereactie*.
  - Behalve alanine ontstaat nog een ander aminozuur. Teken de structuurformule van dit andere aminozuur.

5

E280 is een conserveermiddel waarvan het hoofdbestanddeel een carbonzuur is met molecuulformule  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$ . Het gebruik van een conserveermiddel vereist een hoge zuiverheid. Het gehalte  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$  in een monster E280 kan met een jodometrische titratie worden bepaald.

In een erlenmeyer wordt 200 mg van een monster E280 overgebracht en opgelost in water. Aan de oplossing worden een overmaat jodide-ionen en een overmaat jodaationen toegevoegd. De vergelijking van de reactie die optreedt, is:



- 2 Geef de vergelijking van de halfreactie waarbij  $\text{IO}_3^-$  wordt omgezet tot  $\text{I}_2$ . In deze halfreactie komen uitsluitend de deeltjes  $\text{IO}_3^-$ ,  $\text{I}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COO}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  en  $\text{e}^-$  voor.

4

Aan de oplossing wordt vervolgens 35,0 mL 0,100 M natriumthiosulfaatoplossing toegevoegd.

De vergelijking van de reactie die dan optreedt, is:



Het ontstane mengsel wordt getitreerd met een 0,0500 M  $\text{I}_2$  oplossing. Van deze  $\text{I}_2$  oplossing was 9,75 mL nodig om met het overgebleven thiosulfaat te reageren.

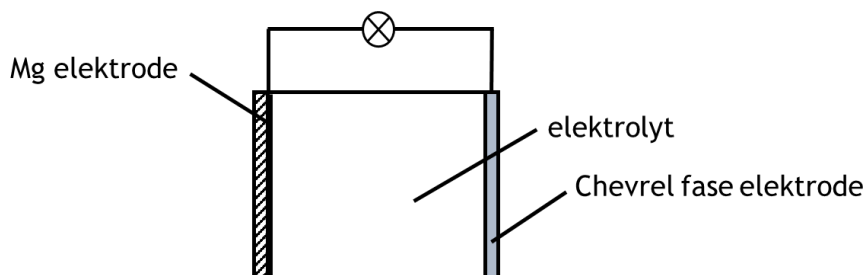
- 3 Bereken het massapercentage  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$  in het onderzochte monster E280.

7

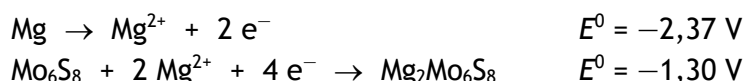
### Opgave 3 Een veelbelovende thuisbatterij

(12 punten)

Om van de energietransitie een succes te maken zijn goedkope oplaadbare thuisbatterijen nodig. Momenteel worden hiervoor Li-ion batterijen gebruikt. Om niet alleen afhankelijk te zijn van lithium is men naarstig op zoek naar alternatieven. Een veelbelovend alternatief is de zogenaamde Mg-ion thuisbatterij. Een schematische weergave van de Mg-ion thuisbatterij is hieronder weergegeven.



Tijdens stroomlevering van de Mg-ion thuisbatterij treden de volgende reacties op:



- 4 Bereken de gibbsenergie voor de vorming van  $\text{Mg}_2\text{Mo}_6\text{S}_8$  in de Mg-ion thuisbatterij, onder standaardomstandigheden. Maak hierbij gebruik van  $\Delta G^0 = -nF\Delta E^0$ . Geef je antwoord in  $\text{J mol}^{-1} \text{Mg}_2\text{Mo}_6\text{S}_8$ . 3

De Chevrel fase elektrode bestaat uit een stapeling van  $\text{Mo}_6\text{S}_8$  eenheden. In deze eenheden zijn holtes aanwezig. De  $\text{Mg}^{2+}$  ionen die bij stroomlevering bij de Mg elektrode ontstaan, migreren naar de Chevrel fase elektrode en worden opgenomen in deze holtes.

De zo ontstane  $\text{Mg}_2\text{Mo}_6\text{S}_8$  eenheden bestaan uit een  $\text{Mo}_6^{12+}$  cluster omringd door acht  $\text{S}^{2-}$  ionen en twee  $\text{Mg}^{2+}$  ionen die zijn opgenomen in de holtes. Het  $\text{Mo}_6^{12+}$  cluster kan worden gezien als een octaëder van 6  $\text{Mo}^{2+}$  ionen. Dit  $\text{Mo}_6^{12+}$  cluster bevat 24 4d-elektronen.

In een positief geladen  $\text{Mo}_6$  cluster kan ieder Mo ion verbonden zijn met vier andere Mo ionen door middel van covalente bindingen. Deze covalente bindingen worden gevormd door de 4d-elektronen afkomstig van de Mo ionen. Door deze covalente bindingen wordt een positief geladen  $\text{Mo}_6$  cluster gestabiliseerd.

- 5 Leg uit, op basis van bovenstaande informatie, in welke stof het positief geladen  $\text{Mo}_6$  cluster stabiel is: in  $\text{Mg}_2\text{Mo}_6\text{S}_8$  of in  $\text{Mo}_6\text{S}_8$ . 4

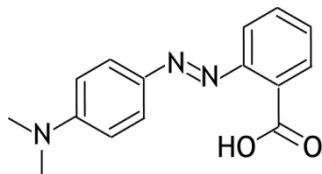
De dikte van de Mg elektrode bij een volledig opgeladen Mg-ion thuisbatterij is  $10,0 \mu\text{m}$ . De dikte van de Mg elektrode varieert tijdens het gebruik van de Mg-ion thuisbatterij en de Mg elektrode is het dunst na een complete ontlading van de Mg-ion thuisbatterij.

- 6 Bereken de dikte (in  $\mu\text{m}$ ) van de Mg elektrode na afloop van een complete ontlading van de Mg-ion thuisbatterij. Neem aan dat:
- de Chevrel fase elektrode die uit 2,5 g  $\text{Mo}_6\text{S}_8$  bestaat volledig heeft gereageerd;
  - beide elektroden een oppervlakte hebben van  $100 \text{cm}^2$ ;
  - de Mg gelijkmatig over het elektrode-oppervlak heeft gereageerd.
- 5

## Opgave 4 Synthese en werking van methylrood

(26 punten)

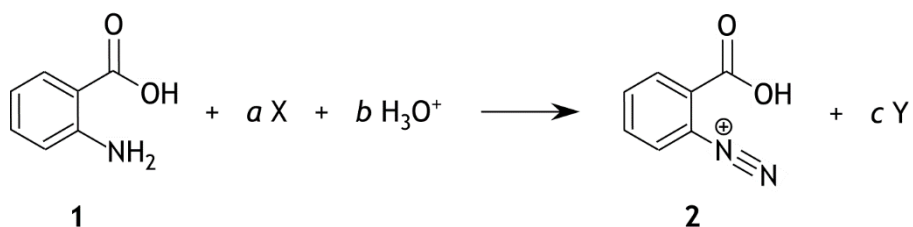
Methylrood is een stof die gebruikt wordt als indicator bij zuur-basetitraties en redoxititraties. De structuurformule van methylrood is hieronder weergegeven.



- 7 Leg uit of er spiegelbeeldisomeren en/of *cis-trans* isomeren kunnen bestaan van methylrood.

3

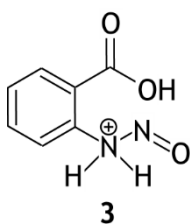
Methylrood kan worden gemaakt door middel van twee reacties. In de eerste reactie wordt de aminogroep van anthranilzuur (stof 1) met behulp van natriumnitrietoplossing en zoutzuur via een zogenoemde diazotering omgezet tot een diazoniumgroep. De onvolledige vergelijking van deze reactie is hieronder weergegeven.



- 8 Geef de formule van stof X en van stof Y en de coëfficiënten  $a$ ,  $b$  en  $c$ , om een kloppende vergelijking van de reactie te verkrijgen.

3

Het mechanisme van deze reactie bestaat uit verschillende stappen. In één van deze stappen ontstaat onderstaand intermediair 3.



Beginstof 1 wordt door een reactie met een positief geladen ion omgezet tot intermediair 3.

- 9 Geef de lewisstructuur van het geladen ion dat reageert met beginstof 1. Zet in deze lewisstructuur de formele lading op de juiste plek.

3

Het mechanisme van de omzetting van intermediair **3** tot ion **2** is hieronder stap voor stap beschreven.

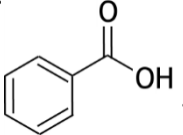
Stap 1: Een bindend elektronenpaar tussen het O en N atoom in intermediair **3** bindt een H atoom afkomstig van het naastgelegen N atoom. Door het verplaatsen van een binding ontstaat een dubbele binding tussen de N atomen.

Stap 2: Er vindt overdracht plaats van een proton op het N atoom naar een watermolecuul.

Stap 3: Een van de niet-bindende elektronenparen op het O atoom van de in stap 1 ontstane OH groep bindt een proton afkomstig van een  $\text{H}_3\text{O}^+$  ion.

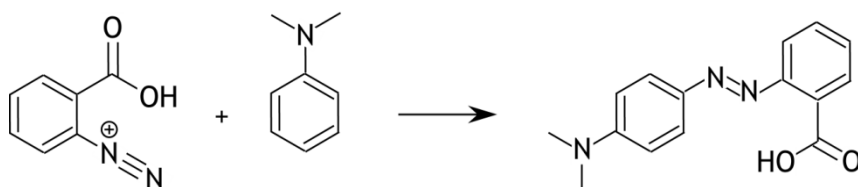
Stap 4: Door het verplaatsen van bindende en niet-bindende elektronenparen verlaat  $\text{H}_2\text{O}$  het molecuul en ontstaat ion **2**.

□10 Geef de stappen 1 tot en met 4 van het mechanisme weer met structuurformules. Maak hierbij gebruik van onderstaande informatie.

- Gebruik de notatie **R** voor de zijgroep: .
- Teken alle bindende en niet-bindende elektronenparen.
- Geef met kromme pijlen ( $\curvearrowright$ ) aan hoe elektronenparen zich verplaatsen.
- Zet alle formele ladingen op de juiste plek.

8

Vervolgens vindt in een tweede reactie een diazoniumkoppeling plaats tussen ion **2** en N,N-dimethylaniline volgens onderstaande onvolledige reactievergelijking.



In deze onvolledige reactievergelijking ontbreekt één deeltje.

□11 Geef de formule van het ontbrekende deeltje in bovenstaande onvolledige reactievergelijking en geef aan of deze voor of na de pijl hoort te staan.

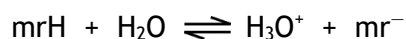
1

Deze reactie kan plaatsvinden doordat grensstructuren van N,N-dimethylaniline mogelijk zijn waarbij in de benzeenring posities voorkomen met een 1- lading. Bij deze mesomerie is ook het N atoom betrokken. Eén van deze grensstructuren resulteert tot de vorming van een methyloodmolecuul.

□12 Teken deze grensstructuur. Geef je antwoord in een lewisstructuur inclusief alle formele ladingen op de juiste plek.

2

Methylrood is een zwak zuur. Als methylrood aan een kleurloze oplossing wordt toegevoegd, hangt de kleur die de oplossing krijgt, af van de pH van de oplossing. Het onderstaande evenwicht speelt daarbij een rol:



Hierin is  $\text{mr}^-$  de geconjugeerde base van methylrood (mrH). De  $\text{p}K_z$  van methylrood is 5,00.

Bij hoge pH absorbeert  $\text{mr}^-$  het licht maximaal bij een golflengte van 429 nm, en bij lage pH absorbeert mrH het licht maximaal bij een golflengte van 520 nm. Door de extinctie te meten bij 429 nm ( $E_{429}$ ) en bij 520 nm ( $E_{520}$ ) kunnen met behulp van de wet van Lambert-Beer de concentraties van mrH en  $\text{mr}^-$  worden berekend. Hieruit kan vervolgens de pH van de oplossing worden berekend.

In onderstaande tabel zijn de molaire extinctiecoëfficiënten van mrH en  $\text{mr}^-$  bij twee golflengtes gegeven.

	$\mathcal{E}_{429 \text{ nm}}$ ( $\text{L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ )	$\mathcal{E}_{520 \text{ nm}}$ ( $\text{L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ )
$\text{mr}^-$	$1,25 \cdot 10^4$	$1,33 \cdot 10^3$
mrH	$3,86 \cdot 10^3$	$2,15 \cdot 10^4$

Aan een kleurloze oplossing is een kleine hoeveelheid methylrood toegevoegd waarbij de volgende extincties zijn gemeten:  $E_{429} = 0,108$  en  $E_{520} = 0,219$ .

Voor de metingen is een cuvet met een weglengte van 1,00 cm gebruikt.

□13 Bereken de pH van de oplossing.

6



**47<sup>e</sup> Nationale Scheikundeolympiade 2026 voorronde 2**  
**Antwoordblad meerkeuzevragen**

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		

<b>Naam:</b>	
<b>Docent:</b>	
<b>School:</b>	