

NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE

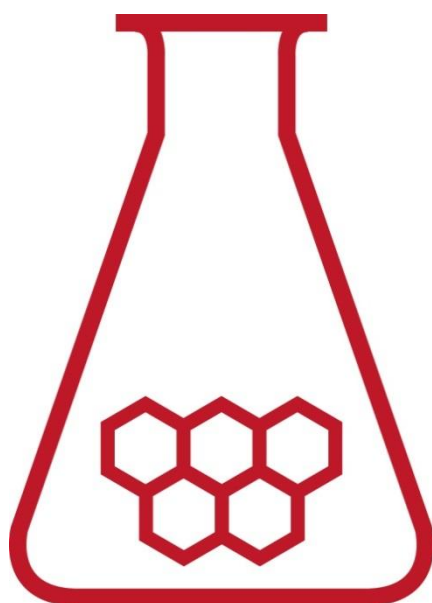
2026

Opgaven en correctievoorschriften

Voorronde 1

Voorronde 2

Eindronde



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



**Universiteit
Utrecht**



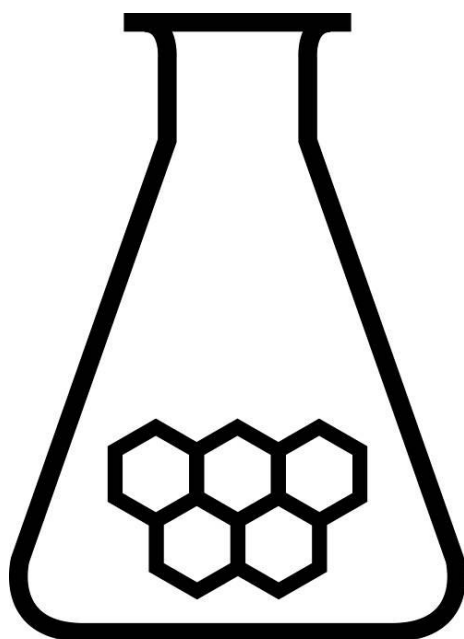
Inhoud

Opgaven voorronde 1	3
Opgave 1 Meerkeuzevragen	4
Opgave 2 Pils	12
Opgave 3 Ramp in Beiroet	14
Opgaven voorronde 2	17
Opgave 1 Meerkeuzevragen	19
Opgave 2 Carbonzuur	28
Opgave 3 Een veelbelovende thuisbatterij	29
Opgave 4 Synthese en werking van methylood	30
Opgaven eindronde Theorietoets	35
Opgave 1 Gedoe in een cilinder	37
Opgave 2 Malaprade	38
Opgave 3 Elektrochemische omzetting van CO ₂	40
Opgave 4 Crotonzuur	42
Opgave 5 CoFe	44
Opgave 6 Dipeptide	46
Opgave 7 Waterstofopslag	48
Opgaven eindronde Practicumtoets	49
Experiment 1 De synthese van de ester 1-pentylpentanoaat	52
Experiment 2 De bepaling van het gehalte azijnzuur in azijn met behulp van een titratiecurve	58
Opgaven eindronde Antwoordbladen practicumtoets	61
Correctievoorschrift voorronde 1	71
Opgave 1 Meerkeuzevragen	72
Opgave 2 Pils	78
Opgave 3 Ramp in Beiroet	79
Correctievoorschrift voorronde 2	81
Opgave 1 Meerkeuzevragen	82
Opgave 2 Carbonzuur	87
Opgave 3 Een veelbelovende thuisbatterij	89
Opgave 4 Synthese en werking van methylood	91
Correctievoorschrift eindronde Theorietoets	95
Opgave 1 Gedoe in een cilinder	96
Opgave 2 Malaprade	98
Opgave 3 Elektrochemische omzetting van CO ₂	100
Opgave 4 Crotonzuur	102
Opgave 5 CoFe	104
Opgave 6 Dipeptide	106
Opgave 7 Waterstofopslag	108
Correctievoorschrift eindronde Practicumtoets	111
Experiment 1 De synthese van de ester 1-pentylpentanoaat	112
Experiment 2 De bepaling van het gehalte azijnzuur in azijn met behulp van een titratiecurve	114

NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2026

OPGAVEN VOORRONDE 1

af te nemen in de periode van
12 tot en met 30 januari 2026



SCHEIKUNDE OLYMPIADE



Universiteit Utrecht

- Deze voorronde bestaat uit 25 meerkeuzevragen verdeeld over 9 onderwerpen en 2 opgaven met in totaal 8 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 73 punten.
- De voorronde duurt 2 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 7^e druk of ScienceData 1^e 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
Emmy Zeetsen
Kjeld Zwitterloot

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

Opgave 1 Meerkeuzevragen

totaal 50 punten

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

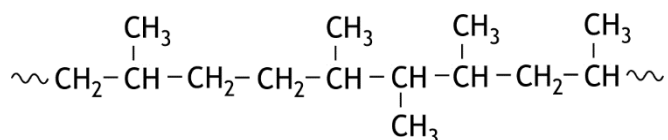
Normering: 2 punten per juist antwoord.

Koolstofchemie

- 1 Hoeveel monobroomsstitutieproducten worden gevormd wanneer methylbutaan, onder invloed van UV licht, reageert met broom? Houd hierbij rekening met stereo-isomerie.
- A 3
B 4
C 5
D 6

- 2 Hoeveel niet-cyclische isomeren zijn er met de molecuulformule C_3H_6S ? Houd hierbij rekening met stereo-isomerie.
- A 4
B 5
C 6
D 7
E 8

- 3 Hieronder is een fragment uit het midden van een polymeermolecuul weergegeven.

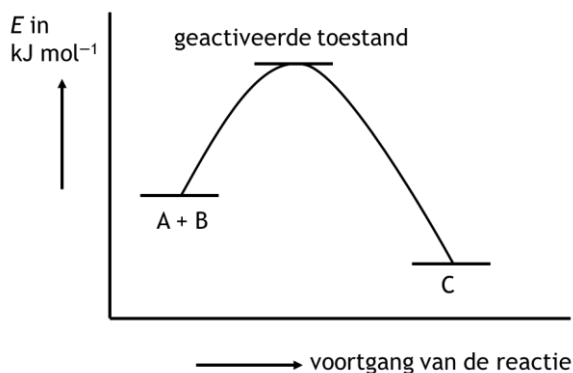


Uit welk monomeer / welke monomeren kan dit polymeer gevormd zijn?

- A alleen propeen
B etheen en but-2-een
C etheen en propeen
D propeen en but-2-een
- 4 Amylose is een koolhydraat dat ontstaat door polymerisatie van glucosemoleculen.
Wat is de gemiddelde polymerisatiegraad van amylose wanneer de gemiddelde molaire massa gelijk is aan $3,29 \cdot 10^5 \text{ g mol}^{-1}$?
- A $5,07 \cdot 10^2$
B $1,83 \cdot 10^3$
C $1,85 \cdot 10^3$
D $2,03 \cdot 10^3$

Thermochemie

- 5 Het energiediagram van de reactie $A + B \rightarrow C$ is hieronder weergegeven:

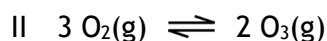
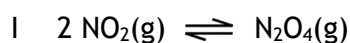


Welke van de volgende beweringen is waar?

- I De reactie is endotherm.
 - II Toevoegen van een katalysator zorgt voor een hoger energieniveau van de beginstoffen A en B.
- A geen van beide
B alleen I
C alleen II
D beide

Reactiesnelheid en evenwicht

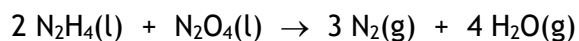
- 6 Gegeven zijn de volgende evenwichten:



Welk evenwicht verschuift naar rechts bij toenemende temperatuur?

- A geen van beide
B alleen I
C alleen II
D beide

- 7 In de reactie

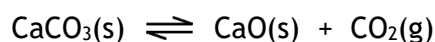


is de snelheid waarmee N_2H_4 reageert gelijk aan $3,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol s}^{-1}$.

Hoe groot is de snelheid in mol s^{-1} waarmee stikstof ontstaat?

- A $2,3 \cdot 10^{-4}$
B $3,5 \cdot 10^{-4}$
C $5,3 \cdot 10^{-4}$
D $1,1 \cdot 10^{-3}$

- 8 In een afgesloten vat heeft het volgende evenwicht zich ingesteld:



Op een gegeven moment wordt het evenwicht verstoord doordat het volume van het vat bij gelijkblijvende temperatuur vergroot wordt.

Welke reactie is direct na deze verstoring tijdelijk in het voordeel?

Na enige tijd heeft zich opnieuw een evenwicht ingesteld.

Is, na het opnieuw instellen van het evenwicht, de concentratie CO_2 kleiner geworden, gelijk gebleven of groter geworden ten opzichte van de concentratie voor de verstoring?

- | | tijdelijk in het voordeel | concentratie CO_2 is |
|---|---------------------------|-------------------------------|
| A | reactie naar links | kleiner geworden |
| B | reactie naar links | gelijk gebleven |
| C | reactie naar links | groter geworden |
| D | reactie naar rechts | kleiner geworden |
| E | reactie naar rechts | gelijk gebleven |
| F | reactie naar rechts | groter geworden |

Structuren en formules

- 9 Een dubbelzout bevat natriumionen, magnesiumionen en sulfaationen. De formule van het dubbelzout is $\text{Na}_x\text{Mg}_y(\text{SO}_4)_z$.

Wat zijn de waarden voor x, y en z in het dubbelzout als de molverhouding van de natriumionen en magnesiumionen gelijk is aan 1 : 1?

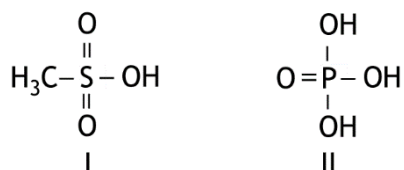
- | | x | y | z |
|---|---|---|---|
| A | 1 | 1 | 2 |
| B | 1 | 2 | 3 |
| C | 2 | 1 | 2 |
| D | 2 | 2 | 3 |
| E | 3 | 3 | 3 |

- 10 Hoeveel niet-bindende elektronenparen moeten worden getekend in de lewisstructuur van nitromethaan, CH_3NO_2 ? Ga er vanuit dat de C, N en O atomen aan de octetregel voldoen.

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

- 11 De zuursterkte van een zuur hangt onder ander af van het aantal grensstructuren van zijn geconjugeerde base.

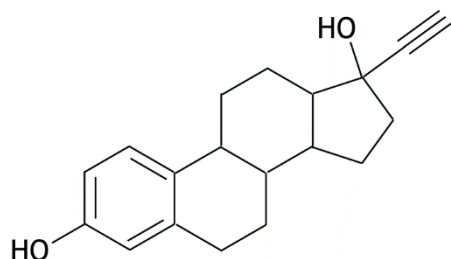
Hieronder zijn de structuurformules van twee zuren weergegeven.



Hoeveel grensstructuren zijn te tekenen van de geconjugeerde base van elk van bovenstaande zuren waarin het S en P atoom beide geen formele lading hebben?

	aantal grensstructuren van de geconjugeerde base van I	aantal grensstructuren van de geconjugeerde base van II
A	2	2
B	2	3
C	2	4
D	3	2
E	3	3
F	3	4
G	4	2
H	4	3
I	4	4

- 12 Ethinylestradiol is een stof die wordt toegepast in anticonceptiemiddelen. De structuurformule van de stof is hieronder weergegeven.



Hoeveel koolstofatomen hebben een omringingsgetal 2 en hoeveel koolstofatomen hebben een omringingsgetal 3 in een molecuul ethinylestradiol?

	aantal C atomen met omringingsgetal 2	aantal C atomen met omringingsgetal 3
A	2	5
B	2	6
C	2	11
D	2	12
E	8	5
F	8	6
G	8	11

pH en zuur-base

- 13 Hoeveel gram HClO ($M = 52,46 \text{ g mol}^{-1}$) en hoeveel gram NaClO ($M = 74,44 \text{ g mol}^{-1}$) kunnen in 1,00 L water worden opgelost om een bufferoplossing te krijgen met een pH van 7,83?
- | | HClO | NaClO |
|---|-------|-------|
| A | 1,0 g | 3,8 g |
| B | 1,0 g | 1,9 g |
| C | 1,9 g | 1,0 g |
| D | 3,8 g | 1,0 g |
- 14 Vier verschillende oplossingen van 1,0 L met elk een ander zuur hebben alle vier een pH-waarde van 2,5.
In welke oplossing is het kleinst aantal mol zuur opgelost?
- A CH_3COOH
B HF
C HIO_3
D HNO_2
- 15 In een 0,1200 M oplossing van een eenwaardig zwak zuur is 2,3% van het zuur geïoniseerd.
Hoe groot is de K_z van dit zuur?
- A $2,4 \cdot 10^{-2}$
B $5,4 \cdot 10^{-2}$
C $5,4 \cdot 10^{-4}$
D $6,3 \cdot 10^{-5}$
E $6,5 \cdot 10^{-5}$

Redox en elektrochemie

- 16 Koper reageert met een oplossing van salpeterzuur volgens de onderstaande niet-kloppend gemaakte reactievergelijking:
- $$\text{Cu} + \text{H}^+ + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$$
- Welke coëfficiënt komt te staan voor H^+ in de kloppend gemaakte reactievergelijking?
- A 2
B 4
C 6
D 8

- 17 Hoelang moet een elektrische stroom van 3,5 A door een oplossing met Zn^{2+} ionen worden geleid om 5,0 g zink te verkrijgen?
Er geldt $1 \text{ A} = 1 \text{ C s}^{-1}$ en de lading van een mol elektronen is 96 485 C.
- A $1,1 \cdot 10^3 \text{ s}$
B $2,1 \cdot 10^3 \text{ s}$
C $4,2 \cdot 10^3 \text{ s}$
D $1,5 \cdot 10^4 \text{ s}$

Analyse

- 18 Een bariumnitraat-oplossing wordt toegevoegd aan:
I een natriumsulfiet-oplossing
II een kaliummethanoaat-oplossing
Bij toevoeging aan welke oplossing ontstaat een troebel mengsel?
- A bij geen van beide oplossingen
B alleen bij de natriumsulfiet-oplossing
C alleen bij de kaliummethanoaat-oplossing
D bij beide oplossingen
- 19 Natuurlijk broom bestaat uit de isotopen Br-79 en Br-81.
Deze isotopen komen voor in de procentuele verhouding 50,7 : 49,3.
Hoeveel pieken komen voor in het massaspectrum van natuurlijk broom?
- A 2
B 3
C 4
D 5
E 6
- 20 Het massapercentage theobromine ($\text{C}_7\text{H}_8\text{N}_4\text{O}_2$; $M = 180,2 \text{ g mol}^{-1}$) in cacaobonen wordt als volgt bepaald. Aan een monster van 2,95 g cacaobonen wordt 25,00 mL van een 0,0100 M AgNO_3 oplossing toegevoegd. Hierbij wordt alle theobromine omgezet tot de vaste stof $\text{AgC}_7\text{H}_7\text{N}_4\text{O}_2$. Na filtratie wordt het filtraat getitreerd met een 0,0108 M KSCN oplossing. De reactie die plaatsvindt tijdens de titratie is:
- $$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{SCN}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{AgSCN}(\text{s})$$
- Het eindpunt van de titratie is bereikt als 7,69 mL is toegevoegd.
Wat is het massapercentage theobromine in de cacaobonen?
- A 0,507 massa%
B 1,02 massa%
C 1,53 massa%
D 9,81 massa%

Rekenen

- 21 Bij de volledige verbranding van een hoeveelheid koolwaterstof ontstaat $8,0 \text{ dm}^3 \text{ CO}_2(\text{g})$ en $12,0 \text{ dm}^3 \text{ H}_2\text{O}(\text{g})$.
Wat kan de molecuulformule van deze koolwaterstof zijn?
- A C_2H_6
B C_3H_4
C C_3H_6
D C_4H_6
E C_8H_{12}
- 22 De enige koperbron in een kopererts is het mineraal malachiet, $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ ($M = 221,1 \text{ g mol}^{-1}$). Uit een monster van $1,00 \text{ kg}$ van dit erts wordt $47,0 \text{ g}$ metallisch koper verkregen.
Welk massapercentage van het erts bestaat uit malachiet als al het aanwezige koper uit het ertsmonster hierbij is gewonnen?
- A 8,18 massa%
B 16,4 massa%
C 28,7 massa%
D 32,7 massa%
E 57,5 massa%
- 23 Hoeveel mL van een $0,327 \text{ M CuSO}_4$ oplossing moet met water tot $1,00 \text{ L}$ worden aangevuld om een $0,100 \text{ M CuSO}_4$ oplossing te verkrijgen?
- A 3,27 mL
B 30,6 mL
C 32,7 mL
D 306 mL
- 24 Hoeveel stikstofatomen zijn aanwezig in $486 \text{ g N}_2\text{O}_5$?
- A $1,35 \cdot 10^{24}$
B $2,71 \cdot 10^{24}$
C $5,42 \cdot 10^{24}$
D $1,90 \cdot 10^{25}$

Groene chemie

- 25 Welke combinatie van atomeconomie en rendement levert de laagste *E*-factor?
- | | atomeconomie | rendement |
|---|--------------|-----------|
| A | laag | laag |
| B | laag | hoog |
| C | hoog | laag |
| D | hoog | hoog |

Open vragen

totaal 23 punten

Opgave 2 Pils

9 punten

Pils is een biersoort die in Nederland veel wordt geconsumeerd. Pils heeft een pH tussen de 4,1 en 4,9 en is dus redelijk zuur. Deze lage pH wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van verschillende zuren.

Een bepaald type pils is onderzocht op de aanwezigheid van een aantal veel voorkomende organische zuren in bier. De molariteiten van deze organische zuren in de onderzochte pils staan vermeld in tabel 1. Hierin is tevens het aantal zuurgroepen (COOH groepen) per molecuul gegeven.

tabel 1

naam zuur	molariteit in de pils (mmol L ⁻¹)	aantal COOH groepen per molecuul
appelzuur	0,433	2
pyrodruivenzuur	0,545	1
melkzuur	1,099	1
azijnzuur	0,466	1
citroenzuur	0,562	3
barnsteenzuur	0,415	2
fumaarzuur	0,362	2
<i>totaal</i>	<i>3,882</i>	

Behalve de in de tabel 1 vermelde organische zuren is ook een aantal onbekende organische zuren in de pils aanwezig. In deze opgave wordt aangenomen dat alle zuurgroepen in deze onbekende organische zuren ook COOH groepen zijn. Om de hoeveelheid COOH groepen aanwezig in deze onbekende organische zuren in de onderzochte pils te bepalen, kan een titratie met natronloog worden uitgevoerd. Tijdens de titratie wordt de pH van de oplossing gemeten en de titratie wordt gestopt op het moment dat de pH van de oplossing gelijk is aan 8,2. Bij die pH mag worden aangenomen dat alle COOH groepen van alle aanwezige organische zuren hebben gereageerd.

Voordat met de titratie kan worden begonnen, moet de CO₂ die aanwezig is in de pils worden verwijderd, omdat anders de uitkomst van de titratie geen juist beeld geeft van de totale hoeveelheid organische zuren in de pils.

- 1 Leg uit of de aanwezigheid van CO₂ in de pils tijdens de titratie zou leiden tot een te hoge of een te lage waarde voor de totale hoeveelheid aanwezig organische zuren.

2

De CO₂ wordt uit de pils verwijderd. Neem aan dat hierbij het volume en de overige samenstelling van de pils niet verandert. Deze CO₂-vrije pils wordt getitreerd met natronloog waarbij de OH⁻ ionen reageren met alle COOH groepen.

Wanneer de onderzochte pils uitsluitend de organische zuren bevat die in tabel 1 staan vermeld, kan worden berekend dat per mol organische zuur gemiddeld 1,601 mol COOH groep aanwezig is.

- 2 Geef deze berekening. 2

De onderzochte pils bevat behalve de COOH groepen van de zuren vermeld in tabel 1 ook nog COOH groepen van andere organische zuren. Deze COOH groepen worden hieronder de extra COOH groepen genoemd.

Bij een bepaling van de totale hoeveelheid COOH groepen in de onderzochte pils werd de inhoud van een flesje pils CO₂-vrij gemaakt. Uit de CO₂-vrije pils werd 25,00 mL gepipetteerd en in een erlenmeyer gebracht. Er werd getitreerd met 0,0560 M natronloog. Daarvan was 3,14 mL nodig om de pH van de oplossing in de erlenmeyer op 8,2 te brengen.

- 3 Bereken het aantal mmol extra COOH groepen per flesje van de onderzochte pils. Een flesje bevat 330 mL pils. 5

■ Opgave 3 Ramp in Beiroet

14 punten

Op 4 augustus 2020 vond een grote explosie plaats in de haven van Beiroet, de hoofdstad van Libanon.

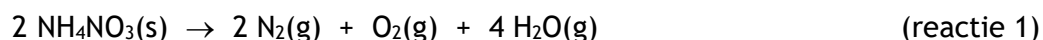
De oorzaak van de explosie had te maken met een grote illegale opslag van ammoniumnitraat (NH_4NO_3) in een loods in de haven van Beiroet. In een naburige loods ontstond brand die vervolgens is overgeslagen naar de loods met daarin 2750 ton ammoniumnitraat waarna de explosie plaatsvond.

Ammoniumnitraat wordt bereid door een zuur-base reactie van ammonia met een salpeterzuur oplossing. Na de reactie wordt een scheidingsmethode toegepast.

- 4 Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef de vergelijking van de zuur-base reactie die optreedt wanneer ammonia aan een salpeterzuuroplossing wordt toegevoegd.
 - Geef de naam van de scheidingsmethode die gebruikt kan worden om uit het ontstane mengsel vast ammoniumnitraat te verkrijgen.
- 2

- 5 Geef de namen van de twee bindingstypen die in vast ammoniumnitraat aanwezig zijn.
- 2

Bij hoge temperatuur treedt de volgende ontledingsreactie op:



Bij deze ontledingsreactie ontstaat een grote hoeveelheid gas.

- 6 Bereken hoeveel m^3 gas ontstaat als 2750 ton ammoniumnitraat ontleedt volgens bovenstaande reactievergelijking bij een temperatuur van 1000 K. Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers. Gebruik hierbij de volgende gegevens:
- 1 ton = 1000 kg;
 - het volume van een mol gas bij 1000 K is $82,1 \text{ m}^3$.
- 4

De ontledingsreactie van ammoniumnitraat is exotherm. De energie die bij de explosie vrijkomt, zorgt voor een opwarming van de reactieproducten en draagt bij aan het vergroten van het volume.

- 7 Bereken, met behulp van de vormingswarmtes uit je informatieboek, de reactiewarmte van reactie 1 in J per mol ammoniumnitraat.
- 3

Een explosie van ammoniumnitraat kan ook optreden als het met benzine (C_7H_{16}) is gemengd.

- 8 Geef de vergelijking van de reactie die optreedt bij deze explosie. Bij deze reactie ontstaan stikstof, waterdamp en koolstofdioxide.
- 3

47^e Nationale Scheikundeolympiade 2026 voorronde 1
Antwoordblad meerkeuzevragen

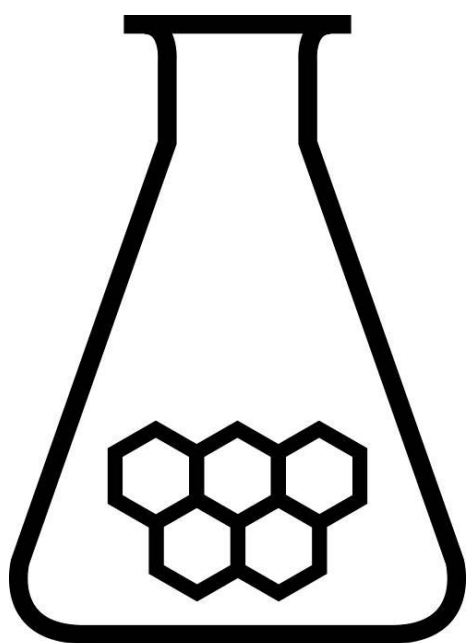
nr.	keuze letter	(score)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
Totaal		

Naam:	
Docent:	
School:	

NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2026

OPGAVEN VOORRONDE 2

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



SCHEIKUNDE OLYMPIADE



**Universiteit
Utrecht**

- 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 Zwitterloot

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

Opgave 1 Meerkeuzevragen

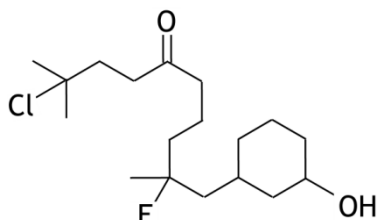
totaal 40 punten

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:
$$\text{H} \left[\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{O} \\ | \quad \parallel \\ \text{O} - \text{CH} - \text{C} \end{array} \right]_n \text{OH}.$$

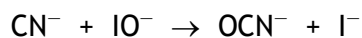
Door reactie met water in zuur milieu kunnen de esterbindingen in de polymelkzuurmoleculen worden verbroken.

Hoeveel mmol H₂O moet minimaal reageren om alle esterbindingen in 500 mg polymelkzuur met $n = 12$ te verbreken?

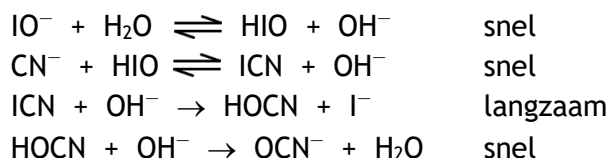
- A 6,23
- B 6,36
- C 6,80
- D 6,94

Reactiesnelheid en evenwicht

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

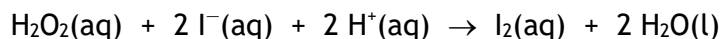


Deze omzetting vindt volgens het volgende mechanisme plaats:



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	H_2O_2 oplossing (mL)	KI oplossing (mL)	zoutzuur (mL)	water (mL)	s_0 (mol L ⁻¹ 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 ?

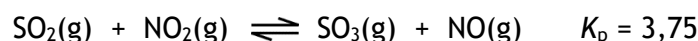
- | | a | b | c |
|---|-----|-----|-----|
| A | 0 | 1 | 0 |
| B | 0 | 1 | 1 |
| C | 1 | 1 | 0 |
| D | 1 | 1 | 1 |
| E | 1 | 2 | 0 |
| F | 1 | 2 | 1 |

- 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 gasen 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?

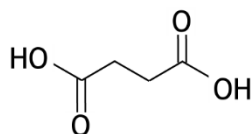
- A 0,19 bar
- B 0,25 bar
- C 0,35 bar
- D 0,41 bar

Structuren en formules

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

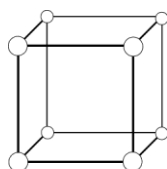
- A 5
- B 7
- C 15
- D 18

- 8 Hoeveel π bindingen en hoeveel σ bindingen heeft het hieronder afgebeelde molecuul barnsteenzuur?

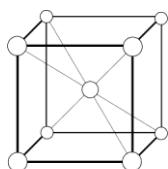


	aantal π bindingen	aantal σ bindingen
A	2	5
B	2	7
C	2	9
D	2	13
E	4	5
F	4	7
G	4	9
H	4	13

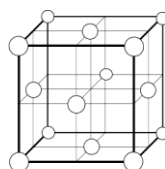
- 9 Goud heeft een dichtheid van $19,3 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$. De eenheidscel van het kristalrooster van goud is een kubus met ribbe van $4,08 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.
Hoeveel atomen zitten er in de eenheidscel van goud en in welk van onderstaande types eenheidscel (primitief kubisch, cubic-P,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



cubic-P



bcc



fcc

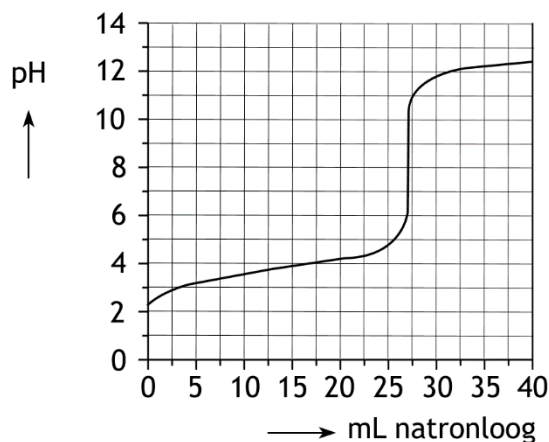
	aantal atomen	type eenheidscel
A	1	cubic-P
B	8	cubic-P
C	2	bcc
D	4	bcc
E	4	fcc
F	8	fcc

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.

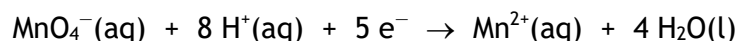


Wat zijn de relatieve concentraties van HCOOH , HCOO^- en Na^+ als 15,0 ml 0,1000 M natronloog is toegevoegd?

- A $[\text{HCOO}^-] = [\text{Na}^+] > [\text{HCOOH}]$
- B $[\text{HCOO}^-] > [\text{HCOOH}] = [\text{Na}^+]$
- C $[\text{HCOOH}] = [\text{Na}^+] > [\text{HCOO}^-]$
- D $[\text{HCOOH}] > [\text{HCOO}^-] = [\text{Na}^+]$

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 $[\text{MnO}_4^-] = 0,0100 \text{ M}$, $[\text{H}^+] = 0,200 \text{ M}$ en $[\text{Mn}^{2+}] = 0,0200 \text{ M}$?

- 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:
$$2 \text{PbSO}_4(\text{s}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{Pb}(\text{s}) + \text{PbO}_2(\text{s}) + 4 \text{H}^+(\text{aq}) + 2 \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$$

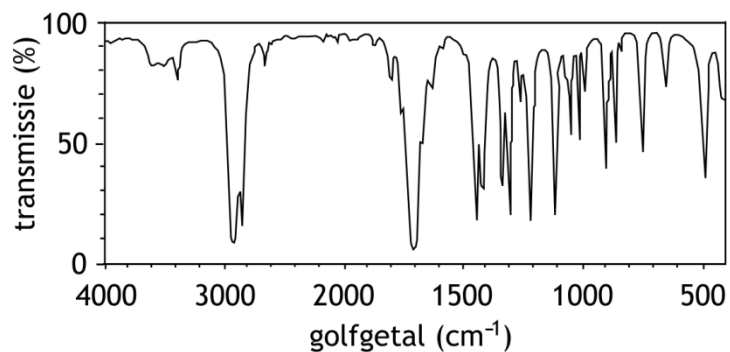
Hieronder staan twee beweringen over de loodaccu:
I Tijdens het opladen ontstaat $\text{PbO}_2(\text{s})$ aan de minpool.
II Tijdens het opladen ontstaat bij beide elektrodes evenveel $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$.
Welke van de bovenstaande beweringen is/zijn juist?
- A geen van beide
B alleen I
C alleen 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: $4 \text{Cu} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Cu}_2\text{O}$
Reactie 2: $2 \text{Cu}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{CuO}$
Reactie 3: $4 \text{CuO} + \text{SO}_3 + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$
Reactie 4: $2 \text{CuO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$
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

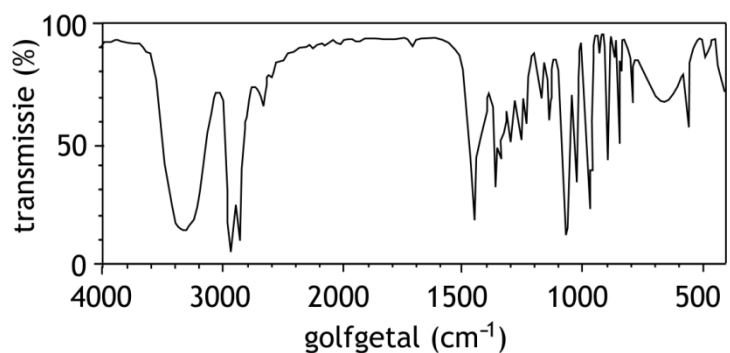
15

Hieronder staan twee IR-spectra.

spectrum 1



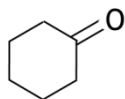
spectrum 2



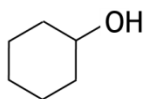
Elk spectrum hoort bij één van de onderstaande stoffen.



I



II



III

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 CO₂ en 0,750 g H₂O.
Welke van onderstaande molecuulformules zou deze stof kunnen hebben?
- A C₃H₆NO₂
B C₄H₄NO₂
C C₆H₁₂N₂O₂
D C₈H₈N₂O₄
- 17 Een gasmengsel van 10,0 dm³ bestaat uit methaan (CH₄) en propaan (C₃H₈). Voor de volledige verbranding van dit gasmengsel is 38,0 dm³ 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 ⁻¹)	S^0 (J mol ⁻¹ K ⁻¹)
Cl ₂ (g)	0	223,1
PCl ₃ (g)	-2,870·10 ⁵	311,8
PCl ₅ (g)	-3,749·10 ⁵	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.
- | | |
|--|--|
| $3 \text{ C(s)} + 4 \text{ H}_2\text{(g)} + 0,5 \text{ O}_2\text{(g)} \rightarrow \text{C}_3\text{H}_8\text{O(l)}$ | $\Delta_r H_1^0 = -3,18 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ |
| $\text{C(s)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow \text{CO}_2\text{(g)}$ | $\Delta_r H_2^0 = -3,94 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ |
| $\text{H}_2\text{(g)} + 0,5 \text{ O}_2\text{(g)} \rightarrow \text{H}_2\text{O(l)}$ | $\Delta_r H_3^0 = -2,86 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ |
- Wat is de standaard reactie-enthalpie voor de onderstaande verbranding?
- $$\text{C}_3\text{H}_8\text{O(l)} + 4,5 \text{ O}_2\text{(g)} \rightarrow 3 \text{ CO}_2\text{(g)} + 4 \text{ H}_2\text{O(l)}$$
- 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 ΔH^0 en ΔS^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 °C.
 C De reactie verloopt alleen bij temperaturen hoger dan 66 °C.
 D De reactie verloopt bij geen enkele temperatuur.

Open vragen

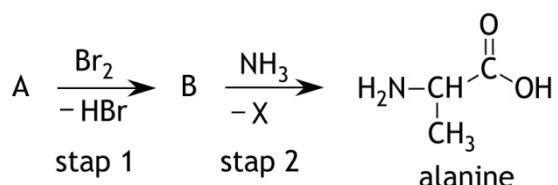
totaal 54 punten

■ 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 Br_2 en vervolgens met NH_3 volgens onderstaande syntheseschema:

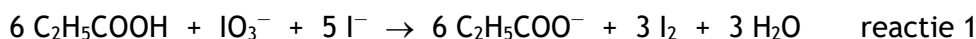


- 1 Voer de volgende opdrachten uit:
- Teken de structuurformules van A en B.
 - Geef de molecuulformule van X.
 - Geef de naam van het type reactie dat optreedt in stap 2 in bovenstaand syntheseschema. Kies uit: *additiereactie*, *eliminatiereactie* en *substitutiereactie*.
 - Behalve alanine ontstaat 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 IO_3^- wordt omgezet tot I_2 . In deze halfreactie komen uitsluitend de deeltjes IO_3^- , I_2 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{COO}^-$, H_2O en 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 I_2 oplossing. Van deze I_2 oplossing was 9,75 mL nodig om met het overgebleven thiosulfaat te reageren.

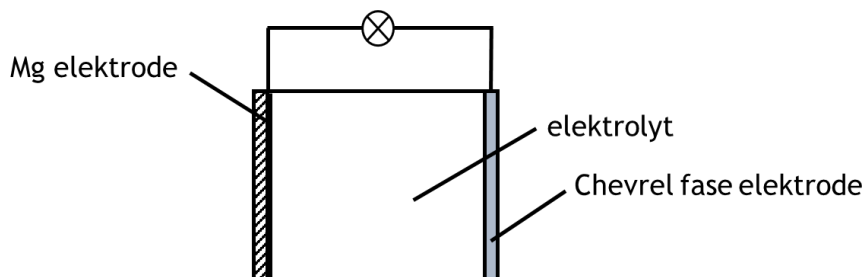
- 3 Bereken het massapercentage $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$ in het onderzochte monster E280.

7

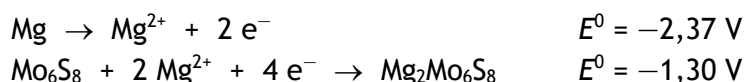
Opgave 3 Een veelbelovende thuisbatterij

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 Mo_6S_8 eenheden. In deze eenheden zijn holtes aanwezig. De 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 Mo_6^{12+} cluster omringd door acht S^{2-} ionen en twee Mg^{2+} ionen die zijn opgenomen in de holtes. Het Mo_6^{12+} cluster kan worden gezien als een octaëder van 6 Mo^{2+} ionen. Dit Mo_6^{12+} cluster bevat 24 4d-elektronen.

In een positief geladen 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 Mo_6 cluster gestabiliseerd.

- 5 Leg uit, op basis van bovenstaande informatie, in welke stof het positief geladen Mo_6 cluster stabiel is: in $\text{Mg}_2\text{Mo}_6\text{S}_8$ of in Mo_6S_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.

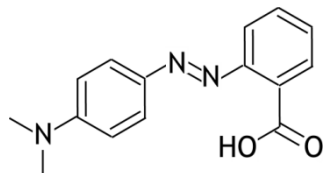
- 6 Bereken de dikte (in μm) van de Mg elektrode na afloop van een complete ontlading van de Mg-ion thuisbatterij. Neem aan dat:
- de Chevrel fase elektrode die uit 2,5 g Mo_6S_8 bestaat volledig heeft gereageerd;
 - beide elektroden een oppervlakte hebben van 100 cm^2 ;
 - de Mg gelijkmatig over het elektrode-oppervlak heeft gereageerd.

5

Opgave 4 Synthese en werking van methylrood

26 punten

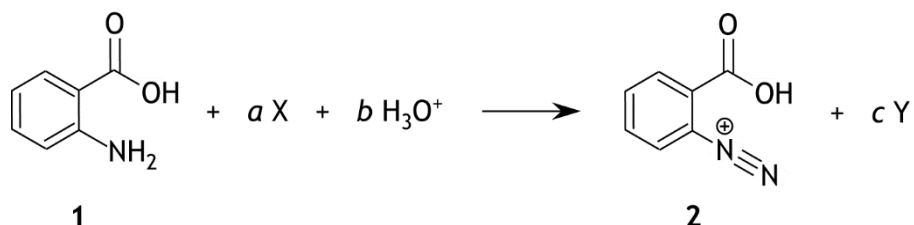
Methylrood is een stof die gebruikt wordt als indicator bij zuur-basetitraties en redoxitraties. De structuurformule van methylrood is hieronder weergegeven.



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

3

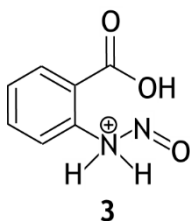
Methylrood kan worden gemaakt door middel van twee reacties. In de eerste reactie wordt de aminogroep van anthranilzuur (stof 1) met behulp van natriumnitrietoplossing en zoutzuur via een zogenoemde diazotering omgezet tot een diazoniumgroep. De onvolledige vergelijking van deze reactie is hieronder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

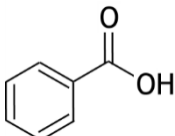
- 9 Geef de lewisstructuur van het geladen ion dat reageert met beginstof 1. Zet in deze lewisstructuur de formele lading op de juiste plek.

3

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

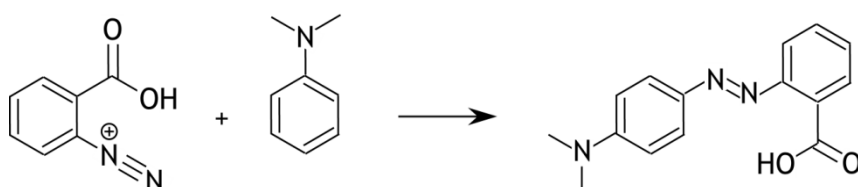
- Stap 1: Een bindend elektronenpaar tussen het O en N atoom in intermediair **3** bindt een H atoom afkomstig van het naastgelegen N atoom. Door het verplaatsen van een binding ontstaat een dubbele binding tussen de N atomen.
- Stap 2: Er vindt overdracht plaats van een proton op het N atoom naar een 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 H_3O^+ ion.
- Stap 4: Door het verplaatsen van bindende en niet-bindende elektronenparen verlaat H_2O 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.

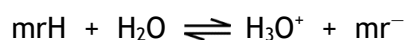
1

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 methyloordmolecuul.

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

Bij hoge pH absorbeert 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 mr^- worden berekend. Hieruit kan vervolgens de pH van de oplossing worden berekend.

In onderstaande tabel zijn de molaire extinctiecoëfficiënten van mrH en mr^- bij twee golflengtes gegeven.

	$\epsilon_{429 \text{ nm}}$ ($\text{L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)	$\epsilon_{520 \text{ nm}}$ ($\text{L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)
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^e 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		

Naam:	
Docent:	
School:	

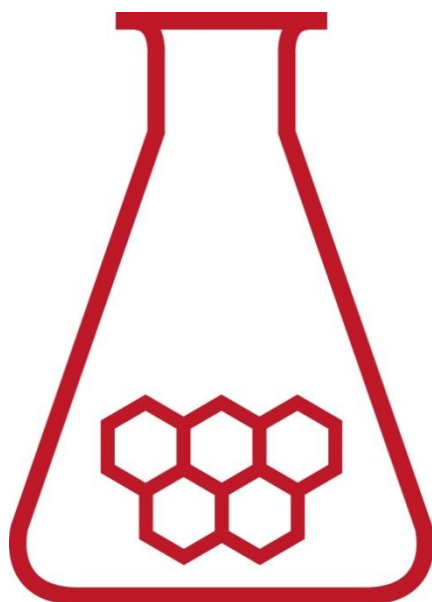
47^e Nationale Scheikundeolympiade

Universiteit Utrecht

THEORIETOETS

opgavenboekje

maandag 8 juni 2026



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



**Universiteit
Utrecht**



- Deze toets bestaat uit 7 opgaven met 35 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 120 punten.
- De toets duurt maximaal 4 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en Binas 7^e druk of ScienceData 1^e 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:

Danny Broere

Wouter Elings

Ben Erne

Eline Hutter

Willem Kegel

Merel Lefferts

Andries Meijerink

Marc-Etienne Moret

Freddy Rabouw

Joost Snijder

De eindredactie was in handen van

Kees Beers, Martin Groeneveld en Dick Hennink

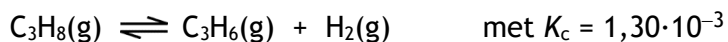
Het NSO comité

Marijn Jonker en Emiel de Kleijn

■ Opgave 1 Gedoe in een cilinder

10 punten

In een door een beweegbare zuiger afgesloten cilinder bevindt zich een hoeveelheid propaan. De cilinder wordt verwarmd tot 527 °C. Er stelt zich het volgende evenwicht in:



Wanneer het evenwicht zich heeft ingesteld, is het volumepercentage propaan gelijk aan 80%.

- 1 Bereken $[\text{C}_3\text{H}_8]$, $[\text{C}_3\text{H}_6]$, $[\text{H}_2]$, allemaal in mol dm^{-3} , en de totale druk, in Pa, in de cilinder wanneer het evenwicht zich heeft ingesteld.

7

Vervolgens wordt de zuiger bij gelijkblijvende temperatuur zo ver ingedrukt dat het volume wordt gehalveerd.

- 2 Wordt de druk in de cilinder, als het evenwicht zich opnieuw heeft ingesteld, dan twee keer zo groot, of meer dan twee keer zo groot of minder dan twee keer zo groot? Geef een verklaring voor je antwoord.

3

Opgave 2 Malaprade

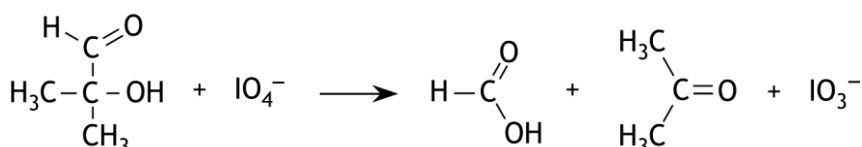
19 punten

Organische verbindingen met bepaalde groepen in het molecuul die aan naburige (vicinale) koolstofatomen zijn gebonden, kunnen reageren met natriumperjodaat (NaIO_4). Daarbij wordt de binding tussen de koolstofatomen waar de groepen aan vast zitten, verbroken, terwijl ook een omzetting van de groepen die aan die koolstofatomen gebonden zijn, plaatsvindt. Daarbij gelden de volgende regels:

- Wanneer de betreffende groep een hydroxylgroep is, wordt deze omgezet tot een carbonylgroep.
- Wanneer de betreffende groep een carbonylgroep is, wordt deze omgezet tot een carboxylgroep.
- Wanneer de betreffende groep een carboxylgroep is, wordt deze omgezet tot koolstofdioxide.

Deze reactie wordt wel de reactie van Malaprade genoemd. De malapradereactie is een redoxreactie.

Zo wordt 2-hydroxy-2-methylpropanal door perjodaat omgezet tot methaanzuur en propanon in de molverhouding 1 : 1; het perjodaat wordt daarbij omgezet tot jodaat (IO_3^-):

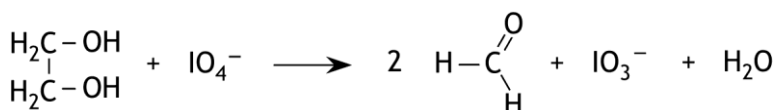


- 3 Geef de structuurformule van de verbinding die in de reactie van Malaprade als enig product ethaanzuur oplevert.

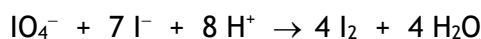
2

De reactie van Malaprade kan onder andere worden gebruikt om het gehalte van glycol (ethaan-1,2-diol) in een oplossing te bepalen. Een oplossing van glycol wordt vaak als een antivriesmiddel gebruikt.

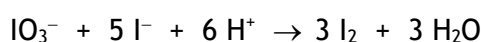
Bij zo'n bepaling werd 150 mg van een bepaalde soort antivries toegevoegd aan 25,0 mL van een oplossing van natriumperjodaat (overmaat). De volgende reactie trad op:



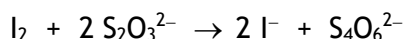
Na afloop van de reactie werd de oplossing aangezuurd en werd een overmaat jodide toegevoegd. Zowel het overgebleven IO_4^- als het gevormde IO_3^- reageerde hiermee onder vorming van I_2 :



en



Tenslotte werd het gevormde jood getitreerd met een 0,502 M oplossing van natriumthiosulfaat. Daarbij trad de volgende reactie op:



Voor de titratie was 19,6 mL van de natriumthiosulfaatoplossing nodig.

Daarna werd een blancobepaling uitgevoerd, zoals hierboven beschreven, maar dan zonder toevoeging van de antivries. Voor deze blancobepaling was uiteindelijk 23,9 mL van de natriumthiosulfaatoplossing nodig om het gevormde jood te titreren.

- 4 Bereken het massapercentage glycol in de onderzochte antivries.

8

De reactie van Malaprade kan ook worden gebruikt om onderscheid tussen bepaalde suikers te maken. Zo zou je met behulp van de reactie van Malaprade kunnen vaststellen of een bepaalde suiker glucose is of fructose.

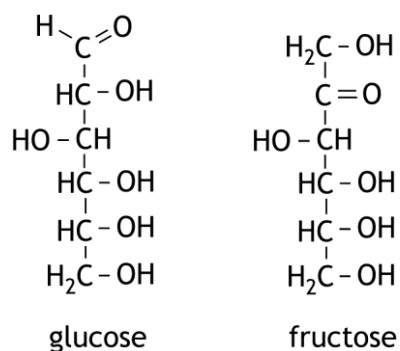
Bij de reactie van Malaprade met glucose en fructose worden alle C – C bindingen in de moleculen verbroken. De volgende stoffen kunnen dan ontstaan: methanal, methaanzuur en koolstofdioxide.

- 5 Beantwoord de volgende vragen:

9

- Welke stoffen ontstaan uiteindelijk bij de malapradereactie van glucose en in welke molverhouding ontstaan deze stoffen?
- Welke stoffen ontstaan uiteindelijk bij de malapradereactie van fructose en in welke molverhouding ontstaan deze stoffen?
- Hoe kun je vaststellen of een suiker glucose is of fructose: door te bepalen in welke molverhouding glucose en fructose reageren met perjodaat of doormiddel van een titratie van de reactieproducten van de malapradereactie met natronloog? Geef een verklaring voor je antwoord.

Maak gebruik van informatie die in het begin van deze opgave is gegeven en van de open keten structuur van glucose en fructose:



■ Opgave 3 Elektrochemische omzetting van CO₂

23 punten

De elektrochemische omzetting van CO₂ wordt gezien als een veelbelovende en technisch niet al te lastige methode om de negatieve effecten van de toename van het CO₂ niveau in de atmosfeer te verminderen.

Met behulp van duurzame elektrische energie zou CO₂ kunnen worden omgezet tot diverse zogenoemde basischemicaliën.

Om bij de elektrolyse de vorming van gewenste producten met een praktisch werkbaar snelheid te laten verlopen wordt onderzoek gedaan naar de inzet van elektrokatalysatoren. Een nieuw concept op het gebied van zulke katalysatoren berust op het gebruik van elektroden waarop schuimachtig materiaal is aangebracht.

Dat schuimachtige materiaal bezit een groot oppervlak dat goed toegankelijk is voor reactanten (bijvoorbeeld H₂O, H₂ en CO₂).

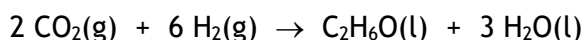
Materialen op koperbasis zijn de enige bekende metallische elektrokatalysatoren die koolwaterstoffen en alcoholen in significante hoeveelheden kunnen produceren door de elektrolyse van CO₂.

Bij een bepaalde elektrolyse in zuur milieu wordt CO₂ bij de negatieve elektrode omgezet tot ethanol en propaan-1-ol. Bij deze omzettingen reageren 6 mol elektronen per mol omgezet CO₂.

- 6 Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van CO₂ tot propaan-1-ol in zuur milieu. 3

De standaardelektrodepotentiaal voor de omzetting van CO₂ tot ethanol is te berekenen door een galvanische cel te beschouwen die bestaat uit een standaard CO₂/ethanol halfcel en een standaard H₂/H⁺ halfcel.

De reactie die optreedt in deze galvanische cel kan worden weergegeven met de volgende reactievergelijking:



- 7 Bereken de standaardelektrodepotentiaal voor de omzetting van CO₂ tot ethanol. Gebruik hierbij gegevens uit je informatieboek en de formule $\Delta_r G = -n \times F \times \Delta E$. 5

Een representatief voorbeeld voor de vorming van elektrodemateriaal met een metallisch schuimlaagje op basis van koper is hieronder globaal beschreven:

Er vindt elektrolyse plaats met een zure oplossing die ook koper(II)ionen en zilverionen bevat. Een koperplaatje met een oppervlakte van 1,0 cm² is hierbij de negatieve elektrode en platinafolie dient als positieve elektrode. Op de negatieve elektrode zet zich een laagje schuimvormig Cu-Ag bimetaal af. De poreuze structuur van het bimetaal ontstaat doordat tijdens de afzetting van de metalen ook zeer kleine waterstofbelletjes ontstaan in het bimetaal. Het bimetaal wordt als het ware enigszins opgeblazen.

Op het koperplaatje wordt een laagje schuim gevormd met 5,4 mg Cu-Ag bimetaal.

Dit bimetaal bevat 90 massaprocent Cu en 10 massaprocent Ag.

Tijdens deze elektrolyse is 60 C cm⁻² aan lading gebruikt.

- 8 Bereken de Faraday-efficiëntie (FE in %) van deze metaaldepositie.

FE is gedefinieerd als $\frac{Q_{\text{product}}}{Q_{\text{totaal}}} \times 100\%$. Q staat voor de hoeveelheid elektrische lading. 4

De Cu-Ag bimetaalschuimkatalysator (90 massa% Cu; 10 massa% Ag) wordt gebruikt bij een CO₂ elektrolyse-experiment:

35 mL 0,5 M KHCO₃ elektrolyt die is verzadigd met CO₂, wordt geëlektrolyseerd.

De negatieve koperen elektrode is bezet met de Cu-Ag bimetaalschuimkatalysator.

De positieve elektrode is van platina. De CO₂ elektrolyse wordt uitgevoerd bij een constante stroomdichtheid van $I = 30 \text{ mA cm}^{-2}$ gedurende 1,0 uur. (Let op: de stroomdichtheid is genormaliseerd op een oppervlakte van $1,0 \text{ cm}^2$).

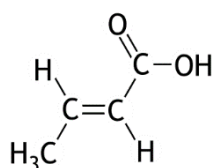
Een analyse van het product na afloop van de elektrolyse levert massaconcentraties op van $41,3 \text{ mg L}^{-1}$ ethanol en $7,4 \text{ mg L}^{-1}$ propaan-1-ol. Beide alcoholen zijn vloeibare reactieproducten en verzamelen zich tijdens de elektrolyse in de elektrolyt. Er mag worden aangenomen dat aan de negatieve elektrode uitsluitend waterstofgas (H₂) als bijproduct wordt gevormd.

- | | | |
|-----|---|---|
| □9 | Geef de vergelijking van de halfreactie die optreedt aan de positieve elektrode. | 2 |
| | Bij de bovenbeschreven elektrolyse wordt 33,6 procent van de stroom gebruikt voor de productie van ethanol en 6,9 procent voor de productie van propaan-1-ol. | |
| □10 | Bereken hoeveel cm ³ H ₂ (bij p_0 en 298 K) wordt gevormd aan de negatieve elektrode. | 5 |
| □11 | Bereken hoeveel mg CO ₂ wordt omgezet bij de bovenbeschreven elektrolyse.
Neem aan dat het totale volume van de elektrolyt, ethanol en propaan-1-ol 35 mL blijft. | 4 |

Opgave 4 Crotonzuur

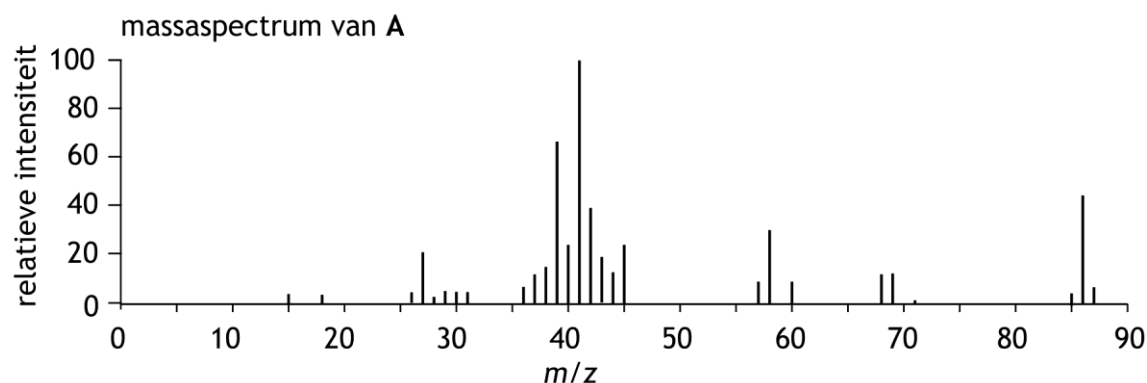
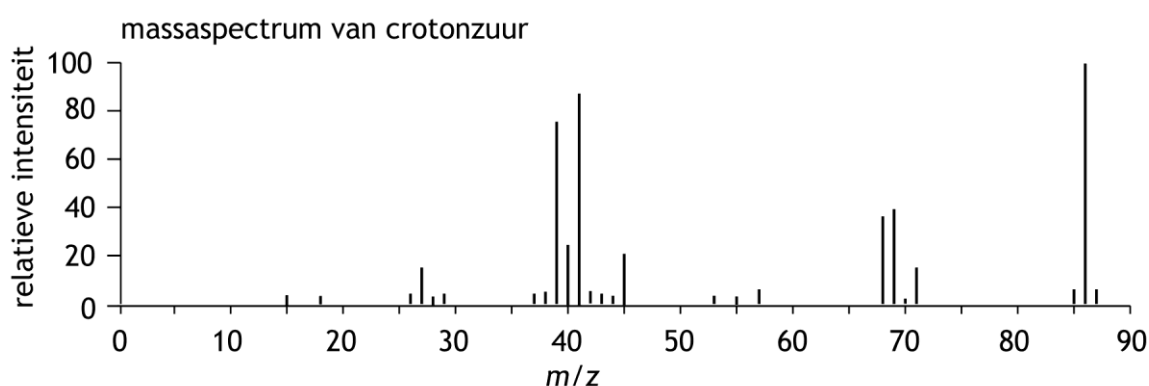
17 punten

Crotonzuur heeft de volgende ruimtelijke structuurformule:



- 12 Neem deze structuurformule over op je antwoordblad en schrijf bij elk koolstofatoom de soort hybridisatie van dat koolstofatoom. 2

Er bestaan diverse syntheseroutes voor de productie van crotonzuur. Als bijproducten ontstaan daarbij vaak de stereo-isomeer en een bepaalde structuurisomeer **A** van crotonzuur. Hieronder zijn de massaspectra weergegeven van crotonzuur en van die structuurisomeer **A**.



- 13 Voer de volgende opdrachten uit:
- Leg uit, aan de hand van deze massaspectra, dat **A** een structuurisomeer is van crotonzuur.
 - Leg uit dat uit deze massaspectra kan worden afgeleid dat **A**, net als crotonzuur, ook een carbonzuur is. 3

Crotonzuur kan worden verkregen door de thermolyse van het bio-polymeër *poly*(3-hydroxybutaanzuur). Dit is een polymeër dat door sommige bacteriën wordt geproduceerd.

- 14 Geef de structuurformule van een fragment uit het midden van een molecuul van dit polymeër. Dit fragment moet uit drie monomeereenheden bestaan. 3
- 15 Geef de reactievergelijking in molecuulformules van de thermolyse van *poly*(3-hydroxybutaanzuur) tot crotonzuur. 2

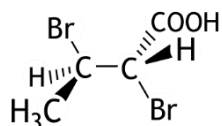
Crotonzuur wordt onder andere gebruikt als beginstof in organische syntheses.

Een bepaalde syntheseroute wordt gestart met de elektrofile additie van broom aan crotonzuur. Hierbij ontstaat 2,3-dibroombutaanzuur.

Deze additie verloopt volgens een zogenoemd *anti*-mechanisme:

Een broommolecuul reageert met een crotonzuurmolecuul. Hierbij ontstaan een zogenoemd bromoniumion en een bromide-ion. In het bromoniumion bevindt Br zich aan de onderzijde of aan de bovenzijde van het ion. Vervolgens reageert het bromide-ion vanaf de tegenovergestelde zijde (*anti*) en ontstaat het product.

Zo kan het volgende product ontstaan:

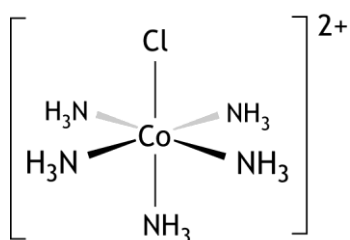


- 16 Leg uit of C atoom 2 de *R*- of de *S*-configuratie heeft. Gebruik in je uitleg een tekening. 3
- Bij de structuurformule die van 2,3-dibroombutaanzuur is weergegeven, zijn verschillende stereo-isomeren mogelijk. Deze worden echter niet allemaal gevormd bij de elektrofile additie van broom aan crotonzuur.
- 17 Leg uit hoeveel stereo-isomeren van 2,3-dibroombutaanzuur in totaal in principe mogelijk zijn. 2
- 18 Leg uit hoeveel stereo-isomeren van 2,3-dibroombutaanzuur bij de elektrofile additie van broom aan crotonzuur gevormd worden. 2

Opgave 5 CoFe

17 punten

Hieronder staat de structuur van het chloropenta-amminecobalt(III)complex, $\text{Co}(\text{Cl})(\text{NH}_3)_5^{2+}$.

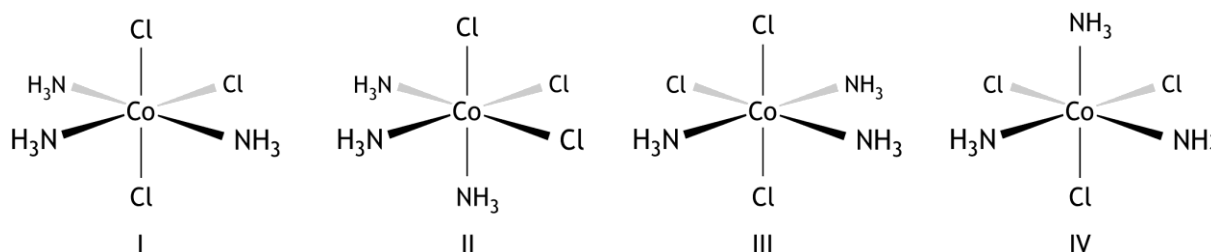


Deze complexen komen voor in een oplossing van chloropenta-amminecobalt(III)chloride. Aan 10,00 mL van een 0,0500 M oplossing van chloropenta-amminecobalt(III)chloride wordt een overmaat van een oplossing van zilvernitraat toegevoegd. Hierbij ontstaat een neerslag.

- 19 Bereken hoeveel g neerslag ontstaat.

3

Er bestaan ook complexen $\text{Co}(\text{Cl})_3(\text{NH}_3)_3$. Hieronder zijn vier structuren getekend met deze formule:



- 20 Welke structuren zijn identiek?

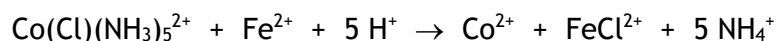
2

Een oplossing waarin complexe ionen $\text{Co}(\text{Cl})(\text{NH}_3)_5^{2+}$ voorkomen, is rood gekleurd. Van een oplossing met $[\text{Co}(\text{Cl})(\text{NH}_3)_5^{2+}] = 0,0200 \text{ mol L}^{-1}$ wordt, bij 520 nm, in een cuvet met een lichtweg van 1,00 cm de transmissie, T , gemeten. Die is 7,50%.

- 21 Bereken de molaire extinctiecoëfficiënt ϵ van $\text{Co}(\text{Cl})(\text{NH}_3)_5^{2+}$. Ga ervan uit dat in de oplossing alleen $\text{Co}(\text{Cl})(\text{NH}_3)_5^{2+}$ licht absorbeert.

3

Wanneer aan een oplossing met $\text{Co}(\text{Cl})(\text{NH}_3)_5^{2+}$ een aangezuurde oplossing van ijzer(II)chloride wordt toegevoegd, treedt de volgende reactie op:



Voor de snelheid van deze reactie geldt $s = k[\text{Co}(\text{Cl})(\text{NH}_3)_5^{2+}][\text{Fe}^{2+}]$.

Om de snelheidsconstante k van deze reactie te bepalen, wordt een experiment uitgevoerd waarbij aan 10,00 mL van een oplossing met $\text{Co}(\text{Cl})(\text{NH}_3)_5^{2+}$ 10,00 mL van een 0,300 M oplossing van ijzer(II)chloride wordt toegevoegd. Daarbij is er voor gezorgd dat de beginconcentratie van Fe^{2+} vele malen groter is dan die van $\text{Co}(\text{Cl})(\text{NH}_3)_5^{2+}$.

Tijdens de reactie wordt op verschillende tijdstippen de extinctie E van de oplossing gemeten bij 520 nm. De volgende waarnemingen zijn hierbij verkregen:

t (min)	10	20	40	60	∞
E	1,15	0,875	0,558	0,410	0,283

De extinctie bij $t = \infty$ is de extinctie die wordt gemeten wanneer de reactie is afgelopen.

Voor de berekening van k mag ervan worden uitgegaan dat de $[\text{Co}(\text{Cl})(\text{NH}_3)_5^{2+}]_t$ evenredig is met $(E_t - E_\infty)$.

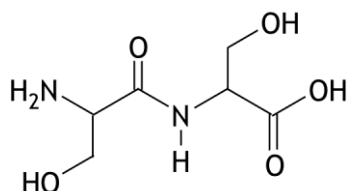
- 22 Geef een mogelijke verklaring waarom E_∞ niet gelijk is aan nul. 1
- 23 Leg uit waarom $[\text{Co}(\text{Cl})(\text{NH}_3)_5^{2+}]_t$ evenredig is met $(E_t - E_\infty)$. 2
- 24 Bereken k in de juiste SI-eenheid. 6

Opgave 6 Dipeptide

14 punten

Dipeptiden zijn een belangrijke bron van stikstof en vrije aminozuren in de cel. Het transport door het celmembraan via speciale transporteiwitten blijkt voor dipeptiden sneller en bovendien energetisch gunstiger te verlopen dan het transport van vrije aminozuren. De cel krijgt hierdoor op efficiënte manier een dubbele hoeveelheid bouwstoffen binnen.

Het dipeptide Ser – Ser lost goed op in water; de structuurformule van Ser – Ser kan als volgt worden weergegeven:



In een neutrale oplossing komt Ser – Ser nauwelijks voor in de vorm van bovenstaande structuurformule.

- 25 Geef met een structuurformule weer hoe het dipeptide Ser – Ser hoofdzakelijk voorkomt in een oplossing met pH = 7,0. 1

In een Ser – Ser molecuul komt de zogenoemde amidegroep voor. De binding tussen het koolstofatoom en het stikstofatoom hierin heeft gedeeltelijk het karakter van een dubbele binding.

- 26 Geef hiervoor, aan de hand van elektronenformules (grensstructuren) van de amidegroep, een verklaring. 3

Dit heeft bovendien tot gevolg dat de omringing van het stikstofatoom vlak is en dat er *E/Z* isomeren van Ser – Ser bestaan. Eén van de *E/Z* isomeren van Ser – Ser blijkt veel vaker voor te komen dan de andere.

- 27 Voer de volgende opdrachten uit:
- Leg uit dat er *E/Z* isomeren van Ser – Ser bestaan.
 - Teken een ruimtelijke structuur van de *E/Z* isomeer van Ser – Ser die het vaakst voorkomt en leg uit waarom die het vaakst voorkomt.
- 3

De vorming van het dipeptide Ser – Ser is een evenwichtsreactie:



Voor evenwicht 1 geldt dat $\Delta G_1^0 = +1,7 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1}$.

In biologische systemen is de vorming van dipeptiden gekoppeld aan de hydrolyse van adenosinetrifosfaat (ATP), waarbij adenosinedifosfaat (ADP) en een fosfaatgroep (P_i) wordt gevormd:

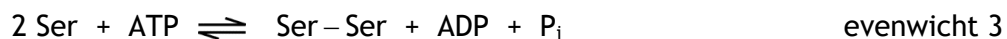


Mogelijkheden voor de formule van P_i zijn H_3PO_4 , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} en PO_4^{3-} .

- 28 Welke twee van bovengenoemde mogelijkheden voor P_i komen het meest voor in een oplossing met pH = 7,0? 2

Voor evenwicht 2 geldt dat $\Delta G_2^0 = -2,8 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1}$.

Door koppeling van evenwicht 2 met evenwicht 1 ontstaat een nieuw evenwicht:



□29 Voer de volgende opdrachten uit:

- Bereken de evenwichtsconstante $K_{c,1}$ voor evenwicht 1.
- Bereken de evenwichtsconstante $K_{c,3}$ voor evenwicht 3.
- Leg uit wat het gevolg is van de koppeling van beide evenwichten voor de opbrengst van het dipeptide.

5

Opgave 7 Waterstofopslag

20 punten

Voor de opslag en het vervoer van waterstof is de legering met formule LaNi_5 zeer geschikt.

De legering kan worden bereid door lanthaan(III)oxide en nikkel(II)oxide in de juiste verhouding met elkaar te laten reageren in aanwezigheid van een overmaat calciumhydride. Er ontstaat dan ook calciumhydroxide. Er wordt ongeveer twee keer zoveel calciumhydride gebruikt als theoretisch nodig is.

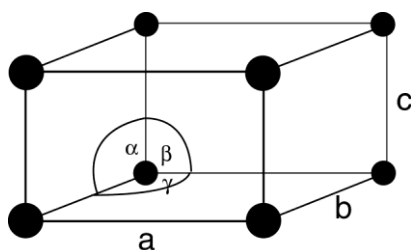
- 30 Bereken in welke massaverhouding lanthaan(III)oxide en nikkel(II)oxide met elkaar moeten reageren. Noteer je antwoord als lanthaan(III)oxide : nikkel(II)oxide = ... : 1,0. 3

- 31 Bereken hoeveel gram calciumhydride wordt gebruikt voor de synthese van 1,0 g LaNi_5 in het geval een tweevoudige overmaat calciumhydride wordt toegepast. 4

Na afloop van de reactie is een mengsel ontstaan van de vaste stoffen LaNi_5 , calciumhydroxide en calciumhydride. Daaruit moeten het calciumhydroxide en calciumhydride worden verwijderd.

- 32 Leg uit hoe je dit zou kunnen doen. 2

De eenheidscel van LaNi_5 heeft de volgende vorm:



Hierin zijn de hoeken α en β gelijk aan 90° en is hoek γ gelijk aan 120° terwijl voor de ribben geldt $a = b = 511 \text{ pm}$ en $c = 397 \text{ pm}$.

De formule van de eenheidscel is LaNi_5 . Op de hoekpunten bevinden zich de lanthaanatomen (de zwarte bolletjes). In de volledige tekening van de eenheidscel van LaNi_5 moeten nog 9 nikkelatomen worden getekend.

- 33 Leg uit waar de nikkelatomen zich in de eenheidscel kunnen bevinden. 3

- 34 Bereken de dichtheid van LaNi_5 in kg m^{-3} . Voor deze berekening heb je het volume van de eenheidscel nodig; kun je die niet berekenen, neem dan $V_{\text{cel}} = 1,2 \cdot 10^{-28} \text{ m}^3$; dit is niet het juiste volume. 3

In de holtes tussen de atomen in het LaNi_5 rooster kunnen zich waterstofatomen nestelen. Wanneer alle holtes zijn voorzien van waterstofatomen, kan de LaNi_5 legering per cm^3 1244 keer zoveel waterstofatomen herbergen als aanwezig zijn in een cm^3 gasvormig waterstof bij 273 K en $p = p_0$.

- 35 Bereken hoeveel waterstofatomen maximaal in de holtes van een eenheidscel kunnen worden opgeslagen. Voor deze berekening heb je het volume van de eenheidscel nodig; kun je die niet berekenen, neem dan $V_{\text{cel}} = 1,2 \cdot 10^{-28} \text{ m}^3$; dit is niet het juiste volume. 5

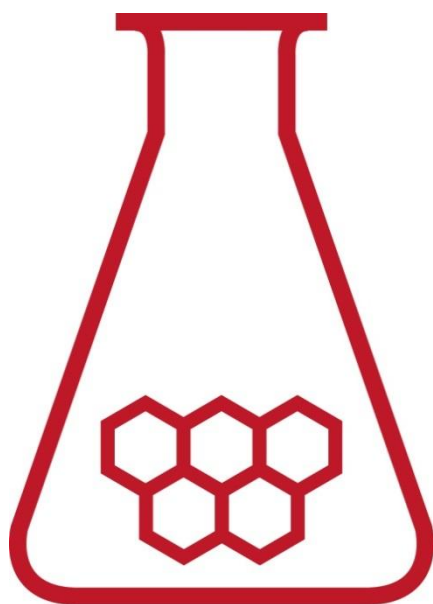
47^e Nationale Scheikundeolympiade

Universiteit Utrecht

PRACTICUMTOETS

opgavenboekje

dinsdag 9 juni 2026



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



**Universiteit
Utrecht**



58th International
Chemistry Olympiad
Uzbekistan 2026

De experimenten voor deze toets zijn voorbereid door:

Merel Lefferts

Mitchell Rikken

Bram Bemelmans

Sjoerd Verboom

Floris de Jong

De eindredactie was in handen van:

Kees Beers en Dick Hennink

Het NSO comité:

Marijn Jonker en Emiel de Kleijn

Aanwijzingen/hulpmiddelen

- Deze practicumtoets bestaat uit twee onderdelen:
 - De synthese van de ester 1-pentylpropanoaat.
 - De bepaling van het gehalte azijnzuur in azijn met behulp van een titratiecurve.
- Na vier uur eindigt de practicumtoets. Binnen deze tijd moeten:
 - de bijgevoegde antwoordbladen zijn ingevuld;
 - alle vragen zijn beantwoord.
- Na afloop van de practicumtoets, als je alles hebt ingeleverd, moet het glaswerk nog worden schoongemaakt en in de bakken voor gebruikt glaswerk worden geplaatst.
- De maximumscore voor de practicumtoets bedraagt 80 punten.
- De score wordt bepaald door:
 - praktische vaardigheid, netheid, veiligheid maximaal 20 punten
 - resultaten van de bepalingen en beantwoording van de vragen maximaal 60 punten
- Benodigde hulpmiddelen: (grafische) rekenmachine, lineaal/geodriehoek en Binas of ScienceData.
- Lees eerst de inleiding en alle opdrachten door en begin daarna pas met de uitvoering.
- Noteer de antwoorden op de vragen in de boxen op de antwoordbladen. Als je niet genoeg ruimte hebt, mag je extra papier vragen.

Extra:

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

Volgorde van de experimenten

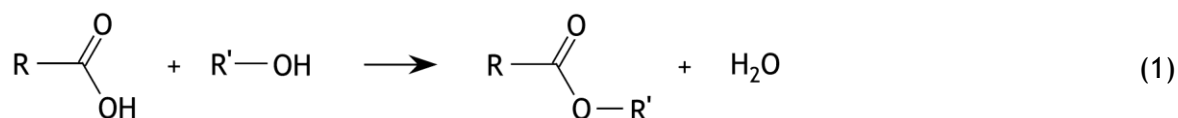
Deze toets bestaat uit twee experimenten.

Begin met **Experiment 1** (het synthetiseren van een ester).

Tijdens de uitvoering van dit experiment moet het reactiemengsel 1,5 uur koken. Gebruik deze tijd om **Experiment 2** (de bepaling van de titratiecurve) uit te voeren en de vragen daarbij te beantwoorden.

Inleiding

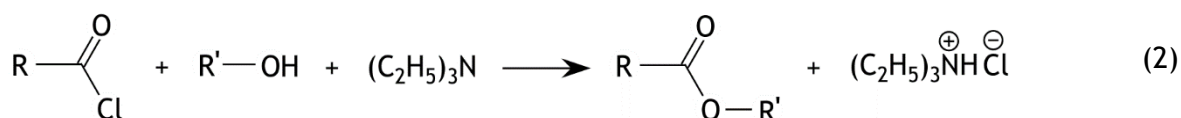
Esters zijn organische stoffen waarvan de moleculen een $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ | \\ \text{O}- \end{array}$ groep bevatten. Esters kunnen gezien worden als het product van een reactie tussen een carbonzuur en een alcohol:



In het dagelijks leven komen we zowel natuurlijke als gesynthetiseerde esters overal tegen. Zo zijn esters bijvoorbeeld verantwoordelijk voor de geur van vruchten en bloemen, zijn vetten en oliën esters van glycerol en vetzuren, en is de esterverbinding regelmatig aanwezig in medicijnen.

Esters kunnen dus gesynthetiseerd worden door een reactie van een carbonzuur en een alcohol (1). Deze reacties zijn echter inefficiënt en hebben een lage opbrengst. Een efficiëntere manier om esters te maken is door een reactie van een alcohol met een zuurchloride, wat veel reactiever is dan een carbonzuur. Hierbij moet er voor worden gezorgd dat het zuurchloride vóór de reactie niet met water in aanraking komt, omdat het dan onmiddellijk heftig reageert onder vorming van het overeenkomstige carbonzuur en waterstofchloride.

Bij zo'n verestering wordt vaak een organische base zoals triethylamine gebruikt. Dit dient als katalysator, maar ook om het H^+ te binden dat bij de reactie vrijkomt. Er ontstaat dan triethylammoniumchloride, dat zich als een vaste stof in het reactiemengsel afscheidt:



In dit experiment ga je deze reactie gebruiken om 1-pentylpropanoaat te synthetiseren. Je gaat van een stinkend mengsel met triethylamine naar een lekker fruitige ester!

De beginstoffen voor de synthese zijn pentaan-1-ol, propanoylchloride en triethylamine. Van beide laatstgenoemde stoffen wordt een kleine overmaat gebruikt.

Chemicaliën

- triethylamine
- diethylether (hierna verder voor het gemak ether genoemd)
- pentaan-1-ol
- propanoylchloride
- demiwater
- 2 M zwavelzuur
- 1 M Na_2CO_3 oplossing
- MgSO_4 poeder
- CaCl_2 korrels

Veiligheidsinformatie en gegevens over de chemicaliën

- draag een veiligheidsbril
- wanneer je huid in contact komt met één van de chemicaliën, spoel het dan onmiddellijk af

<u>Triethylamine</u>  ▪ Formule: $\text{C}_6\text{H}_{15}\text{N}$ ▪ $M = 101,191 \text{ g mol}^{-1}$ ▪ $\rho = 0,726 \text{ g mL}^{-1}$ ▪ H301+H311+H331 H314, H335. ▪ P280, P303+P361+P353, P304+P340+P310 P305+P351+P338.	<u>Diethylether (Ethoxyethaan)</u>  ▪ Formule: $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ ▪ $M = 74,12 \text{ g mol}^{-1}$ ▪ $\rho = 0,713 \text{ g mL}^{-1}$ ▪ H224, H336 ▪ P210, P243, P261 ▪ P303+P361+P353 P304+P340 P312
<u>Zwavelzuuroplossing 2 M</u>  ▪ Formule: H_2SO_4 oplossing ▪ H290, H314 ▪ P280, P301+P330+P331+P310 P303+P361+P353, P310, P305+P351+P338.	<u>Calciumchloride korrels</u>  ▪ Formule: CaCl_2 ▪ $M = 111 \text{ g mol}^{-1}$ ▪ H319 ▪ P280 P305+P351+P338 P337+P313

<u>Propanoylchloride</u>  - Formule: C_3H_5ClO $M = 92,53 \text{ g mol}^{-1}$ $\rho = 1,06 \text{ g mL}^{-1}$ - H331, H314, H302, H225 - P305+P351+P338 - P303+P361+P353 - P280, P210	<u>Pentaan-1-ol</u>  - Formule: $C_5H_{12}O$ $M = 88,15 \text{ g mol}^{-1}$ $\rho = 0,814 \text{ g mL}^{-1}$ - H226, H315, H332, H335 - P210, P260 - P302+P352, P312
<u>1-Pentylpropanoaat</u>  - Formule: $C_8H_{16}O_2$ $M = 144,2 \text{ g mol}^{-1}$ $\rho = 0,873 \text{ g mL}^{-1}$ - H226 - P210, - P370+P378	

Materialen

Je vindt het benodigde materiaal in de bak met schoon glaswerk in je eigen straatje. Andere materialen vind je langs de randen van de labzaal.

Protocol

Lees eerst het volledige protocol voor je begint!

1. Bereid een droge reflux-opstelling voor. Dit is een reflux-opstelling met een calciumchloride-buisje bovenop de bolkoeler. We hebben het calciumchloride-buisje al voor je gevuld. Gebruik een 250 mL driehalskolf.
2. Plaats een druppeltrechter op één van de “zij-halzen” van de driehalskolf. Zorg ervoor dat het kraantje dicht is.
3. Gebruik een maatcilinder (en eventueel een trechter) om ongeveer 21,7 mL pentaan-1-ol en ongeveer 33,7 mL triethylamine af te meten. Noteer de afgemeten volumes in het juiste aantal decimalen.
4. Breng de alcohol en de triethylamine over in de driehalskolf van je reflux-opstelling. Spoel de maatcilinder, waarmee je de alcohol hebt afgemeten, na met twee keer 5 mL diethylether (hierna gewoon ether genoemd).
5. Voeg ongeveer 25 mL droge ether en een roerboon toe.
6. Gebruik een pan met ijs en een beetje water om het reactiemengsel te koelen.
7. Zet de roermotor aan.
8. Laat je opstelling controleren door een begeleider.
9. Gebruik een schone en droge maatcilinder om ongeveer 19,2 mL van het zuurchloride af te meten. Noteer het afgemeten volume in het juiste aantal decimalen.
10. Breng het zuurchloride over in de druppeltrechter. Zorg ervoor dat het zuurchloride niet al per ongeluk in het reactiemengsel terecht kan komen.
11. Voeg het zuurchloride langzaam, druppelsgewijs, toe aan het reactiemengsel. De reactie moet onder controle blijven.
12. Wanneer alle zuurchloride toegevoegd is, kan het ijsbad verwijderd worden.
13. Plaats een verwarmingsmantel onder de opstelling, zet de verwarming aan en laat het reactiemengsel 1,5 uur refluxen. (Het is soms moeilijk te zien of het kookt, dat geeft niet).

Voer nu **Experiment 2** uit.

Nadat je **Experiment 2** hebt uitgevoerd, voer je de rest van **Experiment 1** uit.

14. Zet na 1,5 uur refluxen de verwarming uit, draai de lablift met de verwarmingsmantel omlaag en laat de kolf met het reactiemengsel ongeveer 10 minuten afkoelen.
15. Voeg ongeveer 40 mL demiwater toe aan het reactiemengsel.
16. Zorg ervoor dat zoveel mogelijk materiaal in oplossing komt. Zwenk eventueel voorzichtig.
17. Breng het reactiemengsel over in een scheitrechter.
18. Verwijder de waterlaag.
19. Was de etherlaag door 15 mL 2 M zwavelzuur aan de etherlaag toe te voegen, schud het mengsel (vergeet niet te ontluchten), en verwijder vervolgens de waterlaag.
20. Was de etherlaag door 10 mL water aan de etherlaag toe te voegen, schud het mengsel (vergeet niet te ontluchten), en verwijder vervolgens de waterlaag.
21. Was de etherlaag door 15 mL 1 M Na_2CO_3 oplossing aan de etherlaag toe te voegen, schud het mengsel (vergeet niet te ontluchten, dat is bij deze stap extra belangrijk!), en verwijder vervolgens de waterlaag.
22. Was de etherlaag nogmaals door 10 mL water aan de etherlaag toe te voegen, schud het mengsel (vergeet niet te ontluchten), en verwijder vervolgens de waterlaag.
23. Breng de etherlaag over in een erlenmeyer.

24. Voeg een paar kleine schepjes droog MgSO_4 toe, tot je een fijn poeder ziet als je de erlenmeyer zwenkt.
25. Weeg een 100 mL rondbodemkolf. Noteer de massa.
26. Stop wat katoenen watten boven in de hals van een trechter en filtreer het mengsel hierdoor. Vang het filtraat op in de gewogen rondbodemkolf.
27. Gebruik een rotavap om de ether te verdampen. Houd het waterbad op $\leq 20^\circ\text{C}$.
28. Weeg de kolf met je ester. Noteer de massa.
29. Breng met een pasteurpipet 1 druppel van je ester over in een NMR-buisje. Sluit het NMR-buisje met een dopje en gebruik een “vlaggetje” om het buisje te labelen.
30. Lever het NMR-buisje met label in. Na afloop van de practicumtoets wordt dit gebruikt om een NMR-spectrum op te nemen, om de zuiverheid van je product te bepalen. Je hoeft niet te wachten op het resultaat.
31. Breng de rest van je ester over in een 20 mL telflesje. Sluit het flesje en schrijf je zuurkastnummer met watervaste stift op het flesje.
32. Lever het telflesje ook in.

Vragen - noteer de antwoorden op de antwoordbladen

- 1 Geef de naam (namen) van de stof(fen) die uit het reactiemengsel worden verwijderd bij het toevoegen van water (stap 15). 3
 - 2 Wat is het nut van het wassen met zwavelzuur (stap 19)? 1
 - 3 Wat is het nut van het toevoegen van magnesiumsulfaat (stap 24)? 1
 - 4 Noteer:
 - het aantal mL alcohol dat je hebt gebruikt
 - het aantal mL triethylamine dat je hebt gebruikt
 - het aantal mL zuurchloride dat je hebt gebruikt2
 - 5 Bereken hoeveel gram ester maximaal kan ontstaan bij de synthese bij 100% omzetting. 4
 - 6 Noteer:
 - de massa van de lege rondbodemkolf
 - de massa van de rondbodemkolf met je ester3
 - 7 Bereken de opbrengst van de estersynthese. Geef je antwoord zowel in gram als in een percentage van de maximale opbrengst bij 100% omzetting. 2
- Het triethylamine dat bij de reactie wordt gebruikt, dient als katalysator, maar ook als base om het H^+ dat wordt afgesplitst te binden; daarom wordt geen katalytische hoeveelheid triethylamine gebruikt.
- 8 Geef een mogelijk mechanisme voor de werking van het triethylamine.
- Noteer het zuurchloride als $\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{Cl}}{\text{C}}}$, de alcohol als $\text{R}'-\text{OH}$ en het triethylamine als $\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$. Teken hierin de niet-bindende elektronenparen en geef met kromme pijlen ($\curvearrowright$) aan hoe elektronenparen zich verplaatsen. 4

Experiment 2 De bepaling van het gehalte azijnzuur in azijn met behulp van een titratiecurve. 40 punten

Inleiding

Tijdens een zuur-base titratie verandert de pH van de oplossing die wordt getitreerd. Wordt een (zwak) zuur getitreerd met natronloog, dan stijgt de pH eerst langzaam, daarna sterk en tenslotte weer langzaam. Het pH verloop tijdens een titratie kan worden gemeten met een pH meter en in een diagram uitgezet. Zo wordt een titratiecurve verkregen.

In dit experiment wordt de titratiecurve voor de titratie van een oplossing van azijnzuur bepaald en aan de hand daarvan wordt gecontroleerd of de gebruikte azijn aan de eisen van de Warenwet voldoet.

Chemicaliën

- azijn; dichtheid $1,005 \text{ g mL}^{-1}$
- demiwater
- 0,1 M natronloog (de exacte molariteit wordt vermeld)

Veiligheid

- draag een veiligheidsbril
- wanneer je huid in contact komt met één van de chemicaliën, spoel het dan onmiddellijk af

<u>Natronloog 0,1 M</u>	<u>Azijnzuuroplossing <10%</u>
	
▪ Formule: NaOH oplossing ▪ H290 ▪ P234, P390	▪ Formule: $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ ▪ H226, H 314, H318

Materialen

Je vindt het benodigde glaswerk in de bak met schoon glaswerk in je eigen straatje. Andere materialen vind je langs de randen van de labzaal.

Protocol

Lees het volledige protocol voor je begint!

1. Pipetteer 5,00 mL azijn in een bekersglas.
2. Voeg met een volpipet 20,00 mL water toe.
3. Gebruik een roerboon om het mengsel rustig te roeren tijdens de titratie.
4. Haal de dop van de pH-elektrode. Let op: ga er voorzichtig mee om, de elektrode is een kwetsbaar instrument.
5. Spoel de elektrode voorzichtig boven een groot bekersglas met demiwater af en dep de elektrode met een zachte tissue om het water te verwijderen. Raak de elektrode niet met je vingers aan!
6. Steek de elektrode in de oplossing en druk op de “read” knop om de pH te meten. Zorg dat de roerboon niet tegen de elektrode komt!
7. Als de pH-waarde stabiel is en niet meer knippert, noteer je deze op het antwoordblad. En haal je de elektrode uit de oplossing.
8. Titreer de azijnoplossing door steeds een beetje natronloog toe te voegen en na iedere toevoeging te pH te meten en op het antwoordblad te noteren. Noteer ook steeds hoeveel natronloog je hebt toegevoegd. Spoel en dep de elektrode tussen iedere meting. Zorg ervoor dat je voldoende meetpunten hebt om de gehele titratiecurve te kunnen construeren. Stop wanneer de pH van de oplossing ongeveer 12,5 is. In de buurt van het equivalentiepunt verandert de pH zeer snel!
9. Herhaal stap 1 t/m 8. Gebruik je ervaring van de eerste metingen om slimme stapgroottes te kiezen voor het toevoegen van natronloog, zodat je de interessante pH-gebieden goed in beeld brengt maar niet onnodig veel metingen doet in de minder interessante pH-gebieden.

Vragen: noteer de antwoorden op de antwoordbladen.

- 9 Noteer de exacte molariteit van de natronloog die je hebt gebruikt. 2
- 10 Noteer alle pH-waardes in de tabellen op je antwoordblad en de bijbehorende hoeveelheid toegevoegde natronloog. Je hoeft niet alle regels in de tabellen te gebruiken. 2
- 11 Zet de meetresultaten van beide bepalingen uit op millimeterpapier om voor iedere bepaling een titratiecurve van azijnzuur te krijgen. 10
- 12 Ga met behulp van een berekening na of het gehalte azijnzuur in de gebruikte azijn aan de eis van de Warenwet (tenminste 4 massaprocent) voldoet. Gebruik hiervoor de titratiecurve van de meest betrouwbare bepaling. 10
- 13 In punt 2 heb je met een volpipet 20,00 mL water toegevoegd. Had je hier ook een maatcilinder voor kunnen gebruiken? Geef een verklaring voor je antwoord. 2
- Je kunt ook het pH verloop van een zuur-base titratie berekenen. Bijvoorbeeld voor de titratie van 10 mL 0,10 M azijnzuur met 0,10 M natronloog.
- 14 Bereken voor deze titratie de pH op de volgende momenten: 6
- wanneer 5,0 mL natronloog is toegevoegd;
 - in het equivalentiepunt.

Naam: _____

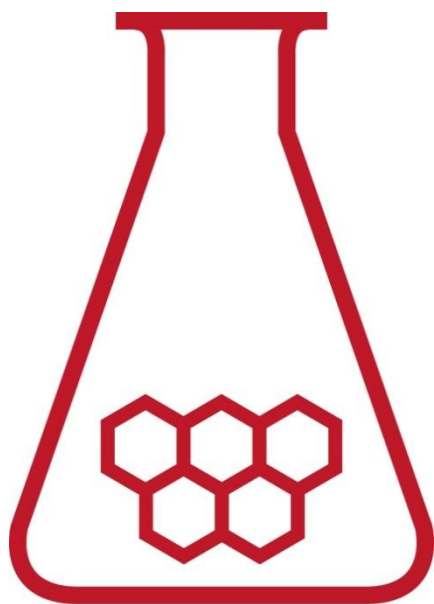
47^e Nationale Scheikundeolympiade

Universiteit Utrecht

PRACTICUMTOETS

antwoordbladen

dinsdag 9 juni 2026



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



**Universiteit
Utrecht**



58th International
Chemistry Olympiad
Uzbekistan 2026

Naam:

Antwoordbladen practicumtoets

Experiment 1

Vraag 1

Vraag 2

Vraag 3

Vraag 4

aantal mL alcohol

aantal mL triethylamine

aantal mL zuurchloride

Naam:

Vraag 5

Vraag 6

massa van de lege rondbodemkolf	
massa van de rondbodemkolf met ester	

Vraag 7

Naam:

Vraag 8

Experiment 2

molariteit natronloog:

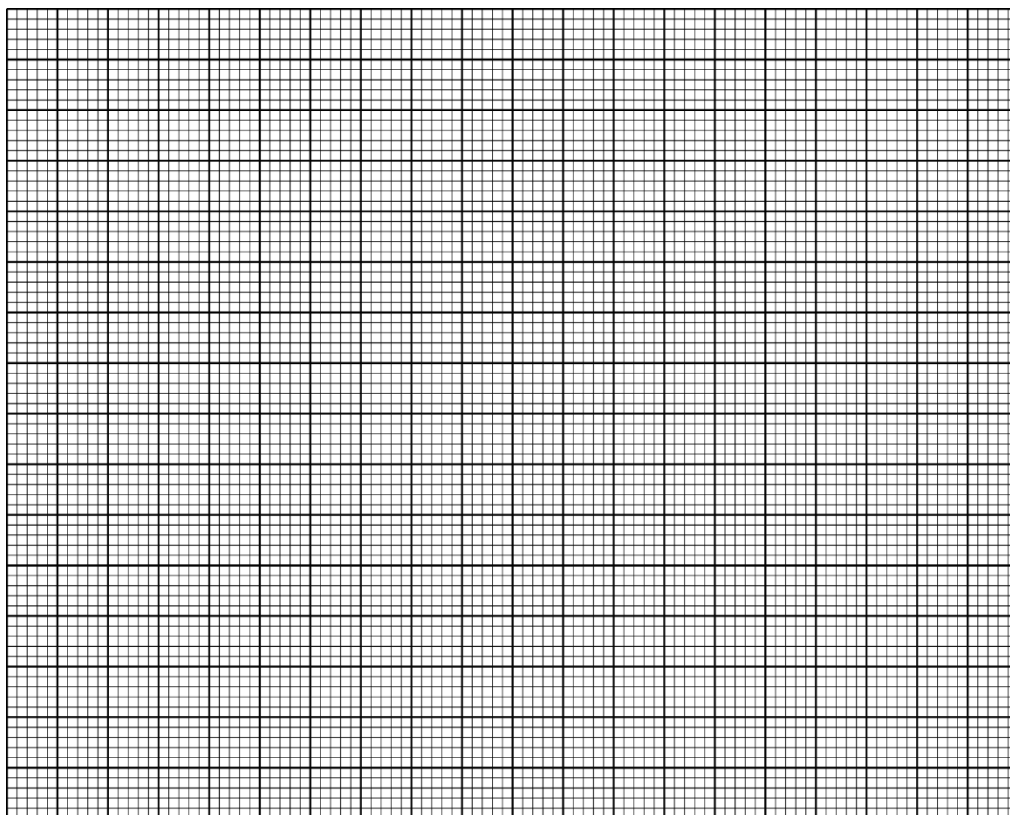
[illegible]

[illegible]

Naam:

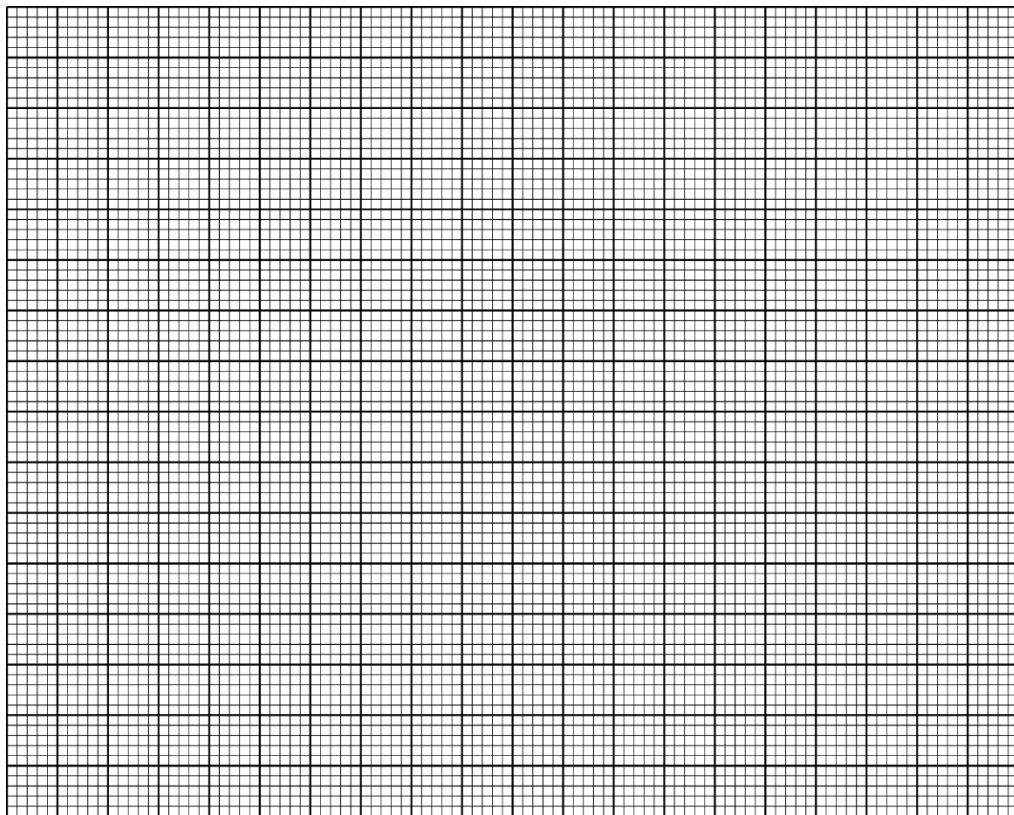
Vraag 11

eerste titratie



Naam:

tweede titratie



Naam:

Vraag 12

Vraag 13

Naam: _____

Vraag 14

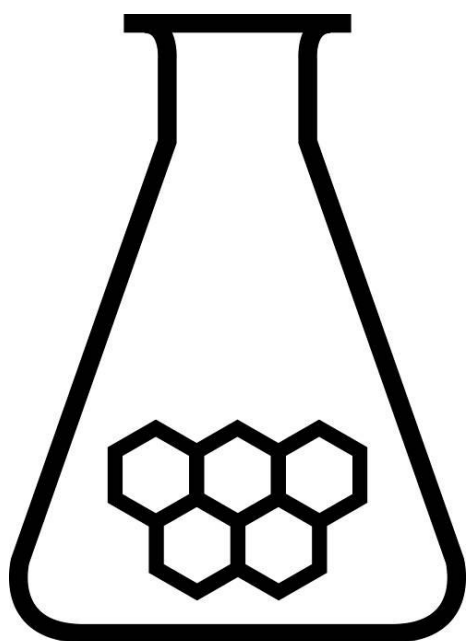
berekening van de pH na toevoegen van 5,0 mL natronloog

berekening van de pH in het equivalentiepunt

NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2026

CORRECTIEMODEL VOORRONDE 1

af te nemen in de periode van
12 tot en met 30 januari 2026



SCHEIKUNDE OLYMPIADE



**Universiteit
Utrecht**

- Deze voorronde bestaat uit 25 meerkeuzevragen verdeeld over 9 onderwerpen en 2 opgaven met in totaal 8 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 73 punten.
- De voorronde duurt 2 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 7^e druk of ScienceData 1^e 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 $p = p_0$.

Opgave 1 Meerkeuzevragen

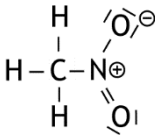
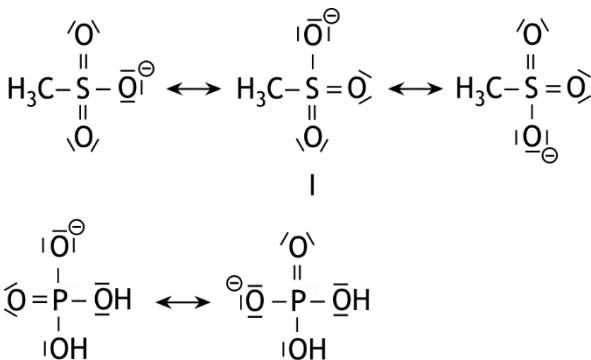
totaal 50 punten

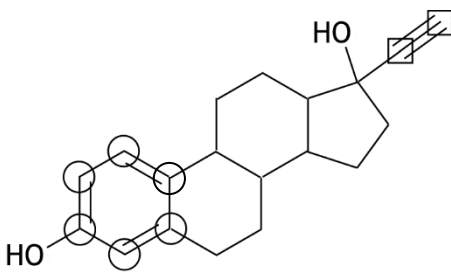
per juist antwoord: 2 punten

Kort overzicht

nr.	antwoord
1	D
2	D
3	D
4	D
5	A
6	C
7	C
8	E
9	D
10	C
11	D
12	B
13	A
14	C
15	E
16	D
17	C
18	B
19	D
20	B
21	A
22	A
23	D
24	C
25	D

		Koolstofchemie
1	D	Hieronder staan alle producten. De C atomen aangegeven met * zijn asymmetrisch. Van die verbindingen bestaan dus twee stereo-isomeren. $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 - \text{CH}^* - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \\ \text{Br} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \\ \text{Br} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}^* - \text{CH}_3 \\ \\ \text{Br} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \\ \\ \text{Br} \end{array}$
2	D	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{SH} \end{array}$ <i>cis en trans</i> $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{CH}_2 - \text{SH} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_3 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{SH} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{S} \\ // \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} \\ \\ \text{H} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} \\ \\ \text{S} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{S} - \text{CH}_3 \end{array}$
3	D	Zie hieronder. $\begin{array}{ccccccc} & \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 \\ & & & & & & & \\ \sim \text{CH}_2 - & \text{CH} - \text{CH}_2 - & \text{CH}_2 - \text{CH} - & \text{CH} - \text{CH} - & \text{CH}_2 - \text{CH} & \sim & & \\ & & & & & & & \\ & & & \text{CH}_3 & & & & \end{array}$ $\begin{array}{cccc} \text{CH}_3 & \text{CH}_3 & \text{CH}_3 & \text{CH}_3 \\ & & & \\ \text{CH} = \text{CH}_2 & \text{CH}_2 = \text{CH} & \text{CH} = \text{CH} & \text{CH}_2 = \text{CH} \\ & & & \\ & & \text{CH}_3 & \end{array}$ propeen propenen but-2-enen propenen
4	D	De repeterende eenheid is $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ met een molaire massa van $162,14 \text{ g mol}^{-1}$. $\text{polymerisatiegraad} = \frac{3,29 \cdot 10^5 - 18,015}{162,14} = 2,03 \cdot 10^3$
		Thermochemie
5	A	Het energieniveau van het reactieproduct is lager dan dat van de beginstoffen. De reactie is dus exotherm. Een katalysator verlaagt alleen het energieniveau van de geactiveerde toestand.

		Reactiesnelheid en evenwicht
6	C	Voor de reactie naar rechts is de reactiewarmte: I: $(2 \times -0,332 \cdot 10^5) + 0,111 \cdot 10^5 = -0,553 \cdot 10^5$ J per 2 mol NO_2 II: $0 + (2 \times 1,43 \cdot 10^5) = 2,86 \cdot 10^5$ J per 3 mol O_2 Bij toenemende temperatuur is de endotherme reactie tijdelijk in het voordeel. Reactie I verschuift dus naar links en reactie II verschuift naar rechts.
7	C	$3,5 \cdot 10^{-4} \times \frac{3}{2} = 5,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol s}^{-1}$
8	E	Bij volumevergroting is de reactie naar de kant met de meeste gasdeeltjes in het voordeel. Hier is dat naar rechts. Voor dit evenwicht geldt: $[\text{CO}_2] = K$. Dus de concentratie van CO_2 blijft gelijk.
		Structuren en formules
9	D	De aanwezige ionen zijn Na^+, Mg^{2+} en SO_4^{2-}. Bij de molverhouding 2 : 2 : 3 van deze ionen is de totale lading nul en de molverhouding $\text{Na}^+ : \text{Mg}^{2+}$ gelijk aan 1 : 1.
10	C	 Eventueel ook uit te rekenen: $4 + 3 \times 1 + 5 + 2 \times 6 = 24$ valentie-elektronen, dus 12 elektronenparen. $\frac{4 \times 8 + 3 \times 2 - 24}{2} = 7$ bindende elektronenparen. dus $12 - 7 = 5$ niet-bindende elektronenparen.
11	D	 II

12	B	 omringingsgetal 2: ☐ omringingsgetal 3: ☐																
		pH en zuur-base																
13	A	$\text{HClO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{ClO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_z \times \frac{\text{aantal mol HClO}}{\text{aantal mol ClO}^-} = K_z \times \frac{\text{aantal mol HClO}}{\text{aantal mol NaClO}}$$10^{-7,83} = 10^{-7,40} \times \frac{\text{aantal mol HClO}}{\text{aantal mol NaClO}}$$\frac{\text{aantal mol HClO}}{\text{aantal mol NaClO}} = \frac{10^{-7,83}}{10^{-7,40}}$$\frac{\text{aantal g HClO}}{\text{aantal g NaClO}} = \frac{10^{-7,83} \times 52,46}{10^{-7,40} \times 74,44} = \frac{1,0}{3,8}$																
14	C	De vorming van H_3O^+ zorgt voor de pH verlaging. Het zijn allemaal zwakke zuren en HIO_3 heeft de hoogste K_z waarde. HIO_3 is het sterkste zwakke zuur en van dit zuur is het kleinst aantal mol nodig om een pH van 2,5 te verkrijgen.																
15	E	$\text{HZ} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Z}^-$ Als in een 0,1200 M HZ oplossing 2,3% van het zuur geïoniseerd is, dan is $[\text{Z}^-]_{\text{evenwicht}} = 0,023 \times 0,1200 = 0,00276$ M. <table><tr><td></td><td>[HZ]</td><td>[Z⁻]</td><td>[H₃O⁺]</td></tr><tr><td>begin</td><td>0,1200</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>omzetting</td><td>− 0,00276</td><td>+ 0,00276</td><td>+ 0,00276</td></tr><tr><td>evenwicht</td><td>0,1172</td><td>0,00276</td><td>0,00276</td></tr></table>$K_z = \frac{0,00276 \times 0,00276}{0,1172} = 6,5 \cdot 10^{-5}$		[HZ]	[Z ⁻]	[H ₃ O ⁺]	begin	0,1200	0	0	omzetting	− 0,00276	+ 0,00276	+ 0,00276	evenwicht	0,1172	0,00276	0,00276
	[HZ]	[Z ⁻]	[H ₃ O ⁺]															
begin	0,1200	0	0															
omzetting	− 0,00276	+ 0,00276	+ 0,00276															
evenwicht	0,1172	0,00276	0,00276															
		Redox en elektrochemie																
16	D	$\begin{array}{lcl} \text{NO}_3^- + 4 \text{H}^+ + 3 \text{e}^- & \rightarrow & \text{NO} + 2 \text{H}_2\text{O} & (\times 2) \\ \text{Cu} & \rightarrow & \text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- & (\times 3) + \\ \hline 3 \text{Cu} + 8 \text{H}^+ + 2 \text{NO}_3^- & \rightarrow & 3 \text{Cu}^{2+} + 2 \text{NO} + 4 \text{H}_2\text{O} \end{array}$																

17	C	$\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Zn}$ $\frac{5,0}{65,38} = 0,0765 \text{ mol Zn}$ $2 \times 0,0765 = 0,153 \text{ mol e}^{-}$ $0,153 \times 96485 = 14758 \text{ C}$ $\frac{14758}{3,5} = 4,2 \cdot 10^3 \text{ s}$
		Analyse
18	B	Als een bariumnitraat-oplossing aan een natriumsulfiet-oplossing wordt toegevoegd, ontstaat er een troebel mengsel omdat bariumsulfiet een slecht oplosbaar zout is. Als een bariumnitraat-oplossing aan een kaliummethanoaat-oplossing wordt toegevoegd ontstaat er een helder mengsel.
19	D	Fragmentatie van de moleculen Br_2 levert Br^{+} ionen op met $m/z = 79$ en $m/z = 81$. Er zijn ook drie molecuulionpieken met $m/z = 158$, $m/z = 160$ en $m/z = 162$.
20	B	Er wordt $25,00 \times 0,100 = 0,250 \text{ mmol Ag}^{+}$ toegevoegd. Hiervan heeft $0,250 - 7,69 \times 0,0108 = 0,167 \text{ mmol}$ gereageerd, met evenveel theobromine. Het massapercentage theobromine is dus: $\frac{0,167 \cdot 10^{-3} \times 180,2}{2,95} \times 100\% = 1,02\%.$
		Rekenen
21	A	CO_2 en H_2O hebben beide hetzelfde molair volume dus de molverhouding $\text{CO}_2 : \text{H}_2\text{O}$ is gelijk aan de volumeverhouding en is dus 8 : 12. De verhouding C : H is dan $8 : 24 = 1 : 3$ zoals in C_2H_6.
22	A	$\frac{47,0}{63,55} = 0,7396 \text{ mol Cu}$ Dat komt uit $\frac{0,7396}{2} = 0,3698 \text{ mol malachiet}$. Dat is $0,3698 \times 221,1 = 81,76 \text{ g malachiet}$. Het massapercentage malachiet in het ertsmonster is $\frac{81,76}{1000} \times 100\% = 8,18\%$.
23	D	1,00 L 0,100 M CuSO_4 oplossing bevat 0,100 mol CuSO_4. $\frac{0,100}{0,327} \times 1000 = 306 \text{ mL}$
24	C	$\frac{486}{108,02} = 4,50 \text{ mol N}_2\text{O}_5.$ Dat zijn $4,50 \times 2 \times 6,02 \cdot 10^{23} = 5,42 \cdot 10^{24}$ stikstofatomen.

		Groene chemie
25	D	Voor de E-factor geldt: $E\text{-factor} = \frac{m_{\text{beginstoffen}} - m_{\text{werkelijke opbrengst product}}}{m_{\text{werkelijke opbrengst product}}}$ Bij een hoger rendement is de $m_{\text{werkelijke opbrengst product}}$ hoger en bij een hogere atomeconomie is $m_{\text{werkelijke opbrengst product}}$ ook hoger. Dat levert beide een lagere E-factor.

Open vragen

totaal 23 punten

■ Opgave 2 Pils

9 punten

□1 **Maximumscore 2**

CO₂ in een oplossing is zuur / vormt H₂CO₃. Dit zuur zorgt ervoor dat de hoeveelheid van de natronloog / base, nodig om het eindpunt te bereiken, hoger wordt. Dit leidt tot de conclusie dat de hoeveelheid zuur groter is dan werkelijk en dus tot een te hoge waarde voor de totale hoeveelheid aanwezige organische zuren.

- CO₂ / H₂CO₃ reageert met OH⁻ 1
- consequente conclusie 1

□2 **Maximumscore 2**

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\frac{0,433 \times 2 + 0,545 + 1,099 + 0,466 + 0,562 \times 3 + 0,415 \times 2 + 0,362 \times 2}{3,882} = 1,601$$

- juiste verwerking van het aantal zuurgroepen per molecuul 1
- rest van de afleiding 1

□3 **Maximumscore 5**

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$3,14 \times 0,0560 \times \frac{330}{25,00} - 3,882 \times 1,601 \times \frac{330}{1000} = 0,27 \text{ (mmol)}$$

of in stappen:

3,14 mL 0,056 M natronloog bevat $3,14 \times 0,0560 = 0,176$ mmol OH⁻.

Dit reageert met 0,176 mmol COOH groepen in 25,00 mL CO₂-vrije pils.

In een flesje pils zit in totaal $3,14 \times 0,0560 \times \frac{330}{25,00} = 2,32$ mmol COOH groepen.

Per liter pils is 3,882 mmol van de organische zuren vermeld in tabel 1 aanwezig.

Hiermee reageert $3,882 \times 1,601 = 6,215$ mmol OH⁻.

Dit betekent dat er 6,215 mmol COOH groepen afkomstig zijn van de organische zuren vermeld in tabel 1 per liter pils.

In een flesje pils zit $3,882 \times 1,601 \times \frac{330}{1000} = 2,05$ mmol COOH groepen afkomstig van de organische zuren vermeld in tabel 1.

Het aantal extra-COOH groepen per flesje van de onderzochte pils is

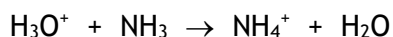
$$3,14 \times 0,0560 \times \frac{330}{25,00} - 3,882 \times 1,601 \times \frac{330}{1000} = 0,27 \text{ mmol.}$$

- berekening van het aantal (m)mol gebruikt OH⁻ 1
- omrekening naar het totaal aantal (m)mol COOH groepen per flesje van de onderzochte pils 1
- berekening van het aantal (m)mol COOH groepen afkomstig van de organische zuren vermeld in tabel 1 per liter onderzochte pils 1
- omrekening naar het aantal (m)mol COOH groepen afkomstig van de organische zuren vermeld in tabel 1 in het onderzochte flesje pils 1
- berekening van het aantal mmol extra COOH groepen per flesje van de onderzochte pils 1

Opgave 3 Ramp in Beiroet

14 punten

□4 **Maximumscore 2**



Om hieruit ammoniumnitraat te verkrijgen, kan het water worden verwijderd door de oplossing in te dampen.

- zuur-base reactie 1
- indampen 1

Opmerkingen

- Wanneer bij de zuur-base reactie $\text{H}^+ + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4^+$ is gegeven, dit goed rekenen.
- Wanneer destilleren of kristalliseren als scheidingsmethode wordt genoemd, dit goed rekenen.

□5 **Maximumscore 2**

Ionbindingen (tussen de NH_4^+ en NO_3^- ionen) en covalente bindingen / atoombindingen (tussen de atomen in de ionen).

- ionbinding 1
- covalente binding / atoombinding 1

□6 **Maximumscore 4**

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$2750 \text{ ton NH}_4\text{NO}_3 \text{ komt overeen met } \frac{2750 \cdot 10^6}{80,043} = 3,436 \cdot 10^7 \text{ mol NH}_4\text{NO}_3.$$

$$\text{Dat levert } \frac{3,436 \cdot 10^7 \times 7}{2} = 1,202 \cdot 10^8 \text{ mol gas.}$$

$$\text{Dat heeft een volume van } \frac{1,202 \cdot 10^8 \times 82,1}{1000} = 9,87 \cdot 10^6 \text{ m}^3.$$

- berekening van het aantal mol NH_4NO_3 1
- berekening naar het aantal mol gas 1
- omrekening naar het aantal m^3 gas 1
- significantie 1

□7 **Maximumscore 3**

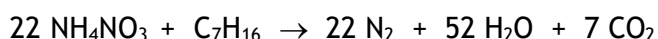
Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\Delta E = 4 \times E_v(\text{H}_2\text{O}(\text{g})) - 2 \times E_v(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 4 \times -2,42 \cdot 10^5 - 2 \times (-3,66 \cdot 10^5) = -2,36 \cdot 10^5 \text{ J per 2 mol NH}_4\text{NO}_3$$

$$\text{Dit komt overeen met } \frac{-2,36 \cdot 10^5}{2} = -1,18 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}.$$

- absolute waarden van de vormingswarmtes van alle stoffen 1
- verwerking van de coëfficiënten 1
- rest van de berekening 1

□8 **Maximumscore 3**

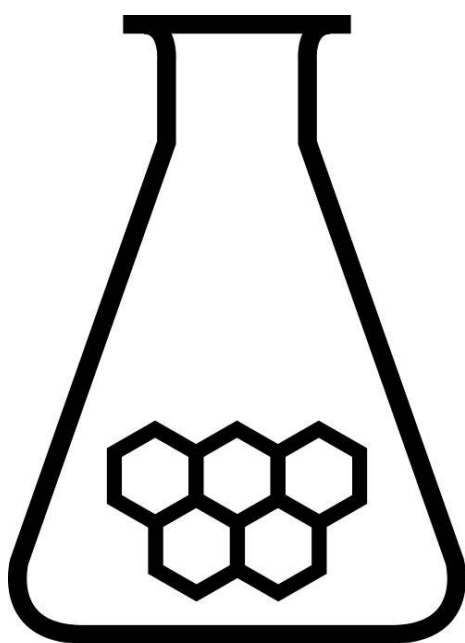


- juiste stoffen voor en na de pijl 1
- H en N balans juist bij uitsluitend juiste formules voor en na de pijl 1
- C en O balans juist bij uitsluitend juiste formules voor en na de pijl 1

NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2026

CORRECTIEMODEL VOORRONDE 2

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



SCHEIKUNDE OLYMPIADE



**Universiteit
Utrecht**

- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 8 onderwerpen en 3 opgaven met in totaal 13 open vragen.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 94 punten.
- 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.
- 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

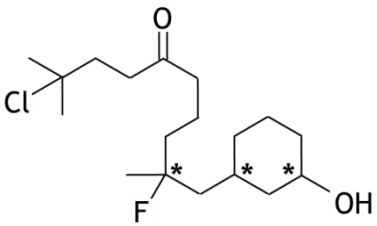
totaal 40 punten

per juist antwoord: 2 punten

Kort overzicht

nr.	antwoord
1	D
2	A
3	D
4	C
5	C
6	D
7	B
8	D
9	E
10	D
11	A
12	B
13	C
14	B
15	D
16	C
17	D
18	A
19	C
20	B

Koolstofchemie

1	D	 Het molecuul heeft drie asymmetrische C atomen. Er zijn dus $2^3 = 8$ stereo-isomeren.
2	A	500 mg polymelkzuur met $n = 12$ is $\frac{500}{12 \times 72,06 + 18,02} = 0,566$ mmol. In een molecuul polymelkzuur met $n = 12$ zitten 11 esterbindingen, dus in 0,566 mmol polymelkzuur met $n = 12$ zitten $11 \times 0,566 = 6,23$ mmol esterbindingen. Om die te verbreken is 6,23 mmol H_2O nodig.

Reactiesnelheid en evenwicht

3	D	De snelheid wordt bepaald door de langzame reactie: $s = k' [ICN][OH^-]$ De evenwichtsvoorwaarden van de bovenste twee evenwichten zijn: $K_1 = \frac{[HIO][OH^-]}{[IO^-]} \text{ en } K_2 = \frac{[ICN][OH^-]}{[CN^-][HIO]}$ Omschrijven levert: $K_2 [CN^-][HIO] = [ICN][OH^-] \text{ en } \frac{[IO^-]}{[OH^-]} K_1 = [HIO]$ Hieruit volgt: $s = k' K_2 [CN^-][HIO] = k' K_1 K_2 [CN^-] \frac{[IO^-]}{[OH^-]} = k \frac{[CN^-][IO^-]}{[OH^-]}$
4	C	Uit een vergelijking van experiment 1 en 4 volgt dat een 2x zo hoge hoeveelheid H_2O_2 leidt tot een 2x zo hoge s. Dus $a = 1$. Uit een vergelijking van experiment 1 en 3 volgt dat een 2x zo hoge hoeveelheid I^- leidt tot een 2x zo hoge s. Dus $b = 1$. Uit een vergelijking van experiment 1 en 2 volgt dat de hoeveelheid zoutzuur geen invloed heeft op de reactiesnelheid. Dus $c = 0$.
5	C	$k_{373} = 4 \times k_{323}$ $E_a = R \times \frac{T_1 \times T_2}{T_1 - T_2} \ln \frac{k_{T_1}}{k_{T_2}} = 8,314 \times \frac{373 \times 323}{373 - 323} \ln 4 = 2,78 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1}$

6	D	(bar) SO₂(g) + NO₂(g) $\rightleftharpoons$ SO₃(g) + NO(g) p_{begin} 0,60 0,60 0,60 0,60 omzetting – x – x + x + x $p_{\text{evenwicht}}$ 0,60 – x 0,60 – x 0,60 + x 0,60 + x $K_p = \frac{[0,60 + x]^2}{[0,60 - x]^2} = 3,75$. Hieruit volgt dat $x = 0,19$ bar. Dus $p_{\text{evenwicht}}(\text{SO}_2) = 0,60 - 0,19 = 0,41$ bar.
---	---	---

Structuren en formules

7	B	De elektronenconfiguratie van As met atoomnummer 33 is $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^3$. Een s orbitaal heeft geen elektronen met $m_l = 1$. Gevulde p orbitalen hebben 2 elektronen met een kwantumgetal $m_l = 1$. Gevulde d orbitalen hebben 2 elektronen met een kwantumgetal $m_l = 1$. De 4p orbitalen hebben 3 elektronen en volgens de regel van Hund zijn die gelijk verdeeld over de drie 4p orbitalen en bevatten dus 1 elektron met een kwantumgetal $m_l = 1$. In totaal bevat een As atoom dus 7 elektronen met een kwantumgetal $m_l = 1$.
8	D	Alle bindingen tussen atomen bevatten één σ-binding. Dubbele bindingen bevatten bovendien ook nog één π-binding. Er zijn in totaal dertien bindingen waarvan er twee een dubbele binding zijn. Er zijn dus dertien σ-bindingen en twee π-bindingen.
9	E	Het volume van de eenheidscel is $(4,08 \cdot 10^{-10})^3 \text{ m}^3$. Als n het aantal goudatomen in de eenheidscel is, is de massa van de eenheidscel $n \times 197,0 \times 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. De dichtheid is dus $\rho = \frac{n \times 197,0 \times 1,66 \cdot 10^{-27}}{(4,08 \cdot 10^{-10})^3} = 19,3 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$, dit levert $n = 4$ en dat komt overeen met een vlakgecentreerde kubus als eenheidscel.

pH / zuur-base

10	D	$\text{C}_3\text{H}_5\text{NH}_3^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_3\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{H}_3\text{O}^+$ 3,61 % 96,39 % $K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{C}_3\text{H}_5\text{NH}_2]}{[\text{C}_3\text{H}_5\text{NH}_3^+]} = \frac{10^{-11,12} \times 96,39}{3,61} = 2,03 \cdot 10^{-10}$ $\text{p}K_z = 9,69$
----	---	--

11	A	Zolang er HCOOH is geldt telkens $[\text{Na}^+] = [\text{HCOO}^-]$ aangezien voor ieder Na^+ ion dat wordt toegevoegd er een HCOOH molecuul wordt omgezet tot HCOO^- door de reactie met OH^-. Het equivalentiepunt wordt bereikt na het toevoegen van 27 mL natronloog wat betekent dat er bij 15,0 mL meer dan de helft van het HCOOH is omgezet tot HCOO^-.
----	---	---

Redox en elektrochemie

12	B	De vergelijking van Nernst voor het koppel $\text{Mn}^{2+}/\text{MnO}_4^-$, H^+ luidt $E = E^0 + \frac{0,059}{5} \log \frac{[\text{MnO}_4^-] \times [\text{H}^+]^8}{[\text{Mn}^{2+}]} = 1,51 + \frac{0,059}{5} \log \frac{0,0100 \times (0,200)^8}{0,0200} = 1,44 \text{ V}$
13	C	De halfreacties tijdens het opladen van de loodaccu zijn: minpool : $\text{PbSO}_4(\text{s}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Pb}(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ pluspool : $\text{PbSO}_4(\text{s}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{PbO}_2(\text{s}) + 4 \text{H}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 2 \text{e}^-$
14	B	De lading van Cu verandert van 1+ naar 2+ in reactie 2. De lading van Cu blijft 2+ in reactie 3. De lading van Cu blijft 2+ in reactie 4.

Analyse

15	D	In spectrum 1 is bij 1715 cm^{-1} een sterke C = O strekvibratie van een keton zichtbaar die hoort bij stof II. In spectrum 2 is bij $3200 - 3500 \text{ cm}^{-1}$ een sterke en brede O – H strekvibratie zichtbaar die hoort bij stof III.
----	---	--

Rekenen

16	C	1,831 g CO_2 komt overeen met $\frac{1,831}{44,01} = 4,160 \cdot 10^{-2} \text{ mol CO}_2$ en dus $4,160 \cdot 10^{-2} \text{ mol C}$. 0,750 g H_2O komt overeen met $\frac{0,750}{18,02} = 4,16 \cdot 10^{-2} \text{ mol H}_2\text{O}$ en dus $8,32 \cdot 10^{-2} \text{ mol H}$. De molverhouding C : H = 1 : 2. Dus antwoord A of C. 1,000 g $\text{C}_3\text{H}_6\text{NO}_2$ komt overeen met $\frac{1,000}{88,09} = 1,135 \cdot 10^{-2} \text{ mol C}_3\text{H}_6\text{NO}_2$ en dus $3,406 \cdot 10^{-2} \text{ mol C}$. 1,000 g $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_2$ komt overeen met $\frac{1,000}{144,17} = 6,936 \cdot 10^{-3} \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_2$ en dus $4,162 \cdot 10^{-2} \text{ mol C}$. De juiste molecuulformule is dus $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_2$.
----	---	--

17	D	De verbrandingsreacties zijn: $\text{CH}_4(\text{g}) + 2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ en $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 5 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 3 \text{CO}_2(\text{g}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ Alle stoffen zijn gasvormig, dus volumeverhoudingen zijn gelijk aan molverhoudingen. Stel het volume propaan is $y \text{ dm}^3$ en het volume methaan $(10,0 - y) \text{ dm}^3$. Dan geldt: $2 \times (10,0 - y) + 5 y = 38,0$ Hieruit volgt dat $y = 6,00$ en het volumepercentage propaan is 60,0 %
----	---	---

Thermochemie

18	A	$\Delta_r H = \Delta_f H_{\text{PCl}_5} - \Delta_f H_{\text{PCl}_3} = -3,749 \cdot 10^5 - (-2,870 \cdot 10^5) = -0,879 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ $\Delta_r S = S_{\text{PCl}_5} - S_{\text{PCl}_3} - S_{\text{Cl}_2} = 364,4 - 311,8 - 223,1 = -170,5 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ Dus bij een temperatuur van 450 K geldt $\Delta_r G = \Delta_r H - T_1 \Delta_r S = -0,879 \cdot 10^5 - 450 \times (-170,5) = -1,118 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1}.$ $K_p = e^{\frac{-\Delta_r G}{RT}} = e^{\frac{1,118 \cdot 10^4}{8,314 \times 450}} = e^{2,99} = 19,8$
19	C	De drie gegeven reacties moeten als volgt bij elkaar opgeteld worden: $\begin{array}{ll} \text{C}_3\text{H}_8\text{O}(\text{l}) \rightarrow 3 \text{C}(\text{s}) + 4 \text{H}_2(\text{g}) + 0,5 \text{O}_2(\text{g}) & -1 \times -3,18 \cdot 10^5 \text{ J} \\ 3 \text{C}(\text{s}) + 3 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 3 \text{CO}_2(\text{g}) & 3 \times -3,94 \cdot 10^5 \text{ J} \\ 4 \text{H}_2(\text{g}) + 2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 4 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) & 4 \times -2,86 \cdot 10^5 \text{ J} \end{array}$ $\Delta_r H^0 = -1 \times (-3,18 \cdot 10^5) + 3 \times (-3,94 \cdot 10^5) + 4 \times (-2,86 \cdot 10^5) = -20,08 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}.$
20	B	Reactie verloopt spontaan als $\Delta G^0 = \Delta H^0 - T \Delta S^0 < 0$. Dus als $T < \frac{\Delta H^0}{\Delta S^0} = \frac{3,83 \cdot 10^4}{113} = 339 \text{ K} = 66^\circ \text{C}.$

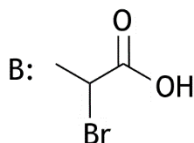
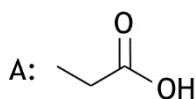
Open opgaven

totaal 54 punten

Opgave 2 Carbonzuur

16 punten

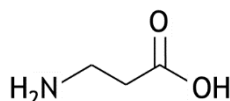
□1 Maximumscore 5



X: HBr

In de tweede reactie van het syntheseschema wordt een Br atoom vervangen door een NH₂ groep en dit is een substitutiereactie.

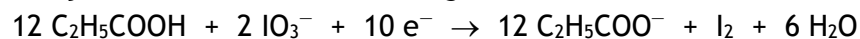
Andere carbonzuur:



- A juist 1
- B juist 1
- X juist 1
- substitutiereactie 1
- ander product juist 1

□2 Maximumscore 4

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- C₂H₅COOH voor de pijl en C₂H₅COO⁻ na de pijl en C balans juist 1
- IO₃⁻ voor de pijl en I₂ na de pijl en I balans juist 1
- H₂O na de pijl en H en O balans juist 1
- bij uitsluitend de juiste formules en juiste elementenbalans voor en na de pijl, de ladingsbalans juist 1

□3 Maximumscore 7

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:

Bij de titratie is $9,75 \times 0,0500 = 0,4875$ mmol I_2 toegevoegd.

Dat heeft gereageerd met $0,4875 \times 2 = 0,9750$ mmol $S_2O_3^{2-}$.

In totaal is $35,0 \times 0,100 = 3,50$ mmol $S_2O_3^{2-}$ toegevoegd.

Er heeft dus $3,50 - 0,975 = 2,525$ mmol $S_2O_3^{2-}$ gereageerd met I_2 gevormd in reactie 1.

Dat komt overeen met 2,525 mmol C_2H_5COOH .

De molaire massa van C_2H_5COOH is $74,08 \text{ g mol}^{-1}$.

Er heeft $2,525 \times 74,08 = 0,187$ g C_2H_5COOH gereageerd.

Het massapercentage C_2H_5COOH in het onderzochte monster E280 is

$$\frac{0,187}{0,200} \times 100\% = 93,5\%.$$

- | | |
|--|---|
| · berekening van het aantal mmol I_2 toegevoegd bij de titratie | 1 |
| · berekening van het aantal mmol $S_2O_3^{2-}$ dat heeft gereageerd bij de titratie | 1 |
| · berekening van het aantal mmol $S_2O_3^{2-}$ dat in totaal is toegevoegd | 1 |
| · berekening van het aantal mmol $S_2O_3^{2-}$ dat heeft gereageerd met het I_2 gevormd in reactie 1 | 1 |
| · berekening van het aantal mmol C_2H_5COOH | 1 |
| · juiste molaire massa C_2H_5COOH | 1 |
| · berekening van het massapercentage C_2H_5COOH in het onderzochte monster E280 | 1 |

■ Opgave 3 Een veelbelovende thuisbatterij

12 punten

□4 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\Delta E^0 = E_{\text{ox}}^0 - E_{\text{red}}^0 = -1,30 - (-2,37) = +1,07 \text{ V}$$

$$\Delta G^0 = -nF\Delta E^0 = -4 \times 96485 \times 1,07 = -4,13 \cdot 10^5 \text{ J (mol}^{-1} \text{ Mg}_2\text{Mo}_6\text{S}_8\text{)}$$

- berekening van ΔE^0 1
- notie dat $n = 4 \text{ mol e}^-$ per mol $\text{Mg}_2\text{Mo}_6\text{S}_8$ 1
- rest van de berekening juist 1

□5 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Wanneer alle zes Mo ionen in het positief geladen Mo_6 cluster vier covalente bindingen

maken zijn in totaal $\frac{6 \times 4}{2} = 12$ covalente bindingen nodig met in totaal

$$2 \times 12 = 24 \text{ 4d-elektronen.}$$

In Mo_6S_8 is de lading van het Mo_6 cluster $16+$.

In het Mo_6^{16+} cluster van Mo_6S_8 zijn in totaal $24 - 4 = 20$ 4d-elektronen aanwezig / vier 4d-elektronen minder aanwezig.

In $\text{Mg}_2\text{Mo}_6\text{S}_8$ kunnen dus alle covalente bindingen worden gevormd terwijl in Mo_6S_8 hiervoor te weinig 4d-elektronen zijn.

Het positief geladen Mo_6 cluster in $\text{Mg}_2\text{Mo}_6\text{S}_8$ is hierdoor stabielere dan in Mo_6S_8 .

- berekening van het aantal covalente bindingen in het positief geladen Mo_6 cluster wanneer alle Mo ionen vier covalente bindingen hebben gevormd 1
- berekening van het aantal 4d-elektronen dat nodig is om alle covalente bindingen te vormen 1
- bepaling van de lading $16+$ van het positief geladen Mo_6 cluster in Mo_6S_8 1
- rest van de uitleg en consequente conclusie 1

▣6 Maximumscore 5

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

De molaire massa van Mo_6S_8 is $832,12 \text{ g mol}^{-1}$.

2,5 g Mo_6S_8 komt overeen met $\frac{2,5}{832,12} = 0,0030 \text{ mol Mo}_6\text{S}_8$.

Dat reageert met $\frac{2,5}{832,12} \times 2 \times 24,31 = 0,15 \text{ g Mg}$.

Dat komt overeen met $\frac{\frac{2,5}{832,12} \times 2 \times 24,31}{1,74} = 0,084 \text{ cm}^3 \text{ Mg}$.

De afname van de dikte van de Mg elektrode bedraagt

$$\frac{\frac{2,5}{832,12} \times 2 \times 24,31}{1,74 \times 100} = 8,4 \cdot 10^{-4} \text{ cm} = 8,4 \text{ } \mu\text{m}.$$

De dikte van de Mg elektrode na complete ontlading is $10,0 - 8,4 = 1,6 \text{ } \mu\text{m}$.

- | | |
|--|---|
| · berekening van het aantal mol Mo_6S_8 in 2,5 g | 1 |
| · berekening van het aantal g Mg | 1 |
| · omrekening naar het aantal cm^3 Mg | 1 |
| · berekening van de afname van de dikte van de Mg elektrode | 1 |
| · berekening van de dikte van de Mg elektrode na complete ontlading in μm | 1 |

■ Opgave 4 Synthese en werking van methylrood

26 punten

□7 Maximumscore 3

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:

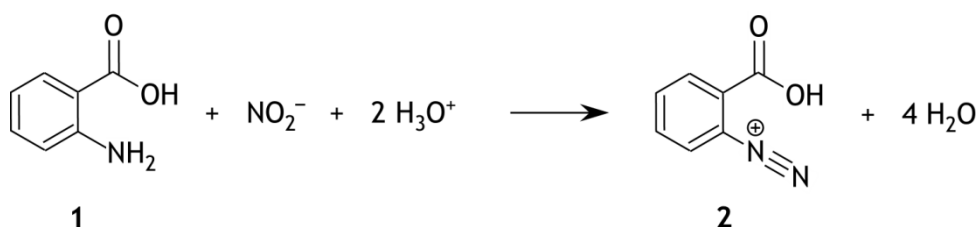
In de structuurformule van methylrood is geen chiraal (koolstof)atoom aanwezig. Er bestaan geen spiegelbeeldisomeren van methylrood.

Tussen de N atomen zit een dubbele binding / starre binding en beide N atomen hebben een niet-bindend elektronenpaar en een atoomgroep / twee verschillende groepen.

Hierdoor bestaan er *cis-trans* isomeren van methylrood.

- juiste uitleg dat er geen spiegelbeeldisomeren bestaan van methylrood 1
- benoemen dat tussen de N atomen een dubbele binding / starre binding aanwezig is en dat beide N atomen een niet-bindend elektronenpaar en een atoomgroep / twee verschillende groepen hebben 1
- consequente conclusie 1

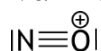
□8 Maximumscore 3



Dus $a = 1$, $b = 2$, $c = 4$, X is NO_2^- en Y is H_2O .

- juiste formule X en Y 1
- juiste waarde a 1
- juiste waarde b en c 1

□9 Maximumscore 3



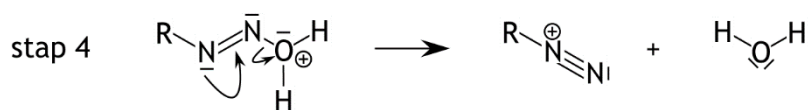
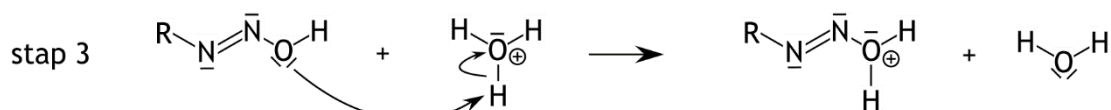
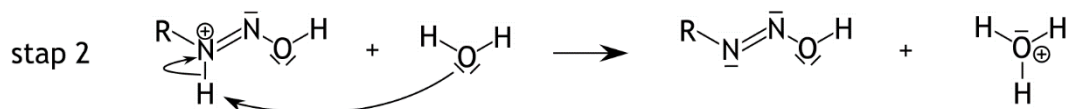
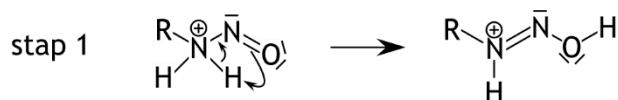
- deeltje bestaat uit één N atoom en één O atoom 1
- bindende elektronenparen en niet-bindende elektronenparen juist 1
- formele lading juist en op de juiste plaats 1

Indien als antwoord is gegeven:

NO^+ of ON^+ 1

□10 Maximumscore 8

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



- in stap 1 de pijlen juist getekend 1
- in stap 1 de lewisstructuren en formele ladingen juist 1
- in stap 2 de pijlen juist getekend 1
- juiste lewisstructuren en formele ladingen na stap 2 1
- in stap 3 de pijlen juist getekend 1
- juiste lewisstructuren en formele ladingen na stap 3 1
- in stap 4 de pijlen juist getekend 1
- juiste lewisstructuren en formele ladingen na stap 4 1

Opmerking

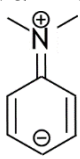
Wanneer in stap 2 rechts van de pijl H_3O^+ niet is vermeld en/of in stap 3 en stap 4 rechts van de pijl H_2O niet is vermeld, dit niet aanrekenen.

□11 Maximumscore 1

Er moet een H^+ na de pijl worden toegevoegd.

1

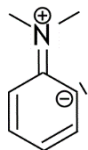
□12 Maximumscore 2



- alle bindende en niet-bindende elektronenparen juist aangegeven 1
- de formele ladingen juist aangegeven 1

Indien het volgende antwoord is gegeven:

1



□13 Maximumscore 6

$$E_{429} = 1,25 \cdot 10^4 \times [\text{mr}^-] \times 1,00 + 3,86 \cdot 10^3 \times [\text{mrH}] \times 1,00 = 0,108.$$

$$E_{520} = 1,33 \cdot 10^3 \times [\text{mr}^-] \times 1,00 + 2,15 \cdot 10^4 \times [\text{mrH}] \times 1,00 = 0,219.$$

Hieruit kan worden berekend dat $[\text{mr}^-] = 5,60 \cdot 10^{-6} \text{ M}$ en $[\text{mrH}] = 9,84 \cdot 10^{-6} \text{ M}$.

$$\text{Er geldt: } [\text{H}_3\text{O}^+] = K_z \times \frac{[\text{mrH}]}{[\text{mr}^-]} \text{ en } \text{pH} = \text{p}K_z - \log \frac{[\text{mrH}]}{[\text{mr}^-]}.$$

$$\text{De pH van de oplossing is } 5,00 - \log \frac{9,84 \cdot 10^{-6}}{5,60 \cdot 10^{-6}} = 5,00 - 0,24 = 4,76.$$

- opstellen juiste vergelijking voor E_{429} 1
- opstellen juiste vergelijking voor E_{520} 1
- berekening van $[\text{mr}^-]$ 1
- berekening van $[\text{mrH}]$ 1
- juiste evenwichtsvoorwaarde eventueel gedeeltelijk ingevuld 1
- berekening van de pH van de oplossing 1

Indien als volgt is gerekend:

$$E_{429} = 1,25 \cdot 10^4 \times [\text{mr}^-] \times 1,00 = 0,108 \text{ en } E_{520} = 2,15 \cdot 10^4 \times [\text{mrH}] \times 1,00 = 0,219.$$

Dit leidt tot $[\text{mr}^-] = 8,64 \cdot 10^{-6} \text{ M}$ en $[\text{mrH}] = 1,02 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ en $\text{pH} = 4,93$

3

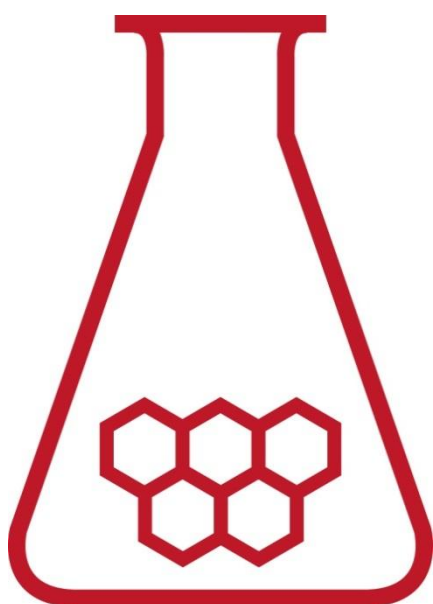
47^e Nationale Scheikundeolympiade

Universiteit Utrecht

THEORIETOETS

correctievoorschrift

maandag 8 juni 2026



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



**Universiteit
Utrecht**



- Deze toets bestaat uit 7 opgaven met 35 open vragen.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 120 punten.
- De theorietoets duurt maximaal 4 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 7^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 Gedoe in een cilinder

10 punten

□1 Maximumscore 7

Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

Stel $[C_3H_8] = x \text{ mol L}^{-1}$, dan geldt $[C_3H_6] = [H_2] = \frac{x}{8} \text{ mol L}^{-1}$.

Invullen in K_c levert: $\frac{\frac{x}{8} \times \frac{x}{8}}{x} = 1,30 \cdot 10^{-3}$ en dit levert $x = 0,0832 \text{ mol L}^{-1}$.

Dus $[C_3H_8] = 0,0832 \text{ mol L}^{-1}$ en $[C_3H_6] = [H_2] = \frac{0,0832}{8} = 0,0104 \text{ mol L}^{-1}$.

Het totaal aantal mol per dm^3 is dus $0,0832 + 2 \times 0,0104$.

De totale druk in de cilinder is dus

$$p_{\text{totaal}} = n_{\text{totaal}} \frac{RT}{V} = (0,0832 + 2 \times 0,0104) \frac{8,314 \times (527 + 273)}{10^{-3}} = 6,91 \cdot 10^5 \text{ Pa.}$$

en

De volumepercentages C_3H_6 en H_2 zijn elk 10%.

Stel het volume van het gasmengsel is $V \text{ dm}^3$ en het molaire volume onder de omstandigheden van het experiment is $V_m \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$.

$$\text{Dan is } [C_3H_8] = \frac{\frac{0,80 \times V}{V_m}}{V} = \frac{0,80}{V_m} \text{ mol dm}^{-3} \text{ en } [C_3H_6] = [H_2] = \frac{\frac{0,10 \times V}{V_m}}{V} = \frac{0,10}{V_m} \text{ mol dm}^{-3}.$$

De evenwichtsvoorwaarde is $\frac{[C_3H_6][H_2]}{[C_3H_8]} = K_c$.

$$\text{Dus } \frac{\left(\frac{0,10}{V_m}\right)^2}{\left(\frac{0,80}{V_m}\right)} = 1,30 \cdot 10^{-3}; \text{ dit levert } V_m = 9,6 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}.$$

$$\text{Dus } [C_3H_8] = \frac{0,80}{9,6} = 0,083 \text{ mol dm}^{-3} \text{ en } [C_3H_6] = [H_2] = \frac{0,10}{9,6} = 0,010 \text{ mol dm}^{-3}.$$

Het totaal aantal mol per dm^3 is dus $0,083 + 2 \times 0,010$.

De totale druk in de cilinder is dus

$$p_{\text{totaal}} = n_{\text{totaal}} \frac{RT}{V} = (0,083 + 2 \times 0,010) \frac{8,314 \times (527 + 273)}{10^{-3}} = 6,85 \cdot 10^5 \text{ Pa.}$$

- notie dat concentraties van C_3H_6 en H_2 aan elkaar gelijk zijn 1
- (bij stellen dat $[C_3H_8] = x \text{ mol L}^{-1}$) $[C_3H_6] = [H_2] = \frac{x}{8} \text{ mol L}^{-1}$ 1
- juiste evenwichtsvoorwaarde (eventueel reeds gedeeltelijk ingevuld) 1
- berekening van $[C_3H_8]$, $[C_3H_6]$ en $[H_2]$ 1
- berekening van het totale aantal mol per dm^3 in het gasmengsel 1
- omrekening van de temperatuur in $^{\circ}\text{C}$ naar K en van dm^3 naar m^3 1
- rest van de berekening 1

of

- notie dat de volumepercentages en de concentraties van C_3H_6 en H_2 aan elkaar gelijk zijn 1
- (bij stellen dat het molaire volume V_m is) aantonen dat $[C_3H_8] = \frac{0,80}{V_m} \text{ mol dm}^{-3}$ en dat

$$[C_3H_6] = [H_2] = \frac{0,10}{V_m} \text{ mol dm}^{-3} \quad 1$$

- juiste evenwichtsvoorwaarde (eventueel reeds gedeeltelijk ingevuld) 1
- berekening van V_m 1
- berekening van $[C_3H_8]$, $[C_3H_6]$ en $[H_2]$ 1
- berekening van het totale aantal mol per dm^3 in het gasmengsel 1
- omrekening van de temperatuur in $^{\circ}\text{C}$ naar K en van dm^3 naar m^3 en rest van de berekening 1

□2 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Wanneer het volume twee keer zo klein wordt, wordt de druk twee keer zo groot. Maar bij de volumeverkleining verschuift de ligging van het evenwicht naar de kant van het minste aantal gasmoleculen in de reactievergelijking, dat is hier naar links. Dus het totale aantal moleculen in de cilinder wordt minder, dus ook de druk. In het nieuwe evenwicht is de druk dus minder dan twee keer zo groot.

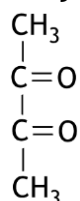
- notie dat zonder evenwichtsverschuiving de druk twee keer zo groot wordt (eventueel impliciet) 1
- juiste uitleg over de verschuiving van de ligging van het evenwicht 1
- conclusie 1

Opgave 2 Malaprade

19 punten

□3 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- een structuur met twee dubbelgebonden zuurstofatomen aan naburige koolstofatomen 1
- rest van de formule juist 1

□4 Maximumscore 8

Een voorbeeld van een juiste berekening is

Uit de blancobepaling volgt dat de 25,0 mL natriumperjodaatoplossing

$$\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} \times 23,9 \times 0,502 = 1,50 \text{ mmol IO}_4^- \text{ bevatte.}$$

Stel dat de 150 mg antivries x mmol glycol bevatte, dan is in de malapradereactie

x mmol IO_3^- ontstaan en bleef $(1,50 - x)$ mmol IO_4^- over.

Uit x mmol IO_3^- ontstaat in de reactie met jodide $3x$ mmol I_2 en uit $(1,50 - x)$ mmol IO_4^- ontstaat in de reactie met jodide $4 \times (1,50 - x)$ mmol I_2 .

Dus totaal ontstaat $3x + 4 \times (1,50 - x)$ mmol I_2 .

Voor de titratie van deze hoeveelheid I_2 was 19,6 mL natriumthiosulfaat oplossing nodig,

$$\text{dus } \frac{1}{2} \times 19,6 \times 0,502 = 3x + 4 \times (1,50 - x).$$

Hieruit volgt $x = 1,08$.

Dus de 150 mg antivries bevatte $1,08 \times 62,07$ mg glycol en dat is

$$\frac{1,08 \times 62,07}{150} \times 100 = 44,7 \text{ massaprocent.}$$

- berekening van het aantal mmol $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ in beide titraties 1
- berekening van het aantal mmol I_2 dat in beide titraties heeft gereageerd 1
- berekening van het aantal mmol IO_4^- in de 25,0 mL natriumperjodaatoplossing 1
- (bij stellen van het aantal mmol glycol = x) berekening van het aantal mmol IO_3^- dat in de malapradereactie is gevormd 1
- berekening van het aantal mmol IO_4^- dat na de malapradereactie over was 1
- berekening van het totale aantal mmol I_2 dat na de reacties met jodide is ontstaan 1
- berekening van x 1
- berekening van het massapercentage 1

□5 Maximumscore 9

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

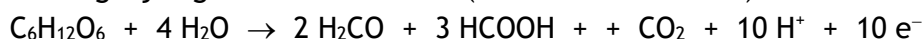
In de malapradereactie van glucose ontstaan methanal en methaanzuur in de molverhouding methanal : methaanzuur = 1 : 5.

In de malapradereactie van fructose ontstaan methanal, methaanzuur en koolstofdioxide in de molverhouding methanal : methaanzuur : koolstofdioxide = 2 : 3 : 1.

De vergelijking van de halfreactie (in molecuulformules) voor de omzetting van glucose is:



De vergelijking van de halfreactie (in molecuulformules) voor de omzetting van fructose is:



Per mol suiker wordt dus in beide gevallen 10 mol elektronen afgestaan, dat betekent dat het aantal mol oxidator (IO_4^-) dat per mol suiker reageert even groot is.

Met jodaat kun je dus geen onderscheid maken tussen glucose en fructose.

Het aantal mol methaanzuur dat per mol suiker ontstaat, is wel verschillend, dus door middel van titratie met natronloog kun je wel onderscheid maken.

- | | |
|---|---|
| · met glucose ontstaan methanal en methaanzuur | 1 |
| · juiste molverhouding waarin methanal en methaanzuur ontstaan | 1 |
| · met fructose ontstaan methanal, methaanzuur en koolstofdioxide | 1 |
| · juiste molverhouding waarin methanal, methaanzuur en koolstofdioxide ontstaan | 1 |
| · juiste vergelijking van de halfreactie van glucose | 1 |
| · juiste vergelijking van de halfreactie van fructose | 1 |
| · conclusie met betrekking tot het gebruik van jodaat | 1 |
| · notie dat de hoeveelheden zuur die in beide reacties ontstaan verschillend is | 1 |
| · conclusie met betrekking tot het gebruik van natronloog | 1 |

Opgave 3 Elektrochemische omzetting van CO₂

23 punten

□6 Maximumscore 3



- CO₂ voor de pijl en C₃H₈O plus H₂O na de pijl 1
- H⁺ en e⁻ voor de pijl 1
- elementbalans en ladingsbalans juist 1

□7 Maximumscore 5

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\Delta_r H = -2,78 \cdot 10^5 + 3 \times (-2,86 \cdot 10^5) - 2 \times (-3,935 \cdot 10^5) = -3,49 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$$

$$\Delta_r S = 161 + 3 \times 70 - 2 \times 214 - 6 \times 131 = -843 \text{ J K mol}^{-1}$$

$$\Delta_r G = \Delta_r H - T \times \Delta_r S = -3,49 \cdot 10^5 - 298 \times (-843) = -0,978 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$$

$$-0,978 \cdot 10^5 = -12 \times 9,649 \cdot 10^4 \times \Delta E^0$$

$$\Delta E^0 = \frac{-0,978 \cdot 10^5}{-12 \times 9,649 \cdot 10^4} = 0,0845 \text{ V}$$

$$\Delta E^0 = E^0_{\text{CO}_2/\text{propaan-1-ol}} - E^0_{\text{H}_2/\text{H}^+}$$

$$E^0_{\text{CO}_2/\text{propaan-1-ol}} = \Delta E^0 + E^0_{\text{H}_2/\text{H}^+} = 0,0845 + 0,00 = +0,0845 \text{ V}$$

- berekening van $\Delta_r H$ 1
- berekening van $\Delta_r S$ 1
- berekening van $\Delta_r G$ 1
- berekening van $\Delta_r E$ 1
- rest van de berekening 1

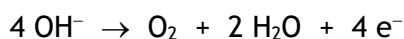
□8 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\frac{\left(\frac{0,0054 \times 0,90}{63,55} \times 2 + \frac{0,0054 \times 0,10}{107,9} \right) \times 9,649 \cdot 10^4}{60} \times 10^2 = 25\%$$

- berekening van het aantal mol Cu en het aantal mol Ag 1
- berekening van het aantal mol elektronen 1
- omrekening naar C 1
- rest van de berekening 1

□9 Maximumscore 2



Indien $2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{ H}^+ + 4 \text{ e}^-$ is gegeven 1

□10 Maximumscore 5

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\frac{[1,00 - (0,336 + 0,069)] \times 60 \times 60 \times 0,030}{9,649 \cdot 10^4} \times \frac{1}{2} \times 24,5 \cdot 10^3 = 8,2 \text{ cm}^3$$

- berekening van de totale lading in C 1
- berekening van het aantal C dat gebruikt is voor de vorming van H₂ 1
- omrekening naar het aantal mol elektronen dat gebruikt is voor de vorming van H₂ 1
- berekening van het aantal mol H₂ 1
- omrekening naar het aantal cm³ 1

□11 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\left[\left(\frac{0,035 \times 0,0413}{46,07} \right) \times 2 + \left(\frac{0,035 \times 0,0074}{60,09} \right) \times 3 \right] \times 44,01 \cdot 10^3 = 3,3 \text{ mg}$$

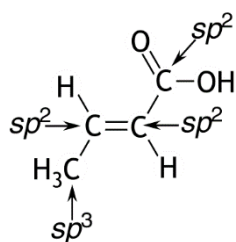
- berekening van de massa's van ethanol en propaan-1-ol 1
- omrekening van de massa's van ethanol en propaan-1-ol naar mol 1
- berekening van het aantal mol CO₂ dat heeft gereageerd 1
- omrekening van het aantal mol CO₂ naar mg 1

Opgave 4 Crotonzuur

17 punten

□12 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:



Indien bij drie C atomen de juiste hybridisatie is weergegeven

1

Indien bij twee of minder C atomen de juiste hybridisatie is weergegeven

0

□13 Maximumscore 3

Een juist antwoord kan als volgt geformuleerd zijn:

In beide massaspectra komt de molecuulionpiek met $m/z = 86$ voor, dus de molecuulformule is hetzelfde. De piekpatronen/peken in de massaspectra zijn anders, dus de moleculen hebben een andere structuur(formule).

In het massaspectrum van A komt (net als bij crotonzuur) een piek voor bij $m/z = 45$ van de COOH groep.

· in beide massaspectra komt de molecuulionpiek met $m/z = 86$ voor, dus de molecuulformule is hetzelfde

1

· de piekpatronen/peken in de massaspectra zijn anders, dus de moleculen hebben een andere structuur(formule)

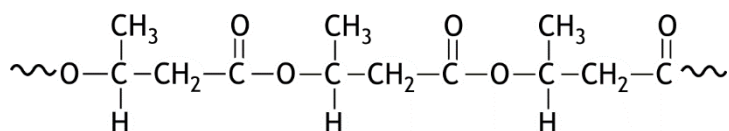
1

· in het massaspectrum van A komt een piek voor bij $m/z = 45$ van de COOH groep

1

□14 Maximumscore 3

Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:



· twee estergroepen juist weergegeven

1

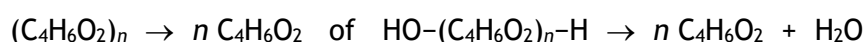
· uiteinden juist weergegeven

1

· rest van de structuurformule juist weergegeven

1

□15 Maximumscore 2



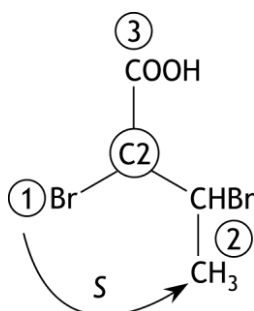
· $(C_4H_6O_2)_n$ of $HO-(C_4H_6O_2)_n-H$ voor de pijl

1

· $n C_4H_6O_2$ of $n C_4H_6O_2 + H_2O$ na de pijl

1

- 16 Maximumscore 3
Een voorbeeld van een juist antwoord is:



- een juiste tekening 1
 - de juiste prioritering 1
 - juiste aanduiding van de configuratie 1
- 17 Maximumscore 2
Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:
2,3-dibroombutaanzuur heeft twee asymmetrische C atomen,
dus er zijn ($2^2 =$) 4 stereo-isomeren mogelijk.
- er zijn 4 stereo-isomeren mogelijk 1
 - juiste uitleg 1
- 18 Maximumscore 2
Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:
Er worden twee stereo-isomeren gevormd. Behalve de weergegeven stereo-isomeer
ontstaat ook het spiegelbeeld.
- er worden twee stereo-isomeren gevormd 1
 - behalve de weergegeven stereo-isomeer ontstaat ook het spiegelbeeld 1

Opgave 5 CoFe

17 punten

□19 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

10,00 mL 0,0500 M van chloropenta-aminecobalt(III)chloride oplossing bevat

$10,00 \times 0,0500$ mmol van chloropenta-aminecobalt(III)chloride en dus

$2 \times 10,00 \times 0,0500$ mmol Cl^- .

Dat reageert met $2 \times 10,00 \times 0,0500$ mmol Ag^+ tot $2 \times 10,00 \times 0,0500$ mmol AgCl .

En dat is $2 \times 10,00 \times 0,0500 \times 143,32 \times 10^{-3} = 0,14$ g AgCl .

- berekening van het aantal mmol Cl^- dat kan reageren 1
- berekening van het aantal mmol AgCl dat kan ontstaan 1
- rest van de berekening 1

□20 Maximumscore 2

- I en III zijn identiek 1
- II en IV zijn identiek 1

□21 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$E = -\log T = -\log 0,075 = \varepsilon \times 0,0200 \times 1,00$$

$$\text{Dus } \varepsilon = \frac{-\log 0,075}{0,0200 \times 1,00} = 56 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}.$$

- $T = 0,075$ 1
- rest van de berekening 1
- juiste eenheid 1

□22 Maximumscore 1

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Kennelijk absorberen het niet-gereageerde Fe^{2+} (en het gevormde Co^{2+} en FeCl^{2+}) ook licht van 520 nm.

□23 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Omdat het Fe^{2+} in grote overmaat is toegevoegd, mag de extinctie van het Fe^{2+} als constant worden beschouwd (en zijn de extincties van de kleine hoeveelheden Co^{2+} en FeCl^{2+} te verwaarlozen).

De totale extinctie van de oplossing op tijdstip t is dan $E_{\text{totaal},t} = E_{\text{cobaltcomplex},t} + E_{\infty}$, dus =

$E_{\text{cobaltcomplex},t} = E_{\text{totaal},t} - E_{\infty}$, of $\varepsilon \times [\text{Co}(\text{Cl})(\text{NH}_3)_5]_t \times 1,00 = E_{\text{totaal},t} - E_{\infty}$ of

$$[\text{Co}(\text{Cl})(\text{NH}_3)_5]_t = \frac{E_{\text{totaal},t} - E_{\infty}}{\varepsilon \times 1,00}.$$

- uitleg dat de som van de extincties van het niet-omgezet Fe^{2+} (en het gevormde Co^{2+} en FeCl^{2+}) gedurende de reactie constant is 1
- rest van de uitleg 1

□24 Maximumscore 6

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

Bij grote overmaat Fe^{2+} is tijdens de reactie $[\text{Fe}^{2+}]$ constant. Voor de reactiesnelheid geldt dan $s = k[\text{Co}(\text{Cl})(\text{NH}_3)_5^{2+}][\text{Fe}^{2+}] = k'[\text{Co}(\text{Cl})(\text{NH}_3)_5^{2+}]$, met $k' = k[\text{Fe}^{2+}]$. Dit is de vergelijking van een (pseudo-)eerste orde reactie.

$$\text{Hiervoor geldt } \ln \frac{[\text{Co}(\text{Cl})(\text{NH}_3)_5]_0}{[\text{Co}(\text{Cl})(\text{NH}_3)_5]_t} = k' t, \text{ of } k' = \frac{\ln \frac{[\text{Co}(\text{Cl})(\text{NH}_3)_5]_0}{[\text{Co}(\text{Cl})(\text{NH}_3)_5]_t}}{t}.$$

Hierin de gegevens voor bijvoorbeeld het interval 10 – 20 minuten invullen:

$$k' = \frac{\ln \frac{1,15 - 0,283}{0,875 - 0,283}}{10} \text{ min}^{-1} \text{ of } k' = \frac{\ln \frac{1,15 - 0,283}{0,875 - 0,283}}{10 \times 60} = 6,36 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}.$$

$$\text{Tijdens de reactie is } [\text{Fe}^{2+}] = \frac{0,300}{2} = 0,150 \text{ mol L}^{-1},$$

$$\text{dus } k = \frac{6,36 \cdot 10^{-4}}{0,150} = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}.$$

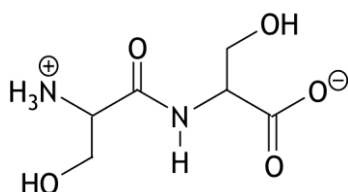
- notie dat de reactie een (pseudo-)eerste orde reactie is 1
- gebruik van $k' = \frac{\ln \frac{[\text{Co}(\text{Cl})(\text{NH}_3)_5]_0}{[\text{Co}(\text{Cl})(\text{NH}_3)_5]_t}}{t}$, eventueel reeds gedeeltelijk ingevuld 1
- berekening van k' 1
- berekening van $[\text{Fe}^{2+}]$ 1
- berekening van k 1
- juiste eenheid 1

Opgave 6 Dipeptide

14 punten

□25 Maximumscore 1

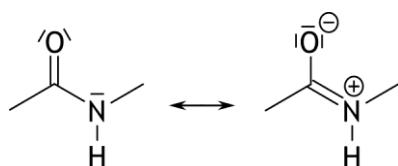
Een voorbeeld van een juist antwoord is:



□26 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Van de amidegroep zijn twee elektronenformules te tekenen, waarvan er één een dubbele binding tussen het koolstofatoom en het stikstofatoom heeft:

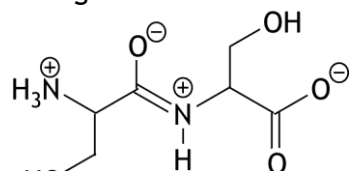


- in beide grensstructuren alle bindende en niet-bindende elektronenparen juist getekend 1
- in de rechter grensstructuur de ladingen juist aangegeven 1
- in de rechter grensstructuur een dubbele binding tussen C en N getekend 1

□27 Maximumscore 3

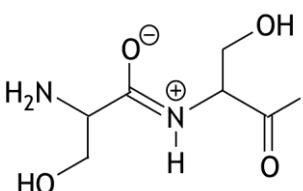
Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Er komt *E/Z* stereo-isomerie voor, omdat het dubbele bindingskarakter vrije draaibaarheid om de C – N binding verhindert.

De structuur:  komt het vaakst voor, omdat in de andere stereo-isomeer de sterische hindering optreedt.

- er is geen vrije draaibaarheid rond de C – N binding 1
- juiste tekening 1
- in de andere isomeer treedt sterische hindering op 1

Opmerking

Wanneer de structuur  is getekend, dit niet aanrekenen.

□28 Maximumscore 2

H_2PO_4^- en HPO_4^{2-} komen het vaakst voor.

- H_2PO_4^- 1
- HPO_4^{2-} 1

□29 Maximumscore 5

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

$$K_{c,1} = e^{-\frac{\Delta_r G}{RT}} = e^{-\frac{-1,7 \cdot 10^4}{8,314 \times 298}} = e^{-6,84} = 1,0 \cdot 10^{-3}$$

Voor evenwicht 3 geldt: $\Delta G_3^0 = \Delta G_1^0 + \Delta G_2^0 = +1,7 \cdot 10^4 + (-2,8 \cdot 10^4) = -1,1 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1}$.

$$\text{Dus } K_{c,3} = e^{-\frac{\Delta G^0}{RT}} = e^{-\frac{-1,1 \cdot 10^4}{8,314 \times 298}} = e^{4,4} = 85.$$

De evenwichtsconstante van evenwicht 3 is dus veel groter dan die van evenwicht 1, dus ligt evenwicht 3 meer naar rechts dan evenwicht 1 en is de opbrengst van het dipeptide in evenwicht 3 groter.

- berekening van $K_{c,1}$ 1
- berekening van ΔG_3^0 1
- berekening van $K_{c,3}$ 1
- uitleg dat evenwicht 3 meer naar rechts ligt dan evenwicht 1 1
- conclusie ten aanzien van de opbrengst van het dipeptide 1

■ Opgave 7 Waterstofopslag

20 punten

□30 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

La_2O_3 en NiO moeten in de molverhouding 1 : 10 worden samengevoegd, dus in de massaverhouding $325,8 : (10 \times 74,69) = 0,44 : 1,0$.

- juiste molverhouding 1
- juiste molaire massa's 1
- rest van de berekening 1

□31 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

De reactievergelijking is: $2 \text{La}_2\text{O}_3 + 20 \text{NiO} + 13 \text{CaH}_2 \rightarrow 4 \text{LaNi}_5 + 13 \text{Ca(OH)}_2$.

Per 4 mol LaNi_5 is dus voor een tweevoudige overmaat 26 mol CaH_2 nodig

Dus per $4 \times 432,4 \text{ g LaNi}_5$ is dat $26 \times 42,096$, dat is per 1,0 g LaNi_5

$$\frac{26 \times 42,096}{4 \times 432,4} = 0,63 \text{ g Ca(OH)}_2.$$

- juiste reactievergelijking (eventueel al gegeven bij de vorige vraag) 1
- juiste verwerking tweevoudige overmaat 1
- juiste molaire massa van LaNi_5 1
- rest van de berekening 1

□32 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is

Je kunt een extractie met water uitvoeren. Calciumhydroxide lost op en calciumhydride reageert daarmee, en de legering niet. Daarna filtreren (en drogen).

- calciumhydroxide en calciumhydride lossen op en water / reageren met water 1
- dus water toevoegen en daarna filtreren 1

□33 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Er kan één nikkelatoom in de cel zitten, die telt volledig mee.

En er kunnen acht nikkelatomen op de vlakken zitten (bijvoorbeeld twee op het bovenzvlak, twee op het ondervlak en op de zijvlakken één nikkelatoom) die tellen voor de helft mee. (Op de ribben zitten geen nikkelatomen.)

- juiste aantal binnenin de cel 1
- juiste aantal op de vlakken 1
- juiste uitleg 1

□34 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

Het volume van de eenheidscel is $397 \times 511 \times 511 \times \frac{1}{2} \times \sqrt{3} \times 10^{-36} \text{ m}^3$.

De massa van de eenheidscel is $432,4 \times 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Dus de dichtheid is $\frac{432,4 \times 1,66 \cdot 10^{-27}}{397 \times 511 \times 511 \times \frac{1}{2} \times \sqrt{3} \times 10^{-36}} = 8,00 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$.

- | | |
|--|---|
| · juiste berekening van het volume van een eenheidscel | 1 |
| · juiste berekening van de massa van een eenheidscel | 1 |
| · rest van de berekening | 1 |

Opmerking

Wanneer in het antwoord op vraag 34 eenzelfde onjuiste molare massa voor LaNi_5 is gebruikt als in vraag 31, dit niet opnieuw aanrekenen.

□35 Maximumscore 5

Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

De dichtheid van waterstof bij 273 K en $p = p_0$ is $0,090 \text{ kg m}^{-3}$. Een cm^3 is dus $0,090 \cdot 10^{-3} \text{ g}$ en daarin zit $\frac{0,090 \cdot 10^{-3}}{1,008} \text{ mol H atomen}$ en dat zijn $\frac{0,090 \cdot 10^{-3}}{1,008} \times 6,02 \cdot 10^{23} \text{ H atomen}$.

In een $\text{cm}^3 \text{ LaNi}_5$ zitten dus $\frac{0,090 \cdot 10^{-3}}{1,008} \times 6,02 \cdot 10^{23} \times 1244 = 6,69 \cdot 10^{22} \text{ H atomen}$.

Het volume van de eenheidscel is $8,98 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3$ (volgt uit de vorige vraag) dus in een cm^3 zitten $\frac{1}{8,98 \cdot 10^{-23}} = 1,11 \cdot 10^{22} \text{ eenheidscellen}$.

Dus in een eenheidscel kunnen $\frac{6,69 \cdot 10^{22}}{1,11 \cdot 10^{22}} = 6 \text{ H atomen}$ worden opgeborgen.

En

Bij 273 K en $p = p_0$ is $V_m = 22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$.

In een cm^3 zit dus $\frac{1}{22,4} \times 10^{-3} \text{ mol H}_2$ of $2 \times \frac{1}{22,4} \times 10^{-3} \text{ mol H atomen}$, dat zijn

$2 \times \frac{1}{22,4} \times 10^{-3} \times 6,02 \cdot 10^{23} = 5,38 \cdot 10^{19} \text{ H atomen}$.

In een $\text{cm}^3 \text{ LaNi}_5$ zitten dus $1244 \times 2 \times \frac{1}{22,4} \times 10^{-3} \times 6,02 \cdot 10^{23} = 6,69 \cdot 10^{22} \text{ H atomen}$.

In een $\text{cm}^3 \text{ LaNi}_5$ zitten $\frac{1}{8,98 \cdot 10^{-23}} = 1,11 \cdot 10^{22} \text{ eenheidscellen}$.

Dus in een eenheidscel kunnen $\frac{6,69 \cdot 10^{22}}{1,11 \cdot 10^{22}} = 6 \text{ H atomen}$ worden opgeborgen.

- berekening van het aantal mol H atomen in een cm^3 waterstof bij 273 K en $p = p_0$ 1
- berekening van het aantal H atomen in een cm^3 waterstof bij 273 K en $p = p_0$ 1
- berekening van het aantal H atomen in een $\text{cm}^3 \text{ LaNi}_5$ 1
- berekening van het aantal eenheidscellen in een $\text{cm}^3 \text{ LaNi}_5$ 1
- berekening van het aantal H atomen dat in een eenheidscel kan worden opgenomen 1

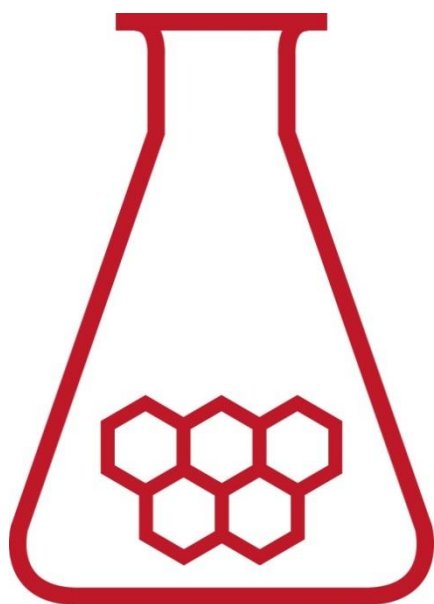
47^e Nationale Scheikundeolympiade

Universiteit Utrecht

PRACTICUMTOETS

correctievoorschrift

dinsdag 9 juni 2026



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



**Universiteit
Utrecht**



58th International
Chemistry Olympiad
Uzbekistan 2026

■ Experiment 1 De synthese van de ester 1-pentylpropanoaat

40 punten

Maximumscore 10

De volgende praktische vaardigheden worden beoordeeld:

- veiligheid, netheid en zelfstandigheid
- hanteren van het glaswerk

Maximumscore 5

Beoordeling van de opbrengst van 1-pentylpropanoaat:

De score voor de opbrengst wordt bepaald door de (door de organisatie berekende) opbrengst te vergelijken met de opbrengst van een door de organisatie uitgevoerd experiment.

Maximumscore 5

Beoordeling van de zuiverheid van 1-pentylpropanoaat:

De zuiverheid van het product wordt bepaald door middel van een NMR-spectrum.

De score wordt bepaald door de gemeten zuiverheid te vergelijken met een volledig zuiver monster. Eventueel wordt ook een IR-spectrum opgenomen.

□1 Maximumscore 3

· propanoylchloride

2

· triethylammoniumchloride

1

Opmerking

Wanneer het antwoord „propaanzuur, waterstofchloride en triethylammoniumchloride” is gegeven, dit goed rekenen.

□2 Maximumscore 1

Zwavelzuur reageert met de overmaat triethylamine (tot triethylammoniumchloride, dat zo uit het reactiemengsel wordt verwijderd)

□3 Maximumscore 1

Magnesiumsulfaat is een droogmiddel en dat zorgt ervoor dat het laatste beetje water wordt verwijderd.

□4 Maximumscore 2

· aantallen mL vermeld

1

· juiste nauwkeurigheid

1

□5 Maximumscore 4

· berekening van het aantal gram alcohol en zuurchloride

1

· berekening van het aantal mol alcohol en zuurchloride

1

· vaststellen van het aantal mol ester dat maximaal kan worden gevormd

1

· berekening van het aantal gram ester dat maximaal kan worden gevormd

1

□6 Maximumscore 3

· massa's genoteerd

1

· juiste eenheden

1

· juiste nauwkeurigheid

1

□7 Maximumscore 2

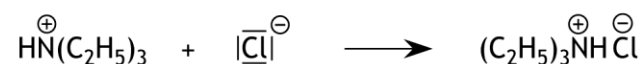
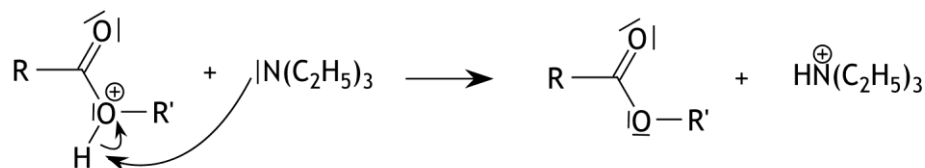
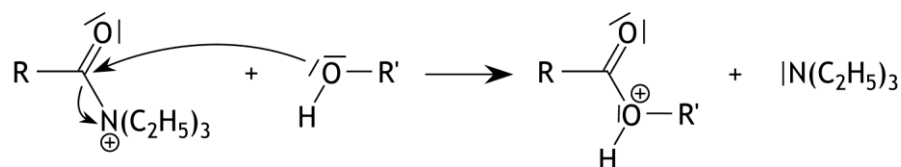
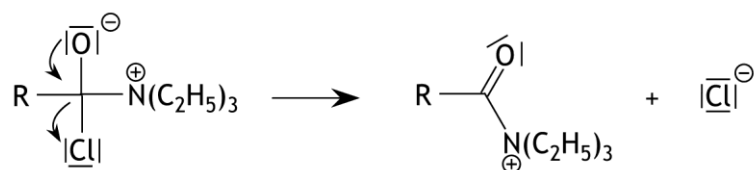
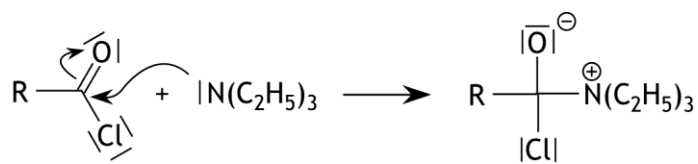
- opbrengst in gram berekend
- procentuele opbrengst berekend

1

1

□8 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



- een plausibel mechanisme getekend
- in elke stap alle niet-bindende elektronenparen getekend
- in elke stap de ladingen op de juiste plaats
- in elke stap alle kromme pijlen juist getekend

1

1

1

1

Opmerking

Wanneer de laatste stap niet is vermeld, dit niet aanrekenen.

■ Experiment 2 De bepaling van het gehalte azijnzuur in azijn met behulp van een titratiecurve. 40 punten

Maximumscore 10

De volgende praktische vaardigheden worden beoordeeld:

- veiligheid, netheid en zelfstandigheid
- hanteren van het glaswerk

□9 Maximumscore 0

juiste molariteit vermeld

□10 Maximumscore 7

- totaal aantal mL natronloog juist genoteerd 1
- bijbehorende pH waarden 1
- de tweede titratie efficiënter uitgevoerd dan de eerste 5

□11 Maximumscore 5

- raster optimaal gebruikt 1
- bijschrift verticale as 1
- bijschrift horizontale as 1
- punten juist weergegeven 1
- vloeiende lijn getekend 1

Opmerking

Wanneer in het titratiecurve voor de eerste titratie aan één of meer van bovenstaande deelscores niet is voldaan, dit niet aanrekenen.

□12 Maximumscore 10

- equivalentiepunt juist bepaald 1
- berekening van het aantal mmol natronloog en van het aantal mmol azijnzuur in 5,00 mL azijn 1
- berekening van het aantal mg azijnzuur in 5,00 mL azijn 1
- berekening van de massa van 5,00 mL azijn 1
- berekening van het massapercentage en conclusie 1
- uitkomst 5

□13 Maximumscore 2

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

Het gebruik van een volpipet is niet nodig, want die 20 mL water speelt geen rol bij de berekening.

En

Het gebruik van een volpipet is niet nodig, want het gaat om de hoeveelheid azijnzuur in de 5,00 mL azijn.

- juiste verklaring 1
- bijbehorende conclusie 1

□14 Maximumscore 6

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Na toevoegen van 5,0 mL natronloog is de helft van het aantal mol azijnzuur omgezet tot acetaat. Dan is een bufferoplossing ontstaan waarin $[\text{HAc}] = [\text{Ac}^-]$, dus is

$$\text{pH} = \text{p}K_z + \log \frac{[\text{Ac}^-]}{[\text{HAc}]} = 4,76.$$

In het equivalentiepunt is een 0,050 M oplossing van natriumacetaat ontstaan. Hierin geldt

$$K_b = \frac{[\text{HAc}][\text{OH}^-]}{[\text{Ac}^-]} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{0,050 - [\text{OH}^-]} = 5,8 \cdot 10^{-10}. \text{ Dit levert } [\text{OH}^-] = 5,4 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1},$$

$$\text{dus pH} = 14,00 - (-\log 5,4 \cdot 10^{-6}) = 8,73.$$

- na toevoegen van 5,0 mL natronloog is $[\text{HAc}] = [\text{Ac}^-]$ 1
- berekening van de pH van de oplossing na toevoegen van 5,0 mL natronloog 1
- in het equivalentiepunt is een 0,050 M oplossing van natriumacetaat ontstaan 1
- notie dat hierin $[\text{HAc}] = [\text{OH}^-]$ en $[\text{Ac}^-] = 0,050 - [\text{OH}^-]$ 1
- berekening van de $[\text{OH}^-]$ in de oplossing die in het equivalentiepunt is ontstaan 1
- berekening van de pH in de oplossing die in het equivalentiepunt is ontstaan 1

Opmerking

Wanneer bij de berekening van de pH van de oplossing die in het equivalentiepunt is ontstaan de $[\text{OH}^-]$ is verwaarloosd ten opzichte van 0,050, dit goed rekenen.