

NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE

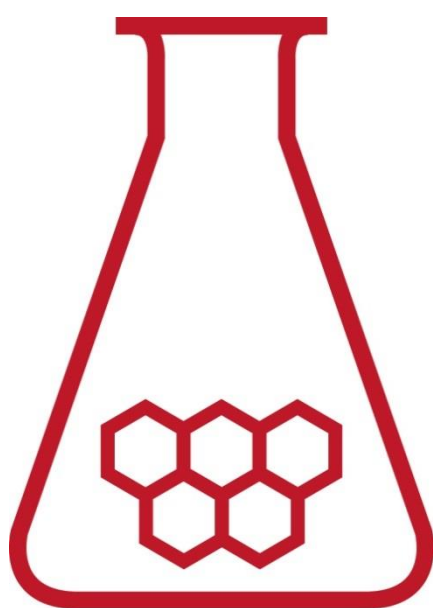
2025

Opgaven en correctievoorschriften

Voorronde 1

Voorronde 2

Eindronde



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



Symeres

Making Molecules Matter. Together.



57th INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
UNITED ARAB EMIRATES 2025

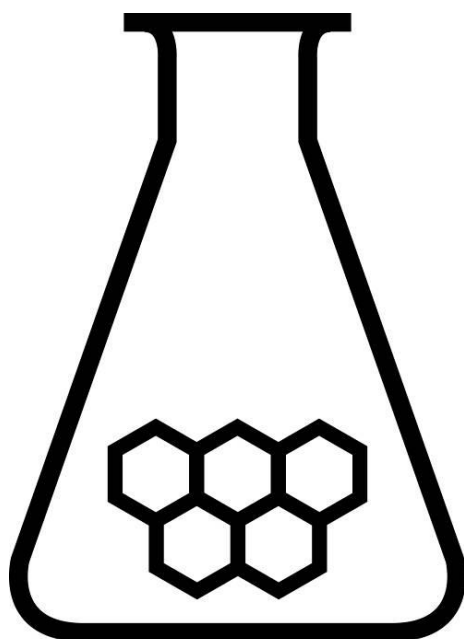
Inhoud

Opgaven voorronde 1	3
Opgave 1 Meerkeuzevragen	4
Opgave 2 Appelciderazijn	15
Opgave 3 Ozonolyse	16
Opgaven voorronde 2	21
Opgave 1 Meerkeuzevragen	23
Opgave 2 De ontleding van distikstofpentaoxide	30
Opgave 3 Paracetamol	32
Opgave 4 Wüstiet	34
Opgaven eindronde Theorietoets	37
Opgave 1 Carbidschieten	39
Opgave 2 Het NO_2 - N_2O_4 evenwicht	40
Opgave 3 Paracetamol uit lignine	41
Opgave 4 Tankyrase-remmers	44
Opgave 5 Shono-oxidatie	45
Opgave 6 Kobaltcomplexen	46
Opgave 7 Permanganometrie	48
Opgaven eindronde Uitwerkbijlage theorietoets	49
Opgaven eindronde Practicumtoets	51
Experiment 1 Het kraken van PET	54
Experiment 2 De bepaling van de hoeveelheid natriumperboraatmonohydraat in één zakje Bikosan	59
Opgaven eindronde Antwoordbladen practicumtoets	63
Correctievoorschrift voorronde 1	69
Opgave 1 Meerkeuzevragen	70
Opgave 2 Appelciderazijn	76
Opgave 3 Ozonolyse	78
Correctievoorschrift voorronde 2	81
Opgave 1 Meerkeuzevragen	82
Opgave 2 De ontleding van distikstofpentaoxide	87
Opgave 3 Paracetamol	89
Opgave 4 Wüstiet	92
Correctievoorschrift eindronde Theorietoets	95
Opgave 1 Carbidschieten	96
Opgave 2 Het NO_2 - N_2O_4 evenwicht	98
Opgave 3 Paracetamol uit lignine	101
Opgave 4 Tankyrase-remmers	105
Opgave 5 Shono-oxidatie	106
Opgave 6 Kobaltcomplexen	107
Opgave 7 Permanganometrie	109
Correctievoorschrift eindronde Practicumtoets	111
Experiment 1 Het kraken van PET	112
Experiment 2 De bepaling van de hoeveelheid natriumperboraatmonohydraat in één zakje Bikosan	114

NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2025

OPGAVEN VOORRONDE 1

af te nemen in de periode van
13 tot en met 31 januari 2025



SCHEIKUNDE OLYMPIADE



Symeres

Making Molecules Matter. Together.

- 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 76 punten.
- De voorronde duurt 2 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e of 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
Alex Blokhuis
Johan Broens
Jacob van Hengst
Dick Hennink
Marijn Jonker
Emiel de Kleijn
Jasper Landman
Bob Lefeber
Marte van der Linden
Han Mertens
Anna Reinhold
Joran de Ridder
Geert Schulpen
Nena Slaats
Eveline Wijbenga
Emmy Zeetsen

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

Opgave 1 Meerkeuzevragen

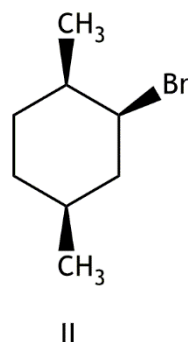
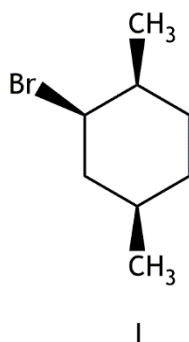
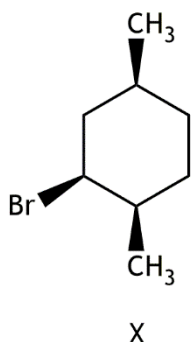
totaal 50 punten

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

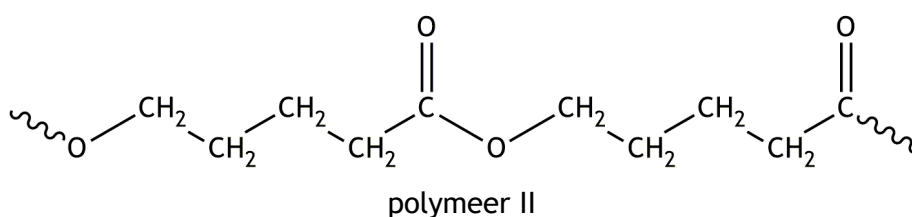
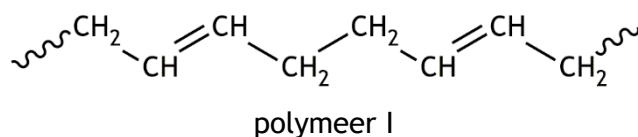
Normering: 2 punten per juist antwoord.

Koolstofchemie

- 1 Welke van de stoffen I en II hieronder is een stereo-isomeer / zijn stereo-isomeren van stof X?



- A geen van beide
B alleen I
C alleen II
D beide
- 2 Hieronder staan fragmenten van twee polymeerketens.



Wat zijn molecuulformules van de monomeren waaruit bovenstaande polymeerketens kunnen zijn ontstaan?

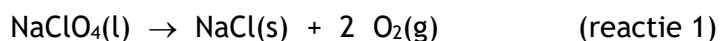
	polymeer I	polymeer II
A	C ₂ H ₄	C ₅ H ₁₀ O ₂
B	C ₂ H ₄	C ₅ H ₁₀ O ₃
C	C ₄ H ₆	C ₅ H ₁₀ O ₂
D	C ₄ H ₆	C ₅ H ₁₀ O ₃
E	C ₄ H ₈	C ₅ H ₁₀ O ₂
F	C ₄ H ₈	C ₅ H ₁₀ O ₃

- 3 Hoeveel alcoholen met de molecuulformule $C_5H_{12}O$ zijn er? Houd rekening met eventuele stereo-isomerie.

A 6
B 7
C 8
D 9
E 10
F 11
G 12

Thermochemie

- 4 Natriumperchloraat, $NaClO_4$, is bij kamertemperatuur een vaste stof. Bij verwarming smelt het en treedt thermolyse op:



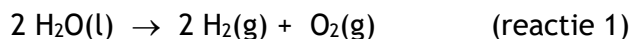
Wat is de reactiewarmte van reactie 1?

Gebruik hiervoor onder andere de volgende thermodynamische gegevens van natriumperchloraat:

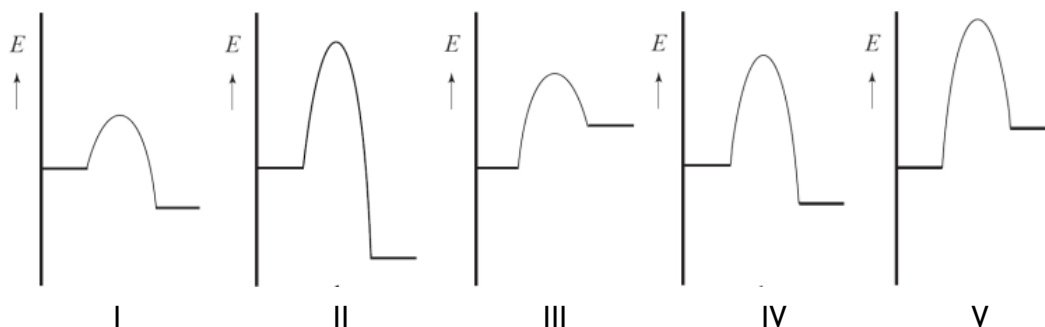
- de vormingswarmte van $NaClO_4(s)$ is $-382,75 \text{ kJ mol}^{-1}$;
- de hoeveelheid energie die nodig is voor het smelten van 1 mol $NaClO_4(s)$ is 14,7 kJ;
- neem aan dat gegevens die gelden bij 298 K ook bij de omstandigheden van reactie 1 kunnen worden gebruikt.

A -809 kJ mol^{-1}
B -779 kJ mol^{-1}
C -43 kJ mol^{-1}
D -13 kJ mol^{-1}
E $+13 \text{ kJ mol}^{-1}$
F $+43 \text{ kJ mol}^{-1}$
G $+779 \text{ kJ mol}^{-1}$
H $+809 \text{ kJ mol}^{-1}$

5 Bij de elektrolyse van water ontstaan waterstof en zuurstof:



Hieronder staan vijf energiediagrammen (I, II, III, IV en V). In deze diagrammen behoort het linker niveau tot het energieniveau van de beginstoffen en het rechter niveau tot het energieniveau van de reactieproducten. Eén van de diagrammen geeft het verloop van reactie 1 zonder katalysator weer en één van de andere diagrammen geeft het verloop van reactie 1 met katalysator weer. In alle diagrammen heeft de verticale as dezelfde schaal.



Welk van bovenstaande diagrammen geeft het verloop van reactie 1 zonder katalysator weer en welk van de diagrammen geeft het verloop van reactie 1 met katalysator weer?

	zonder katalysator	met katalysator
A	I	IV
B	I	II
C	II	I
D	II	IV
E	III	V
F	IV	I
G	IV	II
H	V	III

Reactiesnelheid en evenwicht

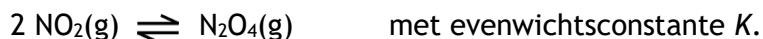
6 10 mL 0,50 M kaliumsulfaatoplossing en 10 mL 0,50 M zilvernitraatoplossing worden samengevoegd.

Er ontstaat een heterogeen mengsel waarin evenwicht heerst.

Wat is de juiste ordening van de concentraties van de ionen in dit mengsel?

- A $[\text{K}^+] = [\text{NO}_3^-] > [\text{Ag}^+] > [\text{SO}_4^{2-}]$
- B $[\text{K}^+] = [\text{NO}_3^-] > [\text{SO}_4^{2-}] > [\text{Ag}^+]$
- C $[\text{K}^+] > [\text{NO}_3^-] > [\text{Ag}^+] > [\text{SO}_4^{2-}]$
- D $[\text{K}^+] > [\text{NO}_3^-] > [\text{SO}_4^{2-}] > [\text{Ag}^+]$
- E $[\text{K}^+] > [\text{NO}_3^-] > [\text{SO}_4^{2-}] = [\text{Ag}^+]$
- F $[\text{K}^+] > [\text{NO}_3^-] = [\text{SO}_4^{2-}] = [\text{Ag}^+]$

7 Beschouw het volgende evenwicht:



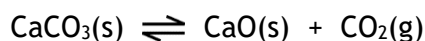
Er wordt een extra hoeveelheid NO_2 toegevoegd. Daarna stelt het evenwicht zich opnieuw in. Tijdens het toevoegen van de NO_2 en het zich opnieuw instellen van het evenwicht worden het volume en de temperatuur constant gehouden.

Is de waarde van K na het opnieuw instellen van het evenwicht kleiner geworden, even groot gebleven of groter geworden?

Is de snelheid van de reactie naar links na het opnieuw instellen van het evenwicht kleiner geworden, even groot gebleven of groter geworden?

	waarde van K	reactiesnelheid naar links
A	kleiner	kleiner
B	kleiner	even groot
C	kleiner	groter
D	even groot	kleiner
E	even groot	even groot
F	even groot	groter
G	groter	kleiner
H	groter	even groot
I	groter	groter

8 In een afgesloten ruimte van 250 cm^3 wordt $2,50 \text{ g}$ calciumcarbonaat verhit tot een constante temperatuur. Hierbij stelt zich het volgende evenwicht in:

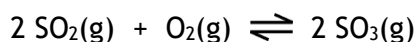


Bij het bereiken van het evenwicht blijkt nog $1,70 \text{ g}$ CaCO_3 aanwezig te zijn.

Wat is de waarde van de evenwichtsconstante, K_c , van dit evenwicht bij deze temperatuur?

- A 0,0080
- B 0,015
- C 0,032
- D 0,068
- E 31
- F 66
- G $1,3 \cdot 10^2$

9 Beschouw het volgende evenwicht:



Voor de reactie naar rechts geldt $\Delta E = -196 \text{ kJ mol}^{-1}$.

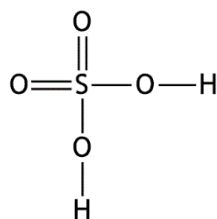
Hoe moet bij constante temperatuur de druk worden veranderd om de reactie naar rechts te bevorderen?

Hoe moet bij constante druk de temperatuur worden veranderd om de reactie naar rechts te bevorderen?

	druk (bij constante T)	temperatuur (bij constante p)
A	verlagen	verlagen
B	verlagen	verhogen
C	verhogen	verlagen
D	verhogen	verhogen

Structuren en formules

10 De structuurformule van zwavelzuur is



Wat zijn de partiële ladingen van de atomen in dit molecuul?

	H atoom	S atoom	dubbel gebonden O atomen ($\text{O}=\text{O}$)	O atomen in $\text{O}-\text{H}$ groepen
A	δ^+	δ^+	δ^-	δ^+
B	δ^+	δ^+	δ^-	δ^-
C	δ^+	δ^-	δ^-	δ^+
D	δ^+	δ^-	δ^-	δ^-
E	δ^-	δ^+	δ^+	δ^+
F	δ^-	δ^+	δ^+	δ^-
G	δ^-	δ^-	δ^+	δ^+
H	δ^-	δ^-	δ^+	δ^-

- 11 Een atoom ^{232}Th wordt omgezet tot een atoom ^{208}Pb na uitzenden van een aantal alfadeeltjes. Een alfadeeltje is de kern van een $\text{He}-4$ atoom. Tijdens deze omzetting wordt in de atoomkern tevens een aantal neutronen omgezet tot protonen. Elektronen worden bij deze omzetting buiten beschouwing gelaten. Wat is het aantal alfadeeltjes dat bij deze omzetting wordt uitgezonden?

Wat is het aantal neutronen dat wordt omgezet tot protonen?

	aantal uitgezonden alfadeeltjes	aantal neutronen omgezet tot protonen
A	4	4
B	4	8
C	6	4
D	6	12
E	8	8
F	8	12

- 12 Hoeveel valentie-elektronen bevat het deeltje ClO_3^- ?

- A 24
- B 25
- C 26
- D 31
- E 32
- F 33

- 13 Hoeveel grensstructuren zijn er te tekenen van het oxalaation ($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$)? Ga ervan uit dat alle atomen aan de oktetregel voldoen.

- A 1
- B 2
- C 3
- D 4
- E 5
- F 6

pH en zuur-base

- 14 Van het eenwaardig zwakke zuur HZ wordt 0,320 mol opgelost in water en aangevuld met water tot een volume van 1,00 L. In deze oplossing is 10,2% van het zuur geïoniseerd.

Wat is de K_z van HZ?

- A $3,33 \cdot 10^{-3}$
- B $3,71 \cdot 10^{-3}$
- C $1,16 \cdot 10^{-2}$
- D $3,26 \cdot 10^{-2}$

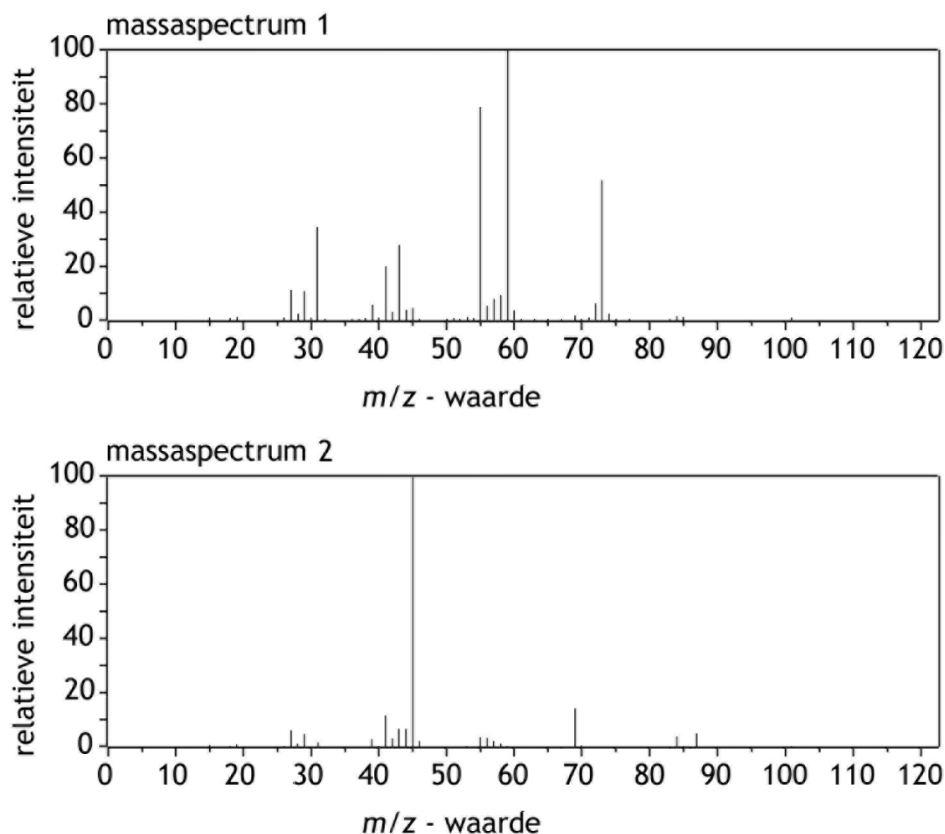
- 15 100 mL oplossing van natriumhydroxide (NaOH) heeft een pH van 9,20.
Hoeveel mL 0,10 M HCl oplossing moet hieraan toegevoegd worden om de pH te verlagen tot 8,20?
- A 0,00014 mL
B 0,0016 mL
C 0,014 mL
D 0,016 mL
E 0,10 mL
- 16 Men maakt vier oplossingen door 0,1 mol van de volgende stoffen op te lossen tot 1 L oplossing: K_2CO_3 , K_2O , NaOH, Na_2SO_4 .
Welke van deze oplossingen heeft de hoogste pH?
- A de oplossing met 0,1 mol K_2CO_3
B de oplossing met 0,1 mol K_2O
C de oplossing met 0,1 mol NaOH
D de oplossing met 0,1 mol Na_2SO_4

Redox en elektrochemie

- 17 Om de spaceshuttles in de ruimte te krijgen werden twee “Solid Rocket Boosters” gebruikt. Deze werkten op basis van een redoxreactie tussen ammoniumperchloraat en aluminium.
De onvolledige reactievergelijking, waarin alleen de coëfficiënten ontbreken, is hieronder weergegeven.
- $$NH_4ClO_4 + Al \rightarrow Al_2O_3 + NO + HCl + H_2O$$
- Wat is de verhouding tussen de coëfficiënten van Al en HCl in de kloppend gemaakte vergelijking van deze reactie?
- Al : HCl
- A 8 : 3
B 2 : 1
C 1 : 1
D 1 : 2
E 2 : 3
- 18 In een elektrochemische cel bevat één van de halfcellen een 1 M oplossing van lood(II)nitraat en een elektrode.
De halfreactie die tijdens stroomlevering optreedt in deze halfcel is:
- $$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$$
- Welk materiaal kan voor de elektrode worden gebruikt?
Is deze elektrode bij stroomlevering de positieve of negatieve elektrode?
- | | materiaal | elektrode is de |
|---|-----------|-----------------|
| A | koper | positieve |
| B | koper | negatieve |
| C | zink | positieve |
| D | zink | negatieve |

Analyse

- 19 Er bestaan drie isomere hexanolen met een onvertakte keten: hexaan-1-ol, hexaan-2-ol en hexaan-3-ol. De massaspectra van twee van deze structuurisomeren zijn hieronder weergegeven.



Van alcoholen is bekend dat een C – C binding naast de alcoholgroep kan worden verbroken. Eén van deze twee C atomen is dus gebonden aan het O atoom van de alcoholgroep.

In bovenstaande massaspectra kan beide keren de piek met de hoogste intensiteit toegekend worden aan een fragment dat ontstaat wanneer een C – C binding naast een alcoholgroep verbroken wordt.

Bij welke stof hoort massaspectrum 1 en bij welke stof hoort massaspectrum 2?

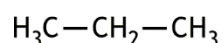
	massaspectrum 1	massaspectrum 2
A	hexaan-1-ol	hexaan-2-ol
B	hexaan-1-ol	hexaan-3-ol
C	hexaan-2-ol	hexaan-1-ol
D	hexaan-2-ol	hexaan-3-ol
E	hexaan-3-ol	hexaan-1-ol
F	hexaan-3-ol	hexaan-2-ol

20 Welk onderstaand zout is slecht oplosbaar in water, maar geeft wel een heldere oplossing in een oplossing met voldoende waterstofjodide?

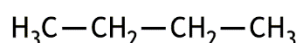
- A lood(II)chloride
- B lood(II)oxide
- C magnesiumchloride
- D magnesiumoxide

21 Bij gaschromatografie wordt in een apolaire kolom een mengsel van de onderstaande stoffen I, II en III gescheiden.

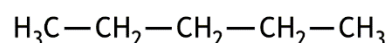
Welke stof heeft de kortste retentietijd en welke de langste?



I



II

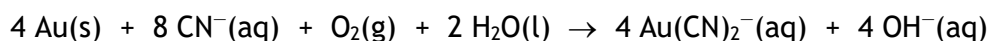


III

	kortste retentietijd	langste retentietijd
A	I	II
B	I	III
C	II	I
D	II	III
E	III	I
F	III	II

Rekenen

22 Natriumcyanide (NaCN) wordt gebruikt om goud uit erts te halen volgens onderstaande reactievergelijking.



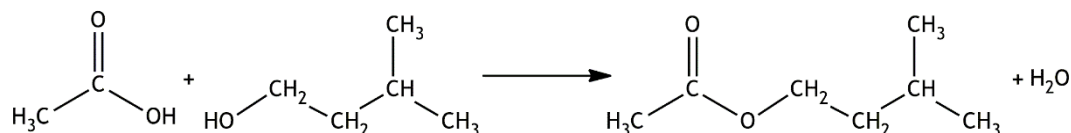
Hoeveel liter van een 0,0100 M natriumcyanide-oplossing is nodig om 11,8 g goud volledig om te zetten volgens bovenstaande reactievergelijking?

- A 0,749 L
- B 1,50 L
- C 2,99 L
- D 5,99 L
- E 12,0 L

- 23 Ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) wordt door dichroomaat in zuur milieu omgezet tot ethanal (CH_3CHO) volgens onderstaande reactievergelijking.
- $$3 \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{aq}) + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 8 \text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow 3 \text{CH}_3\text{CHO}(\text{aq}) + 2 \text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 7 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$$
- Met welke snelheid verandert de $[\text{CH}_3\text{CHO}]$ als de $[\text{Cr}^{3+}]$ toeneemt met $0,18 \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$ volgens bovenstaande reactievergelijking?
- A de $[\text{CH}_3\text{CHO}]$ neemt af met $0,12 \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$
 B de $[\text{CH}_3\text{CHO}]$ neemt af met $0,27 \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$
 C de $[\text{CH}_3\text{CHO}]$ neemt toe met $0,12 \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$
 D de $[\text{CH}_3\text{CHO}]$ neemt toe met $0,27 \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$
- 24 Op een lepel wordt een laagje zilver aangebracht door elektrolyse van een oplossing van 1,0 M zilvernitraat met een stroomsterkte van 0,10 A. Hoeveel minuten moet er geëlektrolyseerd worden om ervoor te zorgen dat 0,10 g zilver op de lepel wordt aangebracht?
- 1 A is 1 C s^{-1} en de lading van 1 mol elektronen is gelijk aan $9,65 \cdot 10^4 \text{ C}$.
- A 1,5 min
 B 5,0 min
 C 10 min
 D 15 min
 E 30 min

Groene chemie

- 25 Bij de productie van de ester met bananengeur treedt de volgende reactie op:



Het ontstane water bij deze reactie wordt beschouwd als afval.

Wat is het rendement van dit proces wanneer de E -factor gelijk is aan 0,34?

- A 34 %
 B 66 %
 C 75 %
 D 85 %

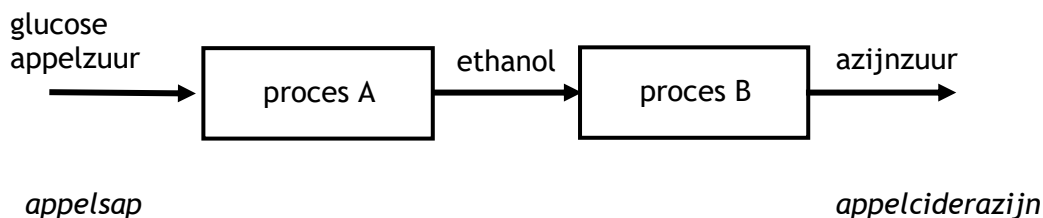
Open vragen

totaal 26 punten

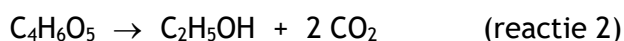
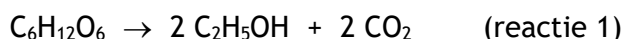
■ Opgave 2 Appelciderazijn

12 punten

Appelciderazijn wordt gebruikt als salade dressing en als conserveermiddel voor levensmiddelen. Appelciderazijn wordt gemaakt uit appelsap door twee processen uit te voeren. Dat is in onderstaand blokschema vereenvoudigd weergegeven.



In proces A worden glucose en appelzuur (2-hydroxybutaandizuur, $C_4H_6O_5$) uit appelsap omgezet tot ethanol. De reactievergelijkingen van de twee reacties die plaatsvinden in proces A zijn hieronder weergegeven.



In proces B wordt ethanol met zuurstof uit de lucht omgezet tot onder andere azijnzuur (ethaanzuur). De ontstane oplossing is appelciderazijn.

- 1 Tekende structuurformule van appelzuur. 2
- 2 Geef de vergelijking van de reactie die plaatsvindt in proces B. Gebruik molecuulformules. 2

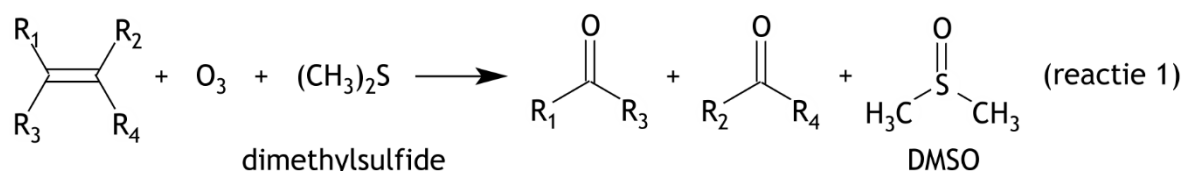
Van appelsap waaruit appelciderazijn wordt geproduceerd, is het gehalte aan opgelost appelzuur via een zuur-base titratie bepaald. Daartoe heeft men 10,00 mL appelsap getitreerd met 0,1000 M natronloog en fenolftaleïne als indicator. Bij deze bepaling bleek dat het gehalte aan appelzuur $7,382 \text{ g L}^{-1}$ was.

- 3 Bereken hoeveel mL 0,1000 M natronloog nodig was voor deze titratie. 4
- Het azijnzuurgehalte van de geproduceerde appelciderazijn was $1,086 \text{ mol L}^{-1}$.
- 4 Bereken het glucosegehalte in de appelsap in g L^{-1} . 4
- Neem het volgende aan:
- het volume van de oplossing verandert niet gedurende proces A en B;
 - de processen A en B verlopen met een rendement van 100 %.

Opgave 3 Ozonolyse

14 punten

Ozonolyse is een chemische reactie waarbij een alkeen reageert met ozon. Hierin wordt de C = C binding verbroken tot carbonylgroepen. Als een alkeen reageert met ozon en daarna met dimethylsulfide, ontstaan aldehyden en/of ketonen en DMSO. Deze reacties kunnen in één vergelijking (reactie 1) worden weergegeven:



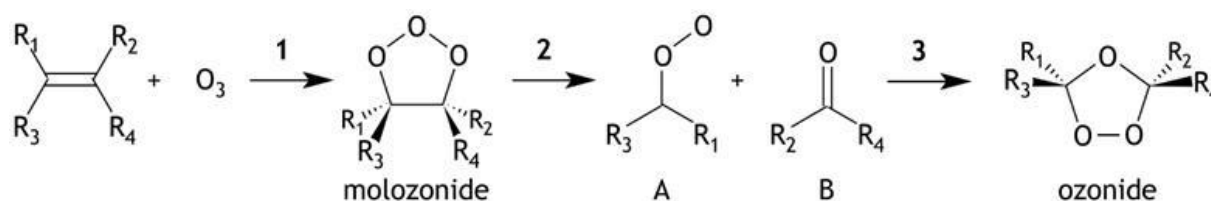
Hierin stellen R₁ tot en met R₄ koolwaterstofgroepen en/of H atomen voor.

- 5 Geef de structuurformules van de twee carbonylverbindingen die ontstaan als 2-methylhex-2-een reageert volgens reactie 1.

2

Bij ozonolyse reageert het alkeen eerst met ozon tot een zogenoemd ozonide. Deze reactie verloopt in drie stappen via een aantal tussenproducten. In figuur 1 zijn deze stappen weergegeven. Hierin is de structuurformule van A niet compleet.

figuur 1



In stap 1 reageert een alkeenmolecuul met een ozonmolecuul tot een molecuul molozonide. In stap 2 vindt in het molozonidemolecuul een verplaatsing van elektronenparen plaats zodat A en B ontstaan. In de structuurformule van A ontbreekt één atoombinding. Beide zuurstofatomen in molecuul A hebben een formele lading. Alle atomen in molecuul A voldoen aan de oktetregel.

- 6 Voer de volgende opdrachten uit:
- Teken de onvolledige structuurformule van A over uit figuur 1 en teken daarin de ontbrekende atoombinding en maak de lewisstructuur van A compleet. Geef ook de formele ladingen weer.
 - Teken de structuurformule van het molozonide over uit figuur 1 en teken daarin de niet-bindende elektronenparen.
 - Geef met kromme pijlen weer hoe elektronenparen in een molozonidemolecuul zich verplaatsten zodat A en B ontstaan.

4

Ten slotte wordt in stap 3 het ozonidemolecuul gevormd.

Aan het gevormde ozonide wordt vervolgens dimethylsulfide toegevoegd om het ozonide om te zetten tot carbonylverbindingen. Dit is een redoxreactie.

□7 Voer de volgende opdrachten uit:

- Geef de vergelijking van de halfreactie waarin het ozonide op bovenstaande manier wordt omgezet. Gebruik hierbij voor ozonide de formule $C_2H_4O_3$. Hierin zijn R_1 tot en met R_4 dus H atomen. Bij deze omzetting ontstaat één carbonylverbinding. In deze vergelijking komen onder andere ook H_2O en H^+ voor.
- Leg uit, aan de hand van deze vergelijking, of dimethylsulfide als oxidator of als reductor reageert.

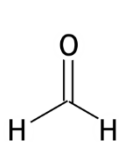
3

Onverzadigde verbindingen die meer dan één $C = C$ binding per molecuul bevatten, kunnen ook worden geozonolyseerd. Zo'n ozonolyse vindt op dezelfde wijze plaats als hierboven is beschreven: elke afzonderlijke $C = C$ binding reageert op de beschreven wijze.

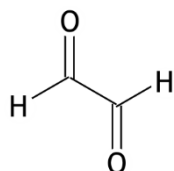
Ozonolyse werd vroeger gebruikt bij de structuuranalyse van organische verbindingen. Een voorbeeld van een dergelijke analyse is de volgende:

Een hoeveelheid koolwaterstof X met meer dan één $C = C$ binding per molecuul, ondergaat een volledige ozonolyse.

De carbonylverbindingen die hierbij uitsluitend ontstaan, zijn formaldehyde en glyoxaal.



formaldehyde



glyoxaal

Door volledige ozonolyse van een bepaalde hoeveelheid van stof X wordt 4,8 mg formaldehyde en 14 mg glyoxaal gevormd.

□8 Leid met behulp van een berekening de structuurformule van X af.

5

46^e Nationale Scheikundeolympiade 2025 voorronde 1
Antwoordblad meerkeuzevragen

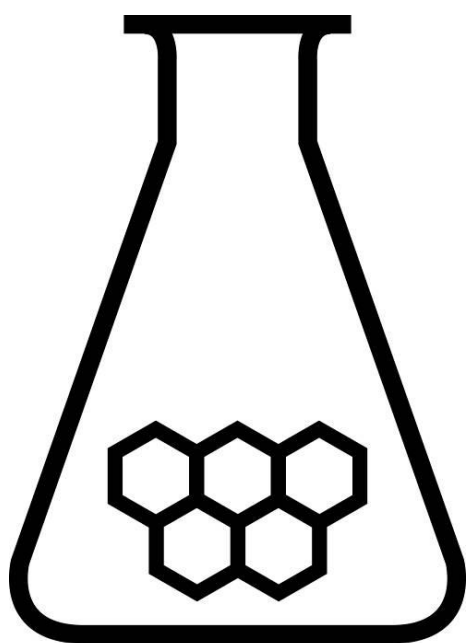
naam:

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

NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2025

OPGAVEN VOORRONDE 2

af te nemen in de periode van
17 tot en met 25 maart 2025



SCHEIKUNDE OLYMPIADE



Symeres
Making Molecules Matter. Together.

- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 8 onderwerpen en 3 opgaven met in totaal 16 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 98 punten.
- De voorronde duurt 3 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e of 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
Alex Blokhuis
Johan Broens
Jacob van Hengst
Dick Hennink
Emiel de Kleijn
Jasper Landman
Bob Lefeber
Marte van der Linden
Piet Mellema
Han Mertens
Anna Reinhold
Joran de Ridder
Geert Schulpen
Eveline Wijbenga
Emmy Zeetsen

De eindredactie was in handen van:

Kees Beers, Martin Groeneveld en Pia Scheffer

Opgave 1 Meerkeuzevragen

totaal 40 punten

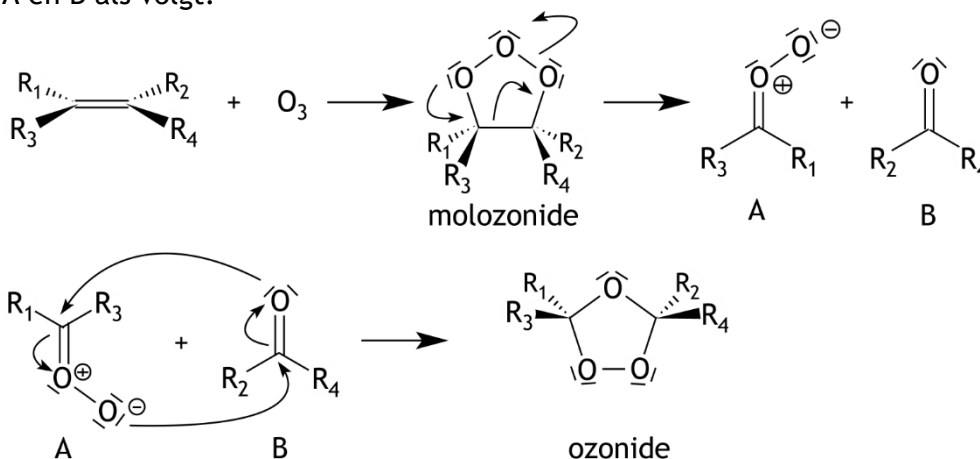
Schrijf bij elke vraag je antwoord (letter) op het antwoordblad. Dit antwoordblad vind je aan het eind van dit opgavenboekje.

Normering: 2 punten per juist antwoord.

Koolstofchemie

De volgende twee vragen gaan over de ozonolyse van alkenen.

Alkenen kunnen met ozon, O_3 , reageren waarbij een zogenoemd ozonide wordt gevormd. De reactie verloopt via een zogenoemd molozonide en twee tussenproducten A en B als volgt:



In deze reactie kunnen stereo-isomeren worden gevormd.

1 Hoeveel molozonides kunnen worden gevormd in de volgende gevallen?

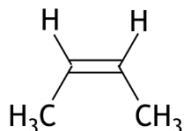
I R_1 tot en met R_4 zijn verschillend.

II $R_1 = R_2$ en $R_3 = R_4$

Neem aan dat het ozonmolecuul in één stap reageert met het alkeenmolecuul.

	I	II
A	1	1
B	1	2
C	2	1
D	2	2
E	4	1
F	4	2

2 Hoeveel ozonides kunnen worden gevormd bij de ozonolyse van onderstaand alkeen?



Houd rekening met eventuele stereo-isomerie.

- A 1
B 2
C 3
D 4

- 3 Er is een groot aantal structuren mogelijk met molecuulformule C_6H_{10} .
Hoeveel van deze structuren bevatten zowel een cyclobutaanring als een dubbele binding?
Houd rekening met stereo-isomerie.
- A 2
 - B 3
 - C 4
 - D 5
 - E 6
 - F 7
 - G 8
 - H 9
 - I 10

Reactiesnelheid en evenwicht

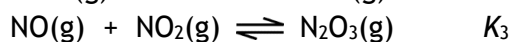
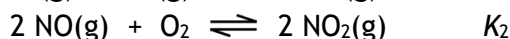
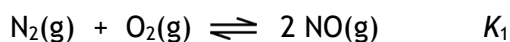
- 4 In een afgesloten reactievat met een vast volume van $1,00 \text{ dm}^3$ wordt $5,00 \text{ g}$ stikstofdioxide gebracht. Er stelt zich het volgende evenwicht in:

$$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$$
De temperatuur van het evenwichtsmengsel is 310 K en de druk is $1,71 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.
Wat is de K_p van dit evenwicht bij deze omstandigheden?
- A 0,35
 - B 0,57
 - C 2,28
 - D 2,92

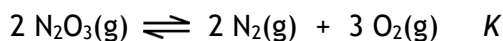
- 5 Distikstofmono-oxide kan in de gasfase als volgt ontleden:

$$2 N_2O(g) \rightarrow 2 N_2(g) + O_2(g)$$
Chloorgas kan hierbij als katalysator optreden.
Voor deze gekatalyseerde reactie is het volgende mechanisme voorgesteld:
- $$Cl_2 \rightleftharpoons 2 Cl \quad \text{snel}$$
- $$Cl + N_2O \rightarrow N_2 + ClO \quad \text{langzaam}$$
- $$ClO + N_2O \rightarrow N_2 + ClO_2 \quad \text{snel}$$
- $$ClO_2 + Cl \rightarrow Cl_2 + O_2 \quad \text{snel}$$
- Welke formule voor de reactiesnelheid is in overeenstemming met dit mechanisme?
- A $s = k[N_2O]$
 - B $s = k[N_2O]^2$
 - C $s = k[N_2O][Cl_2]$
 - D $s = k[N_2O][Cl_2]^{1/2}$
 - E $s = k[N_2O][Cl_2]^2$

- 6 Met behulp van de evenwichtsconstantes, K_1 , K_2 en K_3 , van de volgende evenwichten



kan de evenwichtsconstante K van het evenwicht



worden berekend.

Wat is het verband tussen K en K_1 , K_2 en K_3 ?

A $K = K_1 \times K_2 \times K_3$

B $K = \frac{1}{K_1 \times K_2 \times K_3}$

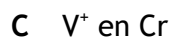
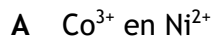
C $K = K_1^2 \times K_2 \times K_3^2$

D $K = \frac{1}{K_1 \times K_2^2 \times K_3^2}$

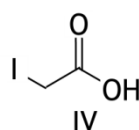
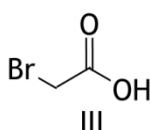
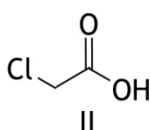
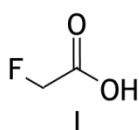
E $K = \frac{1}{K_1^2 \times K_2 \times K_3^2}$

Structuren en formules

- 7 Welk van de volgende deeltjes hebben dezelfde elektronenconfiguratie in de grondtoestand?



- 8 Welke van onderstaande halogeenuethaan-zuren is het sterkste zuur?



pH / zuur-base

- 9 Gelijke volumes van 0,10 M oplossingen van H_3PO_4 en Na_3PO_4 worden bij elkaar gevoegd.

Wat is de pH van de resulterende oplossing?

A 4,69

B 7,21

C 9,77

D 12,32

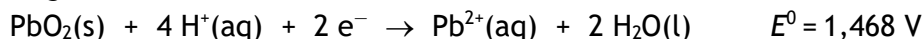
- 10 Aan 20 mL van een oplossing die 0,10 M is aan calciumchloride en 0,10 M aan magnesiumchloride wordt 20 mL natronloog toegevoegd. De pH wordt gemeten en die blijkt 10,00 te zijn.
- Is in de oplossing een neerslag ontstaan?
- A er is geen neerslag ontstaan
 - B er is uitsluitend een neerslag van calciumhydroxide ontstaan
 - C er is uitsluitend een neerslag van magnesiumhydroxide ontstaan
 - D er is zowel een neerslag van calciumhydroxide als van magnesiumhydroxide ontstaan

Redox en elektrochemie

- 11 Een door de Oude Meesters veel gebruikt pigment om een blauwe kleur te verkrijgen, is het mineraal vivianiet. Vivianiet kan worden weergegeven met de formule $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Vivianiet is van zichzelf kleurloos, maar wordt na oxidatie blauw. Onder andere Rembrandt en Vermeer hebben in hun schilderijen gebruikgemaakt van vivianiet.
- Als vivianiet wordt geoxideerd, reageert het $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ met zuurstof en water tot ijzer(III)fosfaat en ijzer(III)hydroxide. De onvolledige reactievergelijking is hieronder weergegeven; alleen de coëfficiënten ontbreken.
- $$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{FePO}_4 + \text{Fe}(\text{OH})_3$$
- Wat is de coëfficiënt voor O_2 in de kloppend gemaakte reactievergelijking?
- A 1
 - B 2
 - C 3
 - D 4
 - E 5
 - F 6
- 12 Een oplossing bevat een gelijk aantal mol NiCl_2 en CuBr_2 . De oplossing wordt geëlektrolyseerd met grafietelektroden.
- Welke producten ontstaan het eerst?
- | | bij de negatieve elektrode | bij de positieve elektrode |
|---|----------------------------|----------------------------|
| A | $\text{Br}_2(\text{aq})$ | $\text{Cu}(\text{s})$ |
| B | $\text{Br}_2(\text{aq})$ | $\text{Ni}(\text{s})$ |
| C | $\text{Cl}_2(\text{aq})$ | $\text{Cu}(\text{s})$ |
| D | $\text{Cl}_2(\text{aq})$ | $\text{Ni}(\text{s})$ |
| E | $\text{Cu}(\text{s})$ | $\text{Br}_2(\text{aq})$ |
| F | $\text{Cu}(\text{s})$ | $\text{Cl}_2(\text{aq})$ |
| G | $\text{Ni}(\text{s})$ | $\text{Br}_2(\text{aq})$ |
| H | $\text{Ni}(\text{s})$ | $\text{Cl}_2(\text{aq})$ |

- 13 Wat is de E^0 voor de halfreactie $\text{PbO}_2(\text{s}) + 4 \text{H}^+(\text{aq}) + 4 \text{e}^- \rightarrow \text{Pb}(\text{s}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$?

Gegevens:



Maak gebruik van de formule $\Delta G = -nF\Delta E$.

- A 0,671 V
- B 0,797 V
- C 1,342 V
- D 1,594 V

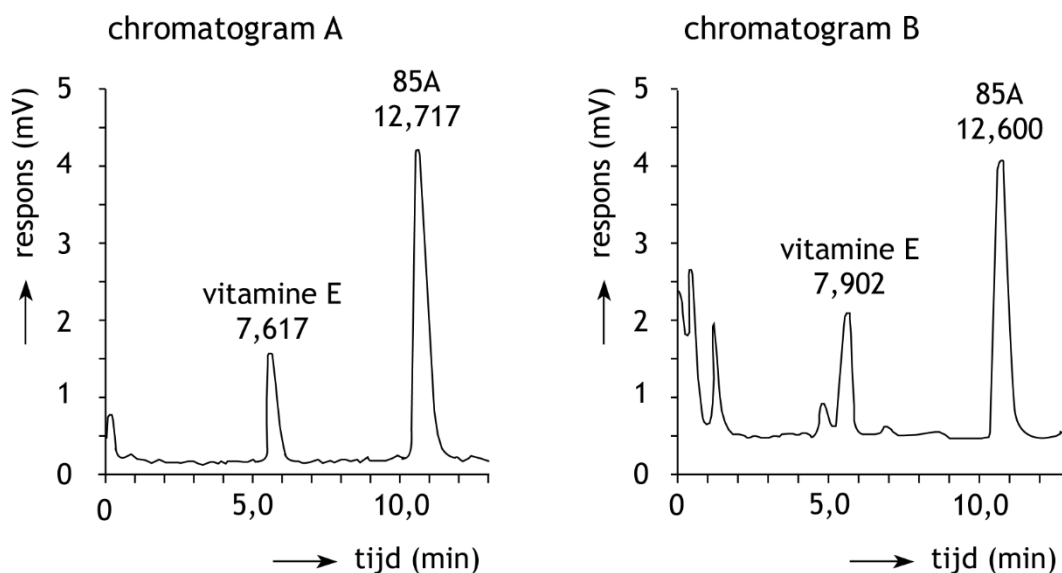
Analyse

- 14 Het gehalte aan vitamine E in bosbessensap kan met behulp van gaschromatografie worden bepaald. Vaak wordt daarbij gebruikgemaakt van een interne standaard, weergegeven met de code 85A. Deze stof komt niet van nature in bosbessensap voor.

Er worden dan twee chromatogrammen opgenomen. Hieronder zijn de resultaten van zo'n bepaling weergegeven.

Chromatogram A is van een mengsel waarin de concentratie vitamine E $4,50 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ was en die van 85A $1,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$.

Chromatogram B is van een monster bosbessensap waaraan zoveel 85A is toegevoegd dat de concentratie van 85A in dat monster eveneens $1,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ was.



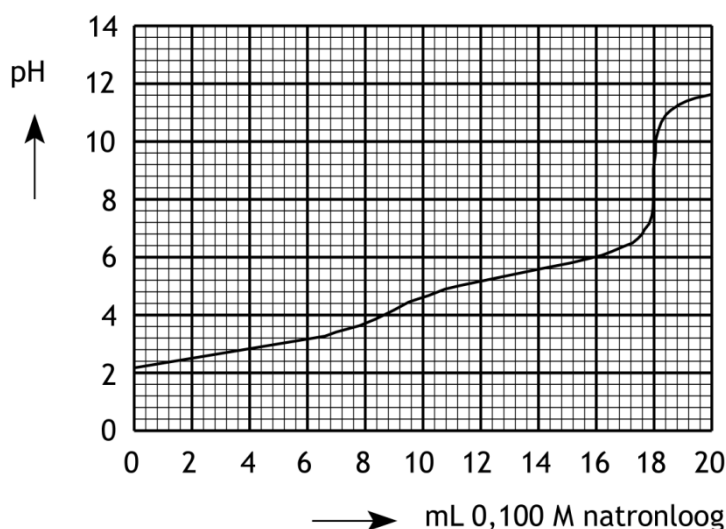
De piekoppervlakten zijn boven de pieken in arbitraire eenheden weergegeven.

Wat was de concentratie vitamine E in het onderzochte bosbessensap?

- A $4,09 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$
- B $4,30 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$
- C $4,71 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$
- D $4,93 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$

De volgende twee vragen gaan over de titratie van een oplossing van een tweewaardig zuur.

In een maatkolf van 250 mL wordt 1,494 g van het tweewaardige zuur H_2Z opgelost. De oplossing wordt aangevuld tot de maatstreep. Vervolgens wordt uit deze oplossing 25,00 mL overgebracht in een erlenmeyer en getitreerd met 0,100 M natronloog. Het verloop van de pH tijdens de titratie wordt met een pH-meter gevolgd. Daarbij wordt onderstaand diagram verkregen.



- 15 Het equivalentiepunt van deze titratie zou ook kunnen worden bepaald met behulp van een indicator.

Welke van de volgende indicatoren is/zijn hiervoor geschikt?

- I fenolftaleïne
- II thymolblauw

- A geen van beide
 - B alleen fenolftaleïne
 - C alleen thymolblauw
 - D allebei
- 16 Wat is de molaire massa van het onderzochte tweewaardige zuur?
- A $21,0 \text{ g mol}^{-1}$
 - B $42,0 \text{ g mol}^{-1}$
 - C $83,0 \text{ g mol}^{-1}$
 - D 166 g mol^{-1}
 - E 332 g mol^{-1}

Rekenen en Groene Chemie

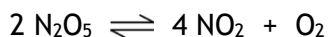
- 17 Wanneer magnesium in de lucht wordt verbrand, ontstaat, behalve magnesiumoxide (MgO), ook magnesiumnitride (Mg_3N_2).
Er wordt 1,000 g magnesium verbrand. De massa van het ontstane mengsel van magnesiumoxide en magnesiumnitride is 1,584 g.
Wat is het massapercentage magnesiumnitride in het mengsel?
- A 9,0%
B 11%
C 24%
D 90%
- 18 Het metaal vanadium kan worden verkregen door de volgende reactie van vanadium(V)oxide met calcium:
- $$\text{V}_2\text{O}_5 + 5 \text{Ca} \rightarrow 2 \text{V} + 5 \text{CaO}$$
- Onder bepaalde omstandigheden verloopt deze productie van vanadium met een rendement van 85 procent.
Wat is de E -factor van deze productie van vanadium?
- A 2,7
B 2,8
C 3,2
D 3,4
E 7,8

Thermochemie

- 19 Een niet-gekatalyseerde reactie heeft een activeringsenergie, E_{act} , van $+50 \text{ kJ mol}^{-1}$ en een reactie-enthalpie $\Delta_r H$ van -10 kJ mol^{-1} .
Wat zouden deze waarden kunnen worden in aanwezigheid van een katalysator?
- | E_{act} | $\Delta_r H$ |
|-----------------------------|---------------------------|
| A -10 kJ mol^{-1} | -50 kJ mol^{-1} |
| B $+30 \text{ kJ mol}^{-1}$ | -15 kJ mol^{-1} |
| C $+30 \text{ kJ mol}^{-1}$ | -10 kJ mol^{-1} |
| D $+30 \text{ kJ mol}^{-1}$ | -5 kJ mol^{-1} |
| E $+60 \text{ kJ mol}^{-1}$ | -10 kJ mol^{-1} |
| F $+60 \text{ kJ mol}^{-1}$ | $+5 \text{ kJ mol}^{-1}$ |
| G $+60 \text{ kJ mol}^{-1}$ | $+10 \text{ kJ mol}^{-1}$ |
| H $+60 \text{ kJ mol}^{-1}$ | $+15 \text{ kJ mol}^{-1}$ |
- 20 Wat is de bindingsenergie per mol water voor de hydratatie van kopersulfaat?
- $$\text{CuSO}_4(\text{s}) + 5 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{s})$$
- A -297 kJ mol^{-1}
B $-77,0 \text{ kJ mol}^{-1}$
C $-59,4 \text{ kJ mol}^{-1}$
D $-15,4 \text{ kJ mol}^{-1}$

Opgave 2 De ontleding van distikstofpentaoxide**21 punten**

De kinetiek van de ontledingsreactie van distikstofpentaoxide in de gasfase is uitgebreid onderzocht. De reactievergelijking is:



Hoewel verwacht mag worden dat dit een evenwichtsreactie is, kan de reactie al bij vrij lage temperaturen als aflopend worden opgevat.

- 1 Laat dit zien met behulp van een berekening van de waarde van de evenwichtsconstante bij 50 °C. De vormingswarmte van N_2O_5 is + 11,3 kJ mol⁻¹ en de absolute entropie van N_2O_5 is + 355,6 J mol⁻¹ K⁻¹; gebruik verder gegevens uit Binas. 8

Wetenschappers van de Universiteit van Managua (Nicaragua) hebben onderzoek gedaan naar de kinetiek van de ontledingsreactie van distikstofpentaoxide, opgelost in tetrachloormethaan. Zowel distikstofpentaoxide als stikstofdioxide is oplosbaar in tetrachloormethaan en zuurstof niet. Ook wanneer de ontleding in tetrachloormethaan plaatsvindt, is de reactie aflopend.

- 2 Geef een verklaring voor het feit dat ook onder deze omstandigheden de ontleding van distikstofpentaoxide een aflopende reactie is. 1

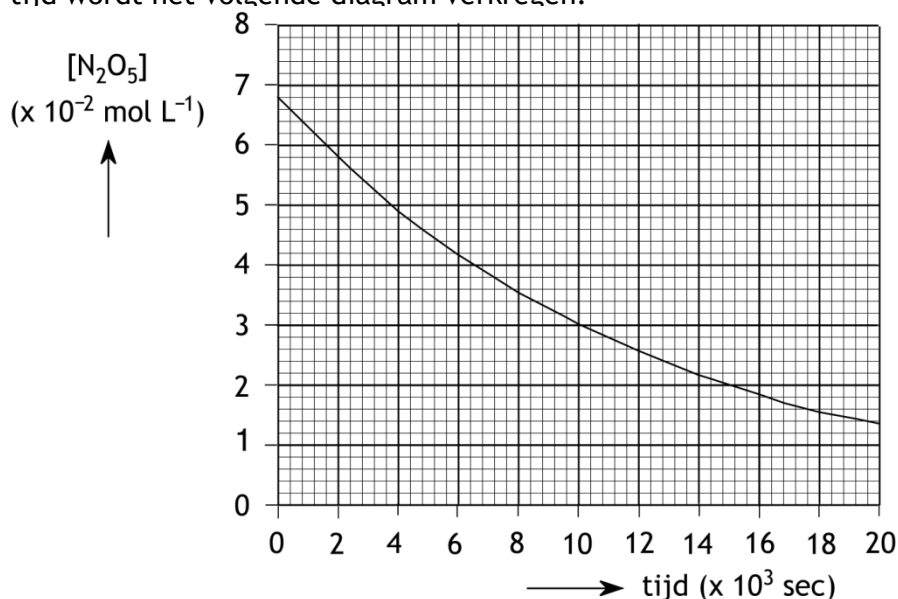
De onderzoekers hebben een bepaalde hoeveelheid N_2O_5 opgelost in 100 mL tetrachloormethaan en het verloop van de reactie gevolgd door op een aantal tijdstippen, t , het aantal cm³ zuurstof, V_t , dat dan is ontstaan te meten. Wanneer de reactie is afgelopen, op tijdstip $t = \infty$, is V_∞ cm³ zuurstof ontstaan.

Het experiment is uitgevoerd bij 30 °C en $p = p_0$.

Uit de meetgegevens kan de $[\text{N}_2\text{O}_5]_t$ op ieder tijdstip t gedurende de reactie worden berekend. Hiervoor kan de volgende formule worden gebruikt: $[\text{N}_2\text{O}_5]_t = (V_\infty - V_t) \times F$. Hierin is F een vermenigvuldigingsfactor.

- 3 Leid deze formule af en bereken de waarde van F . 4

Wanneer de berekende concentraties van N_2O_5 in een diagram worden uitgezet tegen de tijd wordt het volgende diagram verkregen.



Uit dit diagram is af te leiden wat de halveringstijd van de ontleding van distikstofpentaoxide in tetrachloormethaan onder deze omstandigheden is en ook dat dit een eerste orde reactie is.

- 4 Leid uit dit diagram af wat de halveringstijd van de ontleding van distikstofpentaoxide in tetrachloormethaan onder deze omstandigheden is en leg uit dat dit een eerste orde reactie is. 4
- 5 Bereken de reactiesnelheidsconstante, k , voor deze omstandigheden. 2

De Nicaraguanen hebben de reactiesnelheidsconstante op een andere manier bepaald, zonder de concentraties van N_2O_5 via F te berekenen. Zij hebben in een diagram

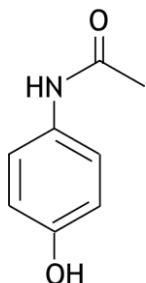
$\ln \frac{V_\infty}{(V_\infty - V_t)}$ uitgezet tegen de tijd.

- 6 Leg uit dat je ook op deze manier de reactiesnelheidsconstante kunt bepalen. 2

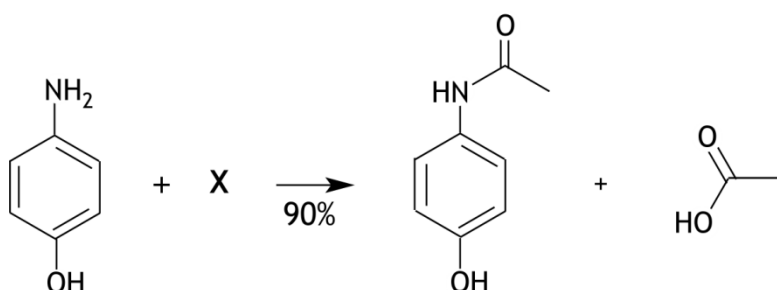
Opgave 3 Paracetamol

19 punten

Paracetamol is wereldwijd de meest gebruikte pijnstiller. De schematische structuurformule van paracetamol is:



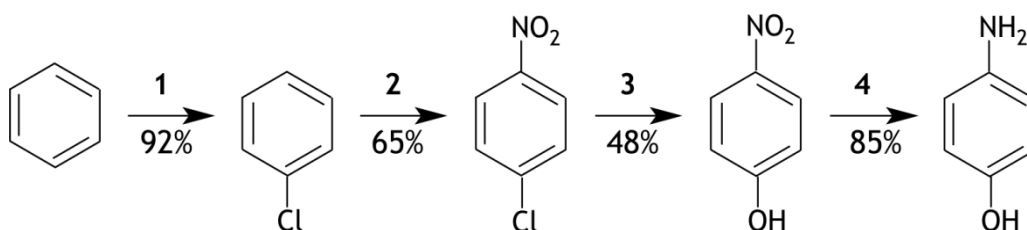
Paracetamol wordt gemaakt door *para*-aminofenol met een stof X te laten reageren. Daarbij ontstaat ook één andere stof, ethaanzuur, met een rendement van 90%:



- 7 Geef de structuurformule van stof X.

1

Het *para*-aminofenol kan op verschillende manieren worden geproduceerd. Een methode is in vier omzettingen uitgaande van benzeen als beginstof:



- 8 Geef de reactievergelijkingen voor de omzettingen 1, 2 en 4. Gebruik structuurformules voor de organische verbindingen.

7

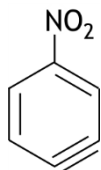
In deze syntheseroute van *para*-aminofenol wordt de benzeenring eerst gechloreerd en daarna genitreerd.

- 9 Zou er ook een syntheseroute van *para*-aminofenol kunnen bestaan die begint met het nitreren van benzeen? Als je denkt van niet, geef dan aan waarom niet. Als je denkt van wel, geef dan aan hoe die syntheseroute dan moet verlopen.

3

In omzetting 3 moet enig geweld worden gebruikt, omdat aan benzeenringen in het algemeen geen nucleofiele substitutiereacties plaatsvinden. Men laat het *para*-chloornitrobenzeen eerst bij hoge temperatuur reageren met gesmolten natriumhydroxide, waarna men het reactieproduct met zoutzuur laat reageren.

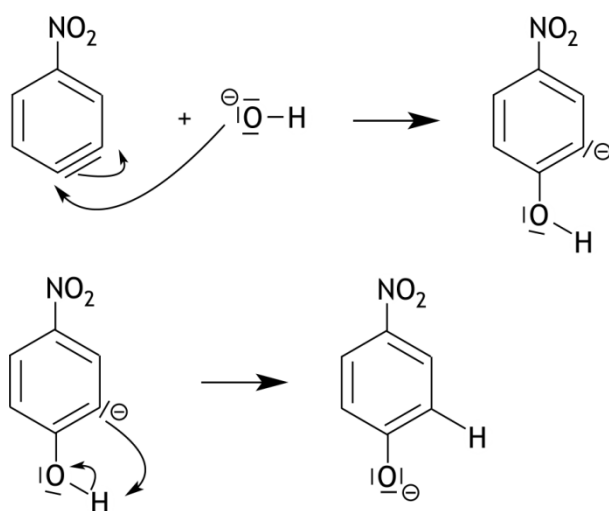
Men neemt aan dat in de eerste stap van het mechanisme van deze omzetting een OH^- ion een H^+ ion bindt van een molecuul *para*-chloornitrobenzeen, waarbij onder andere een molecuul wordt gevormd met de volgende structuur:



- 10 Geef de vorming van dit intermediair weer in een reactievergelijking met structuurformules;
- teken alle relevante niet-bindende elektronenparen;
 - zet eventuele formele ladingen op de juiste plaats;
 - geef met kromme pijlen ($\curvearrowright$) aan hoe elektronenparen zich verplaatsen.

3

Vervolgens reageert een tweede OH^- ion, waarbij in twee stappen een *para*-nitrofenolaation wordt gevormd:



Na aanzuren ontstaat tenslotte het *para*-nitrofenol.

Para-nitrofenol is niet het enige organische product dat volgens dit mechanisme in deze reactie ontstaat.

- 11 Geef de structuurformule van het andere organische product dat ontstaat.

1

In bovenstaande reactieschema's is weergegeven wat het rendement is van de vermelde omzettingen.

- 12 Bereken aan de hand van deze gegevens hoeveel ton paracetamol kan worden geproduceerd uitgaande van 1,00 ton benzeen.

4

Opgave 4 Wüstiet

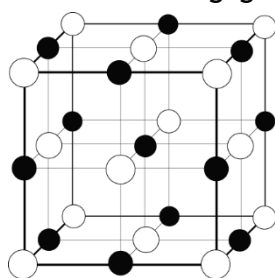
18 punten

Wüstiet is een mineraal met formule Fe_xO . De waarde van x is afhankelijk van de ontstaanswijze van het mineraal en ligt tussen 0,85 en 0,95. Dat x kleiner is dan 1 komt door het feit dat in wüstiet zowel Fe^{2+} ionen als Fe^{3+} ionen voorkomen.

- 13 Bereken de molverhouding tussen Fe^{2+} en Fe^{3+} in wüstiet met formule $\text{Fe}_{0,87}\text{O}$. Noteer je antwoord als $\text{Fe}^{2+} : \text{Fe}^{3+} = \dots : 1,0$.

3

Wüstiet is gekristalliseerd op dezelfde manier als NaCl. De eenheidscel van NaCl is hieronder weergegeven.



In het kristal van NaCl zijn alle posities in het kristalrooster bezet, maar in kristallen van wüstiet komen ‘gaten’ voor: op een aantal plaatsen in het kristalrooster missen ionen.

- 14 Geef hiervoor een verklaring.

1

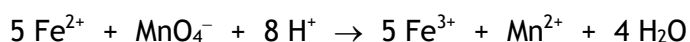
Een bepaalde soort wüstiet heeft een dichtheid van $5,71 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$. Met behulp van röntgendiffractie heeft men vastgesteld dat de kortste afstand tussen de kernen van twee ionen gelijk is aan 214 pm.

- 15 Bereken de waarde van x in deze soort wüstiet.

6

De waarde van x in Fe_xO kan ook door middel van een titratie met een oplossing van kaliumpermanganaat worden bepaald.

Om de waarde van x van een andere soort wüstiet te bepalen, heeft men 250 mg wüstiet opgelost in een overmaat verdund zwavelzuur. De ontstane oplossing is getitreerd met een 0,0200 M kaliumpermanganaatoplossing. De volgende reactie trad daarbij op:



Voor de titratie was 26,41 mL 0,0200 M kaliumpermanganaatoplossing nodig.

- 16 Bereken de waarde van x in deze soort wüstiet.

8

46^e Nationale Scheikundeolympiade 2025 voorronde 2
Antwoordblad meerkeuzevragen

naam:

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

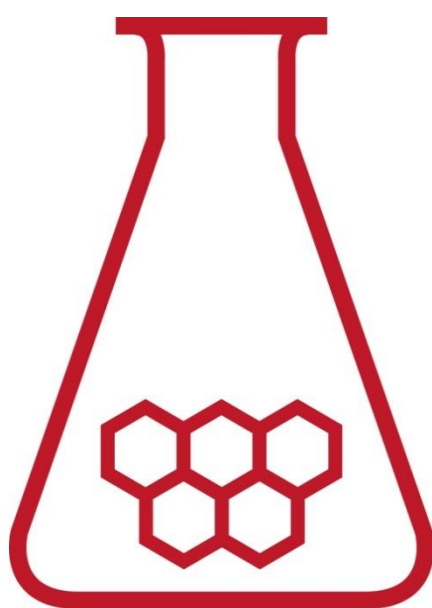
46^e Nationale Scheikundeolympiade

Symeres, Nijmegen

THEORIETOETS

opgavenboekje

woensdag 4 juni 2025



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



Symeres

Making Molecules Matter. Together.



**57th INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
UNITED ARAB EMIRATES 2025**

- Deze toets bestaat uit 7 opgaven met 32 open vragen, een informatieblad en een uitwerkbijlage.
- 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 6^e of 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:

Leon van Berkom
Sander Brugman
Sam Ceusters
Roel Dullens
Rutger Folmer
Gydo van der Heijden
Dennis Hetterscheid
Hans Meissner
Jan Sadownik
Jean-Paul Seerden
Martijn Slagt

De eindredactie was in handen van
Kees Beers, Martin Groeneveld, Dick Hennink en Piet Mellema

Het NSO comité
Marijn Jonker en Emiel de Kleijn

■ Opgave 1 Carbidschieten

13 punten

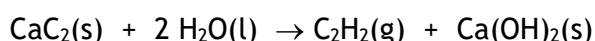
In de noordelijke, oostelijke en zuidelijke provincies van Nederland wordt rond oud en nieuw vaak met carbid in melkbussen geschoten. Carbid is de triviale naam van calciumcarbide met de formule CaC_2 . Het negatieve ion in dit zout heeft de formule C_2^{2-} .

Op de uitwerkbijlage die bij deze toets hoort staat een onvolledig MO schema voor de vorming van C_2^{2-} uit ionen C^- ; de $2s$ en $2p$ niveau's van één van de C^- ionen zijn hierin al getekend.

- 1 Teken in het schema op de uitwerkbijlage:
- de $2s$ en $2p$ niveau's van het andere C^- ion;
 - de moleculaire orbitalen van het C_2^{2-} ion met de gebruikelijke aanduidingen voor 'bindend' en 'anti-bindend';
 - vul de atomaire en moleculaire orbitalen op met elektronen volgens het Aufbau-principe.
- 6

- 2 Bereken de bindingsorde van het C_2^{2-} ion.
- 2

Bij het schieten laat men carbid in een melkbus reageren met water, de volgende reactie treedt dan op:



Het ontstane ethyngas wordt aangestoken en ontploft met een luide knal. Het doel is om een zo hard mogelijke knal te produceren. Daarvoor moeten zuurstof en ethyn in de juiste verhouding aanwezig zijn. Om de hardste knal te krijgen, blijkt dat de volumeverhouding ethyn : zuurstof ongeveer gelijk moet zijn aan 1 : 1.

In een handleiding voor carbidschieten wordt aanbevolen om een melkbus van 30 L te gebruiken, daarin een paar brokken, ongeveer 200 g, carbid te doen, 60 mL water toe te voegen en de melkbus af te sluiten met een voetbal. Na ongeveer 45 sec is er voldoende ethyngas gevormd om een mooie knal te produceren, waarbij tevens de voetbal wordt weggeschoten. Vervolgens wordt de melkbus weer afgesloten en na 45 seconden wachten kan het ethyngas opnieuw worden aangestoken. Met 200 g carbid en 60 mL water kun je vijf keer knallen met tussenpozen van 45 seconden, dan is het water op en moet je de melkbus weer vullen met nieuwe carbid en water.

- 3 Ga met behulp van een berekening na of voor iedere knal aan de ideale volumeverhouding ethyn : zuurstof = 1 : 1 wordt voldaan. Gebruik bij je berekening $1,0 \text{ g mL}^{-1}$ voor de dichtheid van water en 21% voor het volumepercentage van zuurstof in lucht.

Ga er vanuit dat

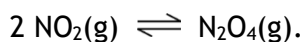
- voorafgaand aan het aansteken geen gas uit de melkbus ontsnapt;
- aan het begin van de reactie geldt $T = 273 \text{ K}$ en $p = p_0$;
- na elke knal de melkbus onmiddellijk weer wordt gevuld met lucht.

5

■ Opgave 2 Het NO₂ - N₂O₄ evenwicht

30 punten

Een proefje dat op scholen vaak wordt gebruikt om te demonstreren hoe de ligging van een evenwicht verandert bij temperatuurverandering, is gebaseerd op het dimerisatie-evenwicht



In een NO₂ molecuul is het stikstofatoom aan beide zuurstofatomen gebonden; het molecuul is niet cyclisch.

- 4 Geef een lewisstructuur van NO₂ en leg aan de hand van deze structuur uit waarom NO₂ moleculen gemakkelijk dimeriseren.

5

In het demonstratieproefje worden twee buisjes gevuld met stikstofdioxide en afgesloten. Daarna wordt het ene buisje in koud water ondergedompeld en het andere in warm water. Omdat stikstofdioxide een bruin gas is en distikstoftetraoxide kleurloos is, heeft het gasmengsel in het ene buisje een lichtere kleur dan het gasmengsel in het andere buisje, nadat zich in de buisjes het evenwicht heeft ingesteld.

Het stikstofdioxide maakt de docent vaak door koper te laten reageren met warm geconcentreerd salpeterzuur.

- 5 Bereken hoeveel cm³ stikstofdioxide maximaal kan ontstaan als 100 mg koper bij 80 °C en $p = p_0$ reageert met 10,0 mL geconcentreerd salpeterzuur. Het geconcentreerde salpeterzuur heeft een dichtheid van 1,40 g mL⁻¹ en bevat 65,0 massaprocent HNO₃.

6

Het ontstane stikstofdioxide koelt af tot kamertemperatuur en wordt opgevangen in een reageerbuisje, dat daarna wordt afgesloten.

- 6 Leg uit of je het reageerbuisje bij het opvangen van de stikstofdioxide ondersteboven moet gebruiken, of juist niet of dat het niet uitmaakt.

4

Voor de evenwichtsconstante, K_p , van een gasevenwicht geldt de volgende formule:

$$K_p = e^{-\frac{\Delta G}{RT}}.$$

Bij een bepaalde temperatuur T_1 heeft de K_p van bovenstaand evenwicht een waarde van 12,5.

- 7 Bereken de temperatuur T_1 in K. Ga er vanuit dat gegevens uit je informatieboek die gelden bij 298 K en $p = p_0$ ook onder deze omstandigheden kunnen worden gebruikt.

5

De docent heeft twee reageerbuisjes gevuld met 0,35 mmol zuiver stikstofdioxidegas. Nadat hij de buisjes had afgesloten, was het volume van het gas(mengsel) in elk van de buisjes 10,0 cm³. Eén buisje heeft hij ondergedompeld in koud water zodat de temperatuur 5 °C wordt. Bij deze temperatuur is $K_p = 15,8$.

- 8 Bereken de totale druk in Pa in het buisje als het evenwicht zich heeft ingesteld.

7

Het andere buisje dompelt hij onder in water met een temperatuur van 50 °C.

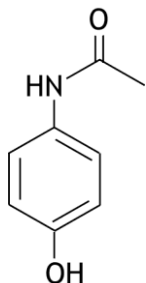
- 9 In welk van de buisjes heeft het gasmengsel de lichtste kleur? Geef een verklaring voor je antwoord.

3

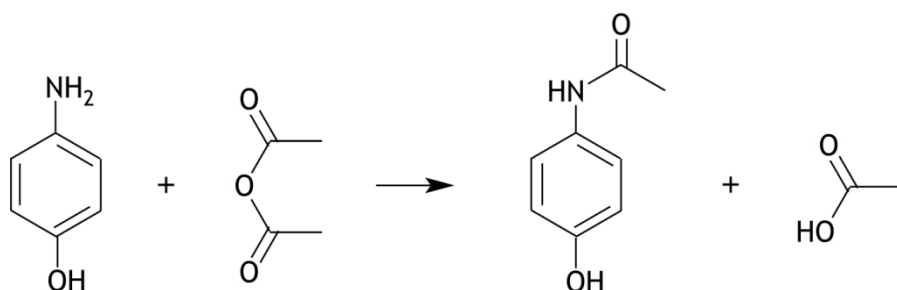
■ Opgave 3 Paracetamol uit lignine

25 punten

Paracetamol is wereldwijd de meest gebruikte pijnstiller. De structuurformule van paracetamol is:



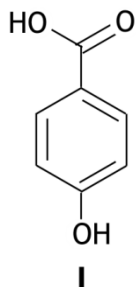
Paracetamol wordt gemaakt door *para*-aminofenol te laten reageren met azijnzuuranhydride:



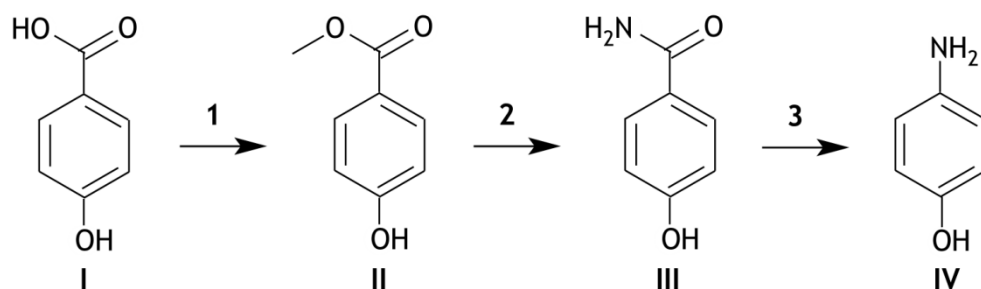
□10 Welk type reactie is dit?

2

Het *para*-aminofenol dat voor de bereiding van paracetamol nodig is, wordt tot nu toe voornamelijk via een aantal stappen uit benzeen verkregen. Het nadeel hiervan is dat benzeen uit aardolie wordt verkregen. Onlangs hebben onderzoekers een nieuwe synthese ontdekt, waarbij een hernieuwbare grondstof wordt gebruikt: lignine. Lignine is een complexe organische verbinding die bijvoorbeeld aan hout zijn stevigheid biedt. Wanneer men lignine met verdund natronloog laat reageren, ontstaat een mengsel van eenvoudige organische verbindingen. Uit dit mengsel kan de stof *para*-hydroxybenzoëzuur (I) worden geïsoleerd. De structuurformule van *para*-hydroxybenzoëzuur is als volgt:



In drie omzettingen kan hieruit *para*-aminofenol (IV) via de verbindingen II en III worden gevormd:



- 11 Geef de structuurformule van de stof die in omzetting 1 met *para*-hydroxybenzoëzuur reageert.

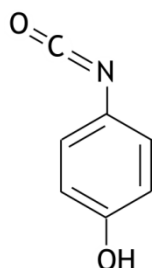
1

Voor de vorming van verbinding III uit II wordt een oplossing van ammoniak gebruikt. Rechtstreekse vorming van III uit I met behulp van een oplossing van ammoniak is niet goed mogelijk omdat een ongewenste nevenreactie zal optreden.

- 12 Welke nevenreactie kan optreden?

2

In omzetting 3 vindt een Hofmann-omlegging plaats. Hierbij wordt een C – C binding in het molecuul vervangen door een C – N binding. De reactie vindt plaats met broom in basisch milieu. Tussentijds wordt het volgende isocyanaat gevormd:



Voor de vorming van het isocyanaat wordt vaak het volgende mechanisme gegeven:

- een OH⁻ ion bindt een H⁺ ion dat gebonden is aan het stikstofatoom;
- vervolgens bindt zich een Br⁺ ion uit een Br₂ molecuul aan het stikstofatoom, waarbij tevens een Br⁻ ion wordt gevormd;
- daarna bindt een tweede OH⁻ ion het andere H⁺ ion dat gebonden is aan het stikstofatoom, tevens vormt zich een dubbele binding tussen het N atoom en het C atoom en een enkelvoudige binding tussen het C atoom en het O atoom;
- tenslotte wordt een Br⁻ ion afgesplitst en wordt het N atoom aan de benzeenring gebonden.

- 13 Geef dit mechanisme in reactievergelijkingen met structuurformules weer.

- Teken alle relevante vrije elektronenparen;
- geef met kromme pijlen () aan hoe elektronenparen verschuiven bij het vormen en verbreken van bindingen;
- zet alle formele ladingen op de juiste plaats.

6

Door additie van een watermolecuul aan een molecuul van het isocyanaat, gevolgd door afsplitsing van een molecuul X wordt een molecuul *para*-aminofenol gevormd.

- 14 Geef van het additieproduct van water en het isocyanaat de structuurformule en geef de molecuulformule van X.

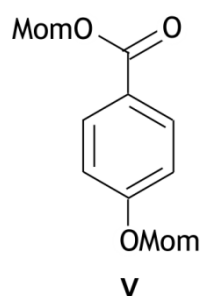
3

Een nadeel van deze syntheseroute van *para*-aminofenol is dat de opbrengst van de Hofmann-omlegging slechts laag is, waardoor de totale opbrengst van deze synthese minder dan 20% is. Dit wordt verbeterd wanneer men in plaats van omzetting 1 het

para-hydroxybenzoëzuur laat reageren met chloormethoxymethaan, $\text{H}_3\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2\text{Cl}$ (methoxymethylchloride, vaak afgekort als Mom-Cl). Dan worden beide

OH groepen van het *para*-hydroxybenzoëzuurmolecuul beschermd voor nevenreacties. Het

product V dat dan ontstaat, kan worden weergegeven als



De reactie tussen chloormethoxymethaan en *para*-hydroxybenzoëzuur begint met het afsplitsen van een chloride-ion van een molecuul chloormethoxymethaan. Het positieve ion dat dan ontstaat, wordt ‘gestabiliseerd door mesomerie’.

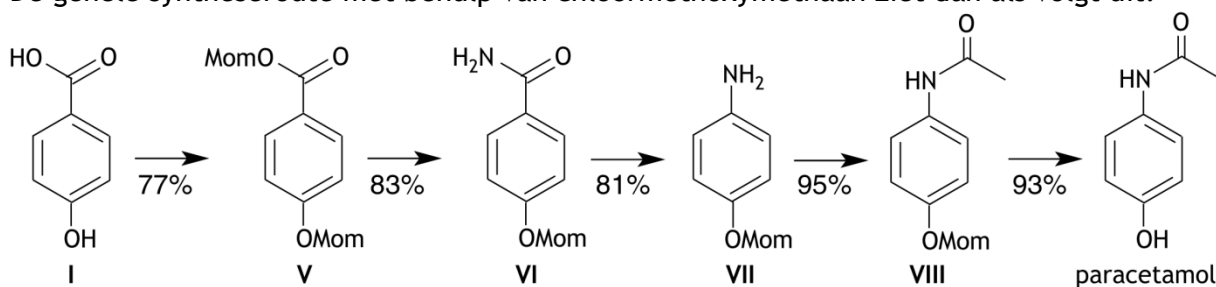
- 15 Geef de mesomere structuren van het positieve ion.

4

- 16 Geef de volledige structuurformule van V.

1

De gehele syntheseroute met behulp van chloormethoxymethaan ziet dan als volgt uit:



Hierin is van elke omzetting de procentuele opbrengst aangegeven.

Als bron voor lignine wordt vaak populierenhout gebruikt. En als je wilt weten hoeveel populierenhout nodig is om een bepaald aantal kg paracetamol te synthetiseren, moet je dat aantal kg paracetamol vermenigvuldigen met een bepaalde factor, F :

aantal kg populierenhout = aantal kg paracetamol $\times F$

- 17 Bereken de waarde van F . Gebruik, behalve de gegeven omzettingspercentages, de volgende gegevens:
- populierenhout bestaat voor 20 massaprocent uit lignine;
 - uit lignine kan 1,2 massaprocent *para*-hydroxybenzoëzuur worden verkregen.

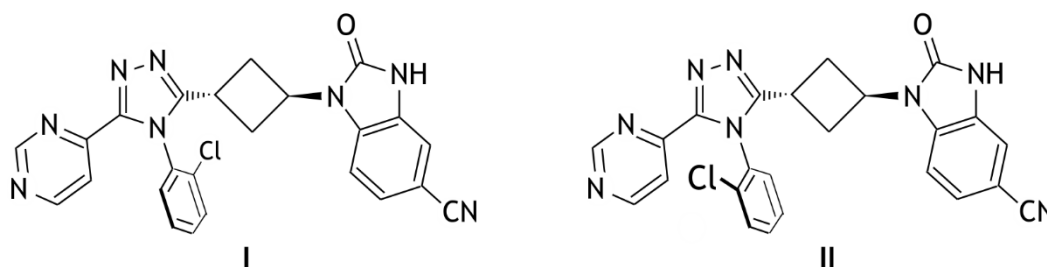
6

Opgave 4 Tankyrase-remmers

8 punten

Tankyrase is een enzym dat kleine chemische labels, zogenaamde ADP-riboseketens, aan eiwitten kan hechten. Deze labels geven bijvoorbeeld het signaal dat een eiwit moet worden afgebroken, of ze beïnvloeden de manier waarop een eiwit functioneert. Overexpressie van tankyrase - oftewel de aanmaak van te veel van dit enzym - wordt in verband gebracht met de ontwikkeling van kanker, doordat het de normale regulatie van celgroei verstoort. Het remmen van tankyrase kan daarom een veelbelovende strategie zijn in de behandeling van deze aandoeningen. Onderzoekers van Symeres zijn actief betrokken bij de ontwikkeling van verbindingen die als tankyrase-remmers kunnen werken.

Hieronder zijn de structuren weergegeven van twee verbindingen (I en II) die zijn gesynthetiseerd en onderzocht op de remming van de Tankyrase-activiteit.



Door de aanwezigheid van de Cl atomen is de rotatie rond de relevante C – N bindingen verhinderd bij kamertemperatuur. Daardoor zijn I en II stereo-isomeren.

- 18 Leg uit of I en II enantiomeren zijn of dat het dia-stereomeren zijn. 2

Er zijn, behalve II, nog twee stereo-isomeren mogelijk van I.

- 19 Leg uit dat, behalve II, nog twee stereo-isomeren mogelijk zijn van I. 3

Bij hoge temperatuur gaan de stereo-isomeren I en II langzaam in elkaar over doordat rotatie rond de relevante C – N bindingen dan wel mogelijk is. Deze isomerisatie verloopt volgens een eerste orde kinetiek. Uitgaande van verbinding I is bij een temperatuur van 70 °C na 72 uur 10 procent omgezet tot verbinding II.

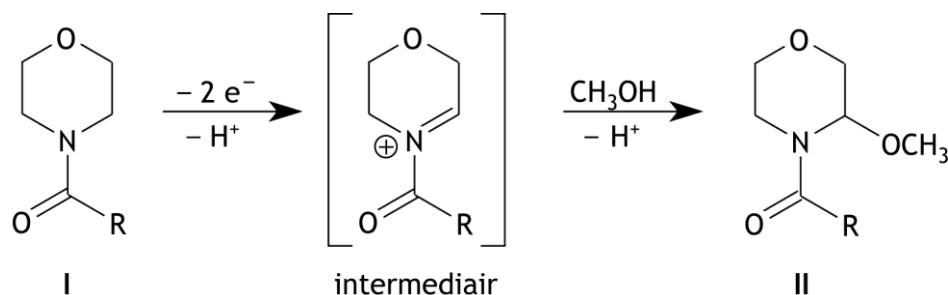
- 20 Bereken na hoeveel uur 1,0 procent van verbinding I bij 70 °C is omgezet tot verbinding II. Ga er hierbij vanuit dat de terugdraaiing van II naar I verwaarloosd mag worden. 3

Opgave 5 Shono-oxidatie

11 punten

De synthese van verbindingen door middel van elektrolyse wordt wel elektrosynthese genoemd. Bij Symeres is een onderzoeksgroep gespecialiseerd in het gebruik van de elektrosynthese voor het inbouwen van functionele groepen in eenvoudige moleculen met als doel de aangebrachte groepen te gebruiken als “steigers” voor de opbouw tot complexe moleculen.

Een voorbeeld van zo’n elektrosynthese, een zogenoemde Shono-oxidatie, is hieronder schematisch weergegeven:



I is een modelmolecuul waarbij het N atoom van een morfoline-ring gebonden is aan een beschermende groep (–COR). Tijdens de elektrolyse vindt een zeer selectieve methoxylering van de morfoline-ring plaats.

- 21 Leg uit of de omzetting van verbinding I tot het intermediair aan de positieve elektrode of aan de negatieve elektrode plaatsvindt. 2
- 22 Ga na, aan de hand van het schema, of de methoxylering regioselectief is. 2
- 23 Ga na, aan de hand van het schema, of de methoxylering stereoselectief is. 2

Een representatief voorbeeld van de manier waarop deze Shono-oxidatie kan worden uitgevoerd luidt als volgt:

0,41 mol van verbinding I wordt opgelost in 400 mL methanol. Ook wordt een inert elektrolyt toegevoegd. De oplossing wordt geëlektrolyseerd met behulp van grafietelektroden. De elektrolyse duurt 15 uur en de stroomsterkte wordt op 1,7 A gehouden.

Het rendement van de omzetting van verbinding I tot verbinding II bedraagt 92 procent. De efficiëntie van het stroomgebruik (het percentage van de elektrische stroom die is gebruikt voor de vorming van het product) bij deze Shono-oxidatie is groot.

- 24 Bereken hoeveel procent van de elektrische stroom is gebruikt voor de vorming van verbinding II. 5

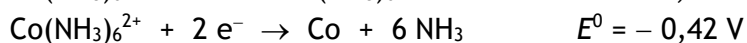
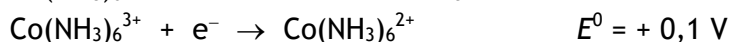
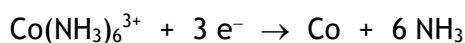
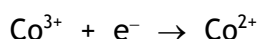
Opgave 6 Kobaltcomplexen

22 punten

Kobalt is een overgangsmetaal. Het komt in de natuur vooral voor in verbindingen waarin Co^{2+} ionen voorkomen. Kobaltionen met lading $3+$ zijn ook bekend, maar deze komen niet in de natuur voor, omdat Co^{3+} een zeer sterke oxidator is.

Kobaltionen, zowel Co^{2+} als Co^{3+} kunnen met ammoniakmoleculen stabiele complexen vormen.

Hieronder staat een overzicht van halfreacties van verschillende vormen van kobalt met van een aantal de bijbehorende standaardelektrodepotentiaal.



Voor de verandering in gibbsenergie bij een redox(half)reactie geldt: $\Delta G = -n \times F \times \Delta E$.

- 25 Bereken op basis van gegevens uit bovenstaand overzicht de waarde van de standaardelektrodepotentiaal van de halfreactie $\text{Co}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Co}^{2+}$

4

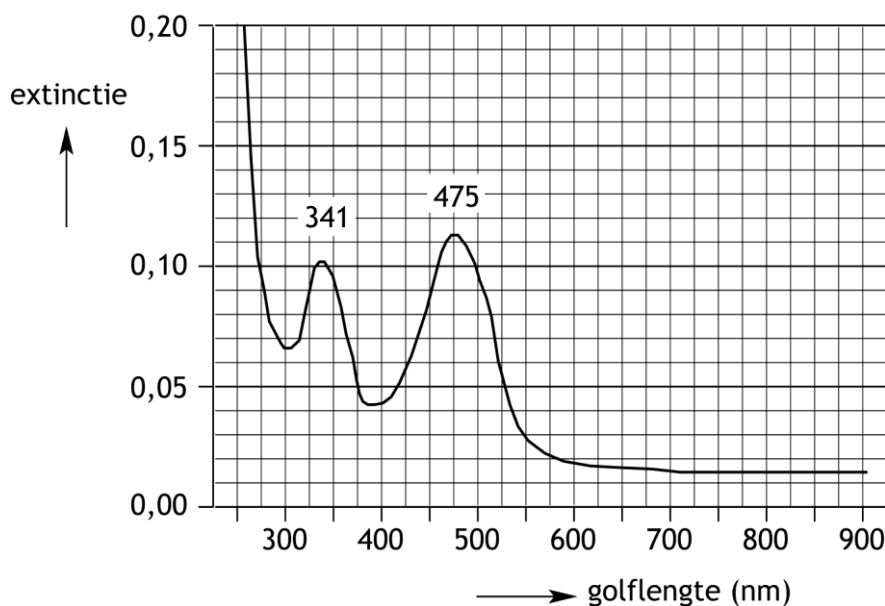
De stabiliteit van het complex $\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+}$ hangt samen met het volgende evenwicht:



- 26 Bereken op basis van gegevens uit deze opgave de waarde van de standaardelektrodepotentiaal van de halfreactie $\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+} + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Co} + 6 \text{NH}_3$.

4

Complexe kobaltionen geven aan oplossingen een kenmerkende kleur. Zo heeft een oplossing van het complexe zout $\text{Co}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_3$ een donkerpaarse kleur. Hieronder staat het UV-VIS spectrum van een $1,00 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ oplossing van $\text{Co}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_3$.

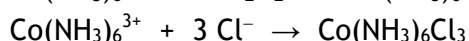
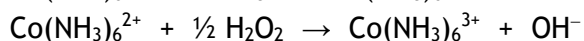
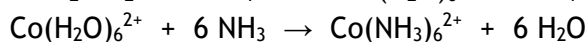


Bij het opnemen van het spectrum is een cuvet gebruikt met een optische weglengte van 1,00 cm.

- 27 Bereken aan de hand van dit UV-VIS spectrum de molaire extinctiecoëfficiënt, ϵ , van $\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+}$ bij 475 nm. Neem aan dat in de oplossing alleen $\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+}$ licht absorbeert.

3

Het maken van de verbinding $\text{Co}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_3$ verloopt in vier stappen:



Er wordt uitgegaan van het rode kobalt(II)chloridehexahydraat. Dit wordt opgelost in kokend water en hieraan wordt ammoniumchloride toegevoegd, waarbij het blauwe complex $\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ ontstaat. Hierna wordt geconcentreerde ammonia toegevoegd waarbij het bruine $\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{2+}$ ontstaat. Dit complex wordt vervolgens geoxideerd met waterstofperoxide naar het donkerpaarse complex $\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+}$ wat vervolgens met chloride neerslaat tot $\text{Co}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_3$.

Tijdens een experiment wordt $\text{Co}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_3$ via bovenstaande reacties gesynthetiseerd. Er wordt uitgegaan van 6,0065 g kobalt(II)chloridehexahydraat. Uiteindelijk ontstaat 5,4543 g onzuiver product. Van dit onzuivere product wordt 30,0 mg opgelost in een maatkolf van 100,0 mL. Van deze oplossing wordt de extinctie gemeten bij 475 nm. Die blijkt 0,122 te zijn. De optische weglengte in de gebruikte cuvet was 1,00 cm.

- 28 Bereken het rendement van deze synthese. Neem aan dat de onzuiverheden geen licht absorberen bij 475 nm.

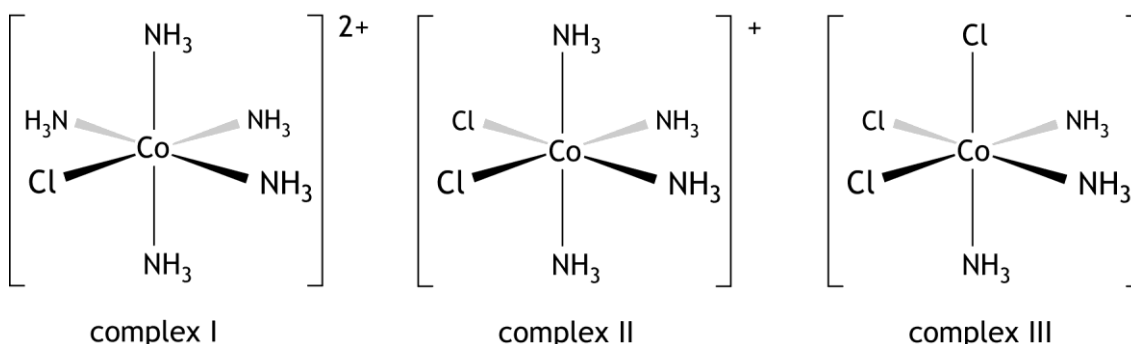
8

Er bestaan ook complexen van Co^{3+} en ammoniak, waarin één of meer ammoniakmoleculen vervangen zijn door chloride-ionen. De algemene formule van deze complexen kan worden weergegeven met $[\text{Co}(\text{NH}_3)_{6-x}\text{Cl}_x]^{n+}$, waarbij x een geheel getal is.

- 29 Wat is het verband tussen n en x?

1

Hieronder zijn de ruimtelijke structuren van drie van deze complexen getekend waarvoor respectievelijk geldt $x = 1$, $x = 2$ en $x = 3$.



Zowel van complex II als van complex III bestaat een isomeer.

Op de bijlage bij deze toets staan de aanzetten voor de isomeer van complex II en de isomeer van complex III.

- 30 Teken op de bijlage de isomeer van complex II en teken de isomeer van complex III.

2

■ Opgave 7 Permanganometrie

11 punten

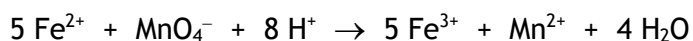
Oplossingen van kaliumpermanganaat (KMnO_4) worden veel gebruikt in de analytische chemie om gehalten van reductoren te bepalen. Een voorbeeld is de bepaling van het gehalte aan tin(II)sulfaat in een monster.

In een erlenmeyer wordt 200 mg van een monster dat tin(II)sulfaat bevat, opgelost. Aan de oplossing wordt 25,0 mL 0,0200 M kaliumpermanganaatoplossing toegevoegd. Daarna wordt de oplossing basisch gemaakt met natronloog. Er treedt een redoxreactie op waarbij het Sn^{2+} wordt omgezet tot $\text{Sn}(\text{OH})_6^{2-}$ en het MnO_4^- tot een neerslag van Mn_3O_4 . Bij deze reactie reageren Sn^{2+} en MnO_4^- met elkaar in de molverhouding 13 : 6.

- 31 Geef de vergelijking van de halfreactie van het MnO_4^- . 4

Het neerslag van Mn_3O_4 wordt afgefilterd en het filtraat aangezuurd en getitreerd met een 0,100 M oplossing van ijzer(II)sulfaat. Daarvan was 6,26 mL nodig.

De vergelijking van de reactie die tijdens de titratie optreedt is:



- 32 Bereken het massapercentage tin(II)sulfaat in het onderzochte monster. 7

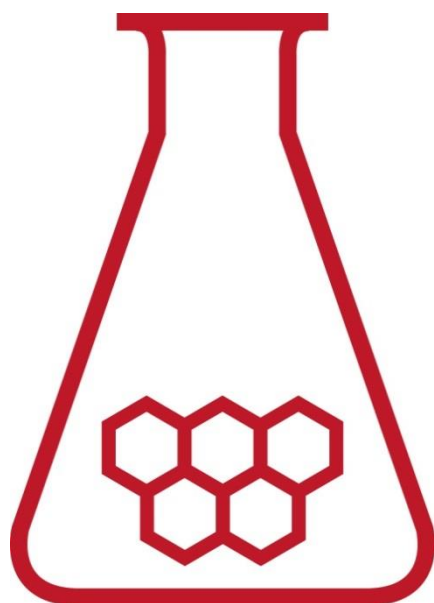
46^e Nationale Scheikundeolympiade

Symeres, Nijmegen

THEORIETOETS

uitwerkbijlage

woensdag 4 juni 2025



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



Symeres

Making Molecules Matter. Together.

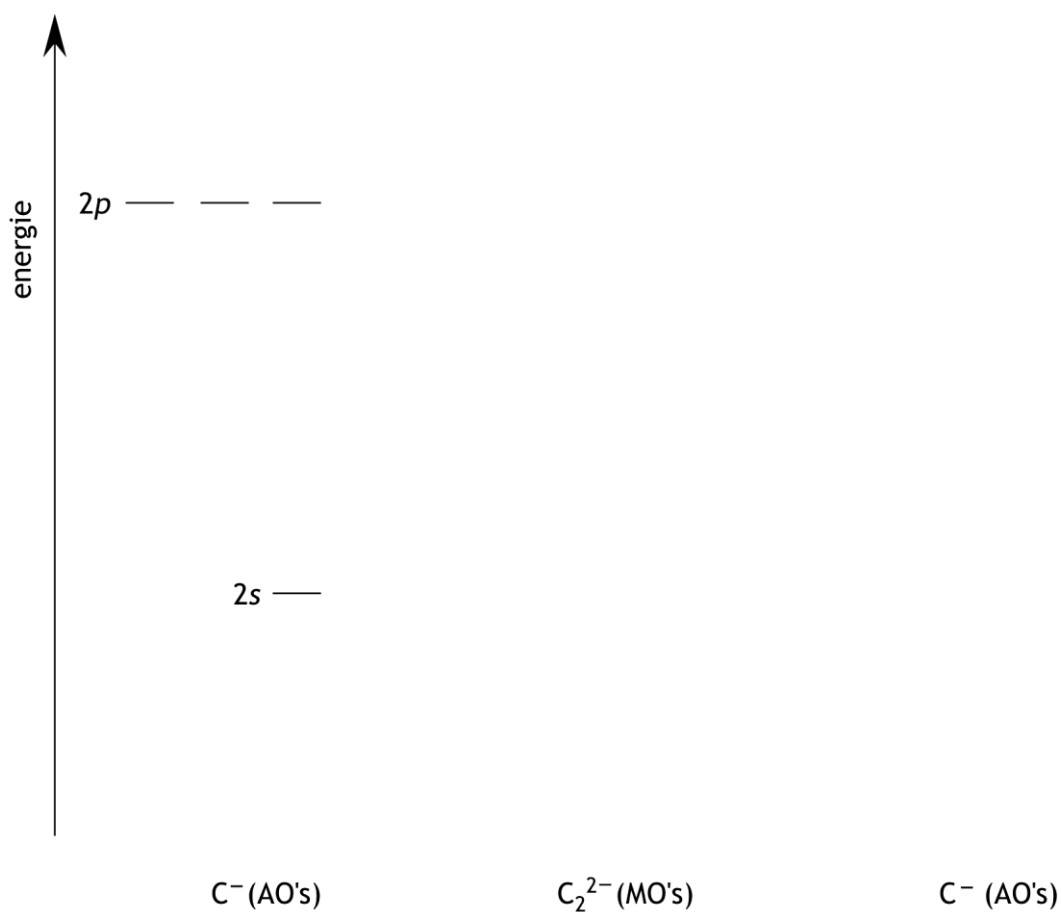


**57th INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
UNITED ARAB EMIRATES 2025**

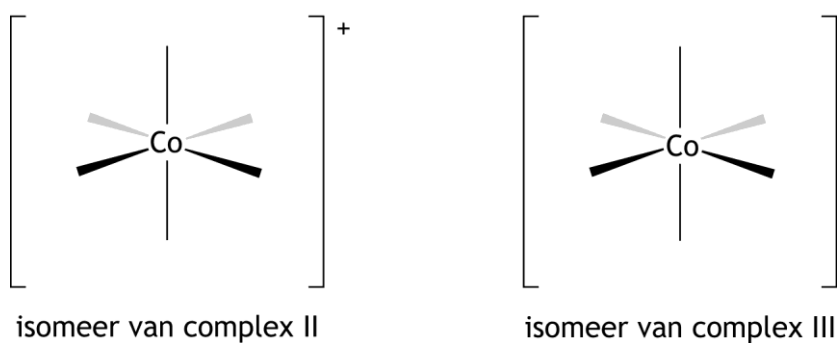
Naam: _____

N.B.: Vergeet niet je naam op het voorblad te zetten!

Vraag 1



Vraag 30



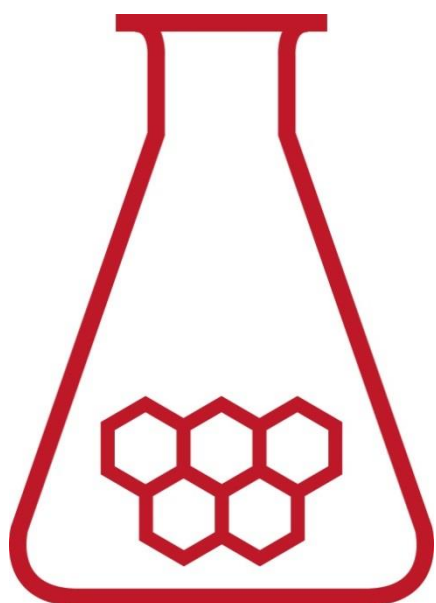
46^e Nationale Scheikundeolympiade

Symeres, Nijmegen

PRACTICUMTOETS

opgavenboekje

donderdag 5 juni 2025



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



Symeres

Making Molecules Matter. Together.



57th INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
UNITED ARAB EMIRATES 2025

De experimenten voor deze toets zijn voorbereid door:

Leon van Berkom

Frank Haasjes

Colinda van Tilburg

De eindredactie was in handen van:

Kees Beers, Martin Groeneveld en Dick Hennink

Het NSO comité:

Marijn Jonker, Emiel de Kleijn

Aanwijzingen/hulpmiddelen

- Deze practicumtoets bestaat uit twee onderdelen:
 - Het kraken van PET.
 - De bepaling van de hoeveelheid $\text{NaBO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ in een zakje Bikosan.
- Na 4 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 opgeruimd.
- 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 kraken van PET).

Tijdens de uitvoering van dit experiment moet het reactiemengsel 1,5 uur koken.

Gebruik deze tijd om **Experiment 2** (de titratie) uit te voeren.

De vragen bij **Experiment 2** kunnen zo nodig na afloop van de uitvoering van beide experimenten worden beantwoord.

Experiment 1 Het kraken van PET

40 punten

Inleiding

Veel flessen voor mineraalwater, frisdranken en vloeibare was- en schoonmaakmiddelen zijn gemaakt van de polyester PET, PolyEthyleenTereftalaat.

Het is herkenbaar aan het symbool "1" op de verpakking.

Ook wordt PET gebruikt voor kleding ("fleece").

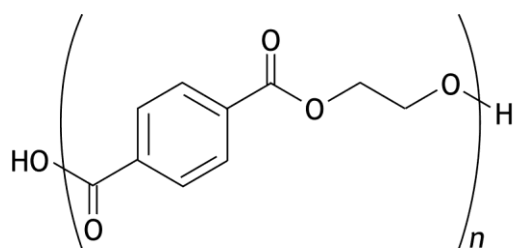
De impact van PET op het milieu is een belangrijk thema. De voordelen van plastic verpakkingen zijn vooral toe te schrijven aan het lichte gewicht, de veelzijdigheid in zijn toepassingen en duurzaamheid met betrekking tot de houdbaarheid van voedsel.

De nadelen zitten voornamelijk aan de productie en de recycling. PET is goed te recyclen, beter dan andere plastics, maar het aanleveren van plastic als aparte afvalstroom kan aanzienlijk beter.

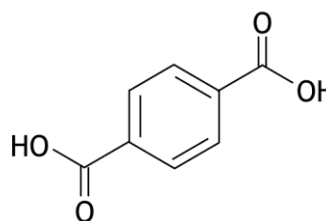
PET wordt hoofdzakelijk gerecycled door het om te smelten.

Een andere, geavanceerde, chemische manier van recyclen van PET zou kunnen beginnen met de hydrolyse van PET in basisch milieu (verzeeping). Na opwerken en aanzuren van het reactiemengsel kan tereftaalzuur worden geïsoleerd.

In dit experiment ga je deze hydrolyse van PET uitvoeren en de opbrengst van tereftaalzuur bepalen.



PET



tereftaalzuur

Chemicaliën

- stukje PET
- butaan-1-ol
- KOH
- demiwater
- 4 M zoutzuur
- ethanol

<u>Butaan-1-ol</u>    ▪ Formule : $C_4H_{10}O$ ▪ Dichtheid : $0,8098 \text{ g mL}^{-1}$ ▪ Kookpunt : 119°C ▪ H226, H302, H315, H318, H335, H336 ▪ P261, P280, P302+P352, P304+P340, P305+P351+P338	<u>Kaliumhydroxide</u>   ▪ Formule : KOH ▪ H290, H302, H314 ▪ P280, P303+P361+P353, P305+P351+P338, P310
<u>Zoutzuur 4 M</u>   ▪ Formule : HCl oplossing ▪ H290, H315, H319, H335 ▪ P302+P352, P304+P340, P305+P338+P351, P312	<u>Ethanol (absoluut)</u>   ▪ Formule : C_2H_6O ▪ Dichtheid : $0,789 \text{ g mL}^{-1}$ ▪ Kookpunt : 78°C ▪ H225, H319 ▪ P210, P233, P305+P351+P338
<u>Tereftaalzuur</u>  ▪ Formule : $C_8H_6O_4$ ▪ H315, H319, H335 ▪ P261, P305+P351+P338	

Veiligheid

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

Materialen

- een schaar
- een spatel
- twee maatcilinders (25 mL en 50 mL)
- een roermoter
- een rondbodemkolf
- een refluxkoeler
- een roervlo
- een poedertrechter
- een trechter
- een watje
- een oliebad
- een thermometer
- een hefplateau
- statief met klem(men) (voor scheitrechter)
- een scheitrechter
- twee 100 mL erlenmeyers
- pH papier
- pasteurpipet
- pipetspeen
- glasfilter
- een monsterpotje met draaideksel
- een monsterpotje met “crimpsluiting”
- een markeerstift
- een kurkring

Procedure

1. Bereid de opstelling van een reflux-experiment voor.
2. Knip het stukje PET in kleine stukjes en weeg ongeveer 1 g nauwkeurig af. Noteer de massa op je antwoordblad.
3. Breng deze stukjes PET over in de rondbodemkolf.
4. Voeg een roervlo toe.
5. Meet ongeveer 30 mL butaan-1-ol af en voeg deze toe aan de kolf.
6. Weeg 0,88 g kaliumhydroxide af en voeg dit toe aan de kolf.
7. Plaats de refluxkoeler op de kolf.
8. Laat je opstelling controleren door een begeleider.
9. Zet het oliebad op de roerplaat en schroef het hefplateau omhoog. Zorg dat het niveau van de olie onder het niveau van het oplosmiddel in de kolf blijft.
10. Zet de roermotor aan.
11. Hang de thermometer in het oliebad en stel de verwarming in op 120 °C.
12. Zet de verwarming aan en laat het reactiemengsel 1,5 uur refluxen.
13. **Let op: Wees vanaf nu extra voorzichtig. De olie is heet!**

Voer nu Experiment 2 uit.

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

14. Zet na 1,5 uur refluxen de verwarming uit, draai het hefplateau omlaag en laat de kolf gedurende ongeveer 5 minuten afkoelen in het ijsbad. Pak de kolf niet met je handen aan, maar gebruik de klem.
 15. Maak je werkplek gereed voor een extractie.
 16. Voeg ongeveer 20 mL water toe aan het reactiemengsel.
 17. Filtreer de suspensie door een trechter met een watje en spoel na met ongeveer 5 mL water.
 18. Breng het filtraat over in een scheitrechter, schud dit goed en vang de waterlaag op in een schone erlenmeyer.
 19. Extraheer de organische laag nog een keer met 20 mL water en vang de waterlaag op in de erlenmeyer waarin de waterlaag zit van de vorige stap.
 20. Zuur de verzamelde waterlagen, met behulp van een pasteurpipet, aan met 4 M zoutzuur tot een pH van ongeveer 2.
 21. Filtreer de verkregen suspensie af over het glasfilter met behulp van de vacuümafzuiging.
 22. Zet de vacuümafzuiging uit.
 23. Was het residu als volgt: voeg 5 mL ethanol aan het residu op het glasfilter en roer het residu door de ethanol met behulp van de brede spatel. Ga voorzichtig te werk.
 24. Filtreer de ethanol af met behulp van de vacuümafzuiging.
 25. Herhaal de stappen 22, 23 en 24 nog twee keer.
 26. Zet de vacuümafzuiging uit en breng het filtraat in de afzuigerlenmeyer over in een schone erlenmeyer.
 27. Droog het residu verder op het glasfilter onder vacuümafzuiging.
 28. Als het residu (= tereftaalzuur) droog is (het plakt dan niet meer aan je spatel als je erdoor roert), kan je de massa bepalen.
 29. Pak het monsterpotje met draaideksel, markeer het met je naam + PET, weeg het en noteer de massa.
 30. Breng het droge residu over in dit monsterpotje en weeg het potje met inhoud. Noteer de massa van het potje met inhoud.
 31. Breng in het monsterpotje met “crimpsluiting” ongeveer 20,0 tot 25,0 mg (nauwkeurig afgewogen) van je product, noteer de exacte massa op het potje en op je antwoordblad en zet je naam op het potje.
 32. Sluit dit potje met een crimp cap en met behulp van de crimptang, een begeleider kan je hierbij helpen.
 33. Lever beide monsterpotjes met inhoud in. De zuiverheid van je product wordt bepaald door er een NMR-spectrum van op te nemen. Bovendien wordt, indien nodig, een Karl Fisher bepaling uitgevoerd met de circa 20 mg product om het gehalte aan eventueel aanwezig water te bepalen. Dat wordt voor je gedaan na afloop van de practicumtoets. Je hoeft niet te wachten op het resultaat.
- Tip 1: Mocht de suspensie moeilijk te filtreren zijn in stap 20, voeg dan alvast ongeveer 5 mL ethanol toe.
- Tip 2: Als het residu tijdens het drogen in stap 25 een harde klont of meerdere klontjes vormt, breek deze dan voorzichtig in stukjes met de spatel en droog het nog even verder.

Vragen - noteer de antwoorden op de antwoordbladen

- 1 Noteer:
 - de massa van het PET
 - de massa van het lege monsterpotje
 - de massa van het monsterpotje met inhoud3
- 2 Bereken de massa van je product. 1

Om de hydrolyse van het PET in basisch milieu volledig te doen verlopen, werd een overmaat KOH gebruikt.
- 3 Geef de reactievergelijking van de volledige hydrolyse van PET in basisch milieu. Gebruik hierin voor de organische verbindingen structuurformules en geef de structuurformule van PET weer zoals in de inleiding. 6
- 4 Laat met een berekening zien dat een overmaat KOH werd gebruikt.
 - Neem hierbij aan dat het stukje PET uitsluitend bestaat uit polyethyleentereftalaat.
 - Houd geen rekening met de uiteinden van de PET moleculen.5

Polyethyleentereftalaat is het hoofdbestanddeel van het materiaal waar een PET fles van is gemaakt. Behalve polyethyleentereftalaat zit er bijvoorbeeld ook een weekmaker in.
- 5 Bereken het massapercentage polyethyleentereftalaat in het stukje PET. Ga ervan uit dat je product zuiver tereftaalzuur is. Houd geen rekening met de uiteinden van de PET moleculen. 5

Experiment 2 De bepaling van de hoeveelheid natriumperboraat-monohydraat in één zakje Bikosan

40 punten

Inleiding

Bikosan is een vast mengsel dat in opgeloste vorm gebruikt wordt als monddesinfectiemiddel. Het bestaat uit twee stoffen. Eén van die stoffen is natriumperboraatmonohydraat ($\text{NaBO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Als één mol $\text{NaBO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ in water wordt opgelost, ontstaat één mol waterstofperoxide (H_2O_2). Waterstofperoxide is het werkzame bestanddeel van een oplossing van Bikosan.

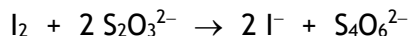
Bikosan is verkrijgbaar in verpakkingen waarin tien zakjes van het poeder zitten. Voor het gebruik wordt de inhoud van één zakje opgelost in een kopje warm water (ongeveer 30 mL). Met de oplossing die dan is ontstaan, wordt de mond gespoeld.

In dit experiment wordt de hoeveelheid $\text{NaBO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ in één zakje Bikosan bepaald. Aan een nauwkeurig afgemeten hoeveelheid Bikosan-oplossing wordt een overmaat zwavelzuur en een overmaat kaliumjodide-oplossing toegevoegd. De volgende reactie treedt op:



Deze redoxreactie verloopt echter langzaam. Om de reacties sneller te laten verlopen wordt een katalysatoroplossing toegevoegd.

De ontstane hoeveelheid jood wordt bepaald door een titratie met een oplossing van natriumthiosulfaat. Hierbij treedt de volgende reactie op:



De titratie wordt in duplo uitgevoerd.



Chemicaliën

- Bikosan
- demiwater
- ongeveer 0,050 M natriumthiosulfaat-oplossing (de precieze molariteit wordt gegeven)
- 0,3 M kaliumjodide-oplossing
- ammoniummolybdaat-oplossing (katalysator)
- 2 M zwavelzuuroplossing
- zetmeeloplossing

<u>Natriumthiosulfaat-oplossing 0,050 M</u> ▪ Formule : $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ oplossing ▪ Geen H en P zinnen	<u>Kaliumjodide-oplossing 0,3 M</u>  ▪ Formule : KI oplossing ▪ H372 ▪ P260, P264, P270, P314
<u>Zwavelzuuroplossing 2 M</u>  ▪ Formule : H_2SO_4 oplossing ▪ H314 ▪ P280, P303+P361+P353, P310, P305+P351+P338.	<u>Zetmeeloplossing</u> ▪ Formule : $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ oplossing ▪ Geen H en P zinnen
<u>Ammoniummolybdaat-oplossing</u> ▪ Formule : $\text{H}_8\text{Mo}_2\text{N}_2\text{O}_7$ ▪ Geen H en P zinnen	

Veiligheid

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

Materialen

- een 100 mL maatkolf
- een trechter
- een 50 mL buret
- een trechter voor de buret
- vier bekgelazen
- een 10 mL maatcilinder
- een 25 mL maatcilinder
- een pipetteerballon
- een 10 mL pipet
- twee 100 mL erlenmeyers met passende rubberen stop
- een magnetische roerder
- een roervlo

Procedure

- 1 Weeg de totale inhoud van één zakje Bikosan af. Noteer de massa op je antwoordblad.
- 2 Weeg ongeveer 0,7 g Bikosan nauwkeurig af en noteer de massa op je antwoordblad.
- 3 Breng deze Bikosan kwantitatief over in de 100 mL maatkolf en vul deze aan tot de maatstreep met demiwater.
- 4 Breng in beide erlenmeyers 10,00 mL van de Bikosan-oplossing uit de maatkolf over.
- 5 Voeg aan beide erlenmeyers 15 mL 2 M zwavelzuuroplossing en 10 mL 0,3 M kaliumjodide-oplossing toe.
- 6 Voeg aan beide erlenmeyers 1 mL katalysator-oplossing (ammoniummolybdaat-oplossing) toe.
- 7 Sluit beide erlenmeyers af met een rubberen stop en wacht minimaal 5 minuten. Zwenk de oplossing af en toe.
- 8 Vul tijdens het wachten de buret met de natriumthiosulfaat-oplossing.
- 9 Doe de roervlo in de oplossing in één van de erlenmeyers en begin te roeren (niet verwarmen).
- 10 Titreer de inhoud van de erlenmeyer met de natriumthiosulfaat-oplossing totdat de vloeistof lichtgeel is.
- 11 Voeg dan ongeveer 2 mL zetmeeloplossing toe.
- 12 Titreer verder totdat een duidelijke kleuromslag optreedt.
- 13 Haal de roervlo uit de oplossing en herhaal de punten 9 t/m 12 met de oplossing in de andere erlenmeyer.

Vragen - noteer de antwoorden op de antwoordbladen

- 6 Noteer:
- de massa van de totale inhoud van het zakje Bikosan
 - de massa van het Bikosan monster
 - alle buretstanden
- 8
- 7 Bereken de hoeveelheid $\text{NaBO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (in g) in één zakje Bikosan. 14
- 8 Het afsluiten van de erlenmeyer met de rubberen stop is belangrijk. Zuurstof uit de lucht kan namelijk het jodide tot jood omzetten. Geef hiervan de reactievergelijking en leg uit of de berekende hoeveelheid $\text{NaBO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ in een zakje Bikosan hoger of lager wordt. 4
- 9 Zou je de bepaling ook kunnen uitvoeren door middel van een titratie met een oplossing van de oxidator kaliumpermanganaat?
- Als je denkt van niet, leg uit waarom dat niet kan.
- Als je denkt van wel, geef dan globaal aan hoe zo'n bepaling moet worden uitgevoerd. 4

Naam: _____

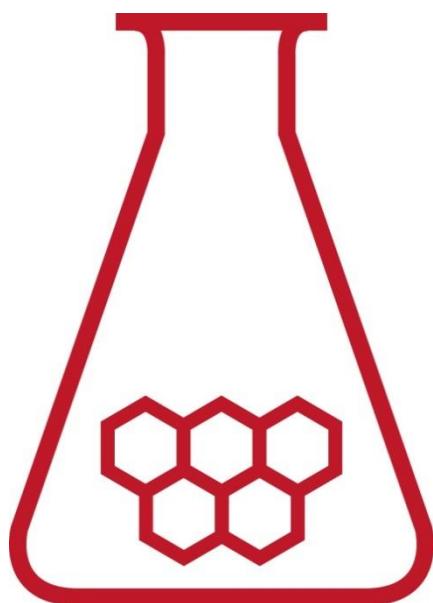
46^e Nationale Scheikundeolympiade

Symeres, Nijmegen

PRACTICUMTOETS

antwoordbladen

donderdag 5 juni 2025



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



Symeres

Making Molecules Matter. Together.



57th INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
UNITED ARAB EMIRATES 2025

Naam: _____

Antwoordbladen practicumtoets

Experiment 1

Vraag 1 en 2

massa PET:

massa van het monsterpotje met inhoud:

massa van het lege monsterpotje:

massa van het product:

massa van de inhoud van het potje met crimpsluiting:

Vraag 3

Naam:

Vraag 4

Vraag 5

Naam: _____

Antwoordbladen practicumtoets

Experiment 2

Vraag 6

massa van de inhoud van een zakje Bikosan:

massa van de afgewogen hoeveelheid Bikosan:

buretstanden

1. eindstand

beginstand

verbruik

2. eindstand

beginstand

verbruik

Vraag 7

Naam:

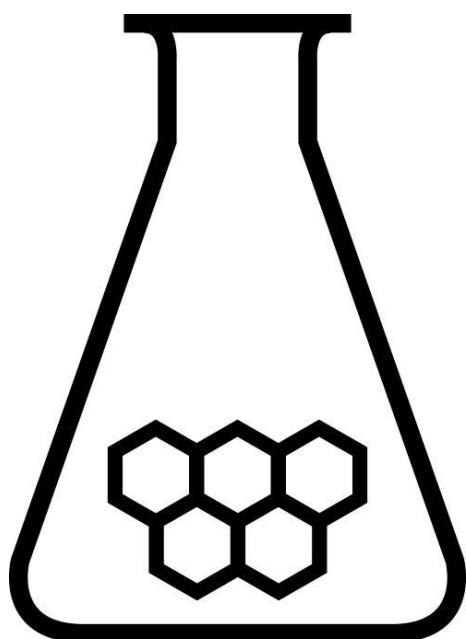
Vraag 8

Vraag 9

NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2025

CORRECTIEVOORSCHRIFT VOORRONDE 1

af te nemen in de periode van
13 tot en met 31 januari 2025



SCHEIKUNDE OLYMPIADE



Symeres
Making Molecules Matter. Together.

- 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 76 punten.
- De voorronde duurt 2 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e of 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	B
2	D
3	F
4	C
5	H
6	D
7	F
8	C
9	C
10	B
11	C
12	C
13	D
14	B
15	C
16	B
17	C
18	A
19	F
20	D
21	B
22	E
23	D
24	D
25	D

		Koolstofchemie
1	B	Verbinding I is een spiegelbeeldisomeer van stof X, verbinding II is dezelfde stof als stof X (180° gedraaid).
2	D	Polymeer I is ontstaan uit 1,4-additie van buta-1,3-dieen: $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ Polymeer II is ontstaan uit condensatie van 5-hydroxypentaaan­zuur: $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$
3	F	Hieronder staan alle structuren. Met * zijn de asymmetrische C-atomen aangegeven van deze structuren bestaan dus twee stereo-isomeren. $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\text{OH}}{\underset{ }{\text{CH}_2}}$ 1 $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\text{OH}}{\underset{ }{\text{CH}}^*}-\text{CH}_3$ 2+3 $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{OH}}{\underset{ }{\text{CH}}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ 4 $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}^*-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{OH} \end{array}$ 5+6 $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{OH} \end{array}$ 7 $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}^*-\text{CH}_3 \\ \\ \text{OH} \end{array}$ 8+9 $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \qquad \qquad \\ \text{OH} \qquad \qquad \text{OH} \end{array}$ 10 $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \qquad \\ \text{OH} \qquad \text{CH}_3 \end{array}$ 11
		Thermochemie
4	C	reactiewarmte = $-E_{\text{begin}} + E_{\text{eind}}$ = $-E_{\text{vorming NaClO}_4(\text{s})} - E_{\text{smelten NaClO}_4(\text{s})} + E_{\text{vorming NaCl}(\text{s})}$ = $- -382,75 \text{ kJ mol}^{-1} - 14,7 \text{ kJ mol}^{-1} + -411 \text{ kJ mol}^{-1} = -43 \text{ kJ mol}^{-1}$
5	H	Elektrolyse is een endotherme reactie en een katalysator verlaagt de activeringsenergie, dus diagram V is zonder katalysator en diagram III is met katalysator.

		Reactiesnelheid en evenwicht
6	D	10 mL 0,50 M K_2SO_4 oplossing en 10 mL 0,50 M $AgNO_3$ oplossing bevatten respectievelijk 10 mmol K^+ en 5,0 mmol SO_4^{2-} en 5,0 mmol Ag^+ en 5,0 mmol NO_3^-. Het volgende heterogene evenwicht stelt zich in: $2 Ag^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightleftharpoons Ag_2SO_4(s)$ Het aantal mmol K^+ en NO_3^- in de oplossing verandert niet. Het aantal mmol Ag^+ en SO_4^{2-} in de oplossing neemt af, waarbij de afname van het aantal mmol Ag^+ twee keer zo groot is als de afname van het aantal mmol SO_4^{2-}. Dus: $[K^+] > [NO_3^-] > [SO_4^{2-}] > [Ag^+]$
7	F	De waarde van K verandert alleen bij veranderende temperatuur. De snelheid van de reactie naar beide kanten wordt groter bij het nieuwe evenwicht door de hogere concentraties van alle deeltjes.
8	C	Er heeft $2,50 - 1,70 = 0,80$ g $CaCO_3$ gereageerd. Dit is gelijk aan $\frac{0,80}{100,09} = 0,0080$ mol $CaCO_3$. Er is dus 0,0080 mol CO_2 ontstaan in 0,250 L. $K_c = [CO_2] = \frac{0,0080}{0,250} = 0,032$
9	C	Voor de pijl staan meer gasdeeltjes dus de reactie naar rechts is tijdelijk in het voordeel bij hogere druk. De reactie naar rechts is exotherm en is tijdelijk in het voordeel bij lagere temperatuur.
		Structuren en formules
10	B	De elektronegativiteit van H is 2,1, van O is 3,5 en van S is 2,6. Dit betekent dat iedere H – O binding, S – O binding en S = O binding polair is met de δ^+ op H en S en de δ^- op O.
11	C	$232 - 208 = 24$ kerndeeltjes worden uitgezonden. Een heliumkern bestaat uit 4 kerndeeltjes dus $\frac{24}{4} = 6$ alfadeeltjes worden uitgezonden. Het atoomnummer van Th is 90 en van Pb is 82. De 6 uitgezonden alfadeeltjes bevatten 12 protonen dus er zijn $82 + 12 - 90 = 4$ protonen bijgekomen. Dus er zijn 4 neutronen omgezet.
12	C	7 (één Cl atoom) + 3×6 (drie O atomen) + 1 (lading $1-$) = 26 valentie-elektronen.

13	D	
		pH en zuur-base
14	B	$K_z = \frac{[H^+][Z^-]}{[HZ]} = \frac{(0,102 \times 0,320)^2}{0,898 \times 0,320} = 3,71 \cdot 10^{-3}$
15	C	In de berekening kan de volumetoename door het toevoegen van de HCl oplossing worden verwaarloosd. De pOH aan het begin is $14,00 - 9,20 = 4,80$ dus $[OH^-] = 10^{-4,80} = 1,58 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$. De pOH na de reactie is $14,00 - 8,20 = 5,80$ dus $[OH^-] = 10^{-5,80} = 1,58 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$. Er moet dan $(1,58 \cdot 10^{-5} - 1,58 \cdot 10^{-6}) \times 100 = 1,43 \cdot 10^{-3} \text{ mmol OH}^-$ reageren. Dit reageert met een even grote hoeveelheid H_3O^+ afkomstig uit eenzelfde hoeveelheid HCl. Er moet dan $\frac{1,43 \cdot 10^{-3}}{0,10} = 0,014 \text{ mL } 0,10 \text{ M HCl}$ oplossing worden toegevoegd.
16	B	Uit 0,1 mol K_2O ontstaat 0,2 mol OH^- volgens de aflopende reactie: $K_2O + H_2O \rightarrow 2 K^+ + 2 OH^-$ Uit 0,1 mol KOH ontstaat 0,1 mol opgelost OH^-. K_2CO_3 en Na_2SO_4 bevatten beide een zwakke base dus ontstaat er minder dan 0,1 mol OH^- per liter. Hoe hoger $[OH^-]$ hoe hoger de pH.
		Redox en elektrochemie
17	C	De reactievergelijking is: $2 NH_4ClO_4 + 2 Al \rightarrow Al_2O_3 + 2 NO + 2 HCl + 3 H_2O$

18	A	Zn kan in een redoxreactie reageren met Pb^{2+}, omdat Zn een sterkere reductor is dan Pb. Cu zal niet reageren. Bij stroomlevering is de elektrode waarbij de oxidator reageert altijd de positieve elektrode en Pb^{2+} reageert hier als oxidator.
		Analyse
19	F	Massaspectrum 1 heeft de hoogste piek bij m/z waarde 59. Dit komt overeen met het fragment $\text{C}_3\text{H}_7\text{O}^+$ afkomstig van hexaan-3-ol. Massaspectrum 2 heeft de hoogste piek bij m/z waarde 45. Dit komt overeen met het fragment $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}^+$ afkomstig van hexaan-2-ol.
20	D	Magnesiumchloride is goed oplosbaar in water. Bij het toevoegen van de oplossing van het sterke zuur HI zullen lood(II)oxide en magnesiumoxide in een zuur-basereactie reageren waarbij de lood(II)ionen en de magnesiumionen vrijkomen. Lood(II)ionen geven een neerslag met jodide-ionen en magnesiumionen niet. Lood(II)chloride reageert niet volgens een zuur-basereactie met de HI oplossing. Lood(II)chloride is matig oplosbaar en de lood(II)ionen vormen met de I^- ionen een neerslag van lood(II)jodide.
21	B	Bij gaschromatografie zal de stof waarvan de moleculen de sterkste binding met de kolom aan gaan het langst in de kolom blijven. De drie stoffen zijn alle drie apolair en daarom zijn hier de vanderwaalsbindingen van belang. Moleculen van stof III maken de sterkste vanderwaalsbindingen met de stationaire fase van de kolom en stof III heeft dus de langste retentietijd. Stof I bestaat uit de kleinste moleculen die de zwakste vanderwaalsbindingen aangaan en heeft dus de kortste retentietijd.
		Rekenen
22	E	$n_{\text{Au}} = \frac{11,8}{197} = 0,0599 \text{ mol}$ $n_{\text{NaCN}} = n_{\text{CN}^-} = 0,0599 \times \frac{8}{4} = 0,120 \text{ mol}$ $V_{\text{NaCN}} = \frac{0,120}{0,0100} = 12,0 \text{ L}$
23	D	Wanneer hoeveelheid Cr^{3+} toeneemt dan neemt hoeveelheid CH_3CHO ook toe in de molverhouding $\text{Cr}^{3+} : \text{CH}_3\text{CHO} = 2 : 3$. $0,18 \times \frac{3}{2} = 0,27 \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$

24	D	Zilver ontstaat volgens de halfreactie $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s})$ $n_{\text{e}^-} = n_{\text{Ag}} = \frac{0,10}{107,9} = 9,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ $\text{lading} = 9,3 \cdot 10^{-4} \times 9,65 \cdot 10^4 = 89 \text{ C}$ $t = \frac{89}{0,10} = 890 \text{ s}$ $\frac{890}{60} = 15 \text{ min}$
		Groene chemie
25	D	$E\text{-factor} = \frac{m_{\text{beginstoffen}} - m_{\text{werkelijke opbrengst}}}{m_{\text{werkelijke opbrengst}}}$ De molaire massa's van het zuur, de alcohol, de ester en water zijn respectievelijk $60,05 \text{ g mol}^{-1}$, $88,15 \text{ g mol}^{-1}$, $130,18 \text{ g mol}^{-1}$ en $18,02 \text{ g mol}^{-1}$. Bij één mol zuur en één mol alcohol als beginstoffen geldt: $m_{\text{beginstoffen}} = 60,05 + 88,15 = 148,20 \text{ g}$ $m_{\text{theoretische opbrengst}} = 130,18 \text{ g}$ Stel x is werkelijke opbrengst dan geldt: $0,34 = \frac{148,20 - x}{x} \quad \text{en} \quad 0,34x = 148,20 - x \quad \text{en} \quad 1,34x = 148,20 \quad , \text{ dus}$ $x = \frac{148,20}{1,34} = 110,60 \text{ g}$ $\text{rendement} = \frac{m_{\text{werkelijke opbrengst}}}{m_{\text{theoretische opbrengst}}} \times 100\% = \frac{110,60}{130,18} \times 100\% = 85\%$

Open vragen

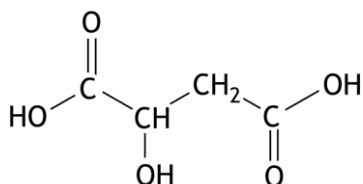
totaal 26 punten

■ Opgave 2 Appeldiderazijn

12 punten

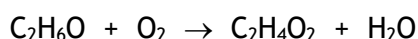
□1 maximumscore 2

Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:



- koolstofskelet met vier koolstofatomen en twee carboxylgroepen juist getekend 1
- rest van de structuurformule juist getekend 1

□2 maximumscore 2



- $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ na de pijl 1
- H_2O na de pijl en elementenbalans bij uitsluitend juiste molecuulformules voor en na de pijl 1

Opmerkingen

- Wanneer het antwoord $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$ is gegeven, dit goed rekenen.
- Wanneer een juiste reactievergelijking in structuurformules is gegeven, dit goed rekenen.

□3 maximumscore 4

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

7,382 g appelzuur per L is 7,382 mg appelzuur per mL is $\frac{7,382}{134,09} = 0,05505$ mmol per mL.

In 10,00 mL appelsap zit dus $\frac{7,382}{134,09} \times 10,00 = 0,5505$ mmol appelzuur.

Dit reageert met $2 \times \frac{7,382}{134,09} \times 10,00 = 1,101$ mmol OH^-

en dat zit in $\frac{2 \times \frac{7,382}{134,09} \times 10,00}{0,1000} = 11,01$ mL 0,1000 M natronloog.

- berekening van het aantal mmol appelzuur per mL 1
- omrekening naar het aantal mmol appelzuur in 10,00 mL 1
- omrekening naar het aantal mmol OH^- dat reageert 1
- omrekening naar het aantal mL 0,1000 M natronloog 1

□4 maximumscore 4

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

Per liter appelsap geldt:

Uit $\frac{7,382}{134,09} = 0,05505$ mol appelzuur ontstaat 0,05505 mol ethanol en uiteindelijk ook 0,05510 mol ethaanzuur.

Uit glucose is dus $1,086 - \frac{7,382}{134,09} = 1,031$ mol ethaanzuur ontstaan en dat is uiteindelijk

ontstaan uit $\frac{1,086 - \frac{7,382}{134,09}}{2} = 0,5155$ mol glucose en dat is

$\frac{1,086 - \frac{7,382}{134,09}}{2} \times 180,16 = 92,87$ gram glucose per liter appelsap.

- | | |
|---|---|
| · berekening van het aantal mol ethaanzuur dat per L uit het appelzuur ontstaat | 1 |
| · omrekening naar het aantal mol ethaanzuur dat per L uit de glucose ontstaat | 1 |
| · omrekening naar het aantal mol glucose dat per L is omgezet | 1 |
| · omrekening naar het aantal g glucose per L | 1 |

Opmerking

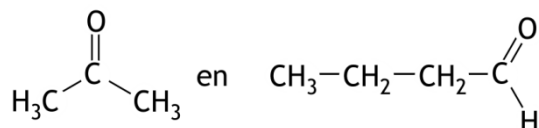
Wanneer een onjuist antwoord op vraag 4 het consequente gevolg is van een onjuiste reactievergelijking in vraag 2, dit antwoord op vraag 4 goed rekenen.

Opgave 3 Ozonolyse

14 punten

□5 maximumscore 2

Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:



· juiste structuurformule van propanon

1

· juiste structuurformule van butanal

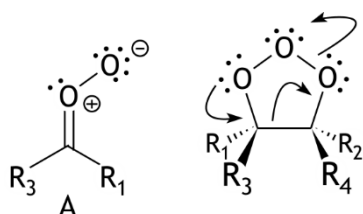
1

Opmerking

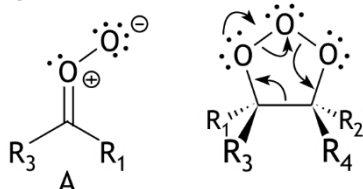
Wanneer de structuurformule van butanal is weergegeven als $\text{C}_3\text{H}_7-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$, dit goed rekenen.

□6 maximumscore 4

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:



en



· juiste lewisstructuur van A

1

· formele ladingen in A juist

1

· niet-bindende elektronenparen in molozone juist

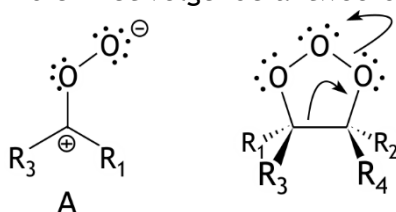
1

· pijlen consequent getekend met de structuurformule van A

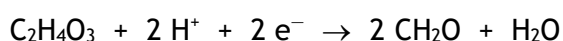
1

Indien het volgende antwoord is gegeven:

3



□7 maximumscore 3



Het ozonide reageert als oxidator, dus dimethylsulfide reageert als reductor.

· $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_3$, H^+ en e^- voor de pijl en CH_2O en H_2O na de pijl

1

· juiste coëfficiënten

1

· consequente uitleg en conclusie ten aanzien van de functie van dimethylsulfide

1

□8 **maximumscore 5**

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

$$n_{\text{formaldehyde}} = \frac{4,8 \cdot 10^{-3}}{30,0} = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n_{\text{glyoxaal}} = \frac{14 \cdot 10^{-3}}{58,0} = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$\frac{n_{\text{formaldehyde}}}{n_{\text{glyoxaal}}} = \frac{1,6 \cdot 10^{-4}}{2,4 \cdot 10^{-4}} = \frac{2}{3}$$

Dit komt overeen met de structuur $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$

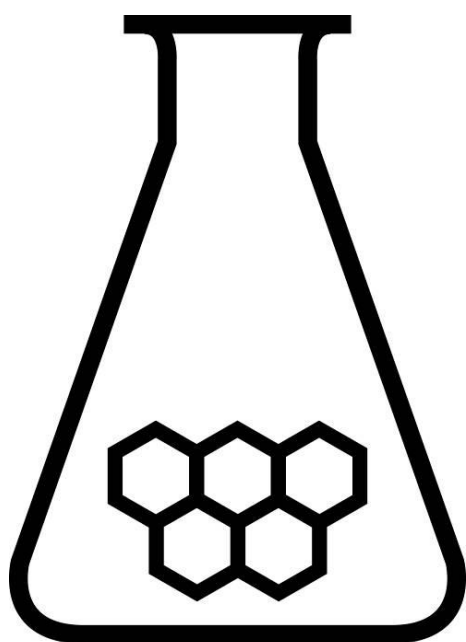
- berekening van de molaire massa's van formaldehyde en glyoxaal 1
- berekening van het aantal mol formaldehyde en glyoxaal 1
- omrekening naar de molverhouding formaldehyde en glyoxaal 1
- juiste structuurformule van X 2

Indien in een overigens juist antwoord een onjuiste structuurformule is gegeven, waaruit wel als enige producten formaldehyde en glyoxaal kunnen ontstaan, bijvoorbeeld hexaan-1,3,5-trieen.

NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2025

CORRECTIEVOORSCHRIFT VOORRONDE 2

af te nemen in de periode van
17 tot en met 25 maart 2025



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



Symeres

Making Molecules Matter. Together.

- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 8 onderwerpen en 3 opgaven met in totaal 16 open vragen.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 98 punten.
- Benodigde hulpmiddelen: rekenapparaat (grafisch) en BINAS 6^e of 7^e druk of ScienceData 1^e druk.
- Bij elke vraag is het aantal punten vermeld dat een juist antwoord op die vraag oplevert.
- Bij de correctie van het werk moet bijgaand antwoordmodel worden gebruikt. Daarnaast gelden de algemene regels, zoals die bij de correctievoorschriften voor het CE worden verstrekt.

Opgave 1 Meerkeuzevragen

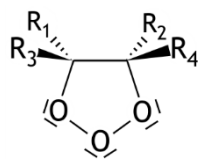
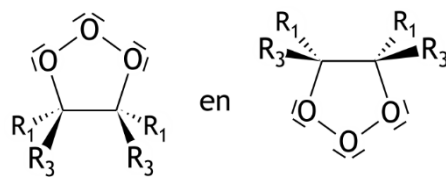
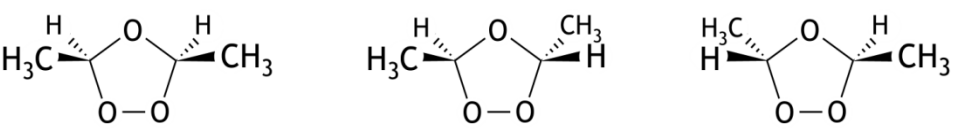
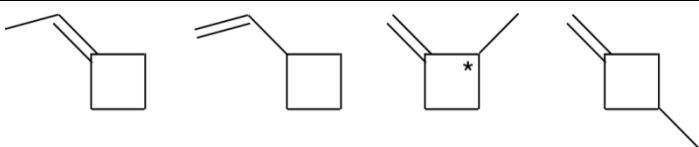
totaal 40 punten

per juist antwoord: 2 punten

Kort overzicht

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

Koolstofchemie

1	C	Als het ozonmolecuul in geval I van 'boven' nadert, ontstaat het in de vraag getekende moolozonide. Als het ozonmolecuul van 'onderen' nadert, ontstaat  en dat is het spiegelbeeld van het in de vraag getekende moolozonide. Ook in geval II kan het ozonmolecuul van twee kanten naderen en dan ontstaan  Deze formules zijn identiek.
2	C	
3	D	 Het met een asterisk aangegeven C atoom is asymmetrisch, dus van deze structuur zijn er twee varianten.

Reactiesnelheid en evenwicht

4

A

5,00 g NO₂ is $\frac{5,00}{46,006}$ mol; bij 310 K en een volume van 1,00 dm³ is de druk

$$p_{\text{NO}_2} = \frac{5,00}{46,006} \times \frac{8,314 \times 310}{1,00 \cdot 10^{-3}} = 2,80 \cdot 10^5 \text{ Pa}.$$

	N ₂ O ₄	$\rightleftharpoons$	2 NO ₂
begin	0		2,80 · 10 ⁵ Pa
verandering	+ x Pa		– 2x Pa
evenwicht	<u>x Pa</u>		<u>(2,80 · 10⁵ – 2x) Pa</u>

De evenwichtsdruck is dus $2,80 \cdot 10^5 - 2x + x = 2,80 \cdot 10^5 - x = 1,71 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.
Dus $x = 1,09 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

Dus $p_{\text{NO}_2} = 2,80 \cdot 10^5 - 2 \times 1,09 \cdot 10^5 = 0,62 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ en $p_{\text{N}_2\text{O}_4} = 1,09 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

Dus $K_p = \frac{(p_{\text{NO}_2} / p_0)^2}{p_{\text{N}_2\text{O}_4} / p_0} = \frac{(0,62 \cdot 10^5 / 10^5)^2}{1,09 \cdot 10^5 / 10^5} = 0,35$.

5	D	De snelheid van de totale reactie wordt bepaald door de langzaamste (tweede) stap, dus $s = k_2[\text{Cl}][\text{N}_2\text{O}]$. Voor de eerste stap geldt $K = \frac{[\text{Cl}]^2}{[\text{Cl}_2]}$, dus $[\text{Cl}] = \sqrt{K \times [\text{Cl}_2]}$, dus $s = k_2[\text{N}_2\text{O}]\sqrt{K \times [\text{Cl}_2]}$, of $s = k_2 K^{1/2} [\text{N}_2\text{O}][\text{Cl}_2]^{1/2} = k[\text{N}_2\text{O}][\text{Cl}_2]^{1/2}$.
6	E	$K_1 = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]}$ $K_2 = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{NO}]^2[\text{O}_2]}$ $K_3 = \frac{[\text{N}_2\text{O}_3]}{[\text{NO}][\text{NO}_2]}$ $K = \frac{[\text{N}_2]^2[\text{O}_2]^3}{[\text{N}_2\text{O}_3]^2} = \frac{[\text{N}_2]^2[\text{O}_2]^2}{[\text{NO}]^4} \times \frac{[\text{NO}_2]^2[\text{O}_2]}{[\text{NO}_2]^2} \times \frac{[\text{NO}]^2[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_3]^2} = \frac{1}{K_1^2 \times K_2 \times K_3^2}$

Structuren en formules

7	D	Ze hebben allebei de configuratie $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$.
8	A	F is het meest elektronegatieve halogeenatoom en maakt de OH binding op afstand het meest polair.

pH / zuur-base

9	B	De volgende evenwichtsreactie treedt op: $\text{H}_3\text{PO}_4^- + \text{PO}_4^{3-} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{HPO}_4^{2-}$ Er is dan een bufferoplossing ontstaan met H_2PO_4^- als zuur en HPO_4^{2-} als geconjugeerde base, waarvoor geldt : $\text{pH} = \text{p}K_z - \log \frac{\text{aantal mol zuur}}{\text{aantal mol geconjugeerde base}} = 7,21 - \log \frac{\text{aantal mol } \text{H}_2\text{PO}_4^-}{\text{aantal mol } \text{HPO}_4^{2-}}$ Omdat evenveel H_2PO_4^- als HPO_4^{2-} ontstaat, is $\text{pH} = \text{p}K_z = 7,21$.
10	C	Na toevoegen van de 20 mL natronloog zijn $[\text{Ca}^{2+}]$ en $[\text{Mg}^{2+}]$ gehalveerd tot $0,050 \text{ mol L}^{-1}$. Bij $\text{pH} = 10,00$ is $[\text{OH}^-] = 1,0 \cdot 10^{-4}$, dus zijn de ionenproducten van $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en $\text{Mg}(\text{OH})_2$ $0,050 \times (1,0 \cdot 10^{-4})^2 = 5,0 \cdot 10^{-10}$. Dit is kleiner dan het oplosbaarheidsproduct van $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $5,0 \cdot 10^{-6}$, dus slaat dit niet neer. Het ionenproduct van $\text{Mg}(\text{OH})_2$ is groter dan het oplosbaarheidsproduct van $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $5,6 \cdot 10^{-12}$, dus slaat $\text{Mg}(\text{OH})_2$ neer.

Redox en elektrolyse

11	C	De drie Fe^{2+} ionen staan in totaal drie elektronen af. Het zuurstofmolecuul neemt vier elektronen op. Om dat aan elkaar gelijk te maken, moet de coëfficiënt van $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ met 4 worden vermenigvuldigd en die van O_2 met 3. De reactievergelijking wordt dan: $4 \text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 + 3 \text{O}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 8 \text{FePO}_4 + 4 \text{Fe}(\text{OH})_3$
12	E	Bij de negatieve elektrode reageert de sterkste oxidator het eerst, dat is Cu^{2+}. Bij de positieve elektrode reageert de sterkste reductor het eerst, dat is Br^-.
13	A	$\Delta G_{\text{totaal}} = \Delta G_1 + \Delta G_2$ of $-4 \times F \times \Delta E = -2 \times F \times 1,468 + \{-2 \times F \times (-0,126)\}$, dus $\Delta E = \frac{-1,468 + 0,126}{-2} = 0,671 \text{ V}.$

Analyse

14	C	Wanneer de piekoppervlakte van 85A in chromatogram B gelijk is aan die in chromatogram A is de piekoppervlakte van vitamine E in chromatogram B $\frac{12,717}{12,600} \times 7,902 = 7,975.$ De concentratie vitamine E in bosbessensap is dan $\frac{7,975}{7,617} \times 4,50 \cdot 10^{-4} = 4,71 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}.$
15	D	Het omslagtraject van een indicator moet op een steil stuk van de titratiecurve passen.
16	D	Er zit 0,1494 g H_2Z in de getitreerde 25,00 mL. Na toevoegen van 18,0 mL 0,100 M natronloog is alle H_2Z omgezet. Dan heeft $\frac{1}{2} \times 18,0 \times 0,100 \times 10^{-3} \text{ mol H}_2\text{Z gereageerd}.$ De molaire massa is dus $\frac{0,1494}{\frac{1}{2} \times 18,0 \times 0,100 \times 10^{-3}} = 166 \text{ g mol}^{-1}.$

Rekenen en Groene Chemie

17	C	Stel x g Mg reageert tot MgO en y g Mg reageert tot Mg_3N_2. Dan ontstaat $\frac{x}{24,31}$ mol MgO en dat is $\frac{x}{24,31} \times 40,305 = 1,658x$ g MgO en $\frac{1}{3} \times \frac{y}{24,31}$ mol Mg_3N_2 en dat is $\frac{1}{3} \times \frac{y}{24,31} \times 101,0 = 1,385y$ g Mg_3N_2. Dit levert het volgende stelsel van twee vergelijkingen met twee onbekenden: $x + y = 1,000$ en $1,658x + 1,385y = 1,584$ Oplossen hiervan levert $y = 0,27$. Het massapercentage Mg_3N_2 is dus $\frac{0,27 \times 1,385}{1,584} \times 100\% = 24\%$.
18	D	$E\text{-factor} = \frac{m_{\text{beginstoffen}} - m_{\text{werkelijke opbrengst product}}}{m_{\text{werkelijke opbrengst product}}} = \frac{181,88 + 5 \times 40,08 - 0,85 \times 101,88}{0,85 \times 101,88} = 3,4$

Thermochemie

19	C	Een katalysator verlaagt de activeringsenergie en heeft geen invloed op de reactie-enthalpie.
20	D	Voor de reactie-enthalpie geldt $\Delta_r H = -\Delta_f H(\text{CuSO}_4(\text{s})) - 5 \times \Delta_f H(\text{H}_2\text{O}(\text{l})) + \Delta_f H(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{s}))$ $= -(-7,71 \cdot 10^5) - 5 \times (-2,86 \cdot 10^5) + (-22,78 \cdot 10^5) = -0,77 \cdot 10^5 \text{ J per 5 mol H}_2\text{O}.$ Dat is $\frac{-0,77 \cdot 10^5}{5} = -0,154 \cdot 10^5 \text{ J per mol H}_2\text{O}$ of $-15,4 \text{ kJ mol}^{-1}$.

■ Opgave 2 De ontleding van distikstofpentaoxide

21 punten

□1 Maximumscore 8

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

$$\Delta_r H = -11,3 + 2 \times 33,2 = +55,1 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_r S = -355,6 + 2 \times 240 + \frac{1}{2} \times 205 = +227 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{Dus } \Delta_r G = \Delta_r H - T \Delta_r S = 55,1 \times 10^3 - 323 \times 227 = -1,82 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1}$$

$$\text{Tevens geldt } \Delta_r G = -RT \ln K, \text{ dus } K = e^{\frac{\Delta_r G}{RT}} = e^{\frac{-1,82 \cdot 10^4}{8,314 \times 323}} = 8,78 \cdot 10^2.$$

Dat is zeer groot, het evenwicht ligt dus uiterst rechts en kan als aflopend worden beschouwd.

- in de berekening van $\Delta_r H$ de vormingswarmte van N_2O_5 met een minteken 1
- in de berekening van $\Delta_r H$ $2 \times$ de vormingswarmte van NO_2 met een plusteken 1
- juiste sommering van de vormingswarmtes 1
- in de berekening van $\Delta_r S$ de absolute entropie van N_2O_5 met een minteken 1
- in de berekening van $\Delta_r S$ $2 \times$ de absolute entropie van NO_2 en $\frac{1}{2} \times$ de absolute entropie van O_2 met een plusteken 1
- juiste sommering van de absolute entropieën 1
- berekening van $\Delta_r G$ 1
- berekening van K en constatering dat die heel groot is (dus dat het evenwicht uiterst rechts ligt) 1

□2 Maximumscore 1

Doordat de zuurstof ontwijkt, kan de terugreactie niet plaatsvinden.

□3 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

$$\text{Er is uiteindelijk } \frac{1,01 \cdot 10^5 \times V_\infty \times 10^{-6}}{8,314 \times 303} = 4,01 \cdot 10^{-5} \times V_\infty \text{ mol O}_2 \text{ gevormd.}$$

Er was dus aanvankelijk $2 \times 4,01 \cdot 10^{-5} \times V_\infty$ mol N_2O_5 aanwezig in 0,100 L oplossing, dus

$$[\text{N}_2\text{O}_5]_0 = \frac{2 \times 4,01 \cdot 10^{-5} \times V_\infty}{0,100} = 8,02 \cdot 10^{-4} \times V_\infty \text{ mol L}^{-1}.$$

Op tijdstip t is $V_t \text{ cm}^3 \text{ O}_2$ ontstaan, dus is $8,02 \cdot 10^{-4} \times V_t$ mol N_2O_5 per liter omgezet.

$$\text{Dus } [\text{N}_2\text{O}_5]_t = 8,02 \cdot 10^{-4} \times V_\infty - 8,02 \cdot 10^{-4} \times V_t = (V_\infty - V_t) \times 8,02 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}, \text{ dus } F = 8,02 \cdot 10^{-4}.$$

- juiste omrekening van cm^3 naar m^3 en $^\circ\text{C}$ naar K 1
- berekening van het aantal mol O_2 in $V_\infty \text{ cm}^3$ respectievelijk $V_t \text{ cm}^3$ 1
- berekening van het aantal mol N_2O_5 dat aanvankelijk aanwezig was en van het aantal mol N_2O_5 dat in t sec is omgezet 1
- berekening van de afname van de $[\text{N}_2\text{O}_5]$ in t sec en van F 1

□4 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Op $t = 0$ s was $[\text{N}_2\text{O}_5]$ gelijk aan $6,80 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$, op $t = 8,5 \cdot 10^3$ s was $[\text{N}_2\text{O}_5]$ gedaald tot $3,40 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ en weer $8,5 \cdot 10^3$ s later, op $t = 17 \cdot 10^3$ s, naar $1,70 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$.

De halveringstijd is dus $8,5 \cdot 10^3$ s en die is onafhankelijk van de concentratie, wat het geval is bij een eerste orde reactie.

- keuze van een (tenminste) twee concentraties die een factor 2 verschillen 1
- aflezen van de bijbehorende tijdstippen 1
- berekening van de halveringstijd 1
- constatering dat de halveringstijd onafhankelijk is van de concentratie (dus dat het een eerste orde reactie is) 1

□5 Maximumscore 2

$$k = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{0,693}{8,5 \cdot 10^3} = 8,2 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

- berekening van k 1
- juiste eenheid 1

Opmerking

Wanneer een onjuist antwoord op vraag 5 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 4, dit antwoord op vraag 5 goed rekenen.

□6 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Voor deze eerste orde reactie geldt $\ln \frac{[\text{N}_2\text{O}_5]_0}{[\text{N}_2\text{O}_5]_t} = kt$. Invullen van $[\text{N}_2\text{O}_5]_0 = V_\infty \times F$ en

$$[\text{N}_2\text{O}_5]_t = (V_\infty - V_t) \times F \text{ levert } \ln \frac{V_\infty \times F}{(V_\infty - V_t) \times F} = \ln \frac{V_\infty}{(V_\infty - V_t)} = kt.$$

Dus als je in een diagram $\ln \frac{V_\infty}{(V_\infty - V_t)}$ in een diagram uitzet tegen de tijd, krijg je een

rechte lijn. De richtingscoëfficiënt daarvan is k .

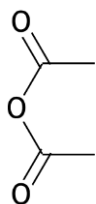
- aantonen dat $\frac{[\text{N}_2\text{O}_5]_0}{[\text{N}_2\text{O}_5]_t} = \frac{V_\infty}{(V_\infty - V_t)}$ 1
- rest van het antwoord 1

Opgave 3 Paracetamol

19 punten

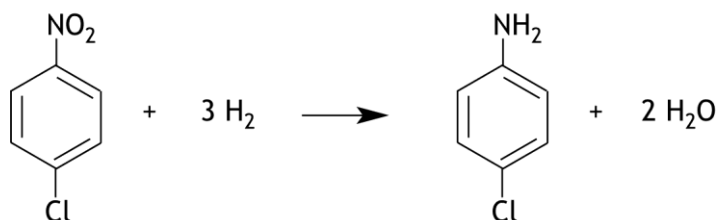
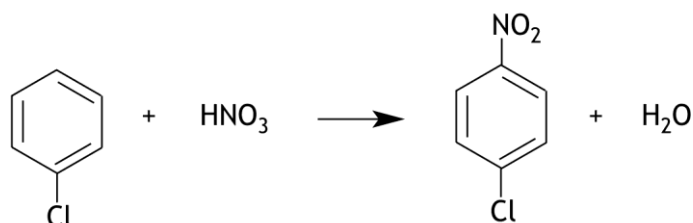
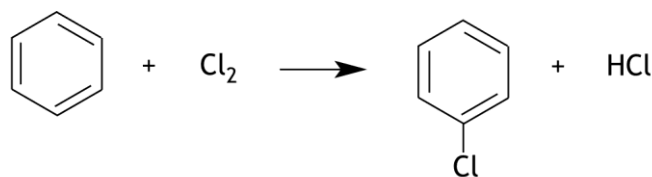
7 Maximumscore 1

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



8 Maximumscore 7

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- in de eerste vergelijking de formules voor de pijl juist 1
- in de eerste vergelijking de formules na de pijl juist 1
- in de tweede vergelijking de formules voor de pijl juist 1
- in de tweede vergelijking de formules na de pijl juist 1
- in de derde vergelijking de formules voor de pijl juist 1
- in de derde vergelijking de formules na de pijl juist 1
- juiste coëfficiënten in de derde vergelijking 1

Opmerking

Wanneer HCl en/of HNO_3 als $\text{H}^+ + \text{Cl}^-$ respectievelijk $\text{H}^+ + \text{NO}_3^-$ zijn geschreven, dit goed rekenen.

□9 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

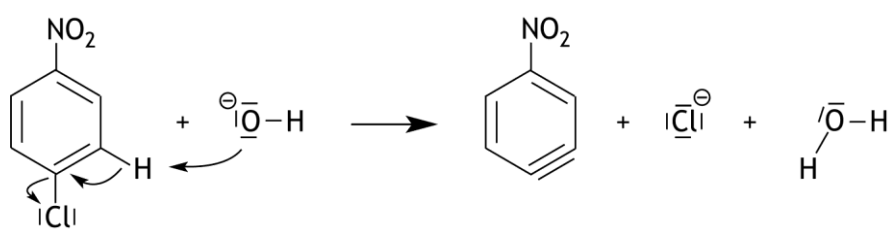
Er is een syntheseroute mogelijk die begint met het nitreren van benzeen. Je moet dan daarna de nitrogroep eerst omzetten tot een aminogroep, vervolgens chloreren en daarna het chlooratoom vervangen door een OH groep.

- (er is een syntheseroute mogelijk die begint met het nitreren van benzeen, dan moet je) na het nitreren de nitrogroep omzetten tot een aminogroep 1
- vervolgens chloreren 1
- daarna Cl vervangen door OH 1

Indien een antwoord is gegeven als: „Het is niet mogelijk, want de nitrogroep is een metarichter en dan krijg je bij het chloreren (hoofdzakelijk) *meta*-chloornitrobenzeen. 2

□10 Maximumscore 3

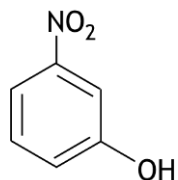
Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- de structuurformule van *para*-chloornitrobenzeen en OH⁻ voor de pijl en de structuurformule van het nitrobenzyl, Cl⁻ en H₂O na de pijl 1
- alle ladingen en relevante elektronenparen juist weergegeven 1
- de kromme pijlen juist weergegeven 1

□11 Maximumscore 1

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



□12 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

Het rendement van de totale omzetting van benzeen tot paracetamol is

$$0,90 \times 0,92 \times 0,65 \times 0,48 \times 0,85 = 0,22.$$

Dat betekent dat per Mmol benzeen uiteindelijk 0,22 Mmol paracetamol kan ontstaan.

1,00 ton benzeen is $\frac{1,00}{78,11}$ Mmol, daaruit kan dus $0,22 \times \frac{1,00}{78,11}$ Mmol paracetamol

ontstaan, dat is $0,22 \times \frac{1,00}{78,11} \times 151,17 = 0,43$ ton paracetamol.

- | | |
|--|---|
| · berekening van het rendement van de totale omzetting van benzeen tot paracetamol | 1 |
| · berekening van het aantal Mmol benzeen in 1,00 ton benzeen | 1 |
| · berekening van het aantal Mmol paracetamol dat daaruit kan ontstaan | 1 |
| · berekening van het aantal ton paracetamol dat kan ontstaan | 1 |

■ Opgave 4 Wüstiet

18 punten

□13 Maximumscore 3

Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

Stel dat wüstiet p mol Fe^{2+} en q mol Fe^{3+} per mol O^{2-} bevat, dan geldt:

$$p + q = 0,87 \text{ en } 2p + 3q = 2.$$

Oplossen van dit stelsel van twee vergelijkingen met twee onbekenden levert $p = 0,61$ en $q = 0,26$.

Dus $p : q = 2,3 : 1,0$.

- opstellen van de vergelijking $p + q = 0,87$ 1
- opstellen van de vergelijking $2p + 3q = 2$ 1
- rest van de berekening 1

en

De gemiddelde lading van de ijzerionen is $\frac{2}{0,87} = +2,3$. Stel er zit p mol Fe^{2+} in een mol

ijzerionen met een gemiddelde lading $+2,3$, dan zit er $(1 - p)$ mol Fe^{3+} in, en geldt

$$2p + 3(1 - p) = 2,3. \text{ Dit levert } p = 0,7.$$

Per mol ijzerionen is er dus $0,7$ mol Fe^{2+} en $0,3$ mol Fe^{3+} .

Dus de molverhouding $\text{Fe}^{2+} : \text{Fe}^{3+} = 0,7 : 0,3 = 2,3 : 1,0$.

- berekening van de gemiddelde lading van de ijzerionen 1
- (bij stellen dat er p mol Fe^{2+} per mol ijzerionen is) notie dat $2p + 3(1 - p) = 2,3$ 1
- rest van de berekening 1

□14 maximumscore 1

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Wanneer alle posities van positieve ionen in het rooster bezet zouden worden door Fe^{2+} en Fe^{3+} ionen, dan zou de stof niet neutraal zijn.
- Wanneer twee Fe^{3+} ionen in het rooster voorkomen, moet er één Fe^{2+} ion worden gemist.

□15 Maximumscore 6

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Het volume van de eenheidscel is $(2 \times 214)^3 = 7,84 \cdot 10^7 \text{ pm}^3$ of $7,84 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$.

De eenheidscel bevat 4 oxide-ionen en (gemiddeld) $4x$ ijzerionen.

De (gemiddelde) massa van de eenheidscel is dus $4 \times 16,00 + 4x \times 55,85 \text{ u}$, of $(4 \times 16,00 + 4x \times 55,85) \times 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Voor de dichtheid geldt dus $\frac{(4 \times 16,00 + 4x \times 55,85) \times 1,66 \cdot 10^{-27}}{7,84 \cdot 10^{-29}} = 5,71 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$.

Hieruit volgt $x = 0,92$.

- notie dat de ribbe van de eenheidscel een lengte heeft van $2 \times 214 \text{ pm}$ 1
- berekening van het volume van de eenheidscel 1
- notie dat de eenheidscel 4 oxide-ionen bevat en (gemiddeld) $4x$ ijzerionen 1
- berekening van de massa van de eenheidscel 1
- de berekende massa van de eenheidscel delen door het berekende volume van de eenheidscel en dit gelijkstellen aan de gegeven dichtheid 1
- berekening van x 1

□16 Maximumscore 8

Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

26,41 mL 0,0200 M kaliumpermanganaatoplossing bevat $26,41 \times 0,0200$ mmol MnO_4^- . Dat heeft gereageerd met $5 \times 26,41 \times 0,0200 = 2,64$ mmol Fe^{2+} .

Omdat Fe_xO op te vatten is als een mengsel van FeO en Fe_2O_3 , bevatte de 250 mg Fe_xO dus 2,64 mmol FeO en dat is $2,64 \times 71,844 = 190$ mg FeO.

Dan zat er $250 - 190 = 60$ mg Fe_2O_3 in en daarin zit $2 \times \frac{60}{159,69} = 0,75$ mmol Fe^{3+} .

De 250 mg Fe_xO bevatte dus $2,64 + 0,75 = 3,39$ mmol ijzerionen en

$2,64 + \frac{3}{2} \times 0,75 = 3,77$ mmol oxide-ionen.

De formule van het onderzochte wüstiet is dus $\text{Fe}_{3,39}\text{O}_{3,77}$ of $\text{Fe}_{0,90}\text{O}$.

Dus $x = 0,90$.

- berekening van het aantal mmol MnO_4^- dat voor de titratie gebruikt is 1
- berekening van het aantal mmol Fe^{2+} dat daarmee heeft gereageerd 1
- berekening van het aantal mg FeO dat in de 250 mg Fe_xO zat 1
- berekening van het aantal mg Fe_2O_3 dat in de 250 mg Fe_xO zat 1
- berekening van het aantal mmol Fe^{3+} dat in de 250 mg Fe_xO zat 1
- berekening van het totale aantal mmol ijzerionen in de 250 mg Fe_xO 1
- berekening van het totale aantal oxide-ionen in de 250 mg Fe_xO 1
- berekening van x 1

en

26,41 mL 0,0200 M kaliumpermanganaatoplossing bevat $26,41 \times 0,0200$ mmol MnO_4^- . Dat heeft gereageerd met $5 \times 26,41 \times 0,0200 = 2,64$ mmol Fe^{2+} .

In 250 mg Fe_xO zit dus $2,64 \times 55,85 = 147$ mg Fe^{2+} en $250 - 147 = 103$ mg Fe^{3+} en O^{2-} samen.

Stel dat er p mmol Fe^{3+} in zit en q mmol O^{2-} dan geldt $55,85p + 16,00q = 103$ (vergelijking 1).

Omdat de stof elektrisch neutraal is, geldt tevens $3p - 2q + 2 \times 2,64 = 0$ (vergelijking 2).

Oplossen van dit stelsel van twee vergelijkingen met twee onbekenden levert $p = 0,76$ en $q = 3,78$. De 250 mg Fe_xO bevatte dus $2,64 + 0,76 = 3,40$ mmol ijzerionen en 3,78 mmol oxide-ionen.

De formule van het onderzochte wüstiet is dus $\text{Fe}_{3,40}\text{O}_{3,78}$ of $\text{Fe}_{0,90}\text{O}$.

Dus $x = 0,90$.

- berekening van het aantal mmol MnO_4^- dat voor de titratie gebruikt is 1
- berekening van het aantal mmol Fe^{2+} dat daarmee heeft gereageerd 1
- berekening van het aantal mg Fe^{2+} in 250 mg Fe_xO en van het totale aantal mg Fe^{3+} en O^{2-} in 250 mg Fe_xO 1
- opstellen vergelijking 1 1
- opstellen vergelijking 2 1
- oplossen van het stelsel vergelijkingen 1
- berekening van het aantal mmol ijzerionen in 250 mg Fe_xO 1
- rest van de berekening 1

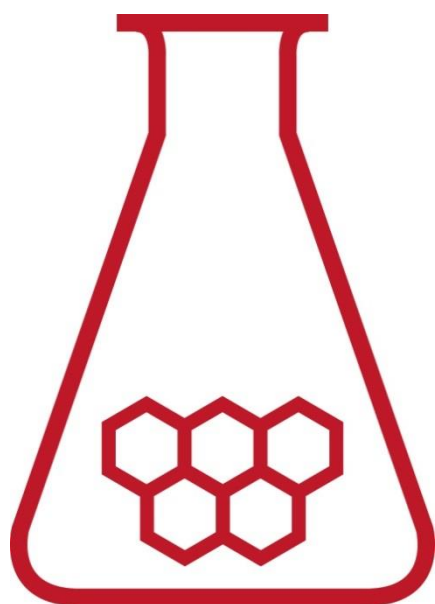
46^e Nationale Scheikundeolympiade

Symeres, Nijmegen

THEORIETOETS

correctievoorschrift

woensdag 4 juni 2025



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



Symeres

Making Molecules Matter. Together.



**57th INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
UNITED ARAB EMIRATES 2025**

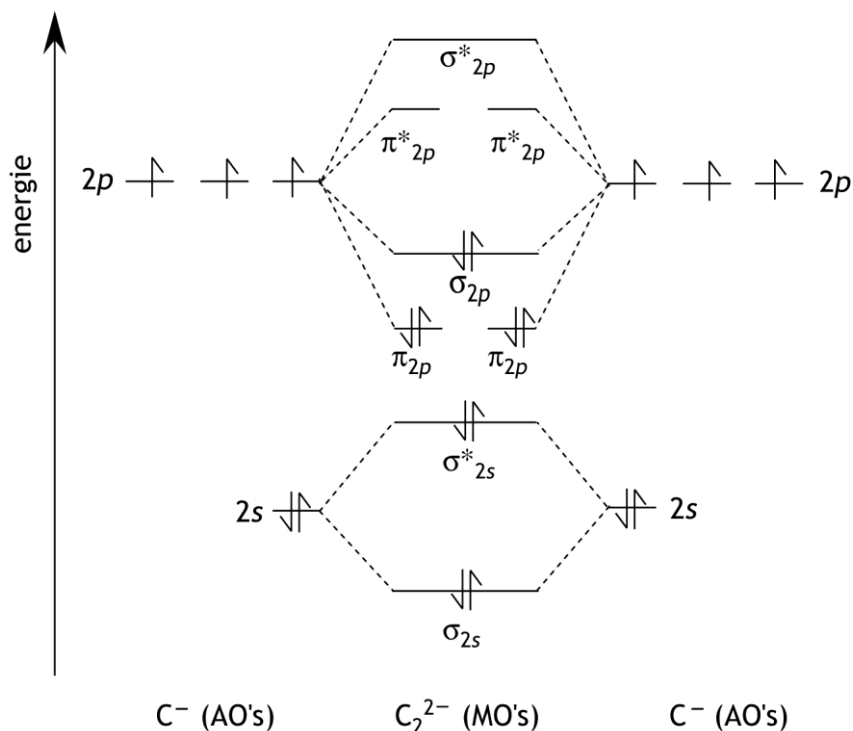
- Deze toets bestaat uit 7 opgaven met 32 open vragen en een uitwerkbijlage.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 120 punten.
- De theorietoets duurt maximaal 4 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e of 7^e druk of ScienceData 1^e druk.
- Bij elke vraag is het aantal punten vermeld dat een juist antwoord op die vraag oplevert.

Opgave 1 Carbidschieten

13 punten

□1 Maximumscore 6

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- één 2s en drie 2p orbitalen getekend in het andere C^- ion en op dezelfde hoogte 1
- de twee 2s AO's gesplitst in één σ en één σ^* MO inclusief aanduiding 1
- de zes 2p AO's gesplitst in één σ en één σ^* en twee π en twee π^* MO's inclusief aanduiding 1
- de σ_{2p} ligt boven de beide π_{2p} 's 1
- juiste opvulling van de AO's van beide C^- ionen 1
- juiste opvulling van de MO's van C_2^{2-} 1

□2 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Het aantal (getekende) elektronen in bindende orbitalen is 8 en het aantal elektronen in anti-bindende orbitalen is 2. Dus het bindingsgetal is $\frac{8-2}{2} = 3$.

- het aantal elektronen in bindende en anti-bindende orbitalen juist 1
- juiste berekening van bindingsgetal 1

Opmerkingen

- Wanneer het antwoord $\frac{6-0}{2} = 3$ is gegeven, dit goed rekenen.
- Wanneer een onjuist antwoord op vraag 2 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 1, dit antwoord op vraag 2 goed rekenen.

□3 Maximumscore 5

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

60 mL water is $\frac{60 \times 1,0}{18,015} = 3,33$ mol. Daaruit kan $\frac{1}{2} \times \frac{60 \times 1,0}{18,015} = 1,66$ mol ethyn worden

gevormd. In elk interval van 45 seconden ontstaat $\frac{1}{5} \times \frac{1}{2} \times \frac{60 \times 1,0}{18,015} = 0,33$ mol ethyn.

In de melkbus van 30 L zit $\frac{0,21 \times 30}{22,4} = 0,28$ mol zuurstof.

De molverhouding ethyn : zuurstof is dus 0,33 : 0,28 en dat is gelijk aan de volumeverhouding en dat is inderdaad ongeveer gelijk aan de ideale volumeverhouding.

- | | |
|--|---|
| · berekening van het aantal mol water in 60 mL | 1 |
| · berekening van het aantal mol ethyn dat daaruit kan ontstaan | 1 |
| · berekening van het aantal mol ethyn dat in ieder interval van 45 seconden kan ontstaan | 1 |
| · berekening van het aantal mol zuurstof in 30 L | 1 |
| · rest van de berekening en conclusie | 1 |

■ Opgave 2 Het NO₂ - N₂O₄ evenwicht

30 punten

□4 Maximumscore 5

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

De lewisstructuur van NO₂ is: $\text{O}=\ddot{\text{N}}-\ddot{\text{O}}\cdot$

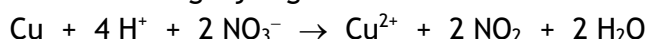
Een NO₂ molecuul heeft een ongepaard elektron / is een radicaal, daarom kan het gemakkelijk reageren met een ander molecuul dat ook een ongepaard elektron heeft / radicaal is.

- drie bindende elektronenparen juist getekend 1
- vijf niet-bindende elektronenparen juist getekend 1
- één ongepaard elektron juist getekend 1
- de formele ladingen op de juiste plaats 1
- juiste uitleg waarom N₂O₄ moleculen gemakkelijk dimeriseren 1

□5 maximumscore 6

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

De reactievergelijking is:



100 mg Cu is $\frac{100}{63,55}$ mmol en dat kan reageren met $4 \times \frac{100}{63,55} = 6,29$ mmol HNO₃.

In 10,0 mL geconcentreerd salpeterzuur zit $\frac{10,0 \times 1,40 \times 0,650}{63,013} \times 10^3 = 144$ mmol HNO₃.

Er is dus grote overmaat salpeterzuur en de hoeveelheid koper bepaalt hoeveel stikstofdioxide gevormd kan worden.

Er kan maximaal ontstaan $2 \times \frac{100}{63,55} = 3,15$ mmol NO₂. Bij 80 °C en $p = p_0$ heeft dat een

volume van $V = \frac{3,15 \times 10^{-3} \times 8,314 \times (273+80)}{1,013 \cdot 10^5} \times 10^6 = 91,3$ cm³.

- juiste reactievergelijking 1
- berekening van het aantal mmol Cu 1
- berekening van het aantal mmol HNO₃ dat daarmee kan reageren 1
- berekening van het aantal mmol HNO₃ in 10,0 mL geconcentreerd salpeterzuur en constatering dat (salpeterzuur overmaat is en dus) de hoeveelheid koper bepaalt hoeveel stikstofdioxide gevormd kan worden 1
- berekening van het aantal mmol NO₂ dat gevormd kan worden 1
- berekening van het aantal cm³ NO₂ dat gevormd kan worden 1

Opmerking

Wanneer in plaats van een reactievergelijking vermeld is dat de molverhouding waarin koper en salpeterzuur met elkaar reageren gelijk is aan 1 : 4, dit goed rekenen.

- 6 Maximumscore 4
Een voorbeeld van een juist antwoord is:
Je moet het buisje niet ondersteboven gebruiken. De (gemiddelde) molaire massa van lucht is ongeveer $28,8 \text{ g mol}^{-1}$ / ligt ergens tussen 28 g mol^{-1} en 32 g mol^{-1} . Dat is kleiner dan de molaire massa van NO_2 (46 g mol^{-1}), dus de dichtheid van NO_2 is groter dan de dichtheid van lucht. Als je het buisje ondersteboven houdt, loopt de NO_2 er dus weer uit.

- juiste schatting van de (gemiddelde) molaire massa van lucht 1
- de molaire massa van NO_2 is groter dan de (gemiddelde) molaire massa van lucht 1
- dus de dichtheid van NO_2 is groter dan de dichtheid van lucht 1
- conclusie 1

Opmerking

Wanneer een antwoord is gegeven als: „Je moet het vergelijken met CO_2 : de dichtheid van CO_2 is groter dan de dichtheid van lucht. En omdat NO_2 een grotere molaire massa heeft dan CO_2 , is de dichtheid van NO_2 zeker groter dan de dichtheid van lucht. Als je het buisje ondersteboven houdt, loopt de NO_2 er dus weer uit.” dit goed rekenen.

- 7 Maximumscore 5
Een voorbeeld van een juiste berekening is:
 $\Delta_r H = \Delta_f H_{\text{N}_2\text{O}_4} - 2 \times \Delta_f H_{\text{NO}_2} = 0,111 \cdot 10^5 - 2 \times 0,332 \cdot 10^5 = -0,553 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.
 $\Delta_r S = S_{\text{N}_2\text{O}_4} - 2 \times S_{\text{NO}_2} = 304 - 2 \times 240 = -176 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.
Dus bij een temperatuur T_1 geldt $\Delta_r G = \Delta_r H - T_1 \Delta_r S = -0,553 \cdot 10^5 - T_1 \times (-176) = -0,553 \cdot 10^5 + T_1 \times 176 \text{ J mol}^{-1}$.

Uit $K_p = e^{-\frac{\Delta_r G}{RT}}$ volgt $\ln K_p = -\frac{\Delta_r G}{RT}$ of $\ln 12,5 = -\frac{-0,553 \cdot 10^5 + T_1 \times 176}{8,314 \times T_1}$.

Dit levert $T_1 = 281 \text{ K}$.

- berekening van $\Delta_r H$ 1
- berekening van $\Delta_r S$ 1
- berekening van $\Delta_r G$ 1
- $\ln 12,5 = -\frac{-0,553 \cdot 10^5 + T_1 \times 176}{8,314 \times T_1}$ 1
- berekening van T_1 1

□8 Maximumscore 7

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

Stel dat x mmol N_2O_4 wordt gevormd, dan wordt $2x$ mmol NO_2 omgezet.

	$2 NO_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$N_2O_4(g)$
begin (mmol)	0,35		0
omzetting (mmol)	$- 2x$		x
evenwicht (mmol)	$0,35 - 2x$		x

$$p_{NO_2} = \frac{(0,35 - 2x) \times 10^{-3} \times 8,314 \times 278}{10,0 \times 10^{-6}} = (0,35 - 2x) \times 2,31 \cdot 10^5 \text{ en}$$

$$p_{N_2O_4} = \frac{x \times 10^{-3} \times 8,314 \times 278}{10,0 \times 10^{-6}} = x \times 2,31 \cdot 10^5$$

$$\text{Voor } K_p \text{ geldt: } K_p = \frac{p_{N_2O_4} / p_0}{(p_{NO_2} / p_0)^2} = \frac{p_{N_2O_4} \times p_0}{(p_{NO_2})^2} = \frac{x \times 2,31 \cdot 10^5 \times 1,01 \cdot 10^5}{\{(0,35 - 2x) \times 2,31 \cdot 10^5\}^2} = 15,8.$$

Dit levert $x = 0,14$.

Dus $p_{NO_2} = (0,35 - 2 \times 0,14) \times 2,31 \cdot 10^5 = 1,6 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ en $p_{N_2O_4} = 0,14 \times 2,31 \cdot 10^5 = 3,2 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ en de totale druk is $4,8 \cdot 10^4 \text{ Pa}$.

- notie dat als x mmol N_2O_4 wordt gevormd, $2x$ mmol NO_2 wordt omgezet 1
- dan blijft $(0,35 - 2x)$ mmol NO_2 over 1
- p_{NO_2} en $p_{N_2O_4}$ uitdrukken in x 1
- notie dat $K_p = \frac{p_{N_2O_4} / p_0}{(p_{NO_2} / p_0)^2}$ 1
- berekening van x 1
- berekening van p_{NO_2} en van $p_{N_2O_4}$ 1
- berekening van de totale druk 1

□9 Maximumscore 3

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

Uit de berekening bij vraag 7 volgt dat de reactie naar rechts exotherm is. Dus bij temperatuurverlaging verschuift de ligging van het evenwicht naar rechts, dat is naar de kant van het kleurloze N_2O_4 . Het buisje in het koude water heeft dus de lichtste kleur.

- de reactie naar rechts is exotherm, volgt uit vraag 7 1
- juiste conclusie voor de verschuiving van de ligging van het evenwicht 1
- juiste conclusie ten aanzien van het buisje met de lichtste kleur 1

en

Bij temperatuurverlaging verschuift de ligging van het evenwicht naar de kant met de kleinste entropie, dat is de kant met de minste gasmoleculen, in dit geval dus naar rechts. Dat is naar de kant van het kleurloze N_2O_4 . Het buisje in het koude water heeft dus de lichtste kleur.

- juist verband tussen temperatuurverandering en entropieverandering genoemd 1
- juiste conclusie voor de verschuiving van de ligging van het evenwicht 1
- juiste conclusie ten aanzien van het buisje met de lichtste kleur 1

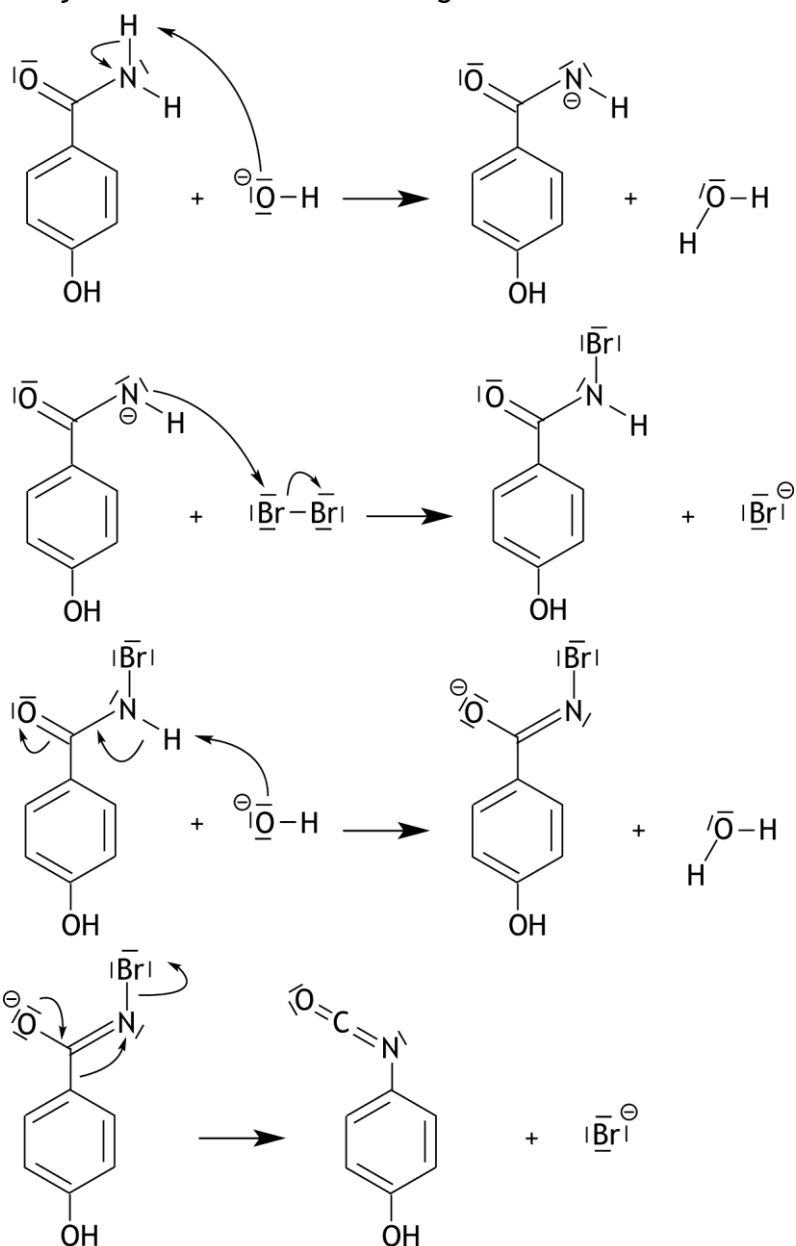
■ Opgave 3 Paracetamol uit lignine

25 punten

- 10 Maximumscore 2
Dit is een condensatiereactie.
Indien het antwoord substitutiereactie is gegeven 1
- 11 Maximumscore 1
Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:
 $\text{H}_3\text{C}-\text{OH}$ of $-\text{OH}$
- 12 Maximumscore 2
Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:
Er kan een zuur-base-reactie optreden met de carboxylgroep.
Indien als antwoord is gegeven dat een zuur-base-reactie kan optreden met de fenolische OH groep 1

□13 Maximumscore 6

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- alle relevante elektronenparen weergegeven
- de eerste vergelijking juist
- de tweede vergelijking juist
- de derde vergelijking juist
- de vierde vergelijking juist
- alle formele ladingen op de juiste plaats

1
1
1
1
1
1

Indien in een overigens juist antwoord één kromme pijl ontbreekt en/of onjuist is getekend

5

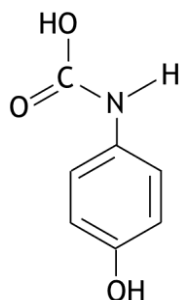
Indien in een overigens juist antwoord twee of meer kromme pijlen ontbreken en/of onjuist zijn getekend

4

□14 Maximumscore 3

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:

De structuurformule van het additieproduct is:



En stof X is CO₂.

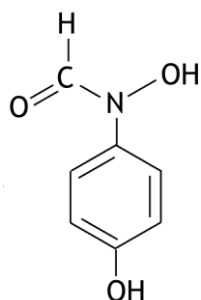
· juiste structuurformule van het additieproduct

2

· stof X is CO₂

1

Indien in een overigens juist antwoord als structuurformule van het additieproduct de volgende structuurformule is gegeven:



2

□15 Maximumscore 4

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



· in de eerste structuur twee vrije elektronenparen op het O atoom

1

· in de eerste structuur de formele lading op het C atoom

1

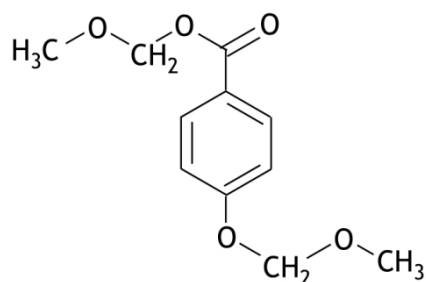
· in de tweede structuur een vrij elektronenpaar op het O atoom en een dubbele binding tussen O en C

1

· in de tweede structuur de formele lading op het O atoom

1

- 16 Maximumscore 1
Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- 17 Maximumscore 6
Een voorbeeld van een juiste berekening is:

De totale omzettingsgraad is: $0,77 \times 0,83 \times 0,81 \times 0,95 \times 0,93 = 0,46$.

Ga uit van m kg paracetamol, dat is $\frac{m}{151,17}$ kmol, daarvoor moet worden omgezet

$\frac{m}{151,17} \times \frac{1}{0,46}$ kmol *para*-hydroxybenzoëzuur en dat is $\frac{m}{151,17} \times \frac{1}{0,46} \times 138,12$ kg.

Dat komt uit $\frac{m}{151,17} \times \frac{1}{0,46} \times 138,12 \times \frac{100}{1,2}$ kg lignine en dat zit in

$\frac{m}{151,17} \times \frac{1}{0,46} \times 138,12 \times \frac{100}{1,2} \times \frac{100}{20} = m \times 8,3 \cdot 10^2$ kg populierenhout.

Dus $F = 8,3 \cdot 10^2$.

- | | |
|---|---|
| · berekening van de totale omzettingsgraad | 1 |
| · berekening van de molaire massa's van paracetamol en <i>para</i> -hydroxybenzoëzuur | 1 |
| · berekening van het aantal kmol paracetamol | 1 |
| · berekening van het aantal kmol <i>para</i> -hydroxybenzoëzuur dat moet worden omgezet | 1 |
| · omrekening naar het aantal kg <i>para</i> -hydroxybenzoëzuur | 1 |
| · omrekening naar het aantal kg populierenhout | 1 |

■ Opgave 4 Tankyrase-remmers

8 punten

□18 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan als volgt geformuleerd zijn:

I en II zijn elkaars spiegelbeeld, dus het zijn enantiomeren.

· I en II zijn elkaars spiegelbeeld

1

· dus: het zijn enantiomeren

1

□19 Maximumscore 3

Een juist antwoord kan als volgt geformuleerd zijn:

In I zijn de twee structuuronderdelen aan de cyclobutaanring *trans* geïoriënteerd. Er is ook een *cis*-oriëntatie mogelijk aan de cyclobutaanring. In II is ook *cis*-oriëntatie mogelijk.

· in I zijn de twee structuuronderdelen aan de cyclobutaanring *trans* geïoriënteerd

1

· er is ook *cis*-oriëntatie mogelijk

1

· in II is ook *cis*-oriëntatie mogelijk

1

□20 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

Voor een eerste orde reactie geldt: $\ln \frac{[I]_0}{[I]_t} = kt$.

Wanneer in 72 uur 10% van verbinding I is omgezet is nog 90% over, dus $\ln \frac{100}{90} = k \times 72$.

Hieruit volgt $k = \frac{\ln \frac{100}{90}}{72} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ uur}^{-1}$.

Wanneer in t uur 1,0% is omgezet, geldt $\ln \frac{100}{99} = 1,5 \cdot 10^{-3} \times t$, dus $t = \frac{\ln \frac{100}{99}}{1,5 \cdot 10^{-3}} = 6,9 \text{ uur}$.

· gebruik van $\ln \frac{[I]_0}{[I]_t} = kt$, eventueel reeds (gedeeltelijk) ingevuld

1

· $\ln \frac{100}{90} = k \times 72$ en berekening van k

1

· $\ln \frac{100}{99} = 1,5 \cdot 10^{-3} \times t$ en berekening van t

1

■ Opgave 5 Shono-oxidatie

11 punten

□21 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan als volgt geformuleerd zijn:

I staat elektronen af. Deze reactie vindt dus plaats aan de positieve elektrode.

- I staat elektronen af 1
- dus: de positieve elektrode 1

□22 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan als volgt geformuleerd zijn:

De methoxylering vindt plaats (op de positie) naast het N atoom. Dus de reactie is regioselectief.

- de methoxylering vindt plaats naast het N atoom 1
- dus: de reactie is regioselectief 1

□23 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan als volgt geformuleerd zijn:

Het C atoom waarop de methoxygroep terechtkomt, is sp^2 gehybridiseerd en kan dus aan de bovenkant en aan de onderkant reageren met een methanolmolecuul. Dus de reactie is niet stereoselectief.

- het C atoom waarop de methoxygroep terechtkomt, is sp^2 gehybridiseerd en kan dus aan de bovenkant en aan de onderkant reageren met een methanolmolecuul 1
- dus: de reactie is niet stereoselectief 1

Opmerking

Wanneer een antwoord is gegeven als: „In het schema is niet te zien of de methoxygroep onder of boven de zesring terechtkomt. Dus de reactie is niet stereoselectief.”, dit goed rekenen.

□24 Maximumscore 5

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

Er wordt $15 \times 60 \times 60 \times 1,7 = 9,18 \cdot 10^4$ C aan lading geleverd.

0,41 mol verbinding I levert $0,92 \times 0,41$ mol verbinding II.

Voor de omzetting is $2 \times 0,92 \times 0,41$ mol e^- nodig.

Dat is $2 \times 0,92 \times 0,41 \times 9,649 \cdot 10^4$ C.

$$\frac{2 \times 0,92 \times 0,41 \times 9,649 \cdot 10^4}{9,18 \cdot 10^4} \times 100\% = 79\%$$

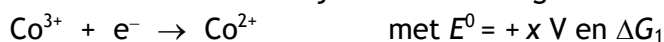
- $15 \times 60 \times 60 \times 1,7 = 9,18 \cdot 10^4$ C 1
- 0,41 mol verbinding I levert $0,92 \times 0,41$ mol verbinding II 1
- $2 \times 0,92 \times 0,41$ mol e^- 1
- $2 \times 0,92 \times 0,41 \times 9,649 \cdot 10^4$ C 1
- berekening van het percentage 1

Opgave 6 Kobaltcomplexen

22 punten

□25 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juiste berekening is:



$$\Delta G_1 = -1 \times F \times x$$

$$\Delta G_2 = -2 \times F \times (-0,29)$$

$$\Delta G_3 = -3 \times F \times 0,46$$

Dus $-3 \times F \times 0,46 = -1 \times F \times x + -2 \times F \times (-0,29)$. Dit levert $x = +1,96$.

De standaardelektrodepotentiaal van de halfreactie $\text{Co}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Co}^{2+}$ is dus $+1,96 \text{ V}$.

· juiste berekening van ΔG_1 , ΔG_2 en ΔG_3

2

· $\Delta G_3 = \Delta G_1 + \Delta G_2$

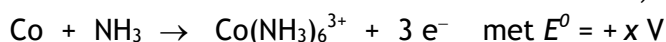
1

· juiste berekening van x

1

□26 Maximumscore 4

De vergelijking $\text{Co}^{3+} + 6 \text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+}$ krijg je als je de volgende twee halfreacties combineert:



$$\Delta E^0 = E^0_{\text{oxidator}} - E^0_{\text{reductor}} = (0,46 - x) \text{ V}$$

Er geldt $\Delta_r G = -3 \times F \times \Delta E^0$ en $K = e^{\frac{\Delta_r G}{RT}} = 1,0 \cdot 10^{33}$, dus $-\frac{\Delta_r G}{RT} = \ln 1,0 \cdot 10^{33}$.

Dit levert $x = -0,19 \text{ V}$.

· juiste halfreacties gecombineerd

1

· $\Delta_r G = -3 \times F \times \Delta E^0$

1

· $K = e^{\frac{\Delta_r G}{RT}} = 1,0 \cdot 10^{33}$

1

· rest van de berekening juist

1

□27 Maximumscore 3

$$E = \varepsilon \times c \times l$$

E bij 475 nm is $0,112$.

$$\varepsilon = \frac{0,112}{1,0 \cdot 10^{-3} \times 1,0} = 112 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}.$$

· juiste formule van wet van Lambert-Beer gebruikt

1

· extinctie juist afgelezen op $0,112$

1

· ε juist uitgerekend en gegeven met juiste eenheid

1

Opmerking

Wanneer voor de extinctie $0,113$ is afgelezen, dit goed rekenen.

□28 Maximumscore 8

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

In de gemeten oplossing is $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+} = \frac{0,122}{0,112} \times 1,00 \cdot 10^{-3} = 1,09 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$.

In de 30,0 mg onzuiver product zat dus $1,09 \cdot 10^{-3} \times 10^3 \times \frac{100}{1000} = 0,109 \text{ mmol Co}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_3$ en dat is $0,109 \times 267,5 = 29,1 \text{ mg}$.

In 5,4543 g onzuiver product zat dus $5,4543 \times \frac{29,1}{30,0} = 5,30 \text{ g Co}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_3$.

6,0065 g $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ is $\frac{6,0065}{237,9} = 0,02525 \text{ mol}$ en daaruit kan maximaal

0,02525 mol $\text{Co}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_3$ worden gevormd en dat is $0,02525 \times 267,5 = 6,75 \text{ g}$.

Het rendement is dus $\frac{5,30}{6,75} \times 100\% = 78,4\%$.

- berekening van de molaire massa's van $\text{Co}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_3$ en $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$: respectievelijk $267,5 \text{ g mol}^{-1}$ en $237,9 \text{ g mol}^{-1}$ 1
- berekening van de $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ in de gemeten oplossing 1
- omrekening naar het aantal mmol gevormd $\text{Co}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_3$ in 30,0 mg onzuiver product 1
- omrekening naar het aantal mg $\text{Co}(\text{NH}_3)_6(\text{Cl})_3$ in 30,0 mg onzuiver product 1
- omrekening naar het aantal g $\text{Co}(\text{NH}_3)_6(\text{Cl})_3$ in 5,4543 g onzuiver product 1
- berekening van het aantal mol $\text{Co}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_3$ dat maximaal kan worden gevormd (is gelijk aan het aantal mol $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ in 6,0065 g $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 1
- omrekenen naar het maximale aantal g $\text{Co}(\text{NH}_3)_6(\text{Cl})_3$ dat kan worden gevormd 1
- omrekening naar het rendement 1

Opmerking:

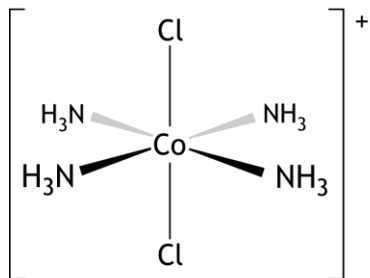
Wanneer een onjuist antwoord op vraag 28 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 27, dit antwoord op vraag 28 goed rekenen.

□29 Maximumscore 1

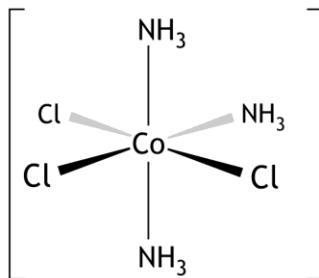
$$n = 3 - x$$

□30 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



isomeer van complex II



isomeer van complex III

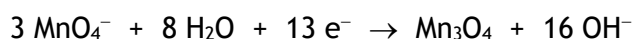
per juist getekende isomeer

1

■ Opgave 7 Permanganometrie

11 punten

□31 Maximumscore 4



- MnO_4^- voor de pijl en Mn_3O_4 na de pijl en Mn balans juist 1
- H_2O voor de pijl en OH^- na de pijl 1
- O en H balans juist 1
- ladingsbalans juist 1

□32 Maximumscore 7

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\text{Met Sn}^{2+} \text{ heeft gereageerd } 25,0 \times 0,0200 - \frac{6,26 \times 0,100}{5} = 0,375 \text{ mmol MnO}_4^-.$$

Dus het onderzochte monster bevatte

$$\frac{25,0 \times 0,0200 - \frac{6,26 \times 0,100}{5}}{6} \times 13 = 0,812 \text{ mmol Sn}^{2+}$$

$$\text{en dat is } \frac{25,0 \times 0,0200 - \frac{6,26 \times 0,100}{5}}{6} \times 13 \times 214,8 = 174 \text{ mg SnSO}_4.$$

Het massapercentage tin(II)sulfaat in het onderzochte monster is dus

$$\frac{25,0 \times 0,0200 - \frac{6,26 \times 0,100}{5}}{6} \times 13 \times 214,8 \times 100\% = 87,2\%.$$

- berekening van het aantal mmol MnO_4^- in 25,0 mL 0,0200 M KMnO_4 oplossing en van het aantal mmol Fe^{2+} in 6,26 mL 0,100 M FeSO_4 oplossing 1
- berekening van het aantal mmol MnO_4^- dat tijdens de titratie heeft gereageerd 1
- berekening van het aantal mmol MnO_4^- dat met Sn^{2+} heeft gereageerd 1
- berekening van het aantal mmol SnSO_4 in het onderzochte monster (is gelijk aan het aantal mmol Sn^{2+} dat met MnO_4^- heeft gereageerd) 1
- berekening van de molaire massa van SnSO_4 1
- berekening van het aantal mg SnSO_4 in het monster 1
- berekening van het massapercentage 1

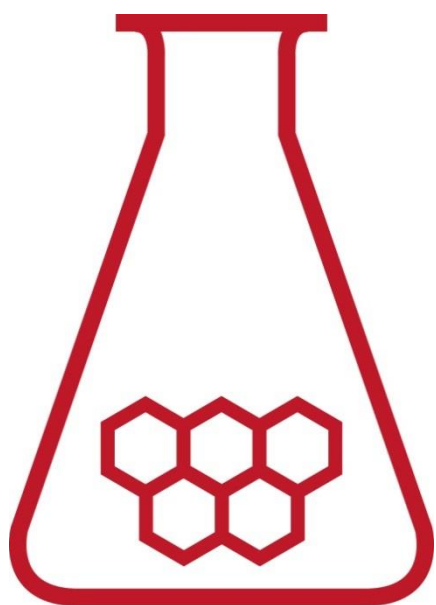
46^e Nationale Scheikundeolympiade

Symeres, Nijmegen

PRACTICUMTOETS

correctievoorschrift

donderdag 5 juni 2025



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



Symeres

Making Molecules Matter. Together.



57th INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
UNITED ARAB EMIRATES 2025

Experiment 1 Het kraken van PET

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 tereftaalzuur:

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 tereftaalzuur:

De zuiverheid van het product wordt bepaald door middel van een NMR-spectrum eventueel in combinatie met een Karl-Fischer bepaling.

De score wordt bepaald door de gemeten zuiverheid te vergelijken met de zuiverheid van het product dat in een door de organisatie uitgevoerd experiment is verkregen.

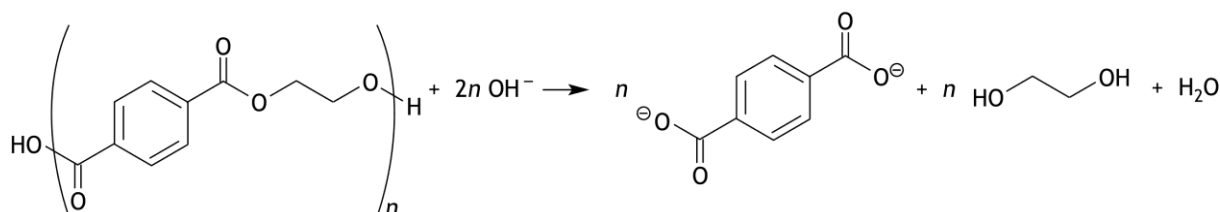
□1 Maximumscore 3

- getalswaarden van de massa's genoteerd 1
- nauwkeurigheid van de getalswaarden in overeenstemming met de nauwkeurigheid van de gebruikte balans 1
- juiste eenheden genoteerd 1

□2 Maximumscore 1

□3 Maximumscore 6

Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:



- structuur van PET en OH^- voor de pijl 1
- structuur van het tereftalaation na de pijl 1
- structuur van ethaan-1,2-diol na de pijl 1
- H_2O na de pijl 1
- juiste coëfficiënten 2

Indien in een overigens juist antwoord voor OH^- de coëfficiënt 2 is gebruikt, en geen coëfficiënten na de pijl zijn vermeld

5

□4 Maximumscore 5
 Een voorbeeld van een juist antwoord is:
 De repeterende eenheid van PET is $C_{10}H_8O_4$. De molaire massa hiervan is $192,16 \text{ (g mol}^{-1}\text{)}$.
 Stel dat 1000 mg PET is afgewogen, dan zijn dat $\frac{1000}{192,16} = 5,20 \text{ mmol}$ repeterende eenheden.

Dus er is $2 \times \frac{1000}{192,16} = 10,4 \text{ mmol KOH}$ nodig.

Er werd toegevoegd $\frac{0,88 \times 1000}{56,106} = 16 \text{ mmol KOH}$, (dat is dus een overmaat).

- de repeterende eenheid van PET is $C_{10}H_8O_4$ (kan impliciet blijken uit de juiste molaire massa) 1
- juiste molaire massa van de repeterende eenheid van PET: $192,16 \text{ (g mol}^{-1}\text{)}$ 1
- berekening van het aantal mmol repeterende eenheid in het aantal mg afgewogen PET 1
- berekening van het aantal mmol KOH dat nodig is voor de volledige omzetting van PET 1
- berekening van het aantal mmol KOH dat werd toegevoegd (en conclusie) 1

□5 Maximumscore 5
 Een voorbeeld van een juiste berekening is:
 (In dit voorbeeld wordt uitgegaan van $m \text{ g PET}$ en een opbrengst van $p \text{ g tereftaalzuur}$)

$p \text{ g tereftaalzuur}$ is $\frac{p}{166,13} \text{ mol}$.

Er zat dus (gemiddeld) $\frac{p}{166,13} \text{ mol}$ repeterende eenheden in de PET moleculen. Dat is

$\frac{p}{166,13} \times 192,16 \text{ g}$.

Het massapercentage is dus $\frac{\frac{p}{166,13} \times 192,16}{m} \times 100 \%$.

- berekening van de molaire massa van tereftaalzuur 1
- berekening van het aantal mol tereftaalzuur dat is ontstaan 1
- notie dat het gemiddeld aantal mol repeterende eenheden in de PET moleculen gelijk is aan het aantal mol tereftaalzuur dat is ontstaan 1
- berekening van het aantal g PET in het onderzochte stukje PET 1
- berekening van het massapercentage 1

Opmerking

Wanneer in vraag 4 en in vraag 5 voor de molaire massa van de repeterende eenheid van PET een zelfde onjuiste waarde is gebruikt, dit in vraag 5 niet opnieuw aanrekenen.

Experiment 2 De bepaling van de hoeveelheid natriumperboraat-monohydraat in één zakje Bikosan

40 punten

Maximumscore 10

De volgende praktische vaardigheden worden beoordeeld:

- veiligheid, netheid en zelfstandigheid
- hanteren van het glaswerk

□6 Maximumscore 8

- de massa van de totale inhoud van het zakje Bikosan en de massa van het Bikosan monster 1
- buretstanden afgelezen in twee decimalen 2
- verschil tussen de duplo's van de titraties 5

De scorepunten voor de verschillen tussen de duplo's worden per titratie als volgt bepaald:

Indien het verschil in verbruik tussen de duplo's $\leq 0,10$ mL 5

Indien $0,10 \text{ mL} < \text{het verschil in verbruik tussen de duplo's} \leq 0,20$ mL 4

Indien $0,20 \text{ mL} < \text{het verschil in verbruik tussen de duplo's} \leq 0,30$ mL 3

Indien $0,30 \text{ mL} < \text{het verschil in verbruik tussen de duplo's} \leq 0,50$ mL 2

Indien $0,50 \text{ mL} < \text{het verschil in verbruik tussen de duplo's} \leq 0,70$ mL 1

Indien het verschil in verbruik tussen de duplo's $> 0,70$ mL 0

De uiteindelijke score is het gemiddelde van de scores voor beide titraties.

□7 Maximumscore 14

Wanneer het gemiddeld verbruik van de titratie met thiosulfaat-oplossing V mL is en de concentratie thiosulfaat-oplossing c mol L^{-1} , dan is $V \times c$ mmol $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ toegevoegd.

Dat komt overeen met $\frac{V \times c}{2}$ mmol I_2 .

Hieruit volgt dat in de 10,00 mL van de oplossing uit de maatkolf $\frac{V \times c}{2}$ mmol H_2O_2 zat.

Uit het Bikosan monster is dus $\frac{V \times c}{2} \times \frac{100,0}{10,00}$ mmol H_2O_2 ontstaan en in het monster Bikosan

zat dus $\frac{V \times c}{2} \times \frac{100,0}{10,00}$ mmol $\text{NaBO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Dat komt overeen met $\frac{V \times c}{2} \times \frac{100,0}{10,00} \times 99,82$ mg $\text{NaBO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Wanneer de massa van de inhoud van het zakje Bikosan m_1 g is en de massa van het Bikosan monster m_2 g dan is de hoeveelheid $\text{NaBO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ in een zakje Bikosan:

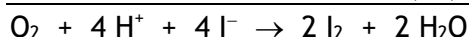
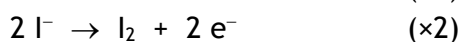
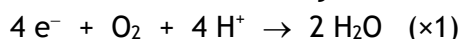
$$\frac{\frac{V \times c}{2} \times \frac{100,0}{10,00} \times 99,82 \times \frac{m_1}{m_2}}{1000} \text{ g.}$$

· berekening van het gemiddelde verbruik	2
· berekening van het aantal mmol $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ dat in de titraties heeft gereageerd	1
· omrekening naar het aantal mmol H_2O_2 in de 10,00 mL oplossing (is gelijk aan het aantal mmol I_2 dat is ontstaan)	1
· omrekening van het aantal mmol H_2O_2 in de 10,00 mL oplossing naar het totale aantal mmol H_2O_2 dat ontstaan is uit het Bikosanmonster	1
· berekening van de molaire massa van $\text{NaBO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (99,82 g mol ⁻¹)	1
· omrekening naar de hoeveelheid (in mg) $\text{NaBO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ in het Bikosanmonster	1
· omrekening naar de hoeveelheid (in g) $\text{NaBO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ in een Bikosan zakje	2
· resultaat	5

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

□8 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



Door de reactie met zuurstof ontstaat er extra jood. Hierdoor wordt meer thiosulfaat gebruikt en wordt er gerekend met een te hoge waarde voor V . De berekende hoeveelheid $\text{NaBO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ in een zakje Bikosan zal dus te hoog zijn.

· in de totale reactievergelijking O_2 en H^+ voor de pijl en H_2O na de pijl	1
· in de totale reactievergelijking I^- voor de pijl en I_2 na de pijl en juiste coëfficiënten	1
· juiste uitleg dat een te hoge waarde van V in de berekening wordt gebruikt	1
· consequente conclusie	1

□9 Maximumscore 4

Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:

Waterstofperoxide kan ook als reductor reageren en permanganaat is (in zuur milieu) als oxidator sterk genoeg om daarmee te reageren. Dus het kan. Je moet dan aan de (10,00 mL) Bikosanoplossing de zwavelzuuroplossing toevoegen en titreren met de kaliumpermanganaatoplossing.

· waterstofperoxide kan ook als reductor reageren	1
· permanganaat (in zuur milieu) is als oxidator sterk genoeg om met waterstofperoxide te reageren (eventueel met verwijzing naar de tabel met redoxpotentialen uit het informatieboek)	1
· juiste conclusie	1
· de Bikosanoplossing aanzuren en titreren met de kaliumpermanganaatoplossing	1

Indien een antwoord is gegeven als: „Het kan niet want twee oxidatoren kunnen niet met elkaar reageren.”

1