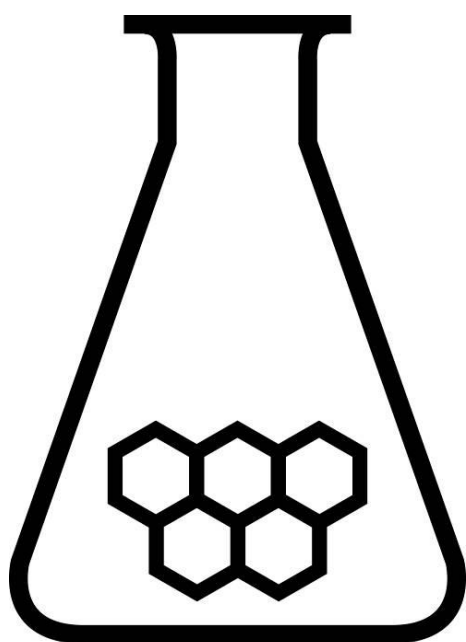


NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2025

CORRECTIEMODEL 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

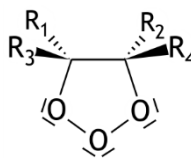
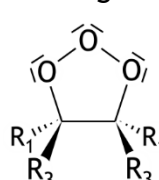
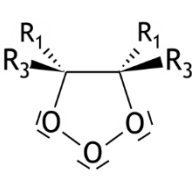
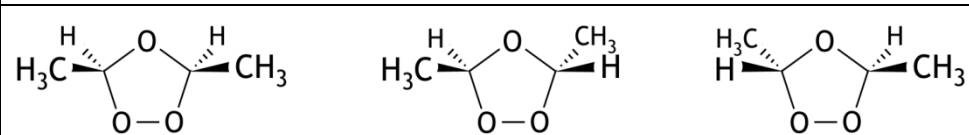
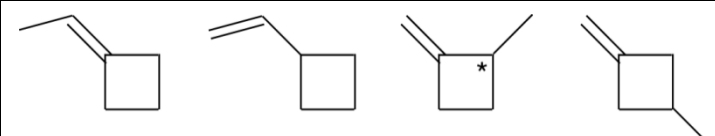
(totaal 40 punten)

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  en  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 $p_{\text{NO}_2} = \frac{5,00}{46,006} \times \frac{8,314 \times 310}{1,00 \cdot 10^{-3}} = 2,80 \cdot 10^5 \text{ Pa}.$ <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">N_2O_4</td> <td style="text-align: center;">$\rightleftharpoons$</td> <td style="text-align: center;">2 NO_2</td> </tr> <tr> <td>begin</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td></td> <td style="text-align: center;">$2,80 \cdot 10^5 \text{ Pa}$</td> </tr> <tr> <td>verandering</td> <td style="text-align: center;">$+ x \text{ Pa}$</td> <td></td> <td style="text-align: center;">$- 2x \text{ Pa}$</td> </tr> <tr> <td>evenwicht</td> <td style="text-align: center;">$x \text{ Pa}$</td> <td></td> <td style="text-align: center;">$(2,80 \cdot 10^5 - 2x) \text{ Pa}$</td> </tr> </table> De evenwichtsdruk 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 $K_p = \frac{(p_{\text{NO}_2} / p_0)^2}{p_{\text{N}_2\text{O}_4} / p_0} = \frac{(0,62 \cdot 10^5 / 10^5)^2}{1,09 \cdot 10^5 / 10^5} = 0,35.$		N_2O_4	$\rightleftharpoons$	2 NO_2	begin	0		$2,80 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	verandering	$+ x \text{ Pa}$		$- 2x \text{ Pa}$	evenwicht	$x \text{ Pa}$		$(2,80 \cdot 10^5 - 2x) \text{ Pa}$
	N_2O_4	$\rightleftharpoons$	2 NO_2															
begin	0		$2,80 \cdot 10^5 \text{ Pa}$															
verandering	$+ x \text{ Pa}$		$- 2x \text{ Pa}$															
evenwicht	$x \text{ Pa}$		$(2,80 \cdot 10^5 - 2x) \text{ Pa}$															

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	$K_1 = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]}$ $K_2 = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{NO}]^2[\text{O}_2]}$ $K_3 = \frac{[\text{N}_2\text{O}_3]}{[\text{NO}][\text{NO}_2]}$ $K = \frac{[\text{N}_2][\text{O}_2]^3}{[\text{N}_2\text{O}_3]^2} = \frac{[\text{N}_2][\text{O}_2]^2}{[\text{NO}]^4} \times \frac{[\text{NO}_2]^2[\text{O}_2]}{[\text{NO}_2]^2} \times \frac{[\text{NO}]^2[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_3]^2} = \frac{1}{K_1^2 \times K_2 \times K_3^2}$

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 $-4 \times F \times \Delta E = -2 \times F \times 1,468 + \{-2 \times F \times (-0,126)\}, \text{ dus}$ $\Delta E = \frac{-1,468 + 0,126}{-2} = 0,671 \text{ V}.$

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 $\frac{1}{2} \times 18,0 \times 0,100 \times 10^{-3} \text{ mol } \text{H}_2\text{Z} \text{ gereageerd.}$ 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 $-15,4 \text{ kJ mol}^{-1}$.

Open opgaven

(totaal 58 punten)

■ Opgave 2 De ontleding van distikstofpentoxyde

(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 × 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 × de absolute entropie van NO_2 en $\frac{1}{2}$ × 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 .

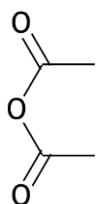
- aantonen dat $\frac{[\text{N}_2\text{O}_5]_0}{[\text{N}_2\text{O}_5]_t} = \frac{V_\infty}{(V_\infty - V_t)}$ 1
- rest van het antwoord 1

■ Opgave 3 Paracetamol

19 punten

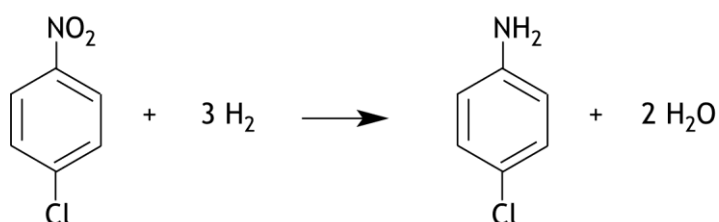
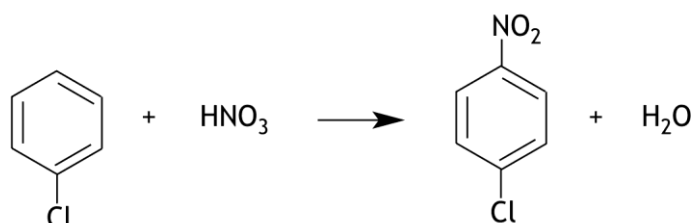
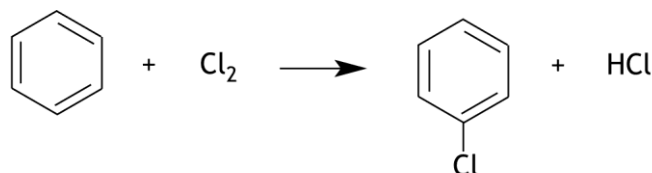
□7 Maximumscore 1

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:

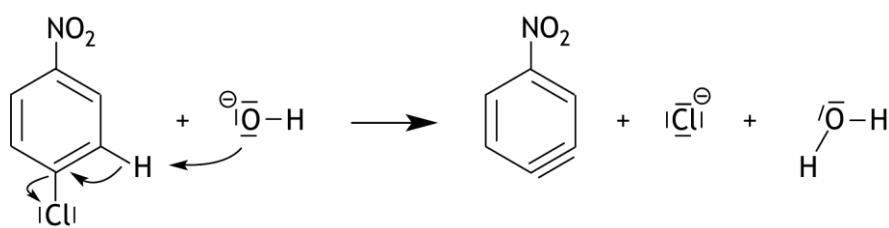
Er is een syntheseroute mogelijk die begint met het nitreren van benzeen. Je moet dan daarna de nitrogroep eerst omzetten tot een aminogroep, vervolgens chloreren en daarna het chlooratoom vervangen door een OH groep.

- (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

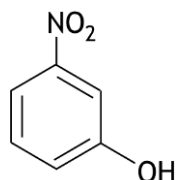
Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- de structuurformule van *para*-chloornitrobenzeen en OH^- voor de pijl en de structuurformule van het nitrobenzyl, Cl^- en H_2O 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 $q = 0,26$.

$$\text{Dus } p : q = 2,3 : 1,0.$$

- 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+} .

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

- 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 $(4 \times 16,00 + 4x \times 55,85) \times 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

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

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