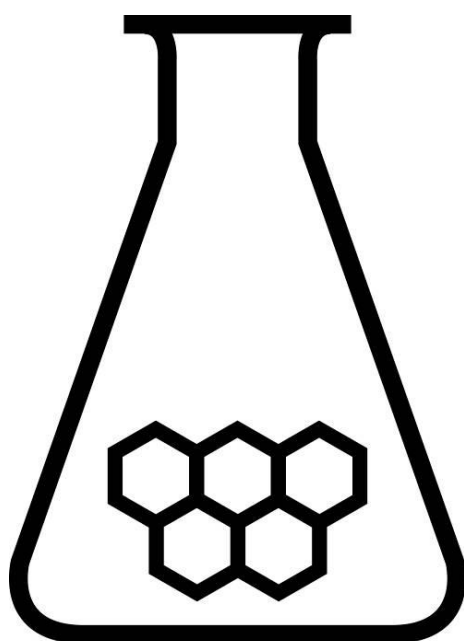


SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2024

CORRECTIEMODEL VOORRONDE 1

af te nemen in de periode van
15 tot en met 31 januari 2024



SCHEIKUNDE OLYMPIADE



Maastricht University

- 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 77 punten.
- De voorronde duurt 2 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e of 7^e editie 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

		Koolstofchemie
1	D	In stap 1 vindt een additie van HBr plaats aan de dubbele binding. In stap 2 wordt Br gesubstitueerd door OH.
2	B	Het polymeer is ontstaan door additiepolymerisatie van $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \text{ CH}_3 \\ \quad \\ \text{C} = \text{C} \\ \quad \\ \text{Cl} \quad \text{CH}_3 \end{array}$.
3	B	Bij B kan het chlooratoom een H atoom vervangen op C atoom 1 of op C atoom 2. De volgende monochloorsubstitutieproducten ontstaan dan: $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C} - \overset{*}{\text{C}}\text{H} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{Cl} \end{array}$ en $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{Cl} \end{array}$ Wanneer het chlooratoom op C atoom 1 komt, wordt C atoom 2 een asymmetrisch C atoom, aangegeven met een sterretje. Van die structuur bestaan dus twee spiegelbeeldisomeren die eenzelfde kookpunt hebben. Bij de andere verbindingen ontstaan meer dan drie isomeren.
4	B	Het elektronenpaar van de binding tussen het O atoom en het C atoom, wordt een niet-bindend elektronenpaar op het O atoom. De pijl moet dus in de richting van het O atoom staan.
		Reactiesnelheid en evenwicht
5	D	Wanneer de oplossing wordt verdund, verschuift het evenwicht naar rechts. Het aantal mol H_3O^+ wordt groter. $[\text{H}_3\text{O}^+]$ wordt echter kleiner. Dus de pH wordt groter.
6	A	$\frac{0,98 \times 1,0 \cdot 10^{-3}}{88}$ mol $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ wordt omgezet in $4,0 \times 60$ s. Dus de reactiesnelheid is $\frac{0,98 \times 1,0 \cdot 10^{-3}}{4,0 \times 60} = 4,6 \cdot 10^{-8}$ mol s^{-1} .
7	C	$K = [\text{Ba}^{2+}][\text{IO}_3^-]^2$ Er is $0,2000 - 0,1513$ g $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$ opgelost, dat is $\frac{0,2000 - 0,1513}{487,1}$ mol $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$. $[\text{Ba}^{2+}] = \frac{0,2000 - 0,1513}{487,1} = 9,998 \cdot 10^{-4}$ mol L^{-1} en $[\text{IO}_3^-] = 2 \times 9,998 \cdot 10^{-4}$ mol L^{-1} , dus $K = 9,998 \cdot 10^{-4} \times (2 \times 9,998 \cdot 10^{-4})^2 = 4,00 \cdot 10^{-9}$.
8	C	De reactiesnelheid hangt af van de verdelingsgraad van het zink, de concentratie van H_3O^+ en de temperatuur. Deze zijn allemaal bij C gelijk gebleven.

		Thermochemie																
9	A	<p>Voor reactie 1 geldt $\Delta H = -0,133 \cdot 10^5 + 2 \times 0,332 \cdot 10^5 = 0,531 \cdot 10^5$ J per mol N_2O_5. Voor reactie 2 geldt $\Delta H = -0,332 \cdot 10^5 + 0,913 \cdot 10^5 = 0,581 \cdot 10^5$ J per mol NO_2. Voor de totale omzetting was nodig $0,725 \cdot 10^5$ J per mol N_2O_5.</p> <p>Het aantal mol NO_2 dat nog wordt omgezet is dus $\frac{0,725 \cdot 10^5 - 0,531 \cdot 10^5}{0,581 \cdot 10^5} = 0,334$ mol.</p> <p>Per mol N_2O_5 is 2 mol NO_2 ontstaan, dus in reactie 2 wordt nog omgezet $\frac{0,334}{2} \times 100 = 16,7\%$ van het ontstane NO_2.</p>																
		Structuren en formules																
10	D	<p>In structuur A kloppen de ladingen van de stikstofatomen niet. In de structuren B en C hebben de structuren niet genoeg elektronen, bovendien kloppen de ladingen niet.</p>																
11	B	<p>In $COCl_2$ is de C dubbel gebonden aan de O en met twee enkele bindingen verbonden aan de Cl atomen. Er bevinden zich geen niet-bindende elektronenparen op de C. In de andere antwoorden hebben de aangegeven atomen een 4-omringing.</p>																
12	B	<p>Hg^+ heeft 79 elektronen. I^- heeft er 54. Cu^+ en Zn^{2+} hebben er 28. Ni^{2+} heeft er 26.</p>																
		pH / zuur-base																
13	C	<p>$B + H_2O \rightleftharpoons HB^+ + OH^-$ $pOH = 14,00 - pH = 1,50$ $[OH^-] = 10^{-1,50} = 0,032 \text{ mol L}^{-1}$</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>[B]</th> <th>[HB⁺]</th> <th>[OH⁻]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>begin</td> <td>0,15</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>omzetting</td> <td>- 0,032</td> <td>+ 0,032</td> <td>+ 0,032</td> </tr> <tr> <td>eind</td> <td>0,12</td> <td>0,032</td> <td>0,032</td> </tr> </tbody> </table> <p>$K_b = \frac{0,032 \times 0,032}{0,12} = 8,4 \cdot 10^{-3}$</p>		[B]	[HB ⁺]	[OH ⁻]	begin	0,15	0	0	omzetting	- 0,032	+ 0,032	+ 0,032	eind	0,12	0,032	0,032
	[B]	[HB ⁺]	[OH ⁻]															
begin	0,15	0	0															
omzetting	- 0,032	+ 0,032	+ 0,032															
eind	0,12	0,032	0,032															
14	C	<p>De natronloog bevat $150 \times 0,150 = 22,5$ mmol OH^- en het zoutzuur bevat $250 \times 0,100 = 25,0$ mmol H_3O^+. Er is dus $25,0 - 22,5 = 2,5$ mmol H_3O^+ in overmaat.</p> <p>Het totale volume is $150 + 250 = 400$ mL, dus $[H_3O^+] = \frac{2,5}{400}$; $pH = -\log \frac{2,5}{400} = 2,20$.</p>																

15	F	$\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{OH}^-$ $\text{pOH} = 14,00 - 7,41 = 6,59; [\text{OH}^-] = 10^{-6,59}$ $K_b = 1,6 \cdot 10^{-7} = \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-] \times [\text{OH}^-]}{[\text{HPO}_4^{2-}]} = \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-] \times 10^{-6,59}}{[\text{HPO}_4^{2-}]}$ $\frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{HPO}_4^{2-}]} = \frac{1,6 \cdot 10^{-7}}{10^{-6,59}} = 0,62$ <p>De molverhouding is dus 0,62 mol NaH_2PO_4 ($M = 120 \text{ g mol}^{-1}$) : 1,0 mol Na_2HPO_4 ($M = 142 \text{ g mol}^{-1}$).</p> <p>De massaverhouding is 74,7 g NaH_2PO_4 : 142 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 = 1,0 \text{ g NaH}_2\text{PO}_4$: 1,9 g Na_2HPO_4.</p>
		Redox en elektrolyse
16	C	<p>Voor de productie van 1,0 g Li is nodig $\frac{1,0}{6,941}$ mol elektronen.</p> <p>Voor de productie van 1,0 g Al is nodig $\frac{1,0}{26,98} \times 3$ mol elektronen.</p> <p>Dus de productie van 1,0 g Al duurt $\frac{\frac{1,0}{26,98} \times 3}{\frac{1,0}{6,941}} = 0,77$ keer zo lang als de productie van 1,0 g Li met dezelfde stroomsterkte.</p>
17	C	<p>De standaardelektrodepotentialen van de redoxkoppels zijn: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+} + 1,36 \text{ V}$ $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+} + 1,51 \text{ V}$</p> <p>Dus de oxidator $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ kan niet reageren met de reductor Mn^{2+}.</p> <p>$\text{NO}_3^-/\text{NO}_2 + 0,80 \text{ V}$ $\text{SO}_4^{2-}/\text{SO}_2 + 0,17 \text{ V}$</p> <p>Dus de oxidator NO_3^- kan reageren met de reductor SO_2.</p>
		Analyse
18	D	<p>Voor 1,0 mL onverdunde ammonia is 8,5 mL zoutzuur nodig.</p> <p>Voor 25,00 mL onverdunde ammonia zou $25,00 \times 8,5 = 212,5$ mL zoutzuur nodig zijn.</p> <p>Er mag tussen de 12 mL en 25 mL zoutzuur gebruikt worden, dus de verdunningsfactor moet tussen $\frac{212,5}{25} = 8,5$ en $\frac{212,5}{12} = 18$ liggen.</p> <p>De verdunningsfactoren van A, B, C, D en E zijn respectievelijk 25, 50, 4, 10 en 20.</p>

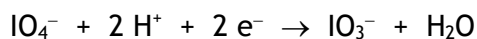
19	D	<p>Er werd $14,36 \times 0,00850 = 0,122$ mmol AgNO_3 gebruikt bij de titratie. Dus $0,112$ mmol Ag^+ reageerde volgens: $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}$. Dus er was $0,122$ mmol Cl^- aanwezig in de $10,00$ mL verdunde NaCl oplossing. $10,00$ mL verdunde NaCl oplossing bevatte dus $0,122$ mmol NaCl.</p> <p>In $10,00$ mL onverdunde oplossing was dus $\frac{0,122 \times 250,0}{10,00} = 3,05$ mmol NaCl aanwezig.</p> <p>De molariteit van de onverdunde NaCl oplossing was dus: $\frac{3,05}{10,00} = 3,05 \cdot 10^{-1} \text{ mol L}^{-1}$.</p>
20	G	<p>Fragmentatie van de moleculen van I en III levert onder andere C_3H_7^+ fragmenten op met $m/z = 43$.</p> <p>Fragmentatie van de moleculen van II levert onder andere CH_3CO^+ fragmenten op met $m/z = 43$.</p>
21	A	<p>Bij eerste equivalentiepunt bij 6 mL natronloog is alleen het sterkere zuur volledig omgezet. Bij het tweede equivalentiepunt bij 10 mL, dus 4 mL verder, is het zwakkere zuur ook volledig omgezet.</p> <p>Om het sterkere zuur volledig om te laten zetten is dus meer base nodig en de molariteit van het sterkere zuur is dus groter. Uitspraak I klopt dus niet.</p> <p>Dimethylgeel heeft een omslagtraject tussen $2,9$ en $4,0$. Deze slaat te vroeg om waardoor het eerste equivalentiepunt niet nauwkeurig bepaald kan worden. Uitspraak II klopt dus ook niet.</p>
		Rekenen
22	E	<p>Er reageert $\frac{16,0}{55,85}$ mol Fe dat een volume heeft van $\frac{16,0}{7,87} = 2,03 \text{ cm}^3$.</p> <p>Er ontstaat $\frac{16,0}{55,85} \times \frac{2}{4} \times 159,7 \text{ g Fe}_2\text{O}_3$ met een volume van $\frac{16,0}{55,85} \times \frac{2}{4} \times 159,7 = 4,36 \text{ cm}^3$.</p> <p>Volumetoename = $4,36 - 2,03 = 2,33 \text{ cm}^3$.</p>
23	C	De koolwaterstof met het grootste massapercentage C levert bij verbranding de grootste hoeveelheid CO_2 . Dit is C_6H_6 .
		Groene chemie en industrie
24	D	<p>De reactie blijft hetzelfde, dus de atomeconomie blijft gelijk.</p> <p>Bij een hoger rendement is de opbrengst van het gewenste product groter. De E-factor wordt dus kleiner.</p>
25	F	<p>15 g poeder bevat $\frac{15 \times 0,98}{81,38}$ mol ZnO. Hieruit ontstaat maximaal $\frac{15 \times 0,98}{81,38}$ mol Zn.</p> <p>Er ontstaat $\frac{8,0}{65,38}$ mol Zn. Het rendement is dus $\frac{65,38}{15 \times 0,98} \times 10^2\% = 68\%$.</p>

Open vragen

totaal 27 punten

■ Opgave 2 Bepaling van het mangaangehalte in theebladeren 11 punten

□1 Maximumscore 3



- IO_4^- en H^+ voor de pijl en IO_3^- en H_2O na de pijl 1
- e^- voor de pijl 1
- juiste coëfficiënten 1

□2 Maximumscore 4

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

In 3 g thee zit $\frac{0,1}{100} \times 3$ g Mn^{2+} , dat is $\frac{0,1}{54,94} \times 3$ mol Mn^{2+} . Dat reageert met

$\frac{0,1}{54,94} \times 3 \times \frac{5}{2}$ mol IO_4^- . Dus is minstens nodig $\frac{0,1}{54,94} \times 3 \times \frac{5}{2} \times 230,00 = 3 \cdot 10^{-2}$ g KIO_4 .

Dit is aanzienlijk minder dan de 0,5 g die wordt toegevoegd.

- berekening van het aantal g Mn^{2+} in 3 g theebladeren: 0,1(%) delen door 100(%) en vermenigvuldigen met 3 (g) 1
- berekening van het aantal mol Mn^{2+} : het aantal g Mn^{2+} in 3 g thee delen door 54,94 (g mol^{-1}) 1
- berekening van het aantal mol IO_4^- dat nodig is: het aantal mol Mn^{2+} vermenigvuldigen met $\frac{5}{2}$ 1
- berekening van het aantal g KIO_4 dat minstens nodig is: het aantal mol IO_4^- dat nodig is, vermenigvuldigen met 230,00 (g mol^{-1}) en conclusie 1

en

In 0,5 g kaliumperjodaat zit $\frac{0,5}{230,00}$ mol IO_4^- . Dit reageert met $\frac{0,5}{230,00} \times \frac{2}{5}$ mol Mn^{2+} ; dat is

$$\frac{0,5}{230,00} \times \frac{2}{5} \times 54,94 = 0,048 \text{ g Mn}^{2+}.$$

In 3 g theebladeren zit $\frac{0,1}{100} \times 3 = 0,003$ g Mn^{2+} .

Dit is veel minder dan de 0,048 g Mn^{2+} waarmee 0,5 g kaliumperjodaat kan reageren.

- berekening van het aantal mol IO_4^- in 0,5 g kaliumperjodaat: 0,5 (g) delen door 230,00 (g mol^{-1}) 1
- berekening van het aantal mol Mn^{2+} dat daarmee kan reageren: het aantal mol IO_4^- in 0,5 g kaliumperjodaat vermenigvuldigen met $\frac{2}{5}$ 1
- berekening van het aantal g Mn^{2+} dat kan reageren met 0,5 g kaliumperjodaat: het aantal mol Mn^{2+} dat daarmee kan reageren vermenigvuldigen met 54,94 (g mol^{-1}) 1
- berekening van het aantal g Mn^{2+} in 3 g theebladeren: 0,1(%) delen door 100(%) en vermenigvuldigen met 3 (g) en conclusie 1

□3 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Het MnO_4^- gehalte was $0,290 \text{ mmol L}^{-1}$, dus in $50,00 \text{ mL}$ oplossing zat $50,00 \times 10^{-3} \times 0,290 \text{ mmol MnO}_4^-$. Dus in de $2,580 \text{ g}$ theebladeren zat $50,00 \times 10^{-3} \times 0,290 \text{ mmol Mn}^{2+}$; dat is $50,00 \times 10^{-3} \times 0,290 \times 54,94 \text{ mg}$. Dus het

massapercentage Mn^{2+} is $\frac{50,00 \times 10^{-3} \times 0,290 \times 54,94}{2,580 \times 10^3} \times 10^2\% = 0,0309\%$.

- aflezen van het MnO_4^- gehalte: $0,290 \pm 0,005 \text{ (mmol L}^{-1}\text{)}$ 1
- berekening van het aantal mmol Mn^{2+} in de $2,580 \text{ g}$ theebladeren (is gelijk aan het aantal mmol MnO_4^- in de $50,00 \text{ mL}$ oplossing): het afgelezen MnO_4^- gehalte vermenigvuldigen met $10^{-3} \text{ (L mL}^{-1}\text{)}$ en met $50,00 \text{ (mL)}$ 1
- berekening van het aantal mg Mn^{2+} in de $2,580 \text{ g}$ theebladeren: het aantal mmol Mn^{2+} in de $2,580 \text{ g}$ theebladeren vermenigvuldigen met $54,94 \text{ (mg mmol}^{-1}\text{)}$ 1
- rest van de berekening 1

Opmerking

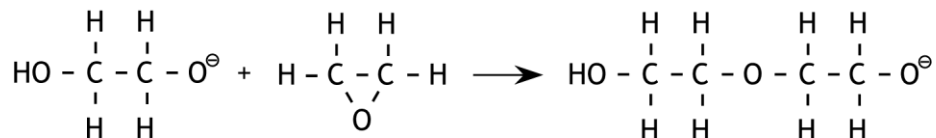
Wanneer in een overigens juist antwoord het MnO_4^- gehalte is afgelezen als $0,29 \text{ mmol L}^{-1}$, dit goed rekenen.

Opgave 3 Vasa

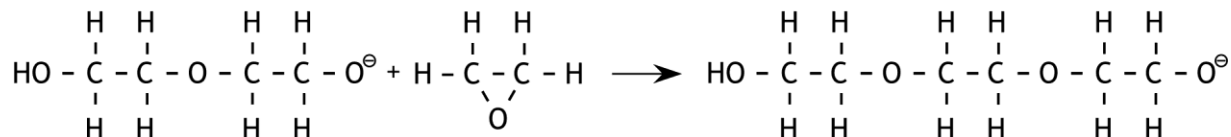
16 punten

□4 Maximumscore 3

Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:



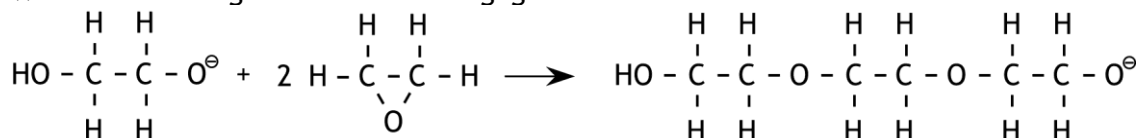
en



- juiste structuurformules van ion A en van een molecuul epoxyethaan voor de pijl in de eerste reactievergelijking 1
- juiste structuurformule van het koppelingsproduct na de pijl in de eerste reactie 1
- juiste koppeling van het in de eerste reactie ontstane deeltje met een molecuul epoxyethaan, weergegeven in structuurformules 1

Opmerking

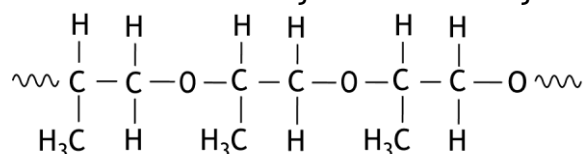
Wanneer het volgende antwoord is gegeven:



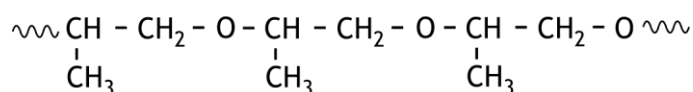
dit goed rekenen.

□5 Maximumscore 3

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

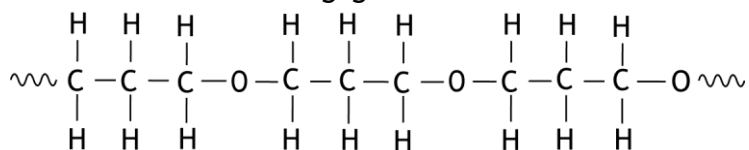


en



- hoofdketen juist weergegeven 1
- methylgroepen juist weergegeven 1
- begin en eind van het fragment aangeduid met \sim , – of • 1

Indien een antwoord is gegeven als:



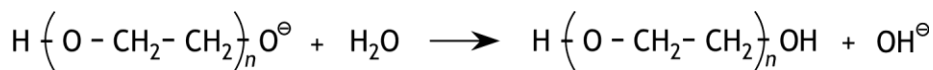
0

Opmerking

Wanneer als afwijking van bovenstaande juiste structuurformule een 1,2-epoxypropaaneenheid ‘andersom’ is gekoppeld, dit niet aanrekenen.

□6 Maximumscore 3

Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:



- $\text{H} \left(\text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right)_n \text{O}^\ominus$ voor de pijl 1
- H_2O voor de pijl 1
- juiste formules na de pijl 1

□7 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

Er reageert $\frac{88}{44}$ mol epoxyethaan. En er reageert $92 - 88$ g H_2O , dat is $\frac{92 - 88}{18}$ mol.

Dus er ontstaat $\frac{92 - 88}{18}$ mol polyepoxyethaan. Dus $n = \frac{\frac{88}{44}}{\frac{92 - 88}{18}} = 9$.

- berekening van het aantal mol epoxyethaan dat heeft gereageerd: 88 (g) delen door de molaire massa van epoxyethaan 1
- berekening van het aantal g water dat heeft gereageerd: $92 - 88$ 1
- berekening van het aantal mol polyepoxyethaan (is gelijk aan het aantal mol water dat heeft gereageerd) dat is gevormd: het aantal g water delen door de molaire massa van water 1
- berekening van n : aantal mol epoxyethaan dat heeft gereageerd, delen door het aantal mol polyepoxyethaan dat is gevormd 1

□8 Maximumscore 3

Een juist antwoord kan als volgt geformuleerd zijn:

Polyepoxyethaan met (gemiddeld) langere moleculen heeft een hoger smelttraject doordat de vanderwaalsbindingen sterker zijn. Hoe minder water reageert, (des te minder terminatiereacties plaatsvinden en) des te langere ketens ontstaan. Dus in proef 2 (met de kleinste hoeveelheid water) ontstaat polyepoxyethaan met het hoogste smelttraject.

- polyepoxyethaan met langere moleculen heeft een hoger smelttraject doordat de vanderwaalsbindingen sterker zijn 1
- hoe minder water reageert, des te langere moleculen ontstaan 1
- dus: in proef 2 ontstaat polyepoxyethaan met het hoogste smelttraject 1

Indien een antwoord is gegeven als: „Met meer water ontstaan meer OH groepen waardoor de moleculen door H bruggen sterker aan elkaar gehecht zijn, dus in proef 1 ontstaat polyepoxyethaan met het hoogste smelttraject.” 0