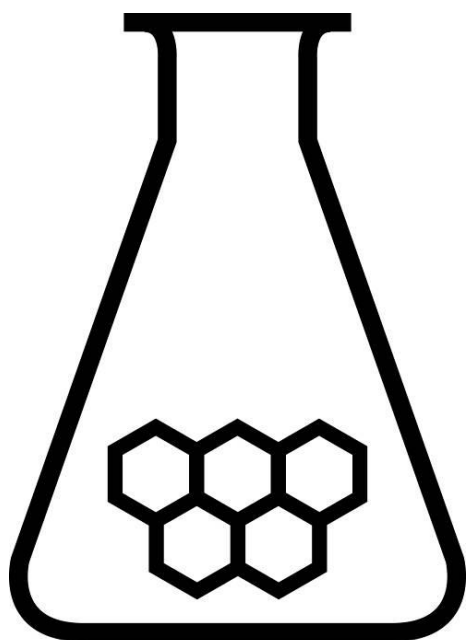


SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2024

CORRECTIEMODEL VOORRONDE 2

af te nemen in de periode van
19 tot en met 22 maart 2024



SCHEIKUNDE OLYMPIADE



Maastricht University

- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 8 onderwerpen en 3 opgaven met in totaal 15 open vragen.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 95 punten (geen bonuspunten).
- 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.
- 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

Koolstofchemie

1	E	
2	A	<p>Hieronder staan de absolute configuraties van beide moleculen.</p> <p>Er is één stereocentrum anders, dus het zijn diastereomeren.</p>
3	B	<p>In de vijfring met O en N zit een chiraal C atoom, hieronder aangeduid met een sterretje. Het P atoom en het N atoom zijn niet chiraal.</p>

Reactiesnelheid en evenwicht

4	C	<p>De tweede stap is snelheidsbepalend, hiervoor geldt: $s = k[\text{HOBr}][\text{HBr}]$.</p> <p>De evenwichtsvoorwaarde van stap 1 is $K = \frac{[\text{HOBr}]}{[\text{O}_2][\text{HBr}]}$.</p> <p>Dus $[\text{HOBr}] = K[\text{O}_2][\text{HBr}]$.</p> <p>De reactiesnelheidsvergelijking wordt $s = kK[\text{O}_2][\text{HBr}][\text{HBr}] = k'[\text{O}_2][\text{HBr}]^2$.</p>
---	---	--

5	B	<p>Er geldt:</p> $K_p = \frac{p_Y \times p_Z}{p_X}$ <p>en</p> $p_X + p_Y + p_Z = p \text{ en } p_Y = p_Z$ <p>dus $p_Y = p_Z = \frac{p - p_X}{2} = \frac{3}{7}p$</p> <p>en $K_p = \frac{\frac{3}{7}p \times \frac{3}{7}p}{\frac{1}{7}p} = \frac{9}{7}p$</p>
---	---	--

Structuren en formules

6	F	<p>In het molecuul $\text{Cl} - \text{N} = \text{C} = \text{O}$ bezit het N atoom ook nog een vrij elektronenpaar. Het omringingsgetal van N is dus 3 en $\angle \text{ClNC}$ zal (bij benadering) 120° zijn. Het omringingsgetal van C is 2 en $\angle \text{NCO}$ is dus 180°.</p>
7	C	<p>De elektronenconfiguratie van ${}_{32}\text{Ge}$ in de grondtoestand is $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^2$. De set kwantumgetallen $n = 4, l = 1, m_l = 1, m_s = +\frac{1}{2}$ correspondeert met een elektron in een $4p$ orbitaal. De eerste drie kwantumgetallen bij C geven aan dat dit elektron in dezelfde $4p$ orbitaal zou zitten als het genoemde elektron. Dit is niet mogelijk omdat het tweede elektron in een andere $4p$ orbitaal moet zitten. A correspondeert met een elektron in een $3d$ orbitaal. B correspondeert met een elektron in de $4s$ orbitaal. D correspondeert met het tweede elektron in het $4p$ niveau, dat zich in een andere $4p$ orbitaal bevindt.</p>
8	E	<p>De binding tussen de twee C atomen is een σ-binding en elk van de drievoudige bindingen bestaat uit een σ-binding en twee π-bindingen.</p>

pH / zuur-base

9	B	<p>Het betreft hier een titratie van een zwakke base met een sterk zuur (de begin pH is hoger dan 7 en de pH in het equivalentiepunt is lager dan 7).</p>
10	B	<p>De volgende reactie treedt op: $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$. Voor de bufferoplossing die ontstaat, geldt:</p> $\text{pH} = \text{p}K_z - \log \frac{\text{aantal mol } \text{H}_2\text{PO}_4^-}{\text{aantal mol } \text{HPO}_4^{2-}} \text{ of } 6,90 = 7,21 - \log \frac{\text{aantal mol } \text{H}_2\text{PO}_4^-}{\text{aantal mol } \text{HPO}_4^{2-}}$ $\log \frac{\text{aantal mol } \text{H}_2\text{PO}_4^-}{\text{aantal mol } \text{HPO}_4^{2-}} = 7,21 - 6,90 = 0,31 \text{ of } \frac{\text{aantal mol } \text{H}_2\text{PO}_4^-}{\text{aantal mol } \text{HPO}_4^{2-}} = 10^{0,31} = 2,0.$ <p>Stel dat a mL 1,0 M NaOH oplossing werd toegevoegd, dan $\frac{500 \times 0,200 - a \times 1,0}{a \times 1,0} = 2,0$; oplossen van deze vergelijking levert $a = 33$ (mL).</p>

Redox en elektrochemie

11	F	Zn ²⁺ is een sterkere oxidator dan H ₂ O. Zn is een sterkere reductor dan H ₂ O.
12	D	In de vergelijking van Nernst voor halfreactie I komt [H ⁺] voor en in de vergelijking van Nernst voor halfreactie II komt [OH ⁻] voor. Beide concentraties worden bepaald door de pH van de oplossing.
13	D	De halfreactie aan de negatieve elektrode kan worden weergegeven als: $\text{CO}_2 + 6 \text{H}^+ + 6 \text{e}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$. Maximale hoeveelheid die kan worden gevormd is $\frac{0,370 (\text{Cs}^{-1}) \times 200 (\text{min}) \times 60 (\text{s min}^{-1})}{9,649 \cdot 10^4 (\text{C mol}^{-1})} \times \frac{1}{6} = 0,0767 \text{ mol CH}_3\text{OH}.$ Dus $\frac{0,0530}{0,0767} \times 10^2 \% = 69,1\%$ van de stroom wordt gebruikt voor de omzetting van CO ₂ tot CH ₃ OH.

Analyse

14	A	Al ³⁺ en SO ₄ ²⁻ zijn beide oxidatoren. (I ⁻ , H ₂ C ₂ O ₄ en Sn ²⁺ zijn reductoren en kunnen door dichromaat worden geoxideerd, waarbij Cr ³⁺ ontstaat.)
15	D	In de ontstane oplossing is $[\text{MnO}_4^-] = \frac{0,100}{0,600} \times 3,00 \cdot 10^{-4} = 5,00 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$. Het volume van de ontstane oplossing is 100,0 mL. Er is dus omgezet $50,0 \times 3,00 \cdot 10^{-4} - 100,0 \times 5,00 \cdot 10^{-5} = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mmol MnO}_4^-$. Dat heeft gerageerd met $\frac{5}{2} \times 1,00 \cdot 10^{-2} = 2,50 \cdot 10^{-2} \text{ mmol SO}_3^{2-}$. De molariteit van de natriumsulfietoplossing was dus $\frac{2,50 \cdot 10^{-2}}{50,0} = 5,00 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$.

Rekenen

16	C	900 °C is 1173 K, 2,00 atm is $2,02 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ en $0,826 \text{ g dm}^{-3}$ is $0,826 \cdot 10^3 \text{ g m}^{-3}$. Stel de molaire massa is $M \text{ g mol}^{-1}$, dan zit in $1,00 \text{ m}^3$ van het gas $\frac{0,826 \cdot 10^3}{M} \text{ mol}$. Volgens de ideale gaswet geldt $pV = nRT$ of $2,02 \cdot 10^5 \times 1,00 = \frac{0,826 \cdot 10^3}{M} \times 8,314 \times 1173$ of $M = \frac{0,826 \cdot 10^3}{2,02 \cdot 10^5 \times 1,00} \times 8,314 \times 1173 = 39,9 \text{ g mol}^{-1}$. Dat is de molaire massa van Ar.
----	---	---

17	C	<p>Er is in het blok een deel van het Zn omgezet tot Zn(OH)₂. De extra massa is allemaal OH⁻: 140,2 g – 113,0 g = 27,2 g OH⁻, en dat is $\frac{27,2}{17,008} = 1,60$ mol OH⁻. Dat komt overeen met $\frac{1,60}{2} = 0,800$ mol Zn²⁺ en zoveel Zn(0) is ook omgezet.</p> <p>Er was oorspronkelijk $\frac{113,0}{65,38} = 1,728$ mol Zn(0); in het uiteindelijke blok is de hoeveelheid Zn(0) dus 1,728 – 0,800 = 0,928 mol Zn(0). De verhouding Zn(0) : Zn(II) is dus 0,928 : 0,800 = 1,16 : 1,00.</p>
----	---	--

Thermochemie en Groene chemie

18	D	$E\text{-factor} = \frac{m_{\text{beginstoffen}} - m_{\text{werkelijke opbrengst product}}}{m_{\text{werkelijke opbrengst product}}} = 6,5$ <p>Stel rendement = η, dan geldt:</p> $6,5 = \frac{2 \times 183,52 + 5 \times 32,00 + 2 \times 60,09 - 2 \times 63,55 \times \eta}{2 \times 63,55 \times \eta}$ <p>Hieruit volgt $\eta = 0,68$, dus het rendement is 68%.</p>
19	D	$2 \text{H}_2\text{S} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ $\text{CS}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{S} + \text{CO}_2$ $2 \text{H}_2\text{S} + 3 \text{O}_2 + \text{CS}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{H}_2\text{S} + \text{CO}_2$ <p>Dus $\Delta_r H^{\circ}_3 = 2 \times \Delta_r H^{\circ}_1 - \Delta_r H^{\circ}_2 = 2 \times (-518,2) - 67,8 = -1104,2 \text{ kJ mol}^{-1}$.</p>
20	B	$\Delta G^{\circ} = \Delta H^{\circ} - T\Delta S^{\circ}$ <p>Bij B ontstaat 2 mol gas uit 2 mol gas. Bij de andere reacties neemt aantal mol gas toe. Dus bij B zal ΔS° veel dichterbij nul liggen dan bij de andere reacties.</p>

■ Opgave 2 Waterstof voor een brandstofcel

15 punten

□1 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\frac{0,100}{24,5} \times \frac{1}{92} \times 101,1 \cdot 10^3 = 4,5 \text{ (mg)}$$

- omrekening van 0,100 dm³ H₂ naar mol: 0,100 (dm³) delen door 24,5 (dm³ mol⁻¹) 1
- berekening van het aantal mol Ru: het aantal mol H₂ delen door 92 (mol mol⁻¹) 1
- omrekening van het aantal mol Ru naar mg: het aantal mol Ru vermenigvuldigen met 101,1 (g mol⁻¹) en met 10³ (mg g⁻¹) 1

□2 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$(1,0 \times 0,100) \times 4 \times 24,5 : 0,100 = 98 \text{ (min)}$$

- berekening van het aantal mol NaBH₄: 1,0 (mol L⁻¹) vermenigvuldigen met 0,100 (L) 1
- berekening van het aantal mol H₂: het aantal mol NaBH₄ vermenigvuldigen met 4 1
- omrekening van het aantal mol H₂ naar dm³: het aantal mol H₂ vermenigvuldigen met 24,5 (dm³ mol⁻¹) 1
- berekening van het aantal minuten: het aantal dm³ H₂ delen door 0,100 (dm³ min⁻¹) 1

Opmerking

Wanneer in het antwoord op vraag 1 een onjuiste waarde voor V_m is gebruikt en in het antwoord op vraag 2 dezelfde onjuiste waarde voor V_m is gebruikt, dit hier niet aanrekenen.

□3 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

(Bij de temperatuur T die nodig is, geldt:)

$$k_T = 2 \times k_{298}$$

$$E_a = R \times \frac{T_1 \times T_2}{T_1 - T_2} \ln \frac{k_{T_1}}{k_{T_2}}$$

$$4,2 \cdot 10^4 = 8,314 \times \frac{298 \times T}{298 - T} \ln \frac{k_{298}}{k_T} = 8,314 \times \frac{298 \times T}{298 - T} \ln \frac{1}{2}$$

$$\frac{298 \times T}{298 - T} = \frac{4,2 \cdot 10^4}{8,314 \times \ln \frac{1}{2}} = -7,29 \cdot 10^3$$

$$T = 311 \text{ K}$$

- vergelijking van Arrhenius opgeschreven, eventueel reeds (gedeeltelijk) ingevuld 1
- notie dat bij de te berekenen temperatuur T geldt dat $k_T = 2 \times k_{298}$ 1
- vergelijking van Arrhenius zo veel mogelijk ingevuld 1
- berekening van de temperatuur die nodig is 1

□4 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\Delta V^0 = V_{\text{ox}}^0 - V_{\text{red}}^0 = +0,40 - (-0,83) = +1,23 \text{ V}$$

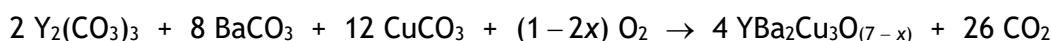
$$\Delta G^0 = -nF\Delta V^0 = -2 \times 9,649 \cdot 10^4 \times 1,23 = -2,37 \cdot 10^5 \text{ J (mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O)}$$

- berekening van ΔV^0 1
- notie dat $n = 2 \text{ mol e}^-$ per mol H_2O 1
- rest van de berekening juist 1
- juiste eenheid van ΔG^0 1

■ Opgave 3 Een hoge-temperatuur-supergeleider

24 punten

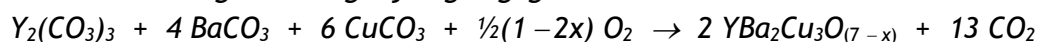
□5 Maximumscore 3



- alle formules voor en na de pijl juist 1
- juiste coëfficiënten voor $\text{Y}_2(\text{CO}_3)_3$, BaCO_3 , CuCO_3 , $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{(7-x)}$ en CO_2 1
- juiste coëfficiënt voor O_2 1

Opmerking

Wanneer de volgende vergelijking is gegeven:



dit goed rekenen.

□6 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Er is per mol YBCO $0,20 \times 3 = 0,60 \text{ mol Cu}^{3+}$ ontstaan en er is $3 - 0,60 = 2,40 \text{ mol Cu}^{2+}$ over.

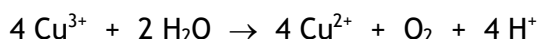
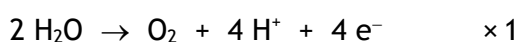
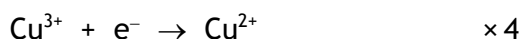
Het totale aantal mol plusladingen is $3 + 2 \times 2 + 2,40 \times 2 + 0,60 \times 3 = 13,6$.

Dit moet gelijk zijn aan het totaal aantal minladingen: $(7 - x) \times 2$.

Hieruit volgt $x = 0,20$.

- berekening van het aantal mol Cu^{3+} dat is ontstaan 1
- berekening van het aantal mol Cu^{2+} dat over is 1
- berekening van het totaal aantal mol plus- en minladingen 1
- berekening van x 1

□7 Maximumscore 2



- de vergelijkingen van beide halfreacties juist 1
- juist combineren van de vergelijkingen van beide halfreacties 1

□8 Maximumscore 7

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

21,8 mL 0,0332 M natriumthiosulfaatoplossing bevat $21,8 \times 0,0332$ mmol $S_2O_3^{2-}$.

Dit heeft gereageerd met $\frac{1}{2} \times 21,8 \times 0,0332$ mmol I_2 ; met het jodide heeft dus gereageerd

$2 \times \frac{1}{2} \times 21,8 \times 0,0332$ mmol Cu^{2+} .

Dit is de totale hoeveelheid Cu^{2+} en Cu^{3+} in de 160 mg $YBa_2Cu_3O_{(7-x)}$,

dus 160 mg $YBa_2Cu_3O_{(7-x)}$ is $\frac{1}{3} \times 2 \times \frac{1}{2} \times 21,8 \times 0,0332$ mmol.

De molaire massa van $YBa_2Cu_3O_{(7-x)}$ is $\{554,2 + (7-x) \times 16,00\}$ g mol⁻¹, dus 160 mg is

$\frac{160}{554,2 + (7-x) \times 16,00}$ mmol.

Dus $\frac{160}{554,2 + (7-x) \times 16,00} = \frac{1}{3} \times 2 \times \frac{1}{2} \times 21,8 \times 0,0332$. Hieruit volgt $x = 0,19$.

- berekening van het aantal mmol $S_2O_3^{2-}$: 21,8 (mL) vermenigvuldigen met 0,0332 (mmol mL⁻¹) 1
- berekening van het aantal mmol jood dat heeft gereageerd: het aantal mmol $S_2O_3^{2-}$ delen door 2 1
- berekening van het aantal mmol Cu^{2+} dat heeft gereageerd: het aantal mmol jood dat heeft gereageerd, vermenigvuldigen met 2 1
- berekening van het aantal mmol $YBa_2Cu_3O_{(7-x)}$ dat daaruit volgt: het aantal mmol Cu^{2+} dat heeft gereageerd, delen door 3 1
- berekening van de molaire massa van $YBa_2Cu_3O_{(7-x)}$: $554,2 + (7-x) \times 16,00$ (mg mmol⁻¹) 1
- berekening van het aantal mmol $YBa_2Cu_3O_{(7-x)}$ in 160 mg: 160 (mg) delen door de molaire massa van $YBa_2Cu_3O_{(7-x)}$ (in mg mmol⁻¹) 1
- rest van de berekening 1

□9 Maximumscore 4

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

Stel er zitten p oxide-ionen op de ribben en q in buitenvlakken, dan is $p + q = 20$ en

$$\frac{1}{4}p + \frac{1}{2}q = 7.$$

Oplossen van dit stelsel van twee vergelijkingen met twee onbekenden levert $p = 12$ en $q = 8$.

- notie dat oxide-ionen op de ribben voor een kwart meetellen 1
- notie dat oxide-ionen in de buitenvlakken voor de helft meetellen 1
- opstellen van twee vergelijkingen met twee onbekenden 1
- oplossen van het stelsel van twee vergelijkingen met twee onbekenden 1

en

Stel er zitten p oxide-ionen op de ribben, dan zitten er $20 - p$ in buitenvlakken. Er geldt

$$\text{dan } \frac{1}{4}p + \frac{1}{2}(20 - p) = 7.$$

Dit levert $p = 12$. Dus er zitten 12 oxide-ionen op de ribben en 8 in buitenvlakken.

- notie dat oxide-ionen op de ribben voor een kwart meetellen 1
- notie dat oxide-ionen in de buitenvlakken voor de helft meetellen 1
- dus $\frac{1}{4}p + \frac{1}{2}(20 - p) = 7$ 1
- rest van de berekening 1

Indien zonder berekening of uitleg het antwoord „Er zitten 12 oxide-ionen op de ribben en 8 oxide-ionen in buitenvlakken.” is gegeven 0

□10 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

De massa van de eenheidscel is 666,2 u; het volume van de eenheidscel is $0,382 \times 0,389 \times 1,168 \text{ nm}^3$.

Dus de dichtheid is

$$\frac{666,2 \text{ u}}{0,382 \times 0,389 \times 1,168 \text{ nm}^3} = \frac{666,2 \text{ u} \times 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ gu}^{-1}}{0,382 \times 0,389 \times 1,168 \text{ nm}^3 \times 10^{-21} \text{ cm}^3 \text{ nm}^{-3}} = 6,37 \text{ g cm}^{-3}.$$

- berekening van de massa van de eenheidscel in u 1
- berekening van het volume van de eenheidscel in nm^3 1
- berekening van de dichtheid in u nm^{-3} 1
- omrekening van de dichtheid in u nm^{-3} naar g cm^{-3} 1

Opmerking

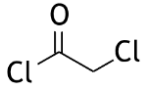
Wanneer in de berekening van de massa van de eenheidscel eenzelfde fout is gemaakt als in de berekening van de molaire massa van $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{(7-x)}$ in vraag 8, dit niet opnieuw aanrekenen.

Opgave 4 Penicilline

16 punten

□11 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:

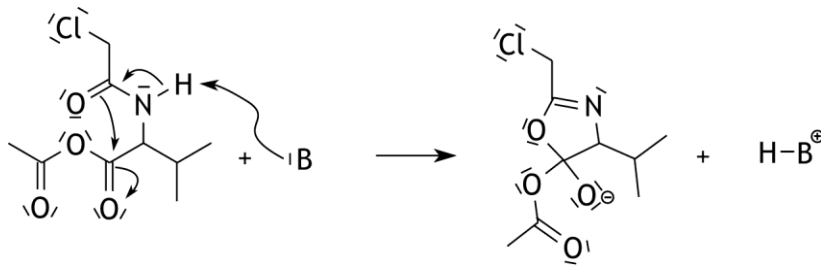


Indien het antwoord HO-C(=O)-CCl is gegeven

1

□12 Maximumscore 4

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



· H – B⁺ na de pijl

1

· voor de pijl de verschuiving van elektronenparen juist weergegeven

1

· niet-bindende elektronenparen voor en na de pijl juist aangegeven

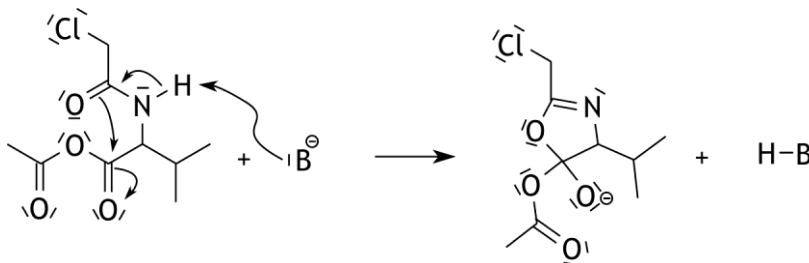
1

· juiste structuurformule met formele lading van het product na de pijl

1

Opmerking

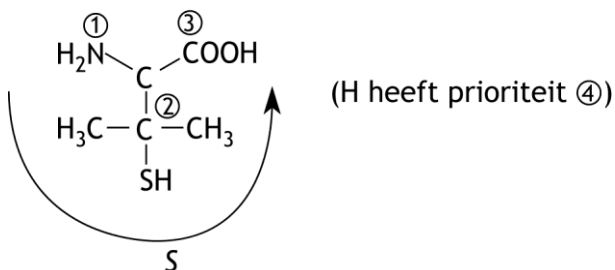
Wanneer het volgende antwoord is gegeven:



dit goed rekenen.

□13 Maximumscore 3

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



· een juiste tekening

1

· juiste prioritering

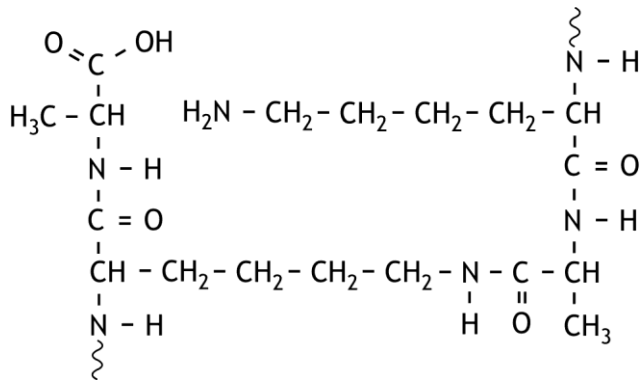
1

· juiste aanduiding van de configuratie

1

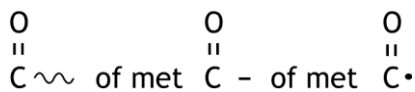
□14 Maximumscore 4

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- begin en einde van de structuurformule weergegeven met $\sim \text{N}$ of met $-\text{N}$ of met $\cdot\text{N}$ 1
- de eindstandige alaninegroep juist weergegeven 1
- de peptidebindingen juist weergegeven 1
- de restgroepen juist weergegeven 1

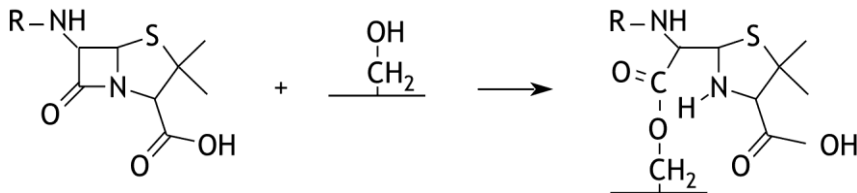
Indien in een overigens juist antwoord het begin en/of einde van de structuurformule is weergegeven met



3

□15 Maximumscore 3

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- de peptidebinding in de vierring is verbroken 1
- de gevormde esterbinding juist weergegeven 1
- de gevormde NH groep juist weergegeven 1