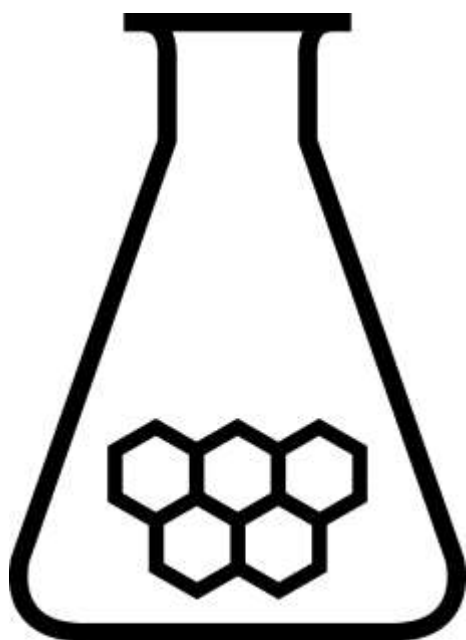


SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2020

CORRECTIEMODEL VOORRONDE 1

af te nemen in de periode van
13 tot en met 24 januari 2020



SCHEIKUNDE OLYMPIADE



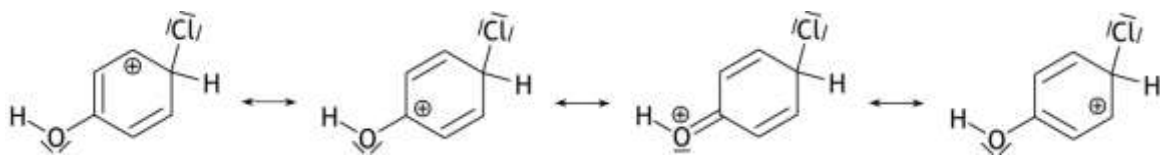
- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 8 onderwerpen en 2 opgaven met in totaal 11 open vragen.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 75 punten (geen bonuspunten).
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e druk of ScienceData 1^e druk.
- Bij elke vraag 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

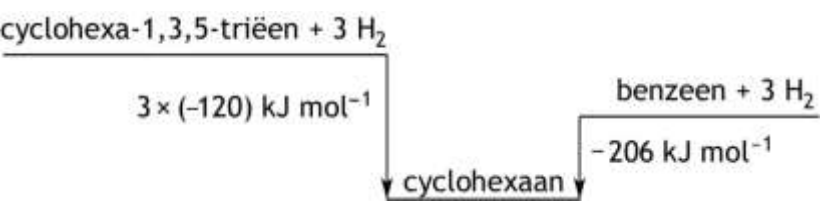
(totaal 40 punten)

per juist antwoord: 2 punten

Koolstofchemie

1	A	De molecuulformule van N-vinylpyrrolidon is C_6H_9NO , dus de molaire massa is $111,1 \text{ g mol}^{-1}$. Polyvinylpyrrolidon is een additiepolymeer dus het gemiddeld aantal monomeereenheden is $\frac{4,00 \cdot 10^4}{111,1} = 360$.
2	C	De mesomere structuren zijn: 
3	B	Er is 30 procent adenine, dus ook 30 procent thymine. Derhalve 40 procent cytosine en guanine samen. Dus 20 procent cytosine.

Thermochemie, evenwichten

4	D	Zie onderstaand energiediagram:  De absolute waarde van de resonantie-energie is dus $ 3 \times (-120) - (-206) = 154 \text{ kJ mol}^{-1}$.
5	F	Bij verhoging van T verschuift een evenwicht in de richting van de endotherme reactie. Dat is hier naar rechts want de vormingswarmte van NO is positief (Binas-tabel 57, ScienceData-tabel 9.2). Bij verhoging van p verschuift een evenwicht in de richting van het kleinste aantal deeltjes in de gasfase. In dit evenwicht staan zowel links als rechts twee deeltjes in de gasfase, dus het evenwicht verschuift niet.

Structuren en formules

6	E	De reactievergelijking is $8 \text{ BF}_3 + 6 \text{ LiH} \rightarrow \text{B}_2\text{H}_6 + 6 \text{ LiBF}_4$.
7	F	Vergelijk met de overeenkomstige zwavelverbindingen: natriumsulfaat (Na_2SO_4) en natriumsulfiet (Na_2SO_3).

8	B	De lewisstructuren zijn: $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ en $\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & & \\ \text{N} & = & \text{N} \\ & & \\ & & \text{H} \end{array}$ of $\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & & \\ \text{N} & = & \text{N} \\ & & \\ & & \text{H} \end{array}$
9	B	De reactievergelijkingen zijn: $2 \text{K} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{K}^+ + 2 \text{OH}^- + \text{H}_2$ respectievelijk $2 \text{Li} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Li}^+ + 2 \text{OH}^- + \text{H}_2$. Er worden dus elektronen afgestaan door de metaalatomen. Een kaliumatoom is groter dan een lithiumatoom. Daarom wordt het buitenste elektron van een kaliumatoom minder sterk gebonden door de kern dan het buitenste elektron van een lithiumatoom.

pH / zuur-base

10	B	In de resulterende oplossing zijn de molariteiten gehalveerd. In de eerste ionisatiestap van het zwavelzuur wordt $\frac{1}{2} \times 2,0 \cdot 10^{-3}$ mol H^+ en HSO_4^- per liter gevormd. Wanneer de omzettingsgraad van het HSO_4^- op a wordt gesteld, komt er in de tweede stap nog $a \times \frac{1}{2} \times 2,0 \cdot 10^{-3}$ mol H^+ per liter bij. Het zoutzuur levert $\frac{1}{2} \times 1,0 \cdot 10^{-3}$ mol H^+ per liter. Dus $[\text{H}^+] = 10^{-2,717} = \frac{1}{2} \times 2,0 \cdot 10^{-3} + a \times \frac{1}{2} \times 2,0 \cdot 10^{-3} + \frac{1}{2} \times 1,0 \cdot 10^{-3}$. Dit levert $a = 0,42$. Dus is 42% van het HSO_4^- omgezet tot SO_4^{2-} .
11	F	Er ontstaat een bufferoplossing met 20 mmol HCOOH en 40 mmol HCOO^- . $\text{pH} = \text{p}K_{\text{HCOOH}} + \log \frac{\text{aantal mol base}}{\text{aantal mol zuur}} = 3,75 + \log \frac{0,040}{0,020} = 4,05$

Redox en elektrochemie

12	I	De vergelijking van de halfreactie is $3 \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_3^- + 9 \text{H}^+ + 8 \text{e}^-$.
13	B	Voor het ontstaan van 1,00 g metaal is $\frac{1,00}{M} \times n$ mol elektronen nodig, waarin M de molaire massa van het metaal is en n het aantal elektronen dat per metaalion wordt opgenomen. In het geval van zilvernitraat is $\frac{n}{M}$ het kleinst en is bij gelijke stroomsterkte het eerst 1,00 g metaal ontstaan.

Reactiesnelheid

14	C	De beginconcentraties van de reagerende stoffen zijn in beide proeven gelijk.
15	B	Stap 2 is de snelheidsbepalende stap; daarvoor geldt: $s = k_2[\text{NO}][\text{NOBr}_2]$. Uit stap 1 volgt $\frac{[\text{NOBr}_2]}{[\text{NO}][\text{Br}_2]} = K_1$, dus $[\text{NOBr}_2] = K_1[\text{NO}][\text{Br}_2]$. Dit ingevuld in $s = k_2[\text{NO}][\text{NOBr}_2]$ levert $s = k_2K_1[\text{NO}]^2[\text{Br}_2] = k[\text{NO}]^2[\text{Br}_2]$.

Analyse

16	D	De werkelijke molariteit van de natriumhydroxide-oplossing was dus 75% van de berekende molariteit. Er heeft dus in werkelijkheid ook 75% van de berekende hoeveelheid azijnzuur gereageerd. Het monster azijn bevatte dus $\frac{75}{100} \times 12 = 9,0$ massaprocent azijnzuur.
17	D	Emma's methode is geschikt. Zij verwijdert eerst alle carbonaat; eventueel nog aanwezig sulfaat slaat ze dan neer als bariumsulfaat. Freeks methode is ook geschikt. Hij slaat eerst alle carbonaat en eventueel aanwezig sulfaat neer als bariumcarbonaat en bariumsulfaat. Daarna lost hij met de overmaat zoutzuur alle bariumcarbonaat op. Eventueel aanwezig bariumsulfaat lost niet op.

Rekenen en Groene chemie

18	C	De reactie die de leerlingen uitvoeren is $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}$, dus alle Ba^{2+} blijft in oplossing en komt in het afval terecht. Er is gebruikt $\frac{20 \times 0,50}{208,23} = 0,048$ mol Ba^{2+} en er wordt toegevoegd $0,100 \times 0,60 = 0,060$ mol SO_4^{2-} . Ba^{2+} en SO_4^{2-} reageren in de molverhouding 1 : 1, dus er blijft $0,060 - 0,048 = 0,012$ mol SO_4^{2-} over.
19	D	$\frac{10,0 \times 0,200}{399,88} \times (399,88 + 5 \times 18,015) = 2,45$ mg $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
20	C	atoomeconomie = $\frac{2 \times 50,94}{2 \times 50,94 + 5 \times 16,00 + 5 \times 40,08} \times 100\% = 27\%$

Open opgaven

(totaal 35 punten)

■ Opgave 2 Halogenering van alkanen

15 punten

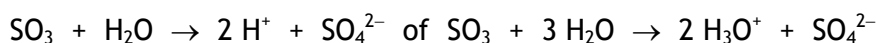
- 1 Maximumscore 2
Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:
(tweede stap:) $X\cdot + CH_4 \rightarrow HX + CH_3\cdot$
(derde stap:) $CH_3\cdot + X_2 \rightarrow CH_3-X + X\cdot$
- reactievergelijking van de tweede stap juist 1
 - reactievergelijking van de derde stap juist 1
- Indien in een overigens juist antwoord één of meer radicalen zijn weergegeven zonder het ongepaarde elektron 1
- 2 Maximumscore 2
Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:
Twee methylradicalen vormen een ethaanmolecuul.
- Indien een antwoord is gegeven als: „Uit methylradicalen ontstaan ethaanmoleculen.” of „Ethaan wordt gevormd uit methylradicalen.” 1
- Opmerking*
Wanneer een antwoord is gegeven als „Twee methylradicalen vormen ethaan.”, dit goed rekenen.
- 3 Maximumscore 4
Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:
(Er is stereo-isomerie mogelijk bij) 1-chloor-2-methylbutaan en 2-chloor-3-methylbutaan. In 1-chloor-2-methylbutaan is C 2 asymmetrisch. Er zijn dus twee stereo-isomeren / optische isomeren mogelijk. In 2-chloor-3-methylbutaan is C 2 asymmetrisch. Er zijn dus twee stereo-isomeren / optische isomeren mogelijk.
- 1-chloor-2-methylbutaan 1
 - 2-chloor-3-methylbutaan 1
 - in 1-chloor-2-methylbutaan is C 2 asymmetrisch; er zijn dus twee stereo-isomeren / optische isomeren mogelijk. 1
 - in 2-chloor-3-methylbutaan is C 2 asymmetrisch; er zijn dus twee stereo-isomeren / optische isomeren mogelijk. 1
- Indien een antwoord is gegeven als: „1-chloor-2-methylbutaan en 2-chloor-3-methylbutaan. Beide hebben een asymmetrisch C atoom, dus bij beide zijn twee stereo-isomeren / optische isomeren mogelijk.” 3
- Opmerking*
Wanneer behalve de twee juiste verbindingen één of twee onjuiste verbindingen zijn genoemd, per onjuiste verbinding 1 scorepunt aftrekken.

- 4 Maximumscore 3
Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:
1-chloor-2-methylbutaan : 2-chloor-2-methylbutaan : 2-chloor-3-methylbutaan :
1-chloor-3-methylbutaan = 6 : 1 : 2 : 3.
- juiste molverhouding 1-chloor-3-methylbutaan : 2-chloor-2-methylbutaan 1
 - juiste molverhouding 2-chloor-2-methylbutaan : 2-chloor-3-methylbutaan 1
 - juiste molverhouding 1-chloor-2-methylbutaan : 1-chloor-3-methylbutaan 1
- 5 Maximumscore 4
Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:
Substitutie van een primair H atoom leidt tot 1-chloor-2-methylbutaan of
1-chloor-3-methylbutaan. Per H atoom is de opbrengst $(27 + 14)/9 = 4,6$ (%).
Substitutie van een secundair H atoom leidt tot 2-chloor-3-methylbutaan. Per H atoom is
de opbrengst $36/2 = 18$ (%).
Substitutie van een tertiair H atoom leidt tot 2-chloor-3-methylbutaan. Per H atoom is de
opbrengst 23 (%).
De volgorde (naar afnemende reactiviteit) is dus: tertiaire, secundaire, primaire H atomen.
- juiste motivering van de reactiviteit van primaire H atomen 1
 - juiste motivering van de reactiviteit van secundaire H atomen 1
 - juiste motivering van de reactiviteit van tertiaire H atomen 1
 - volgorde die in overeenstemming is met de gegeven motivering 1
- Indien een antwoord is gegeven als: „De opbrengst aan reactieproducten bij substitutie van
primaire H atomen is 41%, de opbrengst aan reactieproducten bij substitutie van
secundaire H atomen is 36% en de opbrengst aan reactieproducten bij substitutie van
tertiaire H atomen is 23%. De volgorde (naar afnemende reactiviteit) is dus: primaire,
secundaire, tertiaire H atomen.” 2
- Indien uitsluitend de juiste volgorde is genoemd zonder motivering 0
- Opmerking*
Wanneer als motivering voor de reactiviteit van de primaire H atomen is gegeven:
„Substitutie van een primair H atoom leidt tot 1-chloor-2-methylbutaan. Per H atoom is
de opbrengst $27/6 = 4,5$ (%).” of „Substitutie van een primair H atoom leidt tot
1-chloor-3-methylbutaan. Per H atoom is de opbrengst $14/3 = 4,7$ (%).”, hiervoor het
eerste scorepunt toekennen.

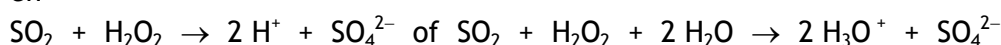
Opgave 3 Zwavel in rookgas

20 punten

□6 Maximumscore 3



en



- in beide vergelijkingen $2 \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ of $2 \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ na de pijl 1
- in de eerste vergelijking $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ of $\text{SO}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$ voor de pijl 1
- in de tweede vergelijking $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2$ of $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ voor de pijl 1

□7 Maximumscore 9

Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

Stel de 0,500 mL uit oplossing 2 bevat x mmol S.

De standaardoplossing die voor de referentieproef wordt gebruikt, bevat

$$\frac{1,50 \times 10^3}{142,04} = 10,6 \text{ mmol S per liter.}$$

De 0,500 mL uit oplossing 3 bevat 0,250 mL uit oplossing 2 en 0,250 mL uit de

standaardoplossing, dus daar zit $\frac{1}{2}x + \frac{0,250}{1000} \times \frac{1,50 \times 10^3}{142,04} = \frac{1}{2}x + 2,64 \cdot 10^{-3}$ mmol S in.

De verhouding tussen de oppervlaktes onder de pieken van chromatogram 2 en

chromatogram 1 is $\frac{\text{oppervlakte chromatogram 2}}{\text{oppervlakte chromatogram 1}} = 1,6$, dus $\frac{\frac{1}{2}x + \frac{0,250}{1000} \times \frac{1,50 \times 10^3}{142,04}}{x} = 1,6$,

dus $x = 2,4 \cdot 10^{-3}$.

Dus de 25,00 mL oplossing 2 bevat $\frac{25,00}{0,500} \times 2,4 \cdot 10^{-3} = 0,12$ mmol S en dat zat in 500 cm³

rookgas.

Dus het totale gehalte zwaveldioxide en zwaveltrioxide in het onderzochte rookgas is

$$\frac{25,00}{0,500} \times 2,4 \cdot 10^{-3} \times \frac{10^6}{500} = 2,4 \cdot 10^2 \text{ mmol S per m}^3.$$

- berekening van het aantal mmol S per liter standaardoplossing: 1,50 (g) vermenigvuldigen met 10³ (mg g⁻¹) en delen door de molaire massa van natriumsulfaat (142,04 mg mmol⁻¹) 1
- notie dat de 0,500 mL uit oplossing 3 bestaat uit 0,250 mL uit oplossing 2 en 0,250 mL uit de standaardoplossing 1
- berekening van het aantal mmol S in de 0,250 mL van de standaardoplossing: het aantal mmol S per liter standaardoplossing vermenigvuldigen met 0,250 (mL) en delen door 1000 (mL L⁻¹) 1
- berekening van het aantal mmol S in de 0,500 mL van oplossing 3: $\frac{1}{2}x$ plus het aantal mmol S in de 0,250 mL van oplossing 3 1
- notie dat de verhouding tussen het aantal mmol S in de 0,500 mL van oplossing 3 en de 0,500 L van oplossing 2 gelijk is aan de verhouding tussen oppervlaktes onder de pieken van chromatogram 2 en chromatogram 1 1
- berekening van de verhouding tussen oppervlaktes onder de pieken van chromatogram 2 en chromatogram 1: $1,6 \pm 0,2$ 1

- berekening van het aantal mmol S in 0,500 mL van oplossing 2 (is x) 1
- omrekening van het aantal mmol S in 0,500 mL van oplossing 2 naar het aantal mmol S in 25,00 mL van oplossing 2: het aantal mmol S in 0,500 mL van oplossing 2 delen door 0,500 (mL) en vermenigvuldigen met 25,00 (mL) 1
- omrekening van het aantal mmol S in oplossing 2 naar het aantal mmol S per m³ rookgas: het aantal mmol S in oplossing 2 delen door 500 (cm³) en vermenigvuldigen met 10⁶ (cm³ m⁻³) 1

Indien in een overigens juist antwoord bij de berekening de verhouding tussen de piekhoogtes is gebruikt 7

en

De standaardoplossing die voor de referentieproef wordt gebruikt, bevat

$$\frac{1,50 \times 10^3}{142,04} = 10,6 \text{ mmol S per liter.}$$

De 0,500 mL uit oplossing 3 bevat 0,250 mL uit oplossing 2 en 0,250 mL uit de

standaardoplossing, dus daar zit $\frac{0,250}{1000} \times \frac{1,50 \times 10^3}{142,04} = 2,64 \cdot 10^{-3}$ mmol S in vanuit de

standaardoplossing en een nog onbekend aantal mmol S vanuit 0,250 mL oplossing 2.

De verhouding tussen de oppervlaktes onder de pieken van chromatogram 2 en

chromatogram 1 is $\frac{\text{oppervlakte chromatogram 2}}{\text{oppervlakte chromatogram 1}} = 1,6$.

Stel de oppervlakte van de piek van chromatogram 1 gelijk aan 1,0 (oppervlakte-eenheid).

Van de oppervlakte van de piek van chromatogram 2 (= 1,6) komt dan 0,50 op rekening van 0,250 mL oplossing 2 en 1,1 komt op rekening van

$$\frac{0,250}{1000} \times \frac{1,50 \times 10^3}{142,04} = 2,64 \cdot 10^{-3} \text{ mmol S uit de standaardoplossing.}$$

Dus in de 0,250 mL uit oplossing 2 bevindt zich

$$\frac{0,50}{1,1} \times \frac{0,250}{1000} \times \frac{1,50 \times 10^3}{142,04} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ mmol S en in de 0,500 mL uit oplossing 2 dus}$$

$$\frac{0,500}{0,250} \times \frac{0,50}{1,1} \times \frac{0,250}{1000} \times \frac{1,50 \times 10^3}{142,04} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ mmol S.}$$

Dus de 25,00 mL oplossing 2 bevat $\frac{25,00}{0,500} \times 2,4 \cdot 10^{-3} = 0,12$ mmol S en dat zat in 500 cm³

rookgas.

Dus het totale gehalte zwaveldioxide en zwaveltrioxide in het onderzochte rookgas is

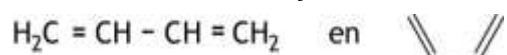
$$\frac{25,00}{0,500} \times 2,4 \cdot 10^{-3} \times \frac{10^6}{500} = 2,4 \cdot 10^2 \text{ mmol S per m}^3.$$

- berekening van het aantal mmol S per liter standaardoplossing: 1,50 (g) vermenigvuldigen met 10³ (mg g⁻¹) en delen door de molaire massa van natriumsulfaat (142,04 mg mmol⁻¹) 1
- notie dat de 0,500 mL uit oplossing 3 bestaat uit 0,250 mL uit oplossing 2 en 0,250 mL uit de standaardoplossing 1

· berekening van het aantal mmol S in de 0,250 mL van de standaardoplossing: het aantal mmol S per liter standaardoplossing vermenigvuldigen met 0,250 (mL) en delen door 1000 (mL L ⁻¹)	1
· notie dat de verhouding tussen het aantal mmol S in de 0,500 mL van oplossing 3 en de 0,500 L van oplossing 2 gelijk is aan de verhouding tussen oppervlaktes onder de pieken van chromatogram 2 en chromatogram 1	1
· berekening van de verhouding tussen oppervlaktes onder de pieken van chromatogram 2 en chromatogram 1: $1,6 \pm 0,2$	1
· berekening van het aantal mmol S in 0,250 mL van oplossing 2: het aantal mmol S in de 0,250 mL van de standaardoplossing vermenigvuldigen met 0,50 en delen door 1,1	1
· berekening van het aantal mmol S in 0,500 mL van oplossing 2: het aantal mmol S in 0,250 mL van oplossing 2 vermenigvuldigen met 0,500 (mL) en delen door 0,250 (mL)	1
· omrekening van het aantal mmol S in 0,500 mL van oplossing 2 naar het aantal mmol S in 25,00 mL oplossing 2: het aantal mmol S in 0,500 mL delen door 0,500 (mL) en vermenigvuldigen met 25,00 (mL)	1
· omrekening van het aantal mmol S in oplossing 2 naar het aantal mmol S per m ³ rookgas: het aantal mmol S in oplossing 2 delen door 500 (cm ³) en vermenigvuldigen met 10 ⁶ (cm ³ m ⁻³)	1
Indien in een overigens juist antwoord bij de berekening de verhouding tussen de piekhoogtes is gebruikt	7
□8 Maximumscore 2 Een voorbeeld van een juist antwoord is: Waterstofperoxide reageert met zwaveldioxide en niet met zwaveltrioxide, dus als je weet hoeveel waterstofperoxide heeft gereageerd, weet je hoeveel zwaveldioxide in het rookgas heeft gezeten en dus ook hoeveel zwaveltrioxide.	
· waterstofperoxide reageert met zwaveldioxide en niet met zwaveltrioxide	1
· rest van de uitleg	1
□9 Maximumscore 2 Voorbeelden van juiste redenen zijn:	
- Het volume van oplossing 1 is (na doorleiden van het rookgas kennelijk) niet nauwkeurig bekend (anders zou het niet nodig zijn om de maatkolf te gebruiken).	
- Door voorspoelen (en vullen) van de pipet gaat een onbekende hoeveelheid vloeistof en dus sulfaat verloren (daardoor geeft de chromatografische bepaling geen juiste uitkomst).	
per juiste reden	1

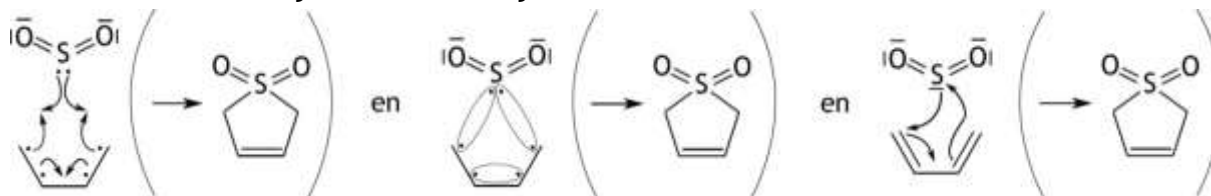
□10 Maximumscore 1

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:



□11 Maximumscore 3

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:



· juiste lewisstructuur van zwaveldioxide

1

· het totstandkomen van de binding tussen het zwavelatoom en C atoom 1 van het butadieenmolecuul en het totstandkomen van de binding tussen het zwavelatoom en C atoom 4 van het butadieenmolecuul juist weergegeven

1

· het totstandkomen van de dubbele binding tussen de C atomen 2 en 3 van het butadieenmolecuul juist weergegeven

1

Opmerking

Wanneer de lewisstructuur van zwaveldioxide lineair is weergegeven, dit niet aanrekenen.