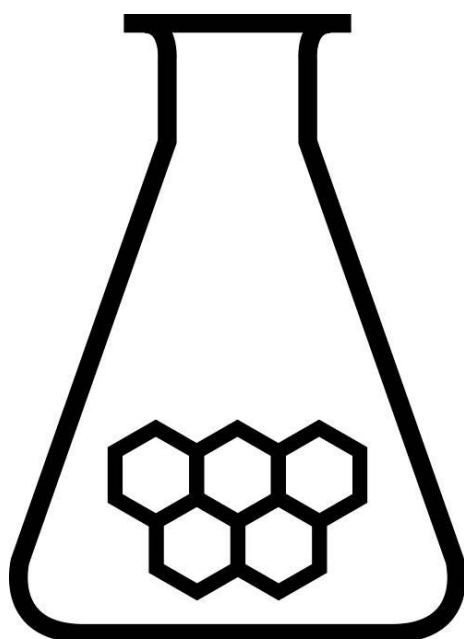


41^e Nationale Scheikundeolympiade

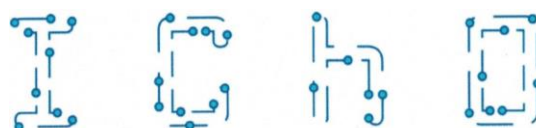
Eindronde 2020

Open vragen toets
correctievoorschrift

9 juni 2020



SCHEIKUNDE OLYMPIADE



52nd IChO 2020
International Chemistry Olympiad

- Deze toets bestaat uit 4 opgaven met in totaal 23 open vragen.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 71 punten (geen bonuspunten).
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e druk of ScienceData 1^e druk.
- 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.

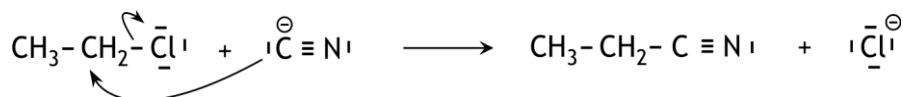
Open opgaven

(totaal 71 punten)

■ Opgave 1 Alkaannitrillen

13 punten

- 1 Maximumscore 4
Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:



- in de lewisstructuur van CN^- de drie bindende en de twee vrije elektronenparen juist weergegeven 1
- in de structuur van CN^- de min-lading op het C atoom geplaatst 1
- juiste lewisstructuren van chloorethaan, propaannitril en Cl^- 1
- de kromme pijlen juist weergegeven 1

Opmerking

Wanneer een onjuiste lewisstructuur van propaannitril het consequente gevolg is van een onjuiste lewisstructuur van CN^- , dit niet aanrekenen.

- 2 Maximumscore 4
Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:
Bij $\text{S}_{\text{N}}2$ treedt inversie op. / Bij $\text{S}_{\text{N}}2$ wordt (uit (R)-2-chloorbutaan alleen) (S)-2-methylbutaannitril gevormd.
Bij $\text{S}_{\text{N}}1$ treedt racemisatie op. / Bij $\text{S}_{\text{N}}1$ wordt (uit (R)-2-chloorbutaan) evenveel (R)-2-methylbutaannitril als (S)-2-methylbutaannitril gevormd.
Dus er wordt geen racemisch mengsel gevormd, maar (een mengsel met) meer (S)-2-methylbutaannitril dan (R)-2-methylbutaannitril.

- bij $\text{S}_{\text{N}}2$ treedt inversie op / wordt (S)-2-methylbutaannitril gevormd 1
- bij $\text{S}_{\text{N}}1$ treedt racemisatie op / wordt evenveel (S)-2-methylbutaannitril als (R)-2-methylbutaannitril gevormd 1
- dus er wordt geen racemisch mengsel gevormd 1
- juiste conclusie over de optische isomeer die het meest voorkomt 1

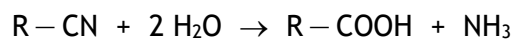
Indien slechts een antwoord is gegeven als: „Bij $\text{S}_{\text{N}}2$ treedt inversie op, dus wordt (uit (R)-2-chloorbutaan alleen) (S)-2-methylbutaannitril gevormd. Dus (S)-2-methylbutaannitril komt het meest voor.” 2

Indien slechts een antwoord is gegeven als: „Bij $\text{S}_{\text{N}}1$ treedt racemisatie op, dus wordt (uit (R)-2-chloorbutaan) evenveel (R)-2-methylbutaannitril als (S)-2-methylbutaannitril gevormd.” 1

- 3 Maximumscore 2
Stof X: H_2
Reactietype: additie / reductie / hydrogenering

- stof X juist 1
- reactietype juist 1

- 4 Maximumscore 3
Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:



- juiste formules voor de pijl 1
- juiste formules na de pijl 1
- juiste coëfficiënten 1

Opmerking

Wanneer de vergelijking $R - CN + 2 H_2O \rightarrow R - CO_2H + NH_3$ is gegeven, dit hier goed rekenen.

■ Opgave 2 Koper(I)oxide

17 punten

□5 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

(Voor de reactie $\text{Cu(s)} + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CuO(s)}$ geldt:)

$$\Delta_r G = \Delta_r H - T\Delta S = -1,56 \cdot 10^5 - 1000 \times (103 - 65 - \frac{1}{2} \times 244) = -7,2 \cdot 10^4 \text{ (J mol}^{-1}\text{)}$$

- juiste berekening van $\Delta_r H$ 1
- juiste berekening van ΔS 1
- rest van de berekening juist 1

□6 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$(\Delta G = 0 \text{ bij}) \quad T = \frac{\Delta H}{\Delta S} = \frac{-1,70 \cdot 10^5 - (-2 \times 1,56 \cdot 10^5)}{180 + \frac{1}{2} \times 244 - 2 \times 103} = \frac{1,42 \cdot 10^5}{96} = 1,48 \cdot 10^3 \text{ (K)}$$

- juiste berekening van ΔH 1
- juiste berekening van ΔS 1
- rest van de berekening juist 1

□7 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Wanneer de temperatuur hoger is (dan $1,48 \cdot 10^3 \text{ K}$) geldt $\Delta G < 0$, dus Cu_2O /koper(I)oxide is dan het stabielst.

- wanneer de temperatuur hoger is (dan de bij vraag 6 berekende temperatuur) geldt $\Delta G < 0$ 1
- conclusie 1

Opmerking

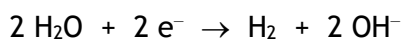
Wanneer een onjuist antwoord op vraag 7 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 6, dit antwoord op vraag 7 goed rekenen.

□8 Maximumscore 2



- Cu en OH^- voor de pijl en Cu_2O , H_2O en e^- na de pijl 1
- elementbalans en ladingsbalans juist 1

□9 Maximumscore 1



□10 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$K_s = [\text{Cu}^{2+}] [\text{OH}^-]^2$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{1,6 \cdot 10^{-19}}{0,100}} = 1,26 \cdot 10^{-9}$$

$$\text{pH} = 14,00 - (-\log 1,26 \cdot 10^{-9}) = 5,10$$

- $K_s = [\text{Cu}^{2+}] [\text{OH}^-]^2$, eventueel reeds gedeeltelijk ingevuld
- juiste berekening van $[\text{OH}^-]$
- rest van de berekening juist

1
1
1

□11 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$0,34 + \frac{0,059}{2} \log [\text{Cu}^{2+}] = 0,21 + \frac{0,059}{2} \log \frac{[\text{Cu}^{2+}]^2}{[\text{H}^+]^2}$$

$$\frac{0,34 - 0,21}{\frac{0,059}{2}} = \log \frac{[\text{Cu}^{2+}]^2}{[\text{H}^+]^2} - \log [\text{Cu}^{2+}] = \log \frac{[\text{Cu}^{2+}]}{[\text{H}^+]^2} = \log [\text{Cu}^{2+}] - 2 \log [\text{H}^+]$$

$$\text{pH} = \left(\frac{0,34 - 0,21}{\frac{0,059}{2}} - \log 0,100 \right) : 2 = 2,70$$

- juiste vergelijking van Nernst voor de reductie van Cu^{2+} tot Cu, eventueel reeds ingevuld
- juiste vergelijking van Nernst voor de productie van Cu_2O , eventueel reeds gedeeltelijk ingevuld
- rest van de berekening

1
1
1

Opmerking

Wanneer in plaats van het gelijkstellen van de twee vergelijkingen van Nernst een juiste berekening is gegeven met de tekens < of >, dit goed rekenen.

■ Opgave 3 Vast schuurmiddel

(21 punten)

□12 Maximumscore 2

Indicator voor de titratie: thymolftaleïen

Kleurverandering: van kleurloos naar (licht)blauw

- indicator juist 1
- kleurverandering juist 1

Opmerking

Wanneer als antwoord is gegeven

Indicator voor de titratie: thymolblauw

Kleurverandering: van geel naar blauw

of

Indicator voor de titratie: fenolftaleïen

Kleurverandering: van kleurloos naar paarsrood

of

Indicator voor de titratie: alizariengeel-R

Kleurverandering: van lichtgeel naar oranje

dit goed rekenen.

□13 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Bij pH = 4,5 is $\frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]} = \frac{K_{z(\text{H}_3\text{PO}_4)}}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{10^{-2,16}}{10^{-4,5}} = 2,2 \cdot 10^2$ (dus er is vrijwel geen H_3PO_4 meer)

en $\frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} = \frac{K_{z(\text{H}_2\text{PO}_4^-)}}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{10^{-7,21}}{10^{-4,5}} = 1,9 \cdot 10^{-3}$ (dus er is nog vrijwel geen HPO_4^{2-} gevormd).

- berekening van de $[\text{H}_3\text{O}^+]$: $10^{-4,5}$ 1
- juiste berekening van $\frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]}$ bij pH = 4,5 1
- juiste berekening van $\frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}$ bij pH = 4,5 (en conclusies) 1

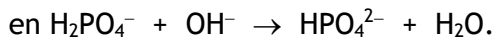
□14 Maximumscore 10

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

In titratie I treden de volgende reacties op:



In titratie II treden de volgende reacties op:



In titratie I is $15,29 \times 0,02015 = 0,3081$ mmol OH^- gebruikt en in titratie II

$15,93 \times 0,02015 = 0,3210$ mmol OH^- . Het verschil is het aantal mmol OH^- dat in titratie II met H_2PO_4^- heeft gereageerd.

In titratie II heeft dus $0,3210 - 0,3081 = 0,0129$ mmol OH^- gereageerd met evenzoveel mmol H_2PO_4^- en dit was afkomstig van $0,0129$ mmol H_3PO_4 .

In $10,00$ mL van de moederoplossing zat dus $0,0129$ mmol H_3PO_4 , in de moederoplossing zat

dus $\frac{100,0}{10,00} \times 0,0129 = 0,129$ mmol H_3PO_4 en dat was ontstaan uit $0,129$ mmol HPO_4^{2-} dat in

de $1,15$ g schuurmiddel zat. Het massapercentage HPO_4^{2-} in het schuurmiddel is dus

$$\frac{0,129 \times 95,98 \times 10^{-3}}{1,15} \times 100 = 1,08\%.$$

Het aantal mmol H_3O^+ dat in titratie I met OH^- heeft gereageerd, is gelijk aan het totaal aantal mmol OH^- dat heeft gereageerd minus het aantal mmol OH^- dat met H_3PO_4 heeft gereageerd: $0,3081 - 0,0129 = 0,2952$ mmol OH^- . In de moederoplossing was de overmaat

H_3O^+ dus $\frac{100,0}{10,00} \times 0,2952 = 2,952$ mmol.

Het totaal aantal mmol toegevoegd H_3O^+ is gelijk aan de overmaat H_3O^+ in de moederoplossing plus het aantal mmol H_3O^+ dat met CO_3^{2-} heeft gereageerd ($n_{\text{CO}_3^{2-}}$) en het

aantal mmol H_3O^+ dat met HPO_4^{2-} heeft gereageerd ($0,129$ mmol), dus:

$$25,00 \times 1,03 = 2,952 + 2 \times n_{\text{CO}_3^{2-}} + 2 \times 0,129.$$

$$\text{Dus } n_{\text{CO}_3^{2-}} = \frac{25,00 \times 1,03 - 2,952 - 2 \times 0,129}{2} = 11,27 \text{ mmol en massapercentage } \text{CO}_3^{2-}$$

in het schuurmiddel is $\frac{11,27 \times 60,01 \times 10^{-3}}{1,15} \times 100 = 58,8\%$.

· berekening van de molaire massa's van HPO_4^{2-} en CO_3^{2-} : respectievelijk $95,98$ (g mol^{-1}) en $60,01$ (g mol^{-1})

1

· berekening van het totaal aantal mmol toegevoegd H_3O^+ , het aantal mmol OH^- dat in titratie I heeft gereageerd en het aantal mmol OH^- dat in titratie II heeft gereageerd: respectievelijk $25,00$ (mL) vermenigvuldigen met $1,03$ (mmol mL^{-1}), $15,29$ (mL) vermenigvuldigen met $0,02015$ (mmol mL^{-1}) en $15,93$ (mL) vermenigvuldigen met $0,02015$ (mmol mL^{-1})

1

· berekening van het aantal mmol H_3PO_4 in de $10,00$ mL moederoplossing (is gelijk aan het aantal mmol H_2PO_4^- dat in titratie II met OH^- heeft gereageerd): het aantal mmol OH^- dat in titratie I heeft gereageerd, aftrekken van het aantal mmol OH^- dat in titratie II heeft gereageerd

1

- berekening van het aantal mmol HPO_4^{2-} dat in de 1,15 g schuurmiddel zat (is gelijk aan het aantal mmol H_3PO_4 dat in de moederoplossing zat): het aantal mmol H_2PO_4^- dat in titratie II met OH^- heeft gereageerd, vermenigvuldigen met 100,0 (mL) en delen door 10,00 (mL) 1
 - berekening van het massapercentage HPO_4^{2-} in het schuurmiddel: het aantal mmol HPO_4^{2-} dat in de 1,15 g schuurmiddel zat, vermenigvuldigen met 10^{-3} (mol mmol⁻¹) en met de molaire massa van HPO_4^{2-} en delen door 1,15 (g) en het quotiënt vermenigvuldigen met 100% 1
 - berekening van het aantal mmol H_3O^+ dat in titratie I heeft gereageerd: het aantal mmol OH^- dat in titratie II met H_2PO_4^- heeft gereageerd, aftrekken van het aantal mmol OH^- dat in titratie I heeft gereageerd 1
 - berekening van de overmaat H_3O^+ in de moederoplossing: het aantal mmol H_3O^+ dat in titratie I heeft gereageerd, vermenigvuldigen met 100,0 (mL) en delen door 10,00 (mL) 1
 - notie dat zowel CO_3^{2-} als HPO_4^{2-} in de molverhouding 1 : 2 met H_3O^+ reageren 1
 - berekening van het aantal mmol CO_3^{2-} in de 1,15 g schuurmiddel: het aantal mmol H_3O^+ in de moederoplossing en het aantal mmol H_3PO_4 dat in de moederoplossing zat, vermenigvuldigd met 2, aftrekken van het totaal aantal mmol toegevoegd H_3O^+ en het verschil delen door 2 1
 - berekening van het massapercentage CO_3^{2-} : het aantal mmol CO_3^{2-} in de 1,15 g schuurmiddel vermenigvuldigen met 10^{-3} (mol mmol⁻¹) en met de molaire massa van CO_3^{2-} en delen door 1,15 (g) en het quotiënt vermenigvuldigen met 100% 1
- 15 Maximumscore 2
- Een voorbeelden van een juiste berekening is:
- $$\frac{141,96}{95,98} = 1,479$$
- berekening van de molaire massa van Na_2HPO_4 1
 - berekening van de vermenigvuldigingsfactor 1
- Opmerkingen*
- Wanneer een onjuist antwoord op vraag 15 het consequente gevolg is van een onjuiste berekening in vraag 14 van de molaire massa van HPO_4^{2-} , dit antwoord op vraag 15 goed rekenen.
 - Wanneer het antwoord $\frac{142}{96} = 1,5$ is gegeven, dit goed rekenen.

□16 Maximumscore 4

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Breng een monster van het schuurmiddel in water (zodat het natriumcarbonaat en het natriummonowaterstoffsfaat oplossen en de overige bestanddelen niet). Filtreer en voer met het filtraat de bepaling van de massapercentages CO_3^{2-} en HPO_4^{2-} uit. Uit het nu gevonden massapercentage CO_3^{2-} kan het massapercentage Na_2CO_3 worden berekend. En uit het verschil tussen het bij de eerste bepaling gevonden massapercentage CO_3^{2-} en het bij deze bepaling gevonden massapercentage CO_3^{2-} kan het massapercentage CaCO_3 worden berekend.

en

- Bepaal het aantal mol Ca^{2+} in de moederoplossing, bijvoorbeeld door middel van een titratie met EDTA. Dit is gelijk aan het aantal mol CO_3^{2-} en CaCO_3 in het monster van het schuurmiddel en levert dus het massapercentage CaCO_3 . Door dit aantal mol CO_3^{2-} af te trekken van het totale aantal mol CO_3^{2-} in het schuurmiddel dat bij de eerste bepaling is gevonden, kan het aantal mol CO_3^{2-} in het Na_2CO_3 en dus het massapercentage Na_2CO_3 worden berekend.

en

- Breng een monster van het schuurmiddel in water (zodat het natriumcarbonaat en het natriummonowaterstoffsfaat oplossen en de overige bestanddelen niet). Filtreer, voeg aan het filtraat overmaat zoutzuur toe en meet hoeveel koolstofdioxide/gas ontstaat. Uit de gemeten hoeveelheid koolstofdioxide/gas kan het massapercentage Na_2CO_3 worden berekend. En uit het verschil tussen het bij de eerste bepaling gevonden massapercentage CO_3^{2-} en het bij deze bepaling gevonden massapercentage Na_2CO_3 kan het massapercentage CaCO_3 worden berekend.

en

- Breng een monster van het schuurmiddel in water (zodat het natriumcarbonaat en het natriummonowaterstoffsfaat oplossen en de overige bestanddelen niet). Filtreer, voeg aan het residu overmaat zoutzuur toe en meet hoeveel koolstofdioxide/gas ontstaat. Uit de gemeten hoeveelheid koolstofdioxide/gas kan het massapercentage CaCO_3 worden berekend. En uit het verschil tussen het bij de eerste bepaling gevonden massapercentage CO_3^{2-} en het bij deze bepaling gevonden massapercentage CaCO_3 kan het massapercentage Na_2CO_3 worden berekend.

- water toevoegen aan een monster schuurmiddel en filtreren 1
- met het filtraat de bepaling van de massapercentages CO_3^{2-} en HPO_4^{2-} uitvoeren 1
- dit levert het massapercentage Na_2CO_3 1
- aangegeven hoe het massapercentage CaCO_3 wordt berekend 1

of

- het Ca^{2+} gehalte in de moederoplossing bepalen 1
- (bijvoorbeeld) door middel van een titratie met EDTA 1
- dit levert het massapercentage CaCO_3 1
- aangegeven hoe het massapercentage Na_2CO_3 wordt berekend 1

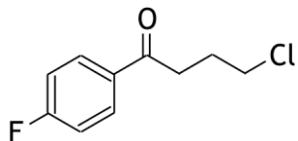
of

- water toevoegen aan een monster schuurmiddel en filtreren 1
- aan het filtraat overmaat zoutzuur toevoegen en de hoeveelheid koolstofdioxide/gas meten 1
- dit levert het massapercentage Na_2CO_3 1
- aangegeven hoe het massapercentage CaCO_3 wordt berekend 1
- of
- water toevoegen aan een monster schuurmiddel en filtreren 1
- aan het residu overmaat zoutzuur toevoegen en de hoeveelheid koolstofdioxide/gas meten 1
- dit levert het massapercentage CaCO_3 1
- aangegeven hoe het massapercentage Na_2CO_3 wordt berekend 1

■ Opgave 4 Synthese van haloperidol

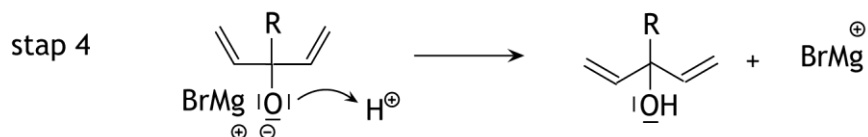
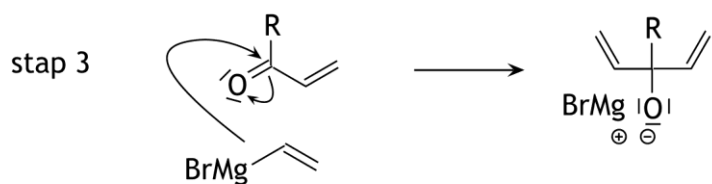
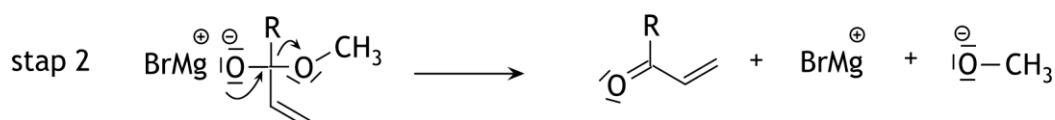
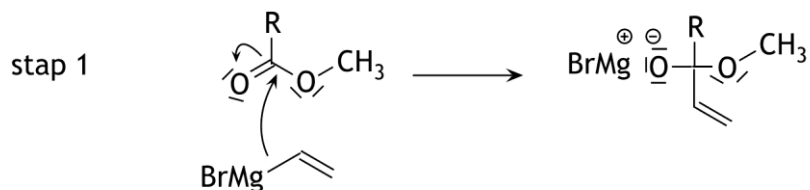
20 punten

□17 Maximumscore 1

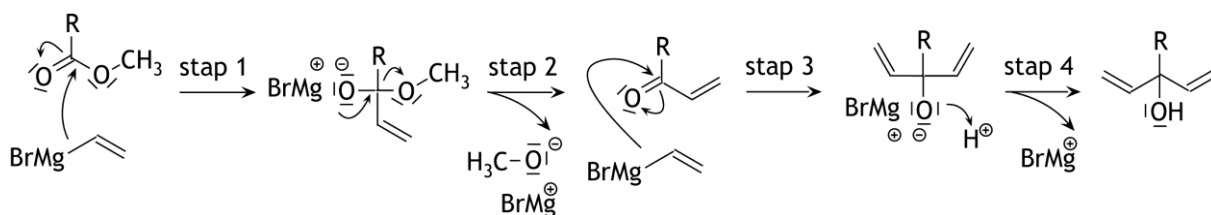


□18 Maximumscore 5

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:



en



· alle vrije elektronenparen op de zuurstofatomen aangegeven

1

· stap 1 juist

1

· stap 2 juist

1

· stap 3 juist

1

· stap 4 juist

1

□19 Maximumscore 2

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Bij een Markovnikov-additie wordt het H atoom van het HBr molecuul gebonden aan het C atoom van de dubbele binding met het grootste aantal H atomen. Dat is hier niet het geval, dus is het een anti-Markovnikov-additie.
- Bij een Markovnikov-additie wordt het Br atoom van het HBr molecuul gebonden aan het meest gesubstitueerde C atoom van de dubbele binding. Dat is hier niet het geval, dus is het een anti-Markovnikov-additie.

· juiste formulering van het Markovnikov / anti-Markovnikov principe

1

· conclusie

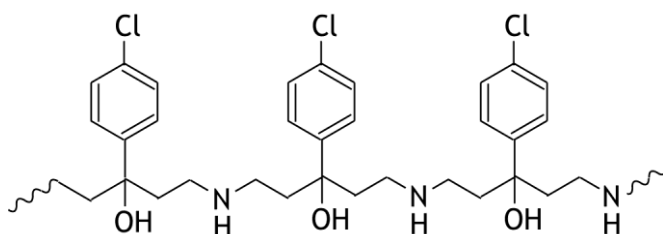
1

□20 Maximumscore 1

HBr

□21 Maximumscore 3

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



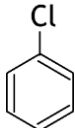
· drie repeterende eenheden getekend

2

· begin en eind van het fragment juist

1

Opmerking

Wanneer de groep  is weergegeven met *R*, dit goed rekenen.

□22 Maximumscore 5

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

stof B: Cl₂ katalysator: AlCl₃

stof C: Br₂ katalysator: FeBr₃

stof D: CH₃OH katalysator: H⁺

· stof B juist

1

· stof C juist

1

· juiste katalysatoren genoemd voor de omzetting van benzeen tot stof 6 en voor de omzetting van stof 6 tot stof 7

1

· stof D juist

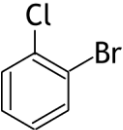
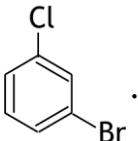
1

· juiste katalysator genoemd voor de omzetting van stof 9 tot stof 3

1

□23 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

De isomeren van stof 7 zijn  en .

De tweede verbinding wordt vrijwel niet gevormd, omdat het chlooratoom een ortho-para-richter is (bij elektrofile aromatische substitutiereacties).

- structuurformule van ortho-broomchloorbenzeen 1
- structuurformule van meta-broomchloorbenzeen 1
- uitleg waarom van meta-broomchloorbenzeen vrijwel niet wordt gevormd 1