

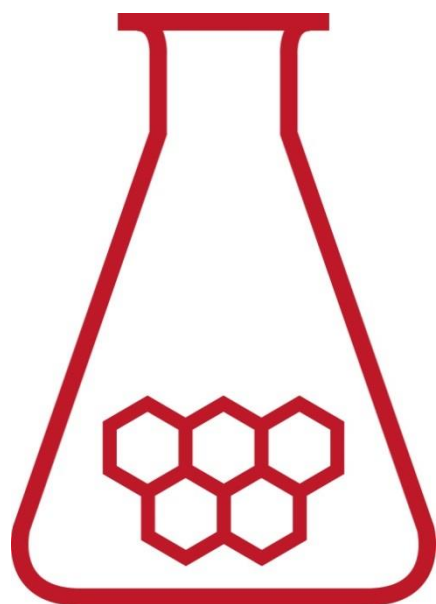
44^e Nationale Scheikundeolympiade

Universiteit Leiden

THEORIETOETS

correctievoorschrift

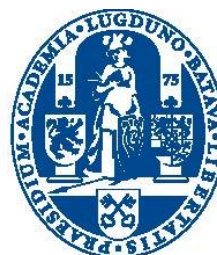
maandag 12 juni 2023



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



55TH INTERNATIONAL
CHEMISTRY OLYMPIAD
SWITZERLAND 2023



Universiteit Leiden

- Deze toets bestaat uit 7 opgaven met in totaal 39 open vragen en een uitwerkbijlage.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 120 punten.
- De theorietoets duurt maximaal 4 klokuren.
- 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.

■ Opgave 1 Lithium-ion batterij

13 punten

- 1 Maximumscore 2
 $\text{LiC}_6 + \text{CoO}_2 \rightarrow \text{C}_6 + \text{LiCoO}_2$
- $\text{LiC}_6 + \text{CoO}_2$ voor de pijl 1
 - $\text{C}_6 + \text{LiCoO}_2$ na de pijl 1
- Indien een evenwichtsteken is gebruikt in plaats van een enkele pijl 1
Indien de vergelijking $\text{LiC}_6 + \text{CoO}_2 + \text{Li}^+ \rightarrow \text{Li}^+ + \text{C}_6 + \text{LiCoO}_2$ is gegeven 1
Indien de vergelijking $\text{C}_6 + \text{LiCoO}_2 \rightarrow \text{LiC}_6 + \text{CoO}_2$ is gegeven 1
- 2 Maximumscore 1
 $V_{\text{bron}} = V_{\text{ox}}^0 - V_{\text{red}}^0 = +1,00 - (-3,05) = 4,05 \text{ V}$
- 3 Maximumscore 3
In CoO_2 : de lading van Co is +4 en de lading van O is -2
In LiCoO_2 : de lading van Li is +1, de lading van Co is +3 en de lading van O is -2
- de lading van O in beide gevallen juist 1
 - de lading van Co in CoO_2 juist 1
 - de ladingen van Li en Co in LiCoO_2 juist 1
- 4 Maximumscore 3
Een voorbeeld van een juiste berekening is:
$$\frac{200 \times 10^{-3} \times 2 \times 24 \times 60 \times 60}{9,649 \cdot 10^4} \times 6,941 = 2,49 \text{ g}.$$
- berekening van het aantal coulomb dat gedurende twee dagen wordt getransporteerd: 200 (mA) vermenigvuldigen met 10^{-3} (A mA^{-1}) en met 2 (dagen) en met 24 (uur dag⁻¹) en met 60 (min uur⁻¹) en met 60 (sec min⁻¹) 1
 - berekening van het aantal mol elektronen (is gelijk aan het aantal mol lithium): het aantal coulomb dat gedurende twee dagen wordt getransporteerd, delen door de constante van Faraday 1
 - berekening het aantal g lithium: het aantal mol lithium vermenigvuldigen met 6,941 (g mol^{-1}) 1

□5 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Een magnesiumatoom kan twee elektronen leveren en een lithiumatoom één, dus, bij een gelijk aantal atomen zou de magnesium-ion batterij twee keer zolang stroom kunnen leveren als de lithium-ion batterij. Maar de atoommassa van magnesium is meer dan twee keer zo groot als de atoommassa van lithium, daardoor zitten er meer dan twee keer zoveel lithiumatomen in de lithium-ion batterij als magnesiumatomen in de magnesium-ion batterij. Dus de lithium-ion batterij doet er het langst over om ontladen te worden en wel

$$\frac{24,31}{\frac{6,941}{2}} = 1,75 \text{ keer zolang.}$$

- uitleg dat bij een gelijk aantal atomen de magnesium-ion batterij twee keer zolang stroom kan leveren als de lithium-ion batterij 1
- uitleg dat er meer dan twee keer zoveel lithiumatomen in de lithium-ion batterij zitten als magnesiumatomen in de magnesium-ion batterij 1
- conclusie welke batterij er het langst over doet om ontladen te worden 1
- berekening hoeveel keer zolang de lithium-ion batterij er over doet als de magnesium-ion batterij 1

Opgave 2 G en K

13 punten

□6 Maximumscore 4

Er is evenwicht als de curve op het minimum is. Dan is $[C] = 0,75 \text{ mol L}^{-1}$. $[D]$ is dan ook gelijk aan $0,75 \text{ mol L}^{-1}$. En $[A] = [B] = 1,00 - 0,75 = 0,25 \text{ mol L}^{-1}$.

$$\text{Dus } K = \frac{[C][D]}{[A][B]} = \frac{0,75 \times 0,75}{0,25 \times 0,25} = 9,0.$$

- notie dat er evenwicht is bij het minimum van de curve 1
- aflezen van $[C]$ en $[D]$ gelijk gesteld aan $[C]$ 1
- berekenen van $[A]$ en $[B]$ 1
- berekenen van K 1

□7 Maximumscore 2

$$\Delta_r G^0 = -RT \ln K = -8,314 \times 298 \times \ln 9,0 = -5,4 \cdot 10^3 \text{ J mol}^{-1}.$$

- $\Delta_r G^0 = -RT \ln K$ 1
- berekenen van $\Delta_r G^0$ 1

□8 Maximumscore 4

$$\Delta_r G^0 (\text{in eenheden } RT) = \frac{-5,4 \cdot 10^3}{8,314 \times 298} = -2,2.$$

De afstand tussen 3,2 en x is gelijk aan $\Delta_r G^0$ (in eenheden RT), dus bij x hoort de waarde $3,2 - 2,2 = 1,0$.

De afstand tussen 3,2 en x langs de verticale as is 2,8 cm. De afstand tussen x en y is

0,6 cm. In RT eenheden is dan de afstand tussen x en y $\frac{0,6}{2,8} \times 2,2 = 0,47$. Bij y komt dus te

staan $1,0 - 0,47 = 0,53$ (afgerond 0,5).

- berekening van $\Delta_r G^0$ (in eenheden RT) 1
- conclusie met betrekking tot x 1
- berekening van de afstand tussen x en y in RT eenheden 1
- conclusie met betrekking tot y 1

□9 Maximumscore 3

$[A]_{\text{nieuw}}$ is kleiner dan $[A]_{\text{oorspronkelijk}}$

$[B]_{\text{nieuw}}$ is groter dan $[B]_{\text{oorspronkelijk}}$

$[C]_{\text{nieuw}}$ is groter dan $[C]_{\text{oorspronkelijk}}$

$[D]_{\text{nieuw}}$ is groter dan $[D]_{\text{oorspronkelijk}}$

- $[A]_{\text{nieuw}}$ is kleiner dan $[A]_{\text{oorspronkelijk}}$ 1
- $[B]_{\text{nieuw}}$ is groter dan $[B]_{\text{oorspronkelijk}}$ 1
- $[C]_{\text{nieuw}}$ is groter dan $[C]_{\text{oorspronkelijk}}$ en $[D]_{\text{nieuw}}$ is groter dan $[D]_{\text{oorspronkelijk}}$ 1

■ Opgave 3 Sulfurylchloride

12 punten

□10 Maximumscore 6

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:

Het molecuul is tetraëdrisch.

Het zwavelatoom heeft sp^3 hybridisatie en de zuurstofatomen hebben sp^2 hybridisatie.

De binding tussen het zwavelatoom en een chlooratoom is een σ -binding, die gevormd is door overlap van een sp^3 orbitaal van het zwavelatoom met een p orbitaal van het chlooratoom.

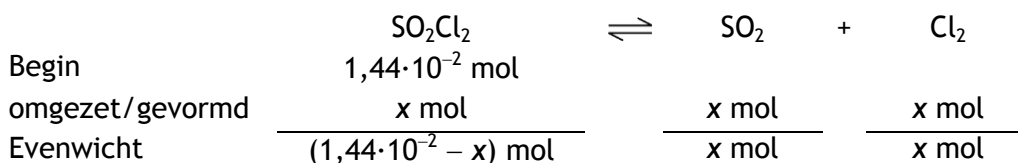
De binding tussen het zwavelatoom en een zuurstofatoom is een σ -binding en een π -binding. De σ -binding tussen het zwavelatoom en een zuurstofatoom is gevormd door overlap van sp^3 orbitaal van het zwavelatoom met een sp^2 orbitaal van het zuurstofatoom; de π -binding is gevormd door overlap van een d orbitaal van het zwavelatoom en een p orbitaal van het zuurstofatoom.

- tetraëdrische structuur 1
- juiste hybridisatie op het zwavelatoom en de zuurstofatomen 1
- σ -bindingen tussen S en Cl 1
- σ -bindingen en π -bindingen tussen S en O 1
- juiste beschrijving hoe de σ -bindingen in het molecuul tot stand komen 1
- juiste beschrijving hoe de π -bindingen in het molecuul tot stand komen 1

□11 Maximumscore 6

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$1,95 \text{ g SO}_2\text{Cl}_2 \text{ is } \frac{1,95}{135,0} = 1,44 \cdot 10^{-2} \text{ mol.}$$



In de evenwichtstoestand is dus $(1,44 \cdot 10^{-2} - x) + x + x = (1,44 \cdot 10^{-2} + x)$ mol gas aanwezig en dit heeft bij 157°C en $p = p_0$ een volume van $1,00 \text{ dm}^3$, dus via $pV = nRT$:

$$1,013 \cdot 10^5 \times 1,00 \cdot 10^{-3} = (1,44 \cdot 10^{-2} + x) \times 8,314 \times (273 + 157)$$

Dit levert $x = 1,39 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$.

In het evenwicht bevindt zich dus $1,44 \cdot 10^{-2} + 1,39 \cdot 10^{-2} = 2,83 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ gas.

Daarvan is $1,44 \cdot 10^{-2} - 1,39 \cdot 10^{-2} = 0,05 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ SO_2Cl_2 en $1,39 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ SO_2 en Cl_2 .

De partiële drukken zijn: $p_{\text{SO}_2\text{Cl}_2} = \frac{0,05 \cdot 10^{-2}}{2,83 \cdot 10^{-2}} \times 1,013 \cdot 10^5 = 2 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ en

$$p_{\text{SO}_2} = p_{\text{Cl}_2} = \frac{1,39 \cdot 10^{-2}}{2,83 \cdot 10^{-2}} \times 1,013 \cdot 10^5 = 4,98 \cdot 10^4 \text{ Pa.}$$

$$\text{Dus } K_p = \frac{\frac{p_{\text{Cl}_2} \times p_{\text{SO}_2}}{p_0} \times \frac{p_{\text{SO}_2\text{Cl}_2}}{p_0}}{\frac{p_{\text{SO}_2\text{Cl}_2}}{p_0}} = \frac{p_{\text{Cl}_2} \times p_{\text{SO}_2}}{p_{\text{SO}_2\text{Cl}_2}} \times \frac{1}{p_0} = \frac{4,98 \cdot 10^4 \times 4,98 \cdot 10^4}{2 \cdot 10^3} \times \frac{1}{1,013 \cdot 10^5} = 1 \cdot 10^1.$$

- berekening van het aantal mol SO_2Cl_2 1
- (bij stellen van x mol omgezet SO_2Cl_2) berekening van het totaal aantal mol gas in de evenwichtstoestand: het aantal mol SO_2Cl_2 plus x 1
- berekening van het aantal mol SO_2 en Cl_2 in de evenwichtstoestand (is gelijk aan x) 1
- berekening van het aantal mol SO_2Cl_2 in de evenwichtstoestand 1
- berekening van de partiële drukken 1
- berekening van K_p 1

Opmerking

Wanneer K_p als volgt is berekend: $K_p = \frac{p_{\text{Cl}_2} \times p_{\text{SO}_2}}{p_{\text{SO}_2\text{Cl}_2}} = \frac{4,98 \cdot 10^4 \times 4,98 \cdot 10^4}{2 \cdot 10^3} = 1 \cdot 10^6 \text{ (Pa)}$, dit

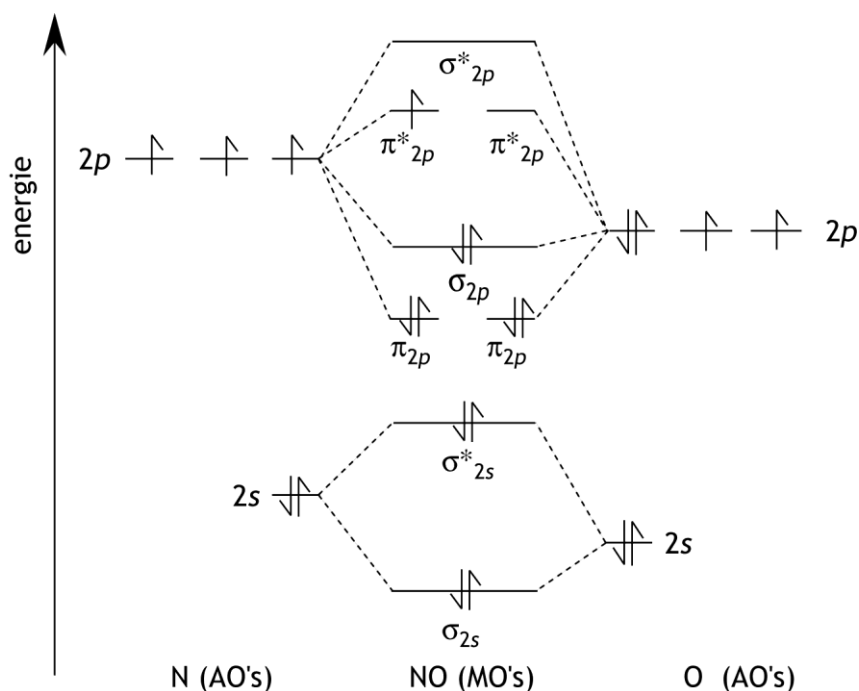
goed rekenen.

Opgave 4 NO

24 punten

□12 Maximumscore 6

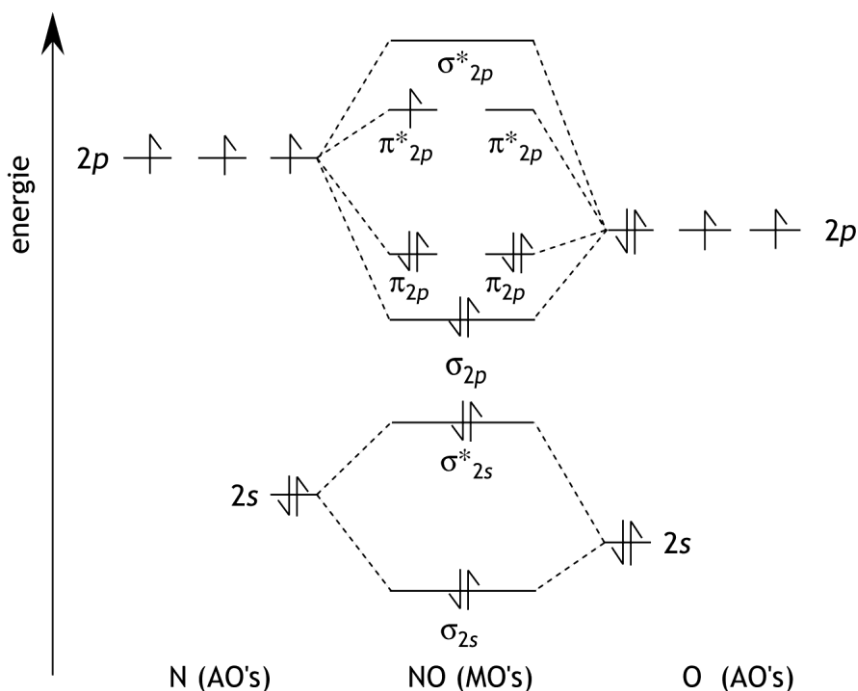
Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- $2s$ en $2p$ niveaus van het zuurstofatoom lager getekend dan de $2s$ en $2p$ niveaus van het stikstofatoom 1
- in het $2s$ niveau van het stikstofatoom een elektronenpaar en in het $2s$ niveau van het zuurstofatoom een elektronenpaar 1
- in het stikstofatoom drie ongepaarde elektronen in $2p$ 1
- in het zuurstofatoom één elektronenpaar en twee ongepaarde elektronen in $2p$ 1
- de niveau's van alle moleculaire orbitalen op een juiste manier en met de juiste aanduidingen weergegeven 1
- in het stikstofmono-oxidemolecuul elektronenparen in σ_{2s} , σ^*_{2s} , de twee π_{2p} 's en σ_{2p} en één ongepaard elektron in π^*_{2p} 1

Opmerking

Wanneer het volgende antwoord is gegeven, dit goed rekenen:



□13 Maximumscore 2

$$\text{bindingsorde} = \frac{8-3}{2} = 2,5$$

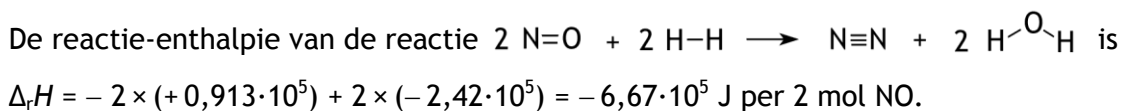
- aantal elektronen in bindende en antibindende MO's juist 1
- rest van de berekening 1

Opmerking

- Wanneer het antwoord bindingsorde = $\frac{6-1}{2} = 2,5$ is gegeven, dit goed rekenen.
- Wanneer een onjuist antwoord op vraag 13 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 12, dit antwoord op vraag 13 goed rekenen.

□14 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



- alle vormingswarmtes juist 1
- alle tekens juist verwerkt 1
- alle coëfficiënten juist verwerkt tot een uitkomst 1

□15 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

$\Delta_r H = -2 \times BE_{N=O} - 2 \times BE_{H-H} + BE_{N=N} + 4 \times BE_{O-H}$, dus

$$BE_{N=O} = \frac{-2 \times BE_{H-H} + BE_{N=N} + 4 \times BE_{O-H} - \Delta_r H}{2} =$$

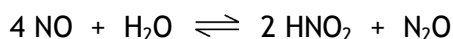
$$\frac{-2 \times (-4,36 \cdot 10^5) + (-9,45 \cdot 10^5) + 4 \times (-4,635 \cdot 10^5) - (-6,67 \cdot 10^5)}{2} = -6,30 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$$

- alle bindingsenergieën juist 1
- alle tekens en $\Delta_r H$ juist verwerkt 1
- alle coëfficiënten juist verwerkt tot een uitkomst 1

Opmerking

Wanneer een onjuist antwoord op vraag 15 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 14, dit antwoord op vraag 15 goed rekenen.

□16 Maximumscore 3



- NO en H₂O voor het evenwichtsteken 1
- HNO₂ en N₂O na het evenwichtsteken 1
- juiste coëfficiënten 1

Indien de vergelijking $3 \text{ NO} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{HNO}_2 + \text{N}_2\text{O}$ is gegeven 1

Opmerking

Wanneer een enkele pijl is gebruikt in plaats van een evenwichtsteken, dit goed rekenen.

□17 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Uit $\Delta G^0 = -RT \ln K$ en $\Delta G^0 = -nF \Delta V^0$ volgt:

$$K = e^{\frac{\Delta G^0}{RT}} = e^{\frac{-2 \times (1,59 - 0,98) \times 9,65 \cdot 10^4}{8,31 \times 298}} = 4,4 \cdot 10^{20}$$

- notie dat $n = 2$ 1
- berekening van ΔV^0 1
- berekening van ΔG^0 1
- rest van de berekening 1

□18 Maximumscore 3

Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:

De ΔG^0 voor de omzetting van NO tot N₂O is gelijk aan $-1 \times 9,65 \cdot 10^4 \times 1,59$.

De ΔG^0 voor de omzetting van N₂O tot N₂ is gelijk aan $-1 \times 9,65 \cdot 10^4 \times 1,77$.

De ΔG^0 voor de omzetting van N₂ tot NH₄⁺ is gelijk aan $-3 \times 9,65 \cdot 10^4 \times 0,27$.

Dus de ΔG^0 voor de omzetting van NO tot NH₄⁺ is gelijk aan
 $-1 \times 9,65 \cdot 10^4 \times 1,59 + (-1 \times 9,65 \cdot 10^4 \times 1,77) + (-3 \times 9,65 \cdot 10^4 \times 0,27)$.

Dan is

$$V^0 = -\frac{\Delta G^0}{n \times F} = -\frac{-1 \times 9,65 \cdot 10^4 \times 1,59 + (-1 \times 9,65 \cdot 10^4 \times 1,77) + (-3 \times 9,65 \cdot 10^4 \times 0,27)}{5 \times 9,65 \cdot 10^4}$$
$$= \frac{1,59 + 1,77 + 3 \times 0,27}{5}$$

- berekening van de ΔG^0 voor de omzetting van NO tot N₂O en de ΔG^0 voor de omzetting van N₂O tot N₂ en de ΔG^0 voor de omzetting van N₂ tot NH₄⁺ 1
- berekening van de ΔG^0 voor de omzetting van NO tot NH₄⁺ 1
- rest van de afleiding 1

■ Opgave 5 Geinige geurtjes

27 punten

- 19 Maximumscore 3
(Z)-3,7-dimethylocta-2,6-dieen-1-ol of 2-Z-3,7-dimethyl-2,6-octadieen-1-ol
- dimethyloctadienol juist 1
 - de plaatsaanduidingen juist 1
 - Z juist 1
- 20 Maximumscore 2
Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:
De hydrogenering vindt plaats aan de C = C van de allylalcohol (en niet aan de andere C = C). Dus de omzetting is chemoselectief.
- de hydrogenering vindt plaats aan de C = C van de allylalcohol (en niet aan de andere C = C) 1
 - juiste conclusie 1
- 21 Maximumscore 2
Voorbeelden van een juist antwoord zijn:
De methylgroep (op C atoom 3) kan zowel boven als onder het vlak van tekening zitten.
Dus de omzetting is niet stereo-selectief.
- en
- Aan de structuur van **2** is niet te zien wat de stand is van de methylgroep (op C atoom 3).
Dus er is niet na te gaan of de omzetting stereoselectief is.
- de methylgroep (op C atoom 3) kan zowel boven als onder het vlak van tekening zitten /
aan de structuur van **2** is niet te zien wat de stand is van de methylgroep (op C atoom 3) 1
 - juiste conclusie 1
- 22 Maximumscore 4
a en f
- per juist reagens 2
- Opmerking*
Per onjuist reagens 2 scorepunten in mindering brengen op de toegekende deelscore(s), tot een minimumscore van 0.
- 23 Maximumscore 2
Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:
De piek bij 3321 cm^{-1} (in het IR-spectrum van **2**) is niet meer te zien in het IR-spectrum van het reactieproduct, dus de OH groep is niet meer aanwezig.
De piek bij 1724 cm^{-1} (in het IR-spectrum van het reactieproduct) duidt op de aanwezigheid van de carbonylgroep / C = O groep.
- de piek bij 3321 cm^{-1} (in het IR-spectrum van **2**) is niet meer te zien in het IR-spectrum van het reactieproduct, dus de OH groep is niet meer aanwezig 1
 - de piek bij 1724 cm^{-1} (in het IR-spectrum van het reactieproduct) duidt op de aanwezigheid van de carbonylgroep / C = O groep 1

□24 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:

In de structuur komen drie asymmetrische koolstofatomen voor.

Dus er zijn $2^3 = 8$ stereo-isomeren mogelijk.

- juiste aantal asymmetrische koolstofatomen
- berekening van het aantal stereo-isomeren

1

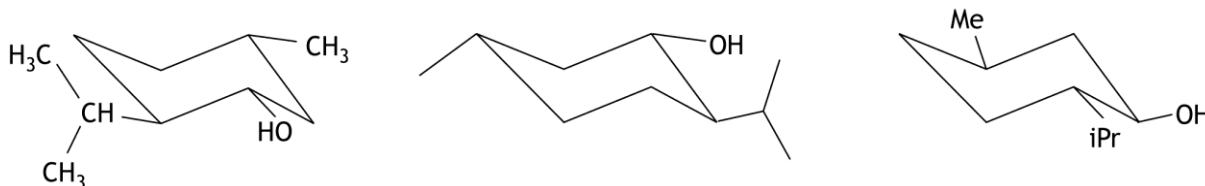
1

Indien als antwoord is gegeven: „Er komt één asymmetrisch koolstofatoom voor in de structuur. Dus er zijn twee stereo-isomeren mogelijk.”

0

□25 Maximumscore 3

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

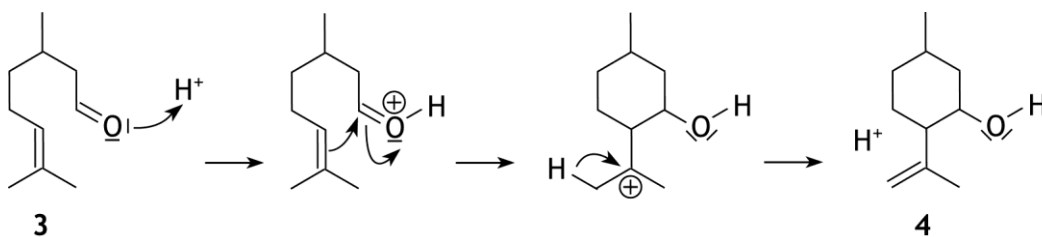


- per juist getekende zijgroep

1

□26 Maximumscore 6

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- de structuur met de geprotoneerde carbonylgroep juist
- de structuur met het carbokation juist
- de structuur van 4 en H^+ juist
- de niet-bindende elektronenparen juist
- de formele ladingen juist
- de kromme pijlen juist

1

1

1

1

1

1

□27 Maximumscore 3

I = 2, II = 3, III = 1

- per juist spectrum

1

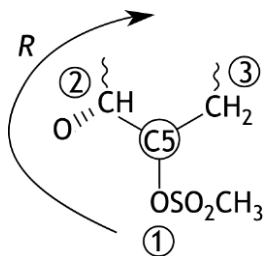
■ Opgave 6 Synthese van Oseltamivir

14 punten

- 28 Maximumscore 2
SO₂ en CH₃CH₂Cl
- CH₃CH₂Cl 1
 - SO₂ 1
- 29 Maximumscore 2
Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:
Uit de reactie van thionylchloride met de COOH groepen ontstaat een acylchloride/zuurchloride. Ethanol reageert met het acylchloride tot de gewenste ester A.
- uit de reactie van thionylchloride met de COOH groepen ontstaat een acylchloride/zuurchloride 1
 - ethanol reageert met het acylchloride tot de gewenste ester A 1
- 30 Maximumscore 3
Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:
In de gegeven hoeveelheid shikiminezuur bevinden zich ($3 \times 0,114 =$) 0,342 mol OH groepen. Dit is ongeveer een kwart van de OH groepen in ethanol. Als die even reactief zouden zijn als de OH groepen in ethanol zou de opbrengst aan A (veel) kleiner zijn dan 98%. Dus de OH groepen in ethanol zijn reactiever.
- of
- Stel dat één OH groep (per molecuul shikiminezuur) zou reageren. Dan is de molverhouding $\text{OH}_{\text{in shikiminezuur}} : \text{OH}_{\text{in ethanol}} = 0,114 : 1,4$. Als die verschillende OH groepen even reactief zouden zijn, zou het verlies aan A groter zijn dan 2 procent. Dus de OH groepen in ethanol zijn reactiever.
- een juiste opmerking over de verhouding van het aantal alcoholische OH groepen in shikiminezuur en het aantal OH groepen in ethanol 1
 - een juiste opmerking over de opbrengst van A / over het verlies aan A bij gelijke reactiviteit 1
 - rest van de uitleg 1
- 31 Maximumscore 2
(C₂H₅)₃NHCl of (C₂H₅)₃NH⁺Cl⁻
- Indien het antwoord HCl is gegeven 1
- 32 Maximumscore 2
Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:
Een molecuul pentaan-3-on reageert met de twee OH groepen aan de ‘linkerkant’ van de zesring en niet met een andere combinatie van twee OH groepen. De reactie is dus regioselectief.
- een molecuul pentaan-3-on reageert met de twee OH groepen aan de ‘linkerkant’ van de zesring en niet met een andere combinatie van twee OH groepen 1
 - juiste conclusie 1

□33 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:



- een juiste tekening 1
- juiste prioritering 1
- juiste aanduiding van de configuratie 1

■ Opgave 7 Oseltamivirbepaling

17 punten

□34 Maximumscore 6

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

Het aantal mmol OsH^+ dat heeft gereageerd, is: $1,00 \times 5,00 \cdot 10^{-2} - 13,6 \times 1,00 \cdot 10^{-3}$.

In de 50,0 mL oplossing zat dus $\frac{50,0}{10,0} \times (1,00 \times 5,00 \cdot 10^{-2} - 13,6 \times 1,00 \cdot 10^{-3})$ mmol OsH^+ en

dat kwam uit $\frac{50,0}{10,0} \times (1,00 \times 5,00 \cdot 10^{-2} - 13,6 \times 1,00 \cdot 10^{-3})$ mmol $\text{OsH}^+\text{H}_2\text{PO}_4^-$ en dat is

$\frac{50,0}{10,0} \times (1,00 \times 5,00 \cdot 10^{-2} - 13,6 \times 1,00 \cdot 10^{-3}) \times 410,41$ mg $\text{OsH}^+\text{H}_2\text{PO}_4^-$. Het

massapercentage $\text{OsH}^+\text{H}_2\text{PO}_4^-$ in de capsule is dus

$$\frac{\frac{50,0}{10,0} \times (1,00 \times 5,00 \cdot 10^{-2} - 13,6 \times 1,00 \cdot 10^{-3}) \times 410,41}{75,0} \times 100\% = 99,6\%.$$

- berekening van het aantal mmol toegevoegd OH^- en het aantal mmol H^+ dat nodig was voor de titratie: respectievelijk 1,00 (mL) vermenigvuldigen met $5,00 \cdot 10^{-2}$ (mmol mL^{-1}) en 13,6 (mL) vermenigvuldigen met $1,00 \cdot 10^{-3}$ (mmol mL^{-1}) 1
- berekening van het aantal mmol OsH^+ in de 10,0 mL oplossing: het aantal mmol H^+ dat nodig was voor de titratie aftrekken van het aantal mmol toegevoegd OH^- 1
- berekening van het aantal mmol $\text{OsH}^+\text{H}_2\text{PO}_4^-$ in de capsule (is gelijk aan het aantal mmol OsH^+ in de 50,0 mL oplossing): het aantal mmol OsH^+ in de 10,0 mL oplossing vermenigvuldigen met 50,0 (mL) en delen door 10,0 (mL) 1
- berekening van de molaire massa van $\text{OsH}^+\text{H}_2\text{PO}_4^-$: 410,41 (m)g (m)mol $^{-1}$ 1
- berekening van het aantal mg $\text{OsH}^+\text{H}_2\text{PO}_4^-$ in de capsule: het aantal mmol $\text{OsH}^+\text{H}_2\text{PO}_4^-$ in de capsule vermenigvuldigen met de molaire massa van $\text{OsH}^+\text{H}_2\text{PO}_4^-$ 1
- berekening van het massapercentage: het aantal mg $\text{OsH}^+\text{H}_2\text{PO}_4^-$ in de capsule delen door 75,0 mg en vermenigvuldigen met 100% 1

- 35 Maximumscore 3
 Een voorbeeld van een juist antwoord is:
 Methyloranje verandert van kleur bij lage pH. Dan zal bij de titratie ook wat Os met H⁺ reageren. Er wordt dan te veel zoutzuur toegevoegd, waardoor het lijkt alsof er minder OsH⁺ met loog heeft gereageerd. Je krijgt dan een te lage uitkomst. (Je kunt dus beter niet methyloranje als indicator gebruiken.)
- bij gebruik van methyloranje zal ook Os met H⁺ reageren 1
 - er wordt dan te veel zoutzuur toegevoegd 1
 - conclusie(s) 1
- 36 Maximumscore 2
 Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:
 Voor het equivalentiepunt (houdt de oplossing zijn kleur, dus) blijft de extinctie vrijwel gelijk. Pas in het equivalentiepunt reageert de fenolftaleïne en daalt de extinctie snel. Dus figuur I geeft het verloop het beste weer.
- voor het equivalentiepunt blijft de extinctie (vrijwel) constant 1
 - in het equivalentiepunt reageert de fenolftaleïne en wordt de oplossing kleurloos en conclusie 1
- 37 Maximumscore 2
 Een voorbeeld van een juist antwoord is:
 Het verschil in de K_z waarden van het H₂PO₄⁻ en OsH⁺ is dermate klein dat geen pH verandering te zien is bij het eerste equivalentiepunt.
 De K_z van het HPO₄²⁻ is zo klein dat ook het derde equivalentiepunt niet te zien is.
- uitleg waarom het eerste equivalentiepunt niet te zien is 1
 - uitleg waarom het derde equivalentiepunt niet te zien is 1
- 38 Maximumscore 3
 Een voorbeeld van een juist antwoord is:
 Er is een steil gebied in de titratiecurve van pH = 10 tot pH = 12. Alizarinegeel kan dan als indicator worden gebruikt; de kleuromslag is van lichtgeel naar rood.
- er is een steil gebied in de titratiecurve 1
 - juiste indicator genoemd 1
 - juiste kleuromslag genoemd 1
- 39 Maximumscore 1
 (OsH⁺H₂PO₄⁻ : OH⁻ =) 1 : 2