

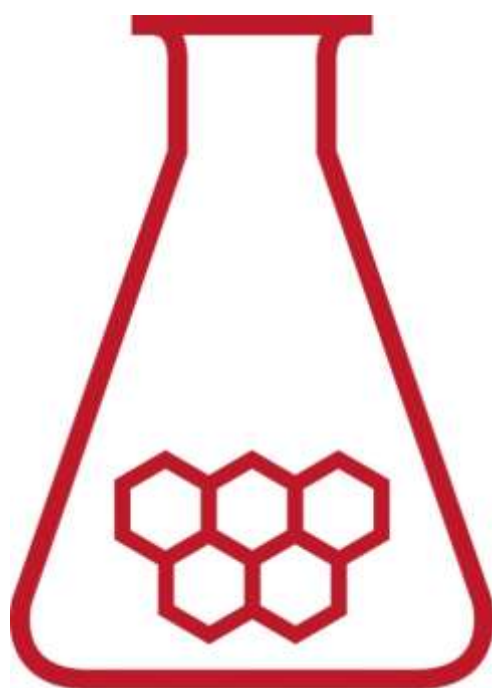
# 39<sup>e</sup> Nationale Scheikundeolympiade

Cosun Innovation Center

Dinteloord

**THEORIETOETS**  
correctievoorschrift

dinsdag 12 juni 2018



**SCHEIKUNDE  
OLYMPIADE**



**50<sup>th</sup> IChO 2018**

International Chemistry Olympiad  
SLOVAKIA & CZECH REPUBLIC

BACK TO WHERE IT ALL BEGAN

- Deze theorietoets bestaat uit 6 opgaven met in totaal 34 deelvragen.
- Gebruik voor elke opgave een apart antwoordblad, voorzien van naam. Houd aan alle zijden 2 cm als marge aan.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 120 punten.
- De theorietoets duurt maximaal 4 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en Binas 6<sup>e</sup> druk of ScienceData 1<sup>e</sup> druk.
- Bij elke opgave is het aantal punten vermeld dat juiste antwoorden op de vragen oplevert.

## Opgave 1 Calciumfosfaat?

(12 punten)

□1 Maximumscore 2

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- De tweede en derde ionisatiestappen zijn zo zwak dat de hoeveelheid  $\text{H}_3\text{O}^+$  die daaruit ontstaat te verwaarlozen is ten opzichte van de hoeveelheid  $\text{H}_3\text{O}^+$  die in de eerste stap ontstaat.
- De tweede en derde ionisatiestappen zijn (ook) zwak en door de  $\text{H}_3\text{O}^+$  die in de eerste stap ontstaat, verschuiven de evenwichten van de tweede en derde ionisatiestap naar links, waardoor de hoeveelheid  $\text{H}_3\text{O}^+$  die daaruit ontstaat te verwaarlozen is ten opzichte van de hoeveelheid  $\text{H}_3\text{O}^+$  die in de eerste stap ontstaat.

- de tweede en derde ionisatiestap zijn zeer zwak 1
- dus de hoeveelheid  $\text{H}_3\text{O}^+$  die uit de tweede en derde ionisatiestap ontstaat, is te verwaarlozen ten opzichte van de hoeveelheid  $\text{H}_3\text{O}^+$  die in de eerste stap ontstaat 1
- of
- de tweede en derde ionisatiestap zijn zwak 1
- door de  $\text{H}_3\text{O}^+$  die in de eerste stap ontstaat, verschuiven de evenwichten van de tweede en derde ionisatiestap naar links, waardoor de hoeveelheid  $\text{H}_3\text{O}^+$  die daaruit ontstaat te verwaarlozen is ten opzichte van de hoeveelheid  $\text{H}_3\text{O}^+$  die in de eerste stap ontstaat. 1

□2 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

pH = 1,64 betekent  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-1,64} \text{ mol L}^{-1}$

Voor de eerste ionisatiestap geldt:



Dus als  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-1,64} \text{ mol L}^{-1}$ , is per liter oplossing  $10^{-1,64} \text{ mol H}_3\text{PO}_4$  omgezet, dat is

$$\frac{10^{-1,64}}{0,100} \times 100\% = 23\%.$$

- berekening  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ :  $10^{-1,64} \text{ mol L}^{-1}$  1
- notie dat het aantal mol omgezet  $\text{H}_3\text{PO}_4$  gelijk is aan het aantal mol gevormd  $\text{H}_3\text{O}^+$  1
- rest van de berekening 1

□3 Maximumscore 4

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

$$K_1 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]} \text{ en } K_2 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} \text{ en } K_3 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{PO}_4^{3-}]}{[\text{HPO}_4^{2-}]}$$

$$\text{dus } K_1 \times K_2 \times K_3 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^3[\text{PO}_4^{3-}]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]} \text{ en } [\text{PO}_4^{3-}] = \frac{K_1 \times K_2 \times K_3 \times [\text{H}_3\text{PO}_4]}{[\text{H}_3\text{O}^+]^3}$$

$$\text{dus } [\text{PO}_4^{3-}] = \frac{6,9 \cdot 10^{-3} \times 6,2 \cdot 10^{-8} \times 4,8 \cdot 10^{-13} \times (0,100 - 10^{-1,64})}{(10^{-1,64})^3} = 1,3 \cdot 10^{-18}$$

En

$$K_2 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} \text{ en } K_3 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{PO}_4^{3-}]}{[\text{HPO}_4^{2-}]}$$

$$\text{dus } K_2 \times K_3 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2[\text{PO}_4^{3-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} \text{ en } [\text{PO}_4^{3-}] = \frac{K_2 \times K_3 \times [\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}$$

$$\text{dus } [\text{PO}_4^{3-}] = \frac{6,2 \cdot 10^{-8} \times 4,8 \cdot 10^{-13} \times 10^{-1,64}}{(10^{-1,64})^2} = 1,3 \cdot 10^{-18}$$

- juiste uitdrukkingen voor  $K_1$ ,  $K_2$  en  $K_3$  (eventueel impliciet) 1
- notie dat  $[\text{PO}_4^{3-}] = \frac{K_1 \times K_2 \times K_3 \times [\text{H}_3\text{PO}_4]}{[\text{H}_3\text{O}^+]^3}$  1
- notie dat  $[\text{H}_3\text{PO}_4] = 0,100 - 10^{-1,64}$  1
- rest van de berekening 1
- of
- juiste uitdrukkingen voor  $K_2$  en  $K_3$  (eventueel impliciet) 1
- notie dat  $[\text{PO}_4^{3-}] = \frac{K_2 \times K_3 \times [\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}$  1
- notie dat  $[\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 10^{-1,64}$  1
- rest van de berekening 1

□4 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Calciumfosfaat is  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , dus  $K_s = [\text{Ca}^{2+}]^3[\text{PO}_4^{3-}]^2$ .

Het ionenproduct na toevoeging van het calciumchloride is  $(0,10)^3(1,3 \cdot 10^{-18})^2 = 1,7 \cdot 10^{-39}$   
dit is kleiner dan het oplosbaarheidsproduct, dus er ontstaat geen neerslag.

- juiste formule voor het ionenproduct/oplosbaarheidsproduct van calciumfosfaat 1
- berekening van het ionenproduct 1
- conclusie 1

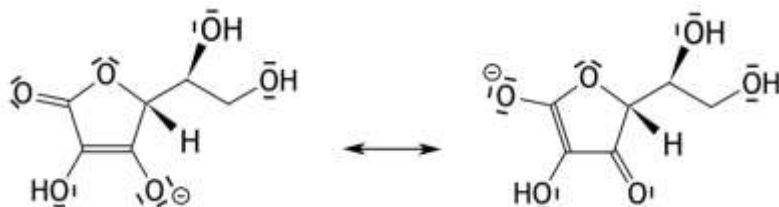
*Opmerking*

Wanneer in de berekening van vraag 4 gebruik is gemaakt van  $[\text{PO}_4^{3-}] = 5,7 \cdot 10^{-15}$ , is de waarde van het ionenproduct  $(0,10)^3(5,7 \cdot 10^{-15})^2 = 3,2 \cdot 10^{-32}$ . Dit is groter dan het oplosbaarheidsproduct, dus er ontstaat een neerslag.

## Opgave 2 Vitamine C

(20 punten)

- 5 Maximumscore 1  
De OH groep met nummer 2 staat een  $H^+$  af.
- 6 Maximumscore 4  
Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:

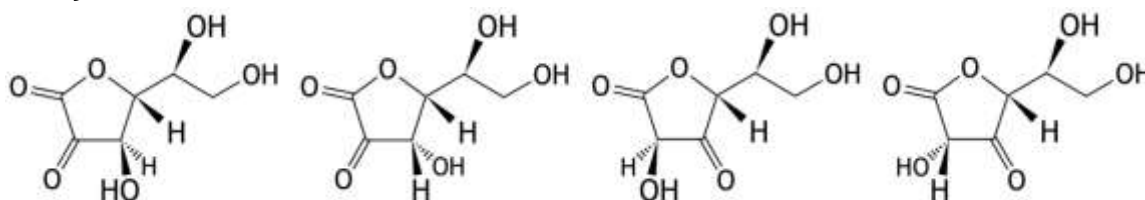


- de niet-bindende elektronenparen in de ene structuur juist 1
- de niet-bindende elektronenparen in de andere structuur juist 1
- de dubbele bindingen in beide structuren juist 1
- de ladingen in beide structuren juist aangegeven 1

### Opmerking

Wanneer de niet-essentiële niet-bindende elektronenparen niet of onjuist zijn aangegeven, dit niet aanrekenen.

- 7 Maximumscore 3  
Voorbeelden van een juist antwoord zijn:
- Er zijn twee OH groepen gebonden aan de C atomen van de  $C = C$  binding. Wanneer het H atoom van de OH groep verhuist naar het naburige koolstofatoom, ontstaat een asymmetrisch koolstofatoom. Dus zijn er vier ketovormen mogelijk.
  - Er zijn er vier:



- notie dat de twee OH groepen die aan de  $C = C$  binding gebonden zijn in de ketovorm kunnen voorkomen 1
- notie dat de koolstofatomen waarheen het H atoom verhuist asymmetrisch worden 1
- conclusie 1

- 8 Maximumscore 3
- bij de positieve elektrode:  $2 Br^- \rightarrow Br_2 + 2 e^-$
- bij de negatieve elektrode:  $2 H^+ + 2 e^- \rightarrow H_2$
- $2 Br^- \rightarrow Br_2 + 2 e^-$  1
  - $2 H^+ + 2 e^- \rightarrow H_2$  1
  - beide halfreacties bij de juiste elektrode genoteerd 1

□9 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan als volgt geformuleerd zijn:

De  $H^+$  ionen en  $Br^-$  ionen worden bij de elektrolyse weggenomen en (vervolgens snel en in gelijke hoeveelheden) gevormd bij de reactie van broom met ascorbinezuur. De concentraties van deze ionen veranderen dus niet (en het geleidingsvermogen verandert niet). Dus kan men tijdens de elektrolyse het potentiaalverschil constant houden.

- de  $H^+$  ionen en  $Br^-$  ionen worden bij de elektrolyse weggenomen en gevormd bij de reactie van broom met ascorbinezuur 1
- dus: de concentraties van de  $H^+$  ionen en  $Br^-$  ionen veranderen niet en conclusie 1

Indien slechts een antwoord is gegeven als: „De concentraties van de ionen veranderen niet, dus kan het potentiaalverschil constant blijven.” 1

*Opmerking*

*Wanneer een onjuist antwoord op vraag 9 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 8, dit antwoord op vraag 9 goed rekenen.*

□10 Maximumscore 2

Een voorbeeld van juist antwoord is:

Nadat alle ascorbinezuur heeft gereageerd met broom, kan broom met methylovanje reageren waarbij (kennelijk) een kleurloos product ontstaat.

- nadat alle ascorbinezuur heeft gereageerd, kan broom met methylovanje reageren 1
- het reactieproduct van de reactie van broom met methylovanje is (kennelijk) kleurloos 1

□11 Maximumscore 5

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\frac{200 \times 40,0 \cdot 10^{-3}}{9,65 \cdot 10^4} \times \frac{1}{2} \times \frac{100}{10,00} \times 176,1 \times 10^3 = 73,0 \text{ (mg).}$$

- berekening van het aantal coulomb dat is getransporteerd: 200 (sec) vermenigvuldigen met  $40,0 \cdot 10^{-3}$  ( $C s^{-1}$ ) 1
- omrekening van het aantal coulomb dat is getransporteerd naar het aantal mol elektronen: het aantal coulomb delen door de constante van Faraday ( $9,65 \cdot 10^4 C mol^{-1}$ ) 1
- omrekening van het aantal mol elektronen naar het aantal mol  $C_6H_8O_6$  in 10,00 mL oplossing: het aantal mol elektronen vermenigvuldigen met  $\frac{1}{2}$  1
- berekening van het aantal mol  $C_6H_8O_6$  in een vitamine C-tablet: het aantal mol  $C_6H_8O_6$  in 10,00 mL oplossing delen door 10,00 (mL) en vermenigvuldigen met 100 (mL) 1
- omrekening van het aantal mol  $C_6H_8O_6$  in een vitamine C-tablet naar het aantal gram: het aantal mol  $C_6H_8O_6$  vermenigvuldigen met de molaire massa ( $176,1 g mol^{-1}$ ) en vermenigvuldigen met  $10^3$  ( $mg g^{-1}$ ) 1

*Opmerking*

*Wanneer een onjuist antwoord op vraag 11 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op een vorige vraag, dit antwoord op vraag 11 goed rekenen.*

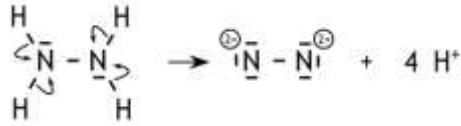
### Opgave 3 Latimerdiagram

(18 punten)

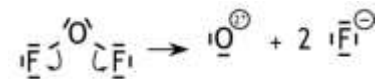
□12 Maximumscore 5

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:

Wanneer de gemeenschappelijke elektronenparen tussen N en H bij het N atoom worden gerekend, krijgt elke N een lading 2-:



Wanneer de gemeenschappelijke elektronenparen tussen O en F bij het F atoom worden gerekend, krijgt O een lading 2+:



- juiste lewisstructuur van  $N_2H_4$  1
- de elektronenparen tussen N en H in  $N_2H_4$  bij N gerekend 1
- juiste lewisstructuur van  $OF_2$  1
- de elektronenparen tussen O en F in  $OF_2$  bij F gerekend 1
- juiste conclusies 1

□13 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Voor de omzetting van  $NO_3^-$  tot  $N_2$  geldt  $\Delta G^0 = -5 \times 1,25 \times 9,65 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1}$  en voor de omzetting van  $N_2$  tot  $NH_4^+$  geldt  $\Delta G^0 = -3 \times 0,27 \times 9,65 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1}$ , dus voor de omzetting van  $NO_3^-$  tot  $NH_4^+$  geldt

$$\Delta G^0 = -5 \times 1,25 \times 9,65 \cdot 10^4 + (-3 \times 0,27 \times 9,65 \cdot 10^4) = -6,81 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}.$$

- berekening van elke afzonderlijke  $\Delta G^0$ : het aantal elektronen dat bij de omzetting is betrokken, vermenigvuldigen met de  $V^0$  en met  $9,65 \cdot 10^4$  1
- berekening van de  $\Delta G^0$  voor de omzetting van  $NO_3^-$  tot  $NH_4^+$ : somming van de afzonderlijke  $\Delta G^0$ 's 1

□14 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$V^0 = -\frac{\Delta G^0}{nF} = -\frac{-6,81 \cdot 10^5}{8 \times 9,65 \cdot 10^4} = 0,882 \text{ V}$$

- bij de omzetting van  $N^{5+}$  tot  $N^{3-}$  worden 8 elektronen opgenomen door N (eventueel impliciet) 1
- berekening van de  $V^0$ :  $\Delta G^0$  voor de omzetting van  $NO_3^-$  tot  $NH_4^+$  (is het antwoord op de vorige vraag) delen door het aantal elektronen dat bij de omzetting van  $N^{5+}$  tot  $N^{3-}$  wordt opgenomen en door  $9,65 \cdot 10^4$  en vermenigvuldigen met -1 1

*Opmerking*

*Wanneer een onjuist antwoord op vraag 14 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 13, dit antwoord op vraag 14 goed rekenen.*

□15 Maximumscore 1

De  $V^0$  rechts van NO is hoger dan de  $V^0$  links van NO.

□16 Maximumscore 3



- NO voor het evenwichtsteken en HNO<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>O na het evenwichtsteken 1
- H<sub>2</sub>O voor 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 geen evenwichtsteken is gebruikt, maar een reactiepijl, dit niet aanrekenen.*

□17 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

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

- notie dat  $n = 2$  1
- berekening van  $\Delta G^0$  van de reactie naar rechts:  $-2$  vermenigvuldigen met het verschil in  $V^0$  waardes en met  $9,65 \cdot 10^4$  1
- rest van de berekening 1

*Opmerking*

*Wanneer een onjuist antwoord op vraag 17 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 16, dit antwoord op vraag 17 goed rekenen.*

□18 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Bij deze temperatuur zijn de snelheden van de deeltjes zo laag dat er (vrijwel) geen effectieve botsingen tussen de deeltjes kunnen optreden.

- notie dat de deeltjes bij deze temperatuur zeer lage snelheden bezitten 1
- dus (vrijwel) geen effectieve botsingen 1

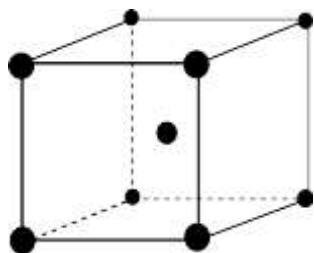
## Opgave 4 Fosfor

(25 punten)

□19 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

De eenheidscel ziet er als volgt uit:



In de eenheidscel bevinden zich  $8 \times \frac{1}{8} + 1 = 2$   $P_4$  moleculen.

De massa is dus  $2 \times 4 \times 30,97$  u, of  $2 \times 4 \times 30,97 \times 1,66 \cdot 10^{-27}$  kg en de dichtheid is

$$\frac{2 \times 4 \times 30,97 \times 1,66 \cdot 10^{-27}}{(\text{ribbe})^3} = 1,82 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}.$$

$$\text{Dus ribbe} = \sqrt[3]{\frac{2 \times 4 \times 30,97 \times 1,66 \cdot 10^{-27}}{1,82 \cdot 10^3}} = 6,09 \cdot 10^{-10} \text{ m}.$$

- berekening van het aantal  $P_4$  moleculen in de eenheidscel:  $8 \times \frac{1}{8} + 1$  1
- berekening van de molecuulmassa van  $P_4$ : viermaal de atoommassa van fosfor (30,97 u) 1
- berekening van de massa van de eenheidscel in kg: het berekende aantal  $P_4$  moleculen in de eenheidscel vermenigvuldigen met de molecuulmassa van  $P_4$  en met  $1,66 \cdot 10^{-27}$  (kg u<sup>-1</sup>) 1
- berekening van de ribbe: de derdemachtswortel uit het quotiënt van de massa van de eenheidscel in kg en de dichtheid ( $1,82 \cdot 10^3$  kg m<sup>-3</sup>) 1

□20 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

$$\Delta_r H = -6 \times BE_{P-P \text{ in } P_4} + 2 \times BE_{P-P \text{ in } P_2} = -6 \times BE_{P-P \text{ in } P_4} + 2 \times (-4,62 \cdot 10^5) = 2,76 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}, \text{ dus}$$

$$BE_{P-P \text{ in } P_4} = \frac{-2 \times (-4,62 \cdot 10^5) + 2,76 \cdot 10^5}{-6} = -2,00 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}.$$

- notie dat in een molecuul  $P_4$  6 P – P bindingen voorkomen 1
- $\Delta_r H$  = twee maal de bindingsenergie in  $P_2$  minus het aantal P – P bindingen in  $P_4$  vermenigvuldigd met de bindingsenergie van de P – P binding in  $P_4$  1
- rest van de berekening 1



□21 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Een fosforatoom heeft in de grondtoestand een elektronenpaar in de 3s orbitaal en drie ongepaarde elektronen in de 3p orbitaal,  $3s^2 3p^3$  of  $\begin{array}{|c|c|c|} \hline \uparrow\downarrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \hline 3s & 3p & & \\ \hline \end{array}$ .

Doordat een elektron uit de 3s orbitaal wordt aangeslagen naar een 3d orbitaal, ontstaan vijf halfgevlude (hybride) orbitalen:  $\begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \hline 3s & 3p & 3d & & \\ \hline \end{array}$ .

Hiermee kunnen vijf gemeenschappelijke elektronenparen worden gevormd met de ongepaarde elektronen van chlooratomen.

- juiste elektronenconfiguratie van een fosforatoom 1
- doordat een 3s elektron wordt aangeslagen naar een 3d orbitaal ontstaan vijf halfgevlude (hybride) orbitalen 1
- een chlooratoom heeft een ongepaard elektron (dus kunnen vijf chlooratomen aan een fosforatoom worden gebonden) 1

□22 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- structuur van  $\text{PCl}_3$  juist 1
- structuur van  $\text{PCl}_5$  juist 1

□23 Maximumscore 2

Een voorbeeld van juist antwoord is:

$\text{PCl}_3$  is een dipoolmolecuul, want het molecuul is asymmetrisch en fosfor en chloor verschillen in elektronegativiteit.

$\text{PCl}_5$  is geen dipoolmolecuul, want de polariteiten van de bindingen worden opgeheven vanwege de symmetrie in het molecuul.

- juiste uitleg dat  $\text{PCl}_3$  een dipoolmolecuul is 1
- juiste uitleg dat  $\text{PCl}_5$  geen dipoolmolecuul is 1

*Opmerking*

*Wanneer een onjuist antwoord op vraag 23 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 22, dit antwoord op vraag 23 goed rekenen.*

□24 Maximumscore 11

- Voorbeelden van een juist antwoord zijn:  
Bij 503 K en  $p = p_0$  is het aantal mol per 1,00 dm<sup>3</sup>:

$$n = \frac{1,01 \cdot 10^5 \times 1,00 \cdot 10^{-3}}{8,314 \times 503} = 2,42 \cdot 10^{-2} \text{ mol.}$$

$2,42 \cdot 10^{-2}$  mol PCl<sub>5</sub> heeft een massa van  $2,42 \cdot 10^{-2} \times 208,23 = 5,03$  g.

	PCl <sub>5</sub>	$\rightleftharpoons$	PCl <sub>3</sub>	+	Cl <sub>2</sub>
begin per 1,00 dm <sup>3</sup> :	$2,42 \cdot 10^{-2}$ mol		0 mol		0 mol
omgezet/gevormd:	x mol		x mol		x mol
evenwicht:	$(2,42 \cdot 10^{-2} - x)$ mol		x mol		x mol
Totaal aanwezig in het evenwicht	$(2,42 \cdot 10^{-2} + x)$ mol.				

Het volume is dan geworden  $\frac{2,42 \cdot 10^{-2} + x}{2,42 \cdot 10^{-2}} \times 1,00$  dm<sup>3</sup>; de massa van het gasmengsel is nog steeds 5,03 g en de dichtheid van het gasmengsel is dus

$$\frac{5,03}{\frac{2,42 \cdot 10^{-2} + x}{2,42 \cdot 10^{-2}} \times 1,00} = 4,80 \text{ g dm}^{-3}. \text{ Dat levert } x = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ mol.}$$

Het evenwichtsmengsel bevat dus  $2,42 \cdot 10^{-2} - 1,16 \cdot 10^{-3} = 2,30 \cdot 10^{-2}$  mol PCl<sub>5</sub> en  $1,16 \cdot 10^{-3}$  mol PCl<sub>3</sub> en Cl<sub>2</sub>.

Het volume van het evenwichtsmengsel is  $\frac{2,42 \cdot 10^{-2} + 1,16 \cdot 10^{-3}}{2,42 \cdot 10^{-2}} \times 1,00 = 1,05$  dm<sup>3</sup>.

$$\text{Dus } p_{\text{PCl}_5} = \frac{2,30 \cdot 10^{-2} \times 8,314 \times 503}{1,05 \cdot 10^{-3}} = 9,16 \cdot 10^4 \text{ Pa en}$$

$$p_{\text{PCl}_3} = p_{\text{Cl}_2} = \frac{1,16 \cdot 10^{-3} \times 8,314 \times 503}{1,05 \cdot 10^{-3}} = 4,62 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$\text{Dus } K_p = \frac{p_{\text{PCl}_3} \times p_{\text{Cl}_2}}{p_{\text{PCl}_5}} = \frac{4,62 \cdot 10^3 \times 4,62 \cdot 10^3}{9,16 \cdot 10^4} = 233 \text{ Pa.}$$

en

- Tot en met de berekening van het evenwichtsmengsel als hierboven.

$$\text{Dus } [\text{PCl}_5] = \frac{2,42 \cdot 10^{-2} - 1,16 \cdot 10^{-3}}{1,05} \text{ mol dm}^{-3} \text{ en } [\text{PCl}_3] = [\text{Cl}_2] = \frac{1,16 \cdot 10^{-3}}{1,05} \text{ mol dm}^{-3}.$$

$$\text{Dus } K_c = \frac{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]} = \frac{\frac{1,16 \cdot 10^{-3}}{1,05} \times \frac{1,16 \cdot 10^{-3}}{1,05}}{\frac{2,42 \cdot 10^{-2} - 1,16 \cdot 10^{-3}}{1,05}} = 5,57 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3} \text{ en}$$

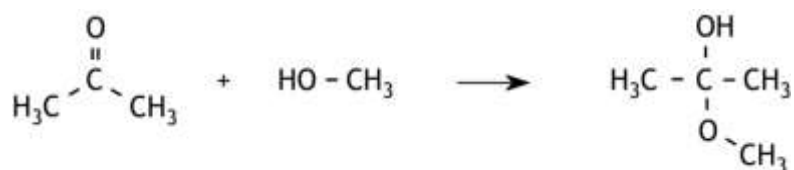
$$K_p = K_c \times 10^3 RT = 5,57 \cdot 10^{-5} \times 10^3 \times 8,314 \times 503 = 233 \text{ Pa.}$$

- berekening van het aantal mol  $\text{PCl}_5$  per  $1,00 \text{ dm}^3$  bij  $503 \text{ K}$  en  $p = p_0$  1
  - berekening van het aantal g  $\text{PCl}_5$  per  $1,00 \text{ dm}^3$  aan het begin van de proef: het aantal mol  $\text{PCl}_5$  per  $1,00 \text{ dm}^3$  vermenigvuldigen met de molaire massa van  $\text{PCl}_5$  ( $208,23 \text{ g mol}^{-1}$ ) 1
  - (bij stellen dat  $x$  mol  $\text{PCl}_5$  wordt omgezet) berekening van het totaal aantal mol in het evenwichtsmengsel:  $x$  opgeteld bij het oorspronkelijk aantal mol  $\text{PCl}_5$  per  $1,00 \text{ dm}^3$  bij  $503 \text{ K}$  en  $p = p_0$  1
  - berekening van het volume van het evenwichtsmengsel: het totaal aantal mol in het evenwichtsmengsel delen door het oorspronkelijk aantal mol  $\text{PCl}_5$  per  $1,00 \text{ dm}^3$  bij  $503 \text{ K}$  en  $p = p_0$  en vermenigvuldigen met  $1,00 \text{ dm}^3$  1
  - notie dat de massa van het evenwichtsmengsel gelijk is aan de massa van het oorspronkelijke  $\text{PCl}_5$  1
  - opstellen van de uitdrukking in  $x$  voor de dichtheid van het evenwichtsmengsel 1
  - berekening van  $x$  1
  - berekening van het aantal mol  $\text{PCl}_5$ :  $x$  aftrekken van het oorspronkelijk aantal mol  $\text{PCl}_5$  per  $1,00 \text{ dm}^3$  bij  $503 \text{ K}$  en  $p = p_0$  1
  - berekening van het volume van het evenwichtsmengsel 1
  - berekening van de partiële drukken van  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{PCl}_3$  en  $\text{Cl}_2$  1
  - berekening van  $K_p$ : de partiële druk van  $\text{PCl}_3$  vermenigvuldigen met de partiële druk van  $\text{Cl}_2$  en delen door de partiële druk van  $\text{PCl}_5$  1
- of
- tot en met het negende bolletje als hiervoor, daarna:
- berekening van de  $[\text{PCl}_5]$ ,  $[\text{PCl}_3]$  en  $[\text{Cl}_2]$ : het berekende aantal mol  $\text{PCl}_5$  delen door het berekende volume van het evenwichtsmengsel, respectievelijk  $x$  delen door het berekende volume van het evenwichtsmengsel 1
  - berekening van  $K_p$ : de  $[\text{PCl}_3]$  vermenigvuldigen met de  $[\text{Cl}_2]$  en delen door de  $[\text{PCl}_5]$  en de uitkomst vermenigvuldigen met  $10^3$  en met  $8,314$  en met  $503$  1

## Opgave 5 Organisch allerhande

(20 punten)

□25 Maximumscore 2

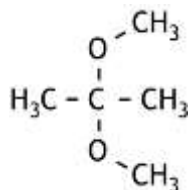


- structuurformules van propanon en methanol juist
- structuurformule van de hemi-acetaal juist

1

1

□26 Maximumscore 1



□27 Maximumscore 2



- schematische structuurformule van 4,4-dimethylcyclohexanon juist
- schematische structuurformule van ethaan-1,2-diol juist

1

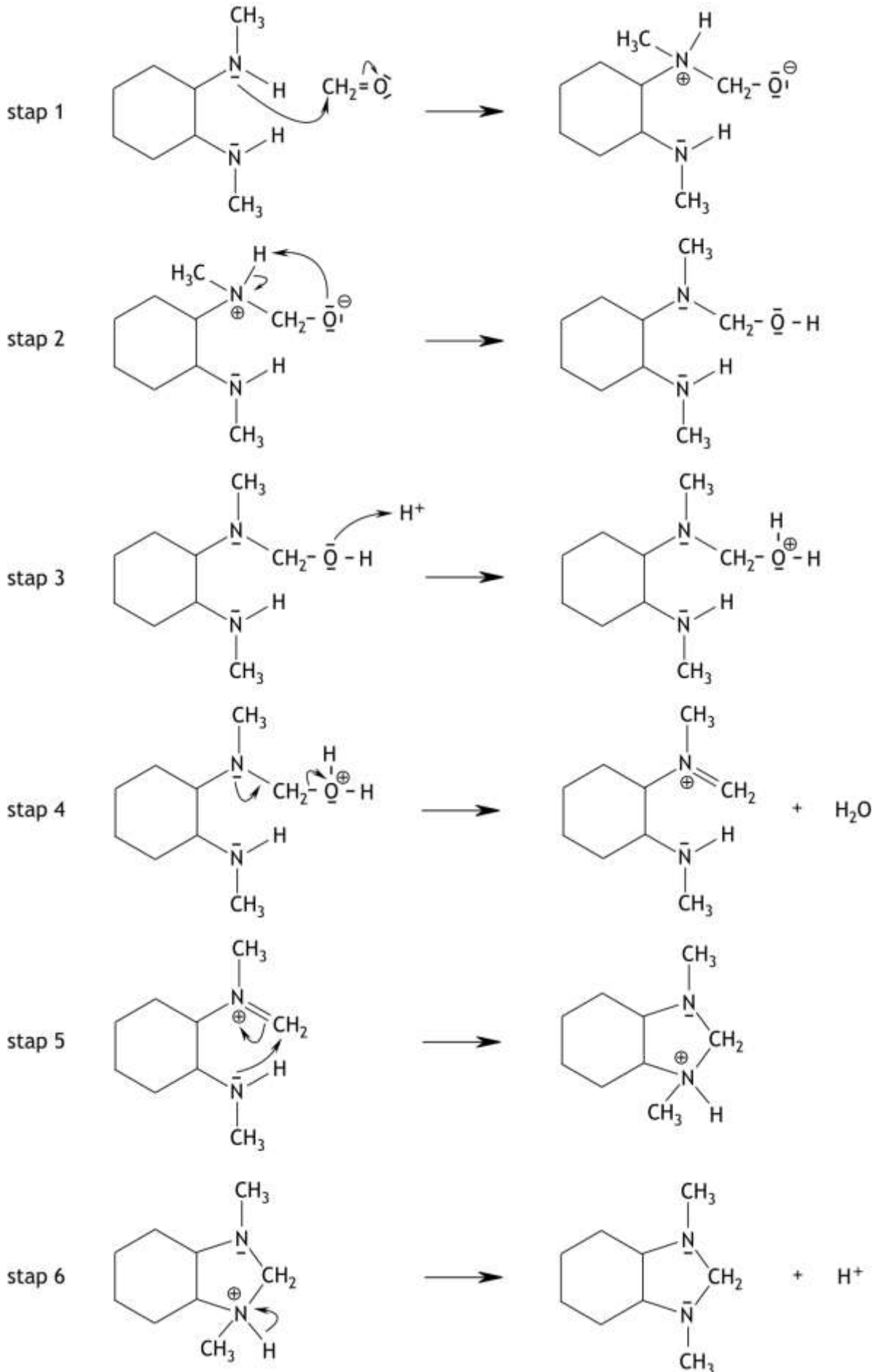
1

### Opmerking

Wanneer structuurformules of gedeeltelijk schematische structuurformules zijn gegeven, dit niet aanrekenen.

□28 Maximumscore 15

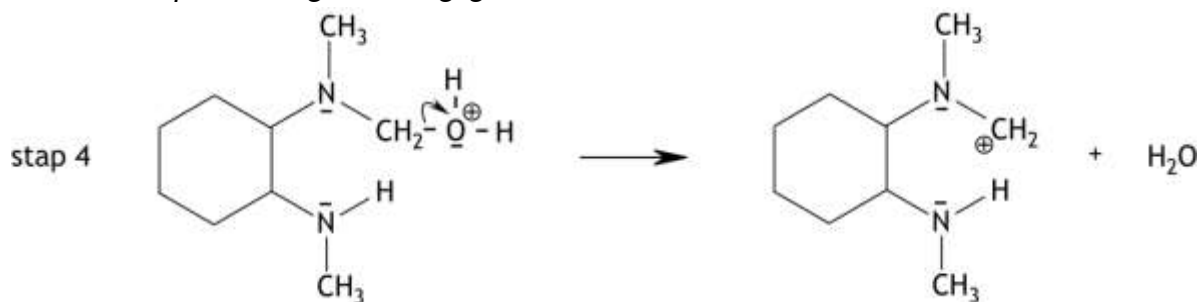
Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:



- de structuurformules, inclusief de vrije elektronenparen op de N atomen en op het O atoom, van de reagerende stoffen in stap 1 weergegeven 1
- de twee kromme pijlen in stap 1 juist weergegeven 1
- de structuurformule van het intermediair dat in stap 1 wordt gevormd, juist weergegeven 1
- de vrije elektronenparen op de N atomen en het O atoom hierin juist weergegeven 1
- de formele ladingen in het intermediair dat in stap 1 wordt gevormd, juist geplaatst 1
- de twee kromme pijlen in het intermediair dat in stap 1 wordt gevormd, juist weergegeven 1
- de structuurformule van het intermediair dat in stap 2 wordt gevormd, juist weergegeven 1
- de vrije elektronenparen op de N atomen en het O atoom juist weergegeven in de structuurformule van het intermediair dat in stap 2 wordt gevormd 1
- de structuurformule van het intermediair dat ontstaat na de protonering (stap 3) 1
- de formele lading en de vrije elektronenparen juist weergegeven in de structuurformule van het intermediair dat ontstaat na de protonering (stap 3) 1
- in stap 4 de twee kromme pijlen juist weergegeven in de structuurformule van het intermediair dat ontstaat na de protonering 1
- de structuurformule van het intermediair (inclusief het vrije elektronenpaar op het N atoom) dat ontstaat in stap 4 1
- de structuurformule van het intermediair dat ontstaat in stap 5 juist weergegeven 1
- het vrije elektronenpaar op het N atoom en de formele lading juist weergegeven in de structuurformule van het intermediair dat ontstaat in stap 5 1
- in stap 6 de kromme pijl juist weergegeven in de structuurformule van het intermediair dat ontstaat in stap 5 (en de structuurformule van het eindproduct) 1

*Opmerking*

*Wanneer stap 4 als volgt is weergegeven:*



*dit goed rekenen.*

## Opgave 6 De inversie van suiker

(25 punten)

□29 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Na afloop van de reactie is een oplossing ontstaan met een gelijk aantal mol glucose en fructose. De molaire massa's van glucose en fructose zijn aan elkaar gelijk, dus is het aantal gram glucose in de oplossing gelijk aan het aantal gram fructose. Omdat  $[\alpha]_D^{20}$  van fructose meer negatief is dan  $[\alpha]_D^{20}$  van glucose positief is, is de resulterende oplossing linksdraaiend.

- uitleg dat het aantal gram glucose dat ontstaat gelijk is aan het aantal gram fructose 1
- rest van de uitleg 1

Indien slechts een antwoord is gegeven als „De  $[\alpha]_D^{20}$  van fructose is veel negatiever dan de  $[\alpha]_D^{20}$  van glucose positief is.” 0

□30 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Water is oplosmiddel en de  $[H_2O]$  is veel groter dan de  $[C_{12}H_{22}O_{11}]$ , zodat de afname van de  $[H_2O]$  tijdens de reactie te verwaarlozen is.

$H^+$  is katalysator en wordt dus niet verbruikt tijdens de reactie (dus is de  $[H^+]$  tijdens de reactie constant).

- water is oplosmiddel 1
- dus is de  $[H_2O]$  veel groter dan de  $[C_{12}H_{22}O_{11}]$  en neemt de  $[H_2O]$  tijdens de reactie (vrijwel) niet af 1
- $H^+$  is katalysator en wordt dus niet verbruikt tijdens de reactie 1

□31 Maximumscore 5

Een voorbeeld van een juiste afleiding is:

Stel de  $[C_{12}H_{22}O_{11}]_0 = a \text{ mol L}^{-1}$  en  $[C_{12}H_{22}O_{11}]_t = (a - x) \text{ mol L}^{-1}$  dan zijn de  $[\text{glucose}]_t$  en de  $[\text{fructose}]_t$  allebei gelijk aan  $x \text{ mol L}^{-1}$ .

De draaiingshoek op tijdstip  $t$  veroorzaakt door sacharose is:

$$\alpha_{s,t} = \frac{(a-x) \times 342}{1000} \times 66,4 \times l = (a-x) \times 22,7 \times l$$

De draaiingshoek op tijdstip  $t$  veroorzaakt door glucose is:

$$\alpha_{g,t} = \frac{x \times 180}{1000} \times 52,7 \times l = x \times 9,49 \times l$$

De draaiingshoek op tijdstip  $t$  veroorzaakt door fructose is:

$$\alpha_{f,t} = \frac{x \times 180}{1000} \times (-92,0) \times l = x \times (-16,6) \times l$$

De totale draaiingshoek op tijdstip  $t$  is

$$\alpha_{\text{tot},t} = \alpha_{s,t} + \alpha_{g,t} + \alpha_{f,t} = (a-x) \times 22,7 \times l + x \times 9,49 \times l + x \times (-16,6) \times l = a \times 22,7 \times l - x \times l \times (22,7 - 9,49 + 16,6) = \alpha_0 - x \times l \times 29,8$$

$$\text{Hieruit volgt } x = \frac{(\alpha_0 - \alpha_t)}{l \times 29,8} \text{ en } [C_{12}H_{22}O_{11}]_t = [C_{12}H_{22}O_{11}]_0 - \frac{(\alpha_0 - \alpha_t)}{l \times 29,8}$$

Bij stellen dat  $[C_{12}H_{22}O_{11}]_0 = a \text{ mol L}^{-1}$  en  $[C_{12}H_{22}O_{11}]_t = (a - x) \text{ mol L}^{-1}$ :

- omrekening van de sacharoseconcentratie, de glucoseconcentratie en de fructoseconcentratie van  $\text{mol L}^{-1}$  naar  $\text{g mL}^{-1}$ :  $(a - x) \text{ (mol L}^{-1}\text{)}$  vermenigvuldigen met  $342 \text{ (g mol}^{-1}\text{)}$  en delen door  $1000 \text{ (mL L}^{-1}\text{)}$  respectievelijk  $x \text{ (mol L}^{-1}\text{)}$  vermenigvuldigen met  $180 \text{ (g mol}^{-1}\text{)}$  en delen door  $1000 \text{ (mL L}^{-1}\text{)}$  1
- berekening van de draaiingshoeken veroorzaakt door sacharose, glucose en fructose: de sacharoseconcentratie in  $\text{g mL}^{-1}$  vermenigvuldigen met  $66,4 \text{ (}^\circ \text{ mL g}^{-1} \text{ dm}^{-1}\text{)}$  en met  $l$  respectievelijk de glucoseconcentratie in  $\text{g mL}^{-1}$  vermenigvuldigen met  $52,7 \text{ (}^\circ \text{ mL g}^{-1} \text{ dm}^{-1}\text{)}$  en met  $l$  en de fructoseconcentratie in  $\text{g mL}^{-1}$  vermenigvuldigen met  $-92,0 \text{ (}^\circ \text{ mL g}^{-1} \text{ dm}^{-1}\text{)}$  en met  $l$  1
- notie dat de voor de totale draaiingshoek geldt  $\alpha_{\text{tot},t} = \alpha_{s,t} + \alpha_{g,t} + \alpha_{f,t}$  1
- notie dat  $a \times 22,7 \times l = \alpha_0$  1
- berekening van  $x$  en conclusie 1



□32 Maximumscore 7

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\alpha_0 = \frac{1}{2} \times \frac{20,0}{100} \times 66,4 \times 2,00 = 13,3^\circ$$

$$[C_{12}H_{22}O_{11}]_0 = \frac{\frac{1}{2} \times \frac{20,0}{100}}{342} \times 10^3 = 0,292 \text{ mol L}^{-1}$$

$$[C_{12}H_{22}O_{11}]_{20,0} = 0,292 - \frac{13,3 - 9,14}{2,00 \times 29,8} = 0,222 \text{ mol L}^{-1}$$

$$\text{Dus } k' = \frac{\ln \frac{[C_{12}H_{22}O_{11}]_0}{[C_{12}H_{22}O_{11}]_{20,0}}}{20,0} = \frac{\ln \frac{0,292}{0,222}}{20,0} = 0,0137 \text{ min}^{-1}$$

- berekening van de sacharoseconcentratie in  $\text{g mL}^{-1}$  in de oplossing in de maatkolf: 20,0 (g) delen door 100 (mL) 1
- berekening van de sacharoseconcentratie in  $\text{g mL}^{-1}$  in de oplossing in het bekeerglas: de sacharoseconcentratie in  $\text{g mL}^{-1}$  in de oplossing in de maatkolf vermenigvuldigen met  $\frac{1}{2}$  1
- berekening van  $\alpha_0$ : de sacharoseconcentratie in  $\text{g mL}^{-1}$  in de oplossing in het bekeerglas vermenigvuldigen met 66,4 ( $^\circ \text{ mL g}^{-1} \text{ dm}^{-1}$ ) en met 2,00 (dm) 1
- berekening van de  $[C_{12}H_{22}O_{11}]_0$ : de sacharoseconcentratie in  $\text{g mL}^{-1}$  in de oplossing in het bekeerglas delen door 342 ( $\text{g mol}^{-1}$ ) en vermenigvuldigen met  $10^3$  ( $\text{mL L}^{-1}$ ) 1
- berekening van de  $[C_{12}H_{22}O_{11}]_{20,0}$ :  $\frac{13,3 - 9,14}{2,00 \times 29,8}$  aftrekken van de berekende  $[C_{12}H_{22}O_{11}]_0$  1
- berekening van  $k'$ :  $\ln \frac{[C_{12}H_{22}O_{11}]_0}{[C_{12}H_{22}O_{11}]_{20,0}}$  delen door 20,0 1
- de eenheid van  $k'$ :  $\text{min}^{-1}$  1

□33 Maximumscore 5

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:

De snelheidsbepalende stap is de tweede. Daarvoor geldt  $s = k_2 [C_{12}H_{23}O_{11}^+]$ .

De evenwichtsvoorwaarde van stap 1 luidt  $\frac{[C_{12}H_{23}O_{11}^+]}{[C_{12}H_{22}O_{11}][H^+]} = K$ , hieruit volgt

$$[C_{12}H_{23}O_{11}^+] = K [C_{12}H_{22}O_{11}] [H^+].$$

Voor de reactiesnelheid geldt dus  $s = k_2 K [C_{12}H_{22}O_{11}] [H^+]$ . Hierin komt  $[H_2O]$  niet voor, dus  $n = 0$  en komt  $[H^+]$  zonder exponent voor, dus  $p = 1$ .

- notie dat de tweede stap snelheidsbepalend is 1
- dus  $s = k_2 [C_{12}H_{23}O_{11}^+]$  1
- juiste evenwichtsvoorwaarde voor de eerste stap 1
- dus  $s = k_2 K [C_{12}H_{22}O_{11}] [H^+]$  1
- juiste conclusies voor  $n$  en  $p$  1

□34 Maximumscore 3

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:

Om  $n$  experimenteel te bepalen, zou je het experiment een aantal malen met een ander oplosmiddel dan water (waarin suiker, water en zoutzuur kunnen oplossen en dat de reactie niet verstoort) moeten uitvoeren, en de  $[H_2O]$  variëren.

Om  $p$  experimenteel te bepalen, zou je hetzelfde experiment met een andere  $[H^+]$  moeten uitvoeren.

- notie dat voor de bepaling van  $n$  een ander oplosmiddel nodig is 1
- het experiment dan een aantal malen met verschillende  $[H_2O]$  uitvoeren 1
- voor de bepaling van  $p$  hetzelfde experiment met een andere  $[H^+]$  uitvoeren 1

Indien in een overigens juist antwoord voor de bepaling van  $n$  een antwoord is gegeven als:

„Om  $n$  experimenteel te bepalen, zou je hetzelfde experiment met een andere  $[H_2O]$  moeten uitvoeren.”

1