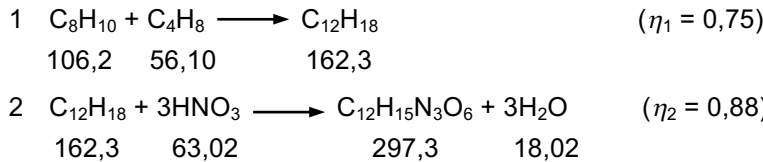


Uitwerking eindexamen scheikunde 2016-I

Alleen rekenopgaven zijn uitgewerkt, en zonder stappen weg te laten.

Opgave 2

De reacties zijn (met molaire massa's in $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ onder de formules en het rendement erachter):



We kunnen hier de formule voor de E-factor niet zomaar invullen, omdat het om twee reacties gaat elk met hun eigen rendement. Maar laten we eens uitgaan van 1 mol C_8H_{10} en 1 mol C_4H_8 . Er is dan ook $0,75 \cdot 3$ mol HNO_3 nodig en het product is $0,75 \cdot 0,88 \cdot 1$ mol. Die waarden vullen we in in de formule voor de E-factor:

$$E - \text{factor} = \frac{1 \cdot 106,2 + 1 \cdot 56,10 + 0,75 \cdot 3 \cdot 63,02}{0,75 \cdot 0,88 \cdot 1 \cdot 297,3} - 1 = 0,55$$

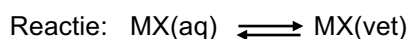
Nog iets: de basis van de E-factor is dat je m_{afval} deelt door m_{product} . Nu is water natuurlijk geen afval. Daarom brengen we de molaire massa van water in mindering op de reactanten van reactie 2:

$$E - \text{factor} = \frac{1 \cdot 106,2 + 1 \cdot 56,10 + 0,75 \cdot 3 \cdot 63,02 - 0,75 \cdot 0,88 \cdot 3 \cdot 18,02}{0,75 \cdot 0,88 \cdot 1 \cdot 297,3} - 1 = 0,37$$

Deze laatste waarde is de meest realistische.

Opgave 5

De opgave vermeldt: "gehalte MX van 22,5 nanogram per liter". Bedoeld wordt de **massaconcentratie** $\gamma(\text{MX})$. De gegevens zijn:



$$\gamma(\text{MX})_{\text{water}} = 22,5 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1} = 22,5 \cdot 10^{-9} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\gamma(\text{MX})_{\text{vet}} = 105 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1} = 105 \cdot 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$K = 4 \cdot 10^3$$

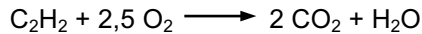
De waarde van K kan als volgt worden herschreven (met $c = \frac{\gamma}{M}$, zie mijn Reader blz. 39), waarbij meteen de uitkomst volgt:

$$K = \frac{c(\text{MX})_{\text{vet}}}{c(\text{MX})_{\text{water}}} = \frac{\frac{\gamma(\text{MX})_{\text{vet}}}{M(\text{MX})}}{\frac{\gamma(\text{MX})_{\text{water}}}{M(\text{MX})}} = \frac{\gamma(\text{MX})_{\text{vet}}}{\gamma(\text{MX})_{\text{water}}} = \frac{105 \cdot 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}{22,5 \cdot 10^{-9} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}} = 4,7 \cdot 10^3$$

Deze berekende waarde van K komt heel aardig overeen met de opgegeven waarde.

Opgave 6

De reactievergelijking voor 1 mol ethyn:



De reactieenthalpie bereken we uit de verbrandingsenthalpie:

$$\Delta_r H^\circ = \Delta_c H^\circ = -1,26 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} = -1,26 \cdot 10^6 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Er komt dus $1,26 \cdot 10^6 \text{ J}$ aan energie vrij. Die wordt gebruikt om de reactieproducten, 2 mol CO_2 en 1 mol H_2O , op te warmen. De massa's daarvan zijn:

$$m(\text{CO}_2) = 2 \text{ mol} \cdot 44,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 88,02 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ mol} \cdot 18,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 18,02 \text{ g}$$

Dan volgt:

$$1,26 \cdot 10^6 \text{ J} = c_p(\text{CO}_2) \cdot m(\text{CO}_2) \cdot \Delta T + c_p(\text{H}_2\text{O}) \cdot m(\text{H}_2\text{O}) \cdot \Delta T$$

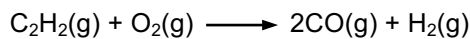
$$1,26 \cdot 10^6 \text{ J} = (1,3 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 88,02 \text{ g} + 2,8 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 18,02 \text{ g}) \cdot \Delta T$$

$$1,26 \cdot 10^6 \text{ J} = 164,9 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{1,26 \cdot 10^6 \text{ J}}{164,9 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}} = 7642 \text{ K} \approx 7,6 \cdot 10^3 \text{ K}$$

Opgave 8

De reactievergelijking is:



De reactieenthalpie ($\Delta_r H^\circ$) kan worden uitgeschreven als een som van vormingsenthalpieën, elk vermenigvuldigd met de coëfficiënt in de reactievergelijking; die is negatief voor stoffen links van de pijl:

$$\Delta_r H^\circ = -1 \cdot (\Delta_f H^\circ(\text{C}_2\text{H}_2)) - 2 \cdot \Delta_f H^\circ(\text{O}_2) + 2 \cdot \Delta_f H^\circ(\text{CO}) + 1 \cdot \Delta_f H^\circ(\text{H}_2)$$

$$\Delta_r H^\circ = -1 \cdot (2,27 \cdot 10^5 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}) - 2 \cdot 0 + 2 \cdot (-1,105 \cdot 10^5 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}) + 1 \cdot 0$$

$$\Delta_r H^\circ = -4,48 \cdot 10^5 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Opgave 10

Vooraf dit: Er is sprake van "46 vol% methaan in biogas". Beter noteer je dat als de

volumefractie methaan in biogas: $\varphi(\text{CH}_4) = 0,46 (= 46 \%)$.

We berekenen stap-voor-stap, uitgaande van de benodigde energie (alles per jaar berekend).

Nodig aan energie:

$$E = 0,03 \cdot 1,5 \cdot 10^{18} \text{ J} = 4,5 \cdot 10^{16} \text{ J}$$

Het nodige volume biogas vinden we door deze energie te delen door de reactiewarmte van biogas:

$$V_{\text{biogas}} = \frac{4,5 \cdot 10^{16} \text{ J}}{2,0 \cdot 10^7 \text{ J} \cdot \text{m}^{-3}} = 2,25 \cdot 10^9 \text{ m}^3$$

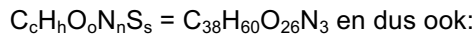
Het volume methaan vind je door het volume biogas te vermenigvuldigen met de volumefractie:

$$V(\text{CH}_4) = \varphi(\text{CH}_4) \cdot V_{\text{biogas}} = 0,46 \cdot 2,25 \cdot 10^9 \text{ m}^3 = 1,04 \cdot 10^9 \text{ m}^3$$

Omdat we verder de reactievergelijking nodig hebben rekenen we eerst de chemische hoeveelheid CH_4 uit met behulp van het molaire volume:

$$n(\text{CH}_4) = \frac{V(\text{CH}_4)}{V_m} = \frac{1,04 \cdot 10^9 \text{ m}^3}{2,4 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}} = 4,31 \cdot 10^{10} \text{ mol}$$

Uit de gegevens die bij de reactievergelijking staan vermeld halen we:



$$c = 38; h = 60; o = 26; n = 3 \text{ en } s = 0$$

Invullen in de gegeven vergelijking voor x geeft:

$$x = 0,125 \cdot (4c + h - 2o - 3n + 2s) = 0,125 \cdot (4 \cdot 38 + 60 - 2 \cdot 26 - 3 \cdot 3 + 2 \cdot 0) = 18,875$$

Dan volgt:

$$\frac{n(C_{38}H_{60}O_{26}N_3)}{1} = \frac{n(CH_4)}{18,875} = \frac{4,31 \cdot 10^{10} \text{ mol}}{18,875}$$

$$n(C_{38}H_{60}O_{26}N_3) = 2,28 \cdot 10^9 \text{ mol}$$

De gevraagde (bio)massa is nu te berekenen:

$$m_{\text{biomassa}} = n \cdot M = 2,28 \cdot 10^9 \text{ mol} \cdot 975 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 2,23 \cdot 10^{12} \text{ g} \approx \mathbf{2,2 \cdot 10^6 \text{ ton}}$$

Opgave 16

Het officiële antwoordmodel spreekt van "totale molariteit S", wat een overbodig en onduidelijk concept is. Terwijl de notatie **c(Na₂S)** - de analytische concentratie van Na₂S - volkomen helder is.

De gegeven massaconcentratie van Na₂S is:

$$\gamma(\text{Na}_2\text{S}) = 0,90 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

De (hoeveelheid)concentratie is dan:

$$c(\text{Na}_2\text{S}) = \frac{\gamma}{M} = \frac{0,90 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}{78,04 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1,15 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Neem aan dat de hoeveelheid S²⁻ die hieruit ontstaat geheel wordt omgezet in HS⁻ en H₂S:

$$[\text{HS}^-] + [\text{H}_2\text{S}] = 1,15 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \quad (1)$$

De verhouding tussen deze twee concentraties - en dus [H₂S] - is te berekenen met behulp van de evenwichtsconstante. Maar daarvoor moeten we eerst de [H₃O⁺] uitrekenen:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-7,95} = 1,12 \cdot 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Invullen in de evenwichtsvoorwaarde:

$$K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]}$$

$$8,9 \cdot 10^{-8} = \frac{1,12 \cdot 10^{-8} \cdot [\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]}$$

$$\frac{[\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} = \frac{8,9 \cdot 10^{-8}}{1,12 \cdot 10^{-8}} = 7,93$$

Hierin vullen we de gegevens van vergelijking (1) in:

$$\frac{1,15 \cdot 10^{-2} - [\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = 7,93$$

$$1,15 \cdot 10^{-2} - [\text{H}_2\text{S}] = 7,93 \cdot [\text{H}_2\text{S}]$$

$$1,15 \cdot 10^{-2} = 8,93 \cdot [\text{H}_2\text{S}]$$

$$[\text{H}_2\text{S}] = 1,29 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\gamma(\text{H}_2\text{S}) = [\text{H}_2\text{S}] \cdot M(\text{H}_2\text{S}) = 1,29 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 34,08 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = \mathbf{4,4 \cdot 10^{-2} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}$$

Opgave 23

De gegevens:

$$x(\text{B})_s = 1,0 \cdot 10^{-9} \quad (\text{"deeltjes-ppb" is flauwekul. Zoiets heet **hoeveelheidsfractie } x(\text{B})_s**)$$

$$K_B = \frac{c(\text{B})_s}{c(\text{B})_l} = 0,8 \quad (\text{niet } C \text{ maar } c, \text{ symbool voor **(hoeveelheid)concentratie!**})$$

De relatie tussen $x(\text{B})_s$ en de concentraties van B en Si in de vaste fase is:

$$x(\text{B})_s = \frac{n(\text{B})_s}{n_{\text{totaal},s}} \approx \frac{n(\text{B})_s}{n(\text{Si})_s} = \frac{c(\text{B})_s \cdot V}{c(\text{Si})_s \cdot V} = \frac{c(\text{B})_s}{c(\text{Si})_s} = 1,0 \cdot 10^{-9} \quad (2)$$

De concentratie $c(\text{Si})_s$ berekenen we uit de gegevens over de dichtheid:

$$\rho(\text{Si})_s = 2,2 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = 2,2 \cdot 10^3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

Dus de massaconcentratie is ook:

$$\gamma(\text{Si})_s = 2,2 \cdot 10^3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

De (hoeveelheid)concentratie is:

$$c(\text{Si})_s = \frac{\gamma}{M} = \frac{2,2 \cdot 10^3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}{28,09 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 78,3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Dit vullen we in in vergelijking (2):

$$\frac{c(\text{B})_s}{78,3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 1,0 \cdot 10^{-9} \quad \text{Dus: } c(\text{B})_s = 7,83 \cdot 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Dat vullen we in in de evenwichtsconstante:

$$K_B = \frac{c(\text{B})_s}{c(\text{B})_l} = 0,8 \quad \text{Dus: } \frac{7,83 \cdot 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{c(\text{B})_l} = 0,8$$

De gevraagde concentratie boor in het vloeibare silicium is dan:

$$c(\text{B})_l = 9,79 \cdot 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \approx \mathbf{1 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}$$