

Uitwerking Havo-eindexamen 2015 eerste tijdvak

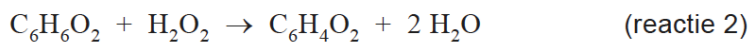
We bespreken hier een paar opgaven uit het havo eindexamen 2015 (tijdvak 1). Ik beperk me tot een paar rekenopgaven. Bij elke opgave is een gedeelte van het opgavenblad gekopieerd. Voor de volledige tekst zie de examenopgaven.

Opgaven en antwoordmodel: <http://www.havovwo.nl/havo/hsk/hskindex2.htm>.

Opgave 15

De explosie wordt veroorzaakt doordat tegelijkertijd twee exotherme reacties plaatsvinden: de ontleding van waterstofperoxide (reactie 1) en de reactie van hydrochinon met waterstofperoxide (reactie 2).

De vergelijkingen van beide reacties zijn hieronder weergegeven:



- 3p 15 Bereken de reactiewarmte van reactie 1 in J per mol waterstofperoxide (bij 298 K en $p = p_0$). Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 57 en ga ervan uit dat H_2O als vloeistof ontstaat.

Het antwoordmodel dat gegeven is:

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\{2 \times (+1,88 \cdot 10^5) + 2 \times (-2,86 \cdot 10^5)\} : 2 = -0,98 \cdot 10^5 \text{ (J per mol).}$$

of

$$+1,88 \cdot 10^5 + (-2,86 \cdot 10^5) = -0,98 \cdot 10^5 \text{ (J per mol).}$$

- juiste verwerking van de vormingswarmte van waterstofperoxide:
 $2 \times (+1,88 \cdot 10^5) \text{ (J)}$ 1
- juiste verwerking van de vormingswarmte van water: $2 \times (-2,86 \cdot 10^5) \text{ (J)}$ 1
- juiste somming van de vormingswarmtes en de som delen door 2 1

of

- juiste verwerking van de vormingswarmte van waterstofperoxide:
 $+1,88 \cdot 10^5 \text{ (J)}$ 1
- juiste verwerking van de vormingswarmte van water: $-2,86 \cdot 10^5 \text{ (J)}$ 1
- juiste somming van de vormingswarmtes 1

Indien in een overigens juist antwoord de factor 10^5 niet is vermeld 2

Indien in een overigens juist antwoord één of meer fouten zijn gemaakt in de plustekens of mintekens bij de verwerking van de vormingswarmtes 2

Indien in een overigens juist antwoord een andere waarde dan $0 \text{ (J mol}^{-1}\text{)}$ is gebruikt voor de vormingswarmte van zuurstof 2

Opmerkingen

– Wanneer een antwoord is gegeven als:

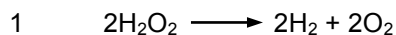
$$\{2 \times (+1,88) + 2 \times (-2,86)\} : 2 = -0,98 \cdot 10^5 \text{ (J per mol), dit goed rekenen.}$$

Wat opvalt is dat er geen enkele koppeling wordt gemaakt met de reactievergelijkingen en niet wordt uitgelegd hoe je het moet aanpakken. Ook worden grootheden die je moet berekenen niet met de

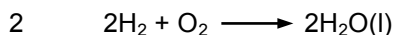
juiste symbolen aangegeven. Verder wordt bij een fout van een factor 10^5 maar 1 punt aftrek gegeven!
Dat kan dus veel beter:



Deze reactie kan worden opgevat als de som van twee *deelreacties*:



$$\text{Hierbij geldt } \Delta_r H^\circ = 2 \text{ mol} \times (+ 1,88 \cdot 10^5 \text{ J/mol}) = + 3,76 \cdot 10^5 \text{ J}$$



$$\text{Hier geldt: } \Delta_r H^\circ = 2 \text{ mol} \times (- 2,86 \cdot 10^5 \text{ J/mol}) = - 5,72 \cdot 10^5 \text{ J}$$

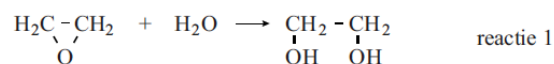
Tel je deze deelreacties op en streep je de gelijke deeltjes links en rechts tegen elkaar weg, dan krijg je de totaalreactie. Tellen we de reactiewarmtes op dan krijgen we:

$$\Delta_r H^\circ(\text{totaal}) = + 3,7 \cdot 10^5 \text{ J} + (-5,72 \cdot 10^5 \text{ J}) = - 1,96 \cdot 10^5 \text{ J.}$$

Dat is voor een vergelijking met 2 mol H_2O_2 , dus volgt een reactiewarmte van $- 9,8 \cdot 10^4 \text{ J/mol}$.

Opgave 29

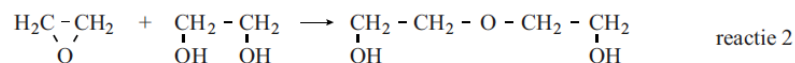
MEG wordt op grote schaal in de industrie geproduceerd volgens het zogenoemde MASTER-proces. Hierbij laat men in een continu proces etheenoxide met water reageren (reactie 1).



etheenoxide

MEG

Als belangrijkste bijproduct ontstaat hierbij diëthyleenglycol (DEG) door de volgende reactie (reactie 2):



etheenoxide

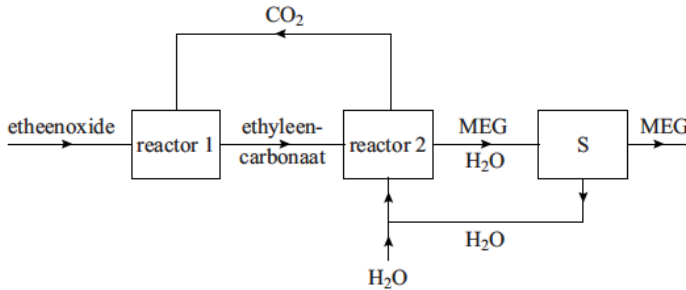
MEG

DEG

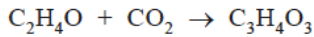
Om de vorming van DEG te beperken wordt etheenoxide met een grote overmaat water in een reactor gebracht. De massaverhouding etheenoxide : water is 1 : 9. Het rendement van de omzetting van etheenoxide tot MEG bedraagt dan 90%.

Sinds enige jaren wordt in enkele nieuwe fabrieken MEG geproduceerd volgens een continu proces waarbij geen grote overmaat water nodig is. De massaverhouding etheenoxide : water bedraagt slechts 1 : 1. Het rendement van de omzetting van etheenoxide tot MEG bedraagt meer dan 99%. Een vereenvoudigd blokschema van dit zogenoemde OMEGA-proces is hieronder weergegeven.

blokschema



In reactor 1 wordt uitsluitend ethyleencarbonaat (C₃H₄O₃) gevormd volgens de volgende reactie:



In scheidingsruimte S vindt een destillatie plaats.

De informatie over het MASTER-proces en het OMEGA-proces in deze opgave kan vergeleken worden volgens de twaalf uitgangspunten die gehanteerd worden in de groene chemie. Op enkele punten valt deze vergelijking in het voordeel uit van het OMEGA-proces. De atomeconomie behoort niet tot deze punten.

Het correctievoorschrift vermeldt:

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- In beide processen komt de vorming van MEG neer op de reactie van etheenoxide met water. Dus de atomeconomie van beide processen is gelijk.
 - In beide processen komen (bij de vorming van MEG uit etheenoxide met water) alle atomen van de beginstoffen terecht in het reactieproduct. Dus de atomeconomie is (in beide processen) 100%.
 - Bij het MASTER-proces wordt gebruikgemaakt van een additiereactie en dan is de atomeconomie 100%. Dit kan niet worden verbeterd.
- (de vorming van MEG volgens) het OMEGA-proces komt neer op de reactie van etheenoxide met water (evenals het MASTER-proces) 1
 - dus: de atomeconomie is gelijk aan die van het MASTER-proces 1

of

- in beide processen komen alle atomen van de beginstoffen terecht in het reactieproduct / bij het MASTER-proces wordt gebruikgemaakt van een additiereactie 1
- dus: de atomeconomie is (in beide processen) 100% 1

Indien een antwoord is gegeven als: „Voor het MASTER-proces/reactie 1 is de atomeconomie 100%. Voor het OMEGA-proces is de reactievergelijking C₃H₄O₃ + H₂O → C₂H₆O₂ + CO₂ en is de atomeconomie kleiner dan 100%.” 1

Indien een antwoord is gegeven als: „Voor het MASTER-proces/reactie 1 is de atomeconomie 90%. Voor het OMEGA-proces is de reactievergelijking C₃H₄O₃ + H₂O → C₂H₆O₂ + CO₂ en is de atomeconomie (62/106 =) 58%.” 0

Indien een antwoord is gegeven als: „De atomeconomie is gelijk voor beide processen.” zonder uitleg of met een onjuiste uitleg 0

Het spijt me te moeten concluderen dat dit antwoord onjuist is!

Het correctievoorschrift zegt dat de atoomeconomie in beide processen gelijk is aan 100 %. Als het *rendement* van beide processen in de berekening geen rol zou spelen dat was het correctievoorschrift juist geweest. Immers je houdt dan alleen rekening met de netto reactievergelijking en in beide gevallen is er dan een atoomeconomie van 100 %, hetgeen gemakkelijk is te zien.

Maar die redenering is om meerdere redenen niet juist:

1. In de tekst van de opgave is het rendement van beide processen gegeven. Voor het MASTER-proces is dat 90 % en voor het OMEGA-proces (meer dan) 99 %.
2. Er wordt expliciet gevraagd naar het rendement van een *proces*, niet dat van een *reactie*.

We *moeten* het rendement dus in de berekening meenemen. Maar dat is geen enkel probleem!

De groothedenvergelijking voor de atoomeconomie (zie *P. Heldens, Chemisch rekenen voor vo*) is:

$$AE = \frac{\eta \cdot z(P) \cdot M(P)}{z(R_1) \cdot M(R_1) + z(R_2) \cdot M(R_2) + \dots} \times 100 \%$$

Hierin is: η : rendement van de reactie (als fractie genoteerd)
 $z(P)$: coëfficiënt in de reactievergelijking van product met formule P
 $M(P)$: de molaire massa van product P
 $z(R_1)$: coëfficiënt in de reactievergelijking van reactant met formule R_1 , etc.
 $M(R_1)$: molaire massa van reactant met formule R_1 , etc.

Dan krijgen we (zonder gebruik te maken van bovenstaande groothedenvergelijking, wat hier makkelijk kan):

MASTER-proces: AE = **90 %**

OMEGA-proces: AE = **99%**

De vraag had anders moeten luiden. Maar het is niet aan mij om een andere vraag te formuleren!

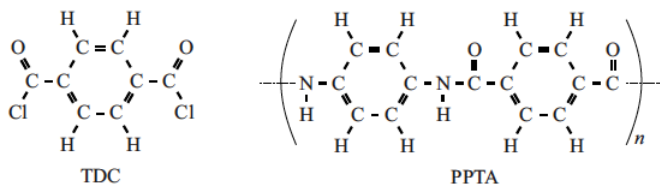
Opgave 33

Twaron wordt geproduceerd door het Nederlandse bedrijf Teijin Aramid.

De productie bestaat uit twee continu processen:

- 1 Het polymerisatieproces waarbij uit de monomeren PPD en TDC het copolymeer PPTA wordt gevormd.
- 2 Het spinnen van de Twaron-vezels uit PPTA.

De structuurformules van TDC en PPTA zijn hieronder weergegeven:



Bij Teijin Aramid wordt per jaar $2,2 \cdot 10^4$ ton PPTA geproduceerd.

- 3p 33 Bereken hoeveel ton TDC minstens nodig is voor de productie van $2,2 \cdot 10^4$ ton PPTA ($1,0 \text{ ton} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg}$).

Maak bij de berekening gebruik van de volgende gegevens:

- de gemiddelde molaire massa van PPTA is $1,7 \cdot 10^4 \text{ g mol}^{-1}$;
- de molaire massa van TDC is $203,0 \text{ g mol}^{-1}$;
- een molecuul PPTA bestaat gemiddeld uit 70 $[\text{NH-C}_6\text{H}_4\text{-NH-CO-C}_6\text{H}_4\text{-CO}]$ eenheden.

Het correctievoorschrift zegt:

33 maximumscore 3

Een juiste berekening leidt tot de uitkomst $1,8 \cdot 10^4$ (ton).

- berekening van het aantal mol PPTA: $2,2 \cdot 10^4$ (ton) vermenigvuldigen met 10^6 (g ton^{-1}) en delen door $1,7 \cdot 10^4$ (g mol^{-1}) 1
- berekening van het aantal mol TDC: berekende aantal mol PPTA vermenigvuldigen met 70 1
- berekening van het aantal ton TDC: berekende aantal mol TDC vermenigvuldigen met de molaire massa van TDC ($203,0 \text{ g mol}^{-1}$) en delen door 10^6 (g ton^{-1}) 1

Ook hier weer geen geschikte grootheden en eenheden met juiste symbolen, maar 'aantal mol' in plaats van 'chemische hoeveelheid' en 'aantal ton' in plaats van 'massa'. Mijn uitwerking:

$$m(\text{PPTA}) = 2,2 \cdot 10^4 \text{ ton} = 2,2 \cdot 10^{10} \text{ g}$$

$$n(\text{PPTA}) = \frac{m}{M} = \frac{2,2 \cdot 10^{10} \text{ g}}{1,7 \cdot 10^4 \text{ g/mol}} = 1,29 \cdot 10^6 \text{ mol}$$

Die bevat gelijke chemische hoeveelheden PPD en TDC; van elk 70 monomeren per molecuul PPTA.

$$n(\text{TDC}) = 1,29 \cdot 10^6 \text{ mol} \times 70 = 9,06 \cdot 10^7 \text{ mol}$$

De benodigde massa TDC per jaar is dan:

$$m(\text{TDC}) = n \cdot M = 9,06 \cdot 10^7 \text{ mol} \times 203,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1,84 \cdot 10^{10} \text{ g} = \mathbf{1,8 \cdot 10^4 \text{ ton}}$$