

## De productie van ureum

### 1 maximumscore 3

Een juiste uitleg leidt tot de conclusie dat in ureum het massapercentage N hoger is dan in ammoniumnitraat.

- de formule van ammoniumnitraat is  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  1
- de massa van een mol ammoniumnitraat is groter dan de massa van een mol ureum / de massa van een mol ammoniumnitraat is 80,04 g en de massa van een mol ureum is 60,06 g 1
- een mol ureum bevat evenveel mol N als een mol ammoniumnitraat en conclusie 1

#### Opmerkingen

- Wanneer een antwoord is gegeven dat is gebaseerd op een juiste berekening, zoals: „Het massapercentage N in ureum is  $\frac{2 \times 14}{60} \times 10^2 = 47\%$  en het massapercentage N in ammoniumnitraat is  $\frac{2 \times 14}{80} \times 10^2 = 35\%$ , dus het massapercentage N in ureum is hoger dan in ammoniumnitraat.” dit goed rekenen.
- Wanneer een antwoord is gegeven als: „Ammoniumnitraat bevat 2 N, 3 O en 4 H. Ureum bevat 2 N, 1 C, 1 O en 4 H. 1 C en 1 O hebben minder massa dan 3 O, dus is het massapercentage N in ureum hoger dan in ammoniumnitraat.”, dit goed rekenen.

### 2 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\frac{(\text{mol}) \text{CO}_2}{(\text{mol}) \text{NH}_3} = \frac{1,00 - 0,60}{2,95 - 0,60 \times 2} = \frac{0,40}{1,75} \text{ of } \frac{1,00}{4,38} \text{ of } \frac{1}{4,4} \text{ of } 0,23$$

- berekening van het aantal mol ammoniak dat met 0,60 mol koolstofdioxide reageert: 0,60 (mol) vermenigvuldigen met 2 1
- berekening van het aantal mol koolstofdioxide en het aantal mol ammoniak dat overblijft: 0,60 (mol) aftrekken van 1,00 (mol) respectievelijk het aantal mol ammoniak dat reageert met 0,60 mol koolstofdioxide aftrekken van 2,95 (mol) en conclusie 1

#### Opmerking

Wanneer in een overigens juist antwoord de verhouding is gegeven als

$$\frac{(\text{mol}) \text{NH}_3}{(\text{mol}) \text{CO}_2}, \text{ dit goed rekenen.}$$

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**3 maximumscore 4**

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

De temperatuur in reactor 2 moet hoog zijn, want de reactie naar rechts in evenwicht 1 is exotherm / de reactie naar links in evenwicht 1 is endotherm.

De druk in reactor 2 moet laag zijn want links van het evenwichtsteken staat meer mol gas dan rechts van het evenwichtsteken.

- notie dat de temperatuur hoog moet zijn 1
- juiste uitleg waarom de temperatuur hoog moet zijn 1
- notie dat de druk laag moet zijn 1
- juiste uitleg waarom de druk laag moet zijn 1

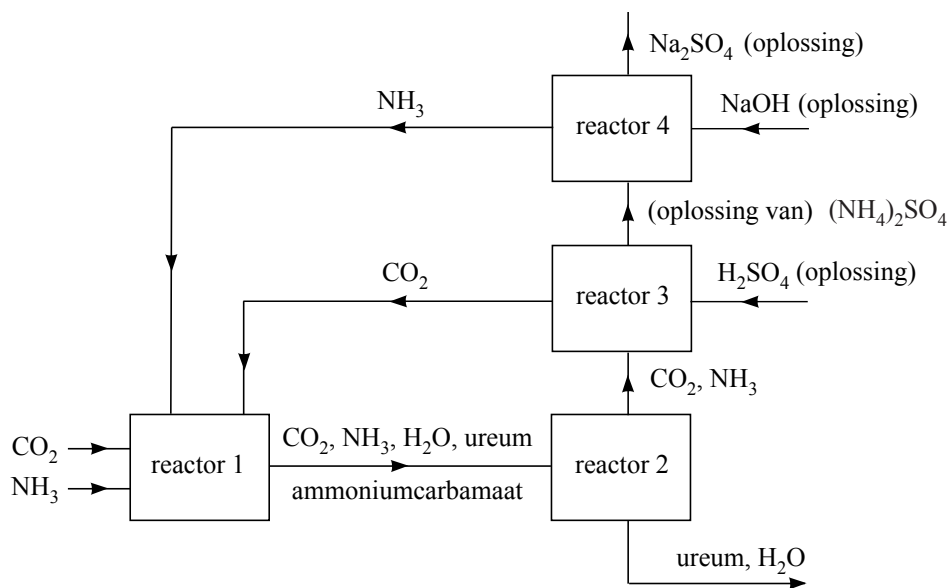
Indien in een overigens juist antwoord is vermeld dat een geschikte katalysator moet worden toegevoegd 2

*Opmerking*

*Wanneer in een overigens juist antwoord is vermeld dat reactor 2 een groot volume moet hebben, dit goed rekenen.*

**4 maximumscore 3**

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- reactor 3 getekend met H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (oplossing) als toevoer en reactor 4 getekend met toevoer van NaOH (oplossing) 1
- stofstroom van CO<sub>2</sub> van reactor 3 naar reactor 1 getekend en stofstroom van NH<sub>3</sub> van reactor 4 naar reactor 1 getekend 1
- stofstroom (van oplossing) van (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> van reactor 3 naar reactor 4 en stofstroom van Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (oplossing) uit reactor 4 naar buiten 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

*Opmerkingen*

- *Wanneer namen in plaats van formules bij de zelfgetekende stofstromen zijn gezet, dit goed rekenen.*
- *Wanneer in een overigens juist antwoord de gerecyclede stofstromen uit reactor 3 en 4 aansluiten bij de instroom van CO<sub>2</sub> respectievelijk NH<sub>3</sub> in reactor 1, dit goed rekenen.*
- *Wanneer bij de stofstroom tussen reactor 3 en reactor 4 een bijschrift als '(oplossing van onder andere) NH<sub>4</sub><sup>+</sup>', is geplaatst, dit goed rekenen.*
- *Wanneer bij de stofstroom tussen reactor 3 en reactor 4 een bijschrift als '(oplossing van) NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub>', is geplaatst, dit goed rekenen.*

**5 maximumscore 3**

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- In evenwicht 2 ontstaat als bijproduct water. Voor het recyclen worden (oplossingen van) zwavelzuur en natriumhydroxide gebruikt. Van deze drie stoffen komen geen atomen in ureum terecht (waardoor de atoomefficiëntie lager is dan 100%).
- In evenwicht 2 ontstaat als bijproduct water en bij de recycling komt (een oplossing van) Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> vrij. De atomen van water en natriumsulfaat komen niet in het eindproduct terecht (waardoor de atoomefficiëntie lager is dan 100%).

- notie dat water in evenwicht 2 als bijproduct ontstaat 1
- notie dat (oplossingen van) zwavelzuur en natriumhydroxide gebruikt worden 1
- van deze drie stoffen komen geen atomen in ureum terecht (waardoor de atoomefficiëntie lager is dan 100%) 1

of

- notie dat water in evenwicht 2 als bijproduct ontstaat 1
- notie dat bij de recycling (een oplossing van) Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> vrijkomt 1
- van water en natriumsulfaat komen geen atomen in ureum terecht (waardoor de atoomefficiëntie lager is dan 100%) 1

*Opmerking*

*Wanneer een onjuist antwoord op vraag 5 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 4, het antwoord op vraag 5 goed rekenen.*