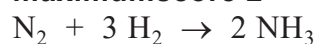


Power-to-ammonia

7 maximumscore 2



- N_2 en H_2 voor de pijl en NH_3 na de pijl 1
- de elementbalans juist in een vergelijking met uitsluitend de juiste formules voor en na de pijl 1

8 maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

De (ammoniak)moleculen gaan dichter op elkaar zitten / worden tegen elkaar aan gedrukt / vormen waterstofbruggen / gaan sterkere vanderwaalsbindingen met elkaar aan.

- juiste beschrijving waaruit blijkt dat de positie/interactie van de deeltjes verandert 1
- de gegeven beschrijving van het vloeibaar worden bevat uitsluitend termen op microniveau 1

9 maximumscore 2

Voorbeelden van een goed te rekenen antwoord zijn:

Gasmengsel X (wordt gevormd uit lucht en) bestaat voor een groot deel uit zuurstof en zal dus kunnen worden gebruikt (in plaats van gas Y) om ammoniak te verbranden in stap 6.

- gasmengsel X bevat zuurstof 1
- voor verbranding is zuurstof nodig en consequente conclusie 1

of

Gasmengsel X bevat niet uitsluitend zuurstof. / Gasmengsel X bevat ook andere gassen (dan zuurstof). Bij verbranding in de elektriciteitscentrale ontstaan daardoor (mogelijke ongewenste) nevenproducten. Gasmengsel X kan daarom niet (zonder meer) worden gebruikt in stap 6.

- gasmengsel X bevat niet uitsluitend zuurstof / bevat ook andere gassen 1
- bij stap 6 / bij verbranding ontstaan nevenproducten en consequente conclusie 1

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

10 maximumscore 1

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:



Opmerking

Een juiste formule is van een bestaande verbinding die uitsluitend bestaat uit stikstof- en zuurstofatomen.

11 maximumscore 3

Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

$$(0,46 - \frac{6}{4} \times 2,86) \cdot 10^5 = -3,83 \cdot 10^5 \text{ (J mol}^{-1}\text{)}$$

of

$$\begin{aligned} -E_{\text{begin}} + E_{\text{eind}} &= -\left[\frac{4}{4} \times (-0,46 \cdot 10^5)\right] \\ &+ \left[\frac{6}{4} \times (-2,86 \cdot 10^5)\right] = -3,83 \cdot 10^5 \text{ (J mol}^{-1}\text{)} \end{aligned}$$

of

$$\begin{aligned} -E_{\text{begin}} + E_{\text{eind}} &= -\left[4 \times (-0,46 \cdot 10^5)\right] \\ &+ \left[6 \times (-2,86 \cdot 10^5)\right] = -15,3 \cdot 10^5 \text{ (J per 4 mol NH}_3\text{)} \\ \frac{-15,3 \cdot 10^5}{4} &= -3,83 \cdot 10^5 \text{ (J mol}^{-1}\text{)} \end{aligned}$$

- juiste absolute waarden van de vormingswarmtes 1
- verwerking van de coëfficiënten 1
- rest van de berekening 1

Opmerking

Het volgende antwoord goed rekenen:

$$0,46 - \frac{6}{4} \times 2,86 = -3,83 \cdot 10^5 \text{ (J mol}^{-1}\text{)}$$

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

12 maximumscore 4

Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

$$\frac{3,3 \cdot 10^3 \times 3,6 \cdot 10^6}{3,83 \cdot 10^5} \times \frac{17,0}{10^3} \times \frac{10^2}{60} = 8,8 \cdot 10^2 \text{ (kg)}$$

of

$3,3 \cdot 10^3$ kWh komt overeen met $3,3 \cdot 10^3 \times 3,6 \cdot 10^6 = 1,19 \cdot 10^{10}$ (J).

Om $1,19 \cdot 10^{10}$ J op te wekken is $\frac{1,19 \cdot 10^{10}}{60} \times 10^2 = 1,98 \cdot 10^{10}$ (J) nodig.

Hiervoor moet $\frac{1,98 \cdot 10^{10}}{3,83 \cdot 10^5} = 5,17 \cdot 10^4$ (mol) ammoniak worden verbrand.

Dat is $5,17 \cdot 10^4 \times 17,0 = 8,8 \cdot 10^5$ (g).

$8,8 \cdot 10^5 \times 10^{-3} = 8,8 \cdot 10^2$ (kg).

- omrekening van $3,3 \cdot 10^3$ kWh naar J 1
- verwerking van het rendement van 60% 1
- omrekening naar de benodigde chemische hoeveelheid ammoniak 1
- omrekening van de chemische hoeveelheid ammoniak naar de benodigde massa ammoniak in kg 1

13 maximumscore 2

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Waterstof is zeer brandbaar / explosief (en ammoniak niet). Dus het is veiliger om ammoniak op te slaan dan waterstof.
- Het kookpunt van ammoniak is hoger dan dat van waterstof. / Het kookpunt van ammoniak is 240 K en het kookpunt van waterstof is 20 K. Het kost (dus) veel minder energie om ammoniak vloeibaar te maken dan om waterstof vloeibaar te maken.
- Ammoniakmoleculen zijn groter dan waterstofmoleculen, dus ze ontsnappen moeilijker. / Ammoniakmoleculen zijn groter dan waterstofmoleculen waardoor de opslag van ammoniakmoleculen gemakkelijker is.

- een juist voordeel gegeven 1
- juiste toelichting bij het gegeven voordeel 1

Opmerking

Een antwoord als het volgende goed rekenen:

Men heeft veel ervaring met het op grote schaal opslaan van (vloeibare) ammoniak. Met het opslaan van waterstof (vloeibaar of onder hoge druk) heeft men nog niet veel ervaring.