

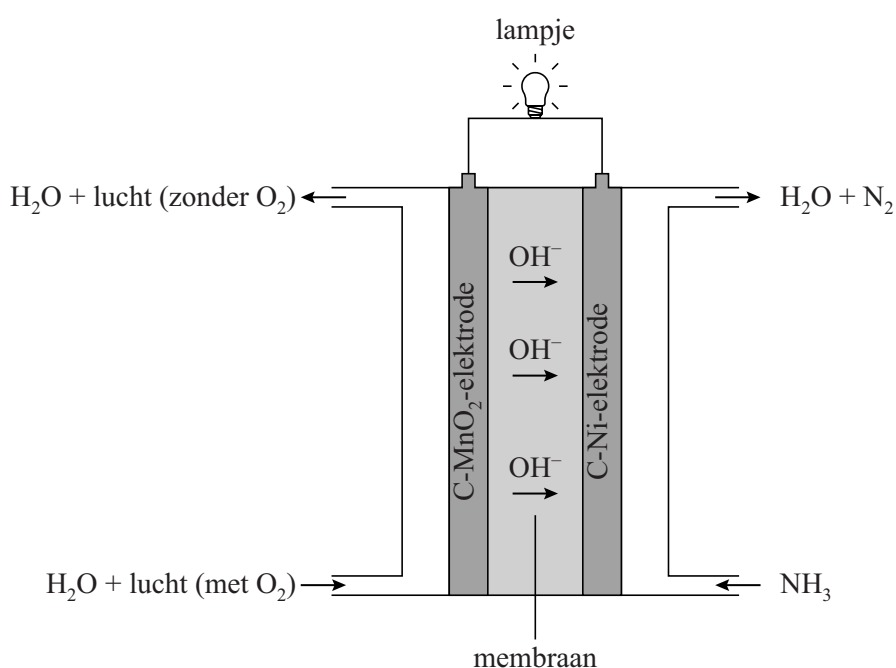
Ammoniak-brandstofcel

De meeste auto's met een brandstofcel gebruiken waterstof als brandstof. Om een 'volle' tank waterstof te krijgen, moet waterstof onder zeer hoge druk worden opgeslagen. Dit opslaan onder hoge druk is niet nodig als waterstof met stikstof uit de lucht eerst wordt omgezet tot ammoniak.



Ammoniak is ook geschikt als brandstof in een brandstofcel en kan gemakkelijker vloeibaar gemaakt worden dan waterstof. In figuur 1 is een ammoniak-brandstofcel schematisch weergegeven.

figuur 1



In deze brandstofcel reageert zuurstof aan de C-MnO₂-elektrode volgens halfreactie a:



Aan de C-Ni-elektrode reageert ammoniak volgens halfreactie b. Halfreactie b is hieronder onvolledig weergegeven: de coëfficiënten ontbreken.



2p **28** Neem halfreactie b over en maak deze kloppend.

De C-MnO₂-elektrode bevat 20 massaprocent MnO₂. MnO₂ dient als katalysator en niet als geleidend materiaal.

- 2p 29 Leg uit aan de hand van de microstructuur van MnO₂ dat deze stof geen elektrische stroom kan geleiden in vaste toestand. Gebruik in je antwoord begrippen op microniveau.
- 2p 30 Leg uit of de C-MnO₂-elektrode de positieve of de negatieve elektrode van de brandstofcel is.

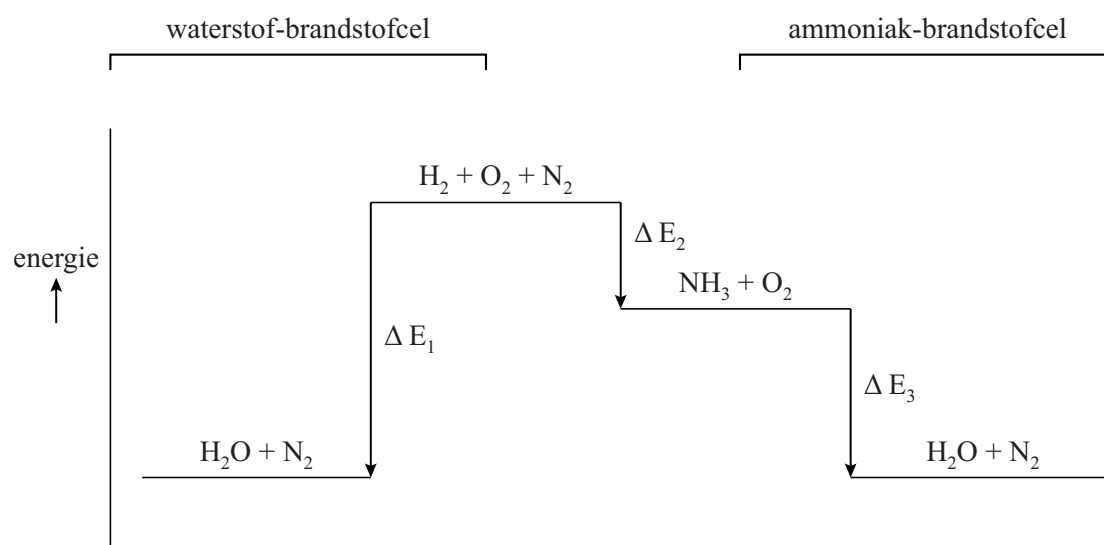
In een waterstof-brandstofcel reageren waterstof en zuurstof tot water. Het gebruik van ammoniak als brandstof komt neer op dezelfde reactie, maar dan in twee stappen.

Stap 1: Waterstof en stikstof worden omgezet tot ammoniak (reactie 1).

Stap 2: In een ammoniak-brandstofcel reageren ammoniak en zuurstof tot stikstof en water.

In figuur 2 zijn de energie-effecten in de waterstof-brandstofcel (ΔE_1) en in de ammoniak-brandstofcel (ΔE_3) weergegeven in één energiediagram.

figuur 2



Uit figuur 2 blijkt dat de ammoniak-brandstofcel minder energie levert per mol waterstof dan de waterstof-brandstofcel.

- 2p 31 Leg uit aan de hand van figuur 2 of stap 1 een exotherme of een endotherme reactie is.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Stoffen die reageren in een brandstofcel, zouden ook direct verbrand kunnen worden. Bij de verbranding van ammoniak ontstaan dan niet alleen N_2 en H_2O ; onder bepaalde omstandigheden kunnen dan ook stikstofoxides gevormd worden. Stikstofoxides hebben een negatief effect op het milieu.

- 3p **32** Geef de reactievergelijking voor de verbranding van ammoniak, waarbij uitsluitend stikstofmono-oxide en water gevormd worden.
- 1p **33** Geef een negatief effect van stikstofoxides op het milieu.

Bronvermelding

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift.