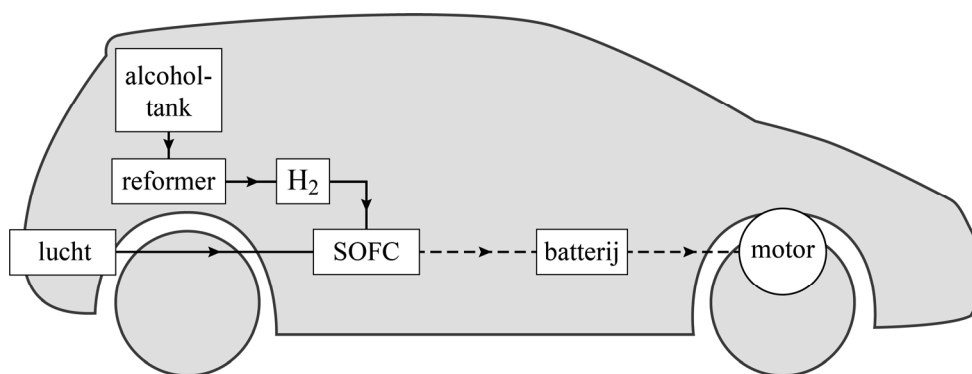


Alcohol in de auto

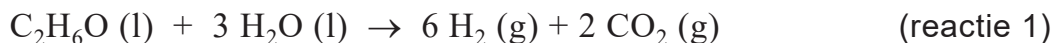
Een fabrikant heeft een elektrische auto ontwikkeld die rijdt op een oplossing van ethanol (alcohol, C_2H_6O). Deze auto maakt in een 'reformer' waterstofgas uit de ethanoloplossing. Vervolgens produceert een zogenoemde 'solid oxide-brandstofcel' (SOFC) elektrische stroom uit waterstofgas. De elektrische energie wordt opgeslagen in een batterij en kan worden gebruikt voor het aandrijven van de motor. In figuur 1 is deze energievoorziening schematisch en vereenvoudigd weergegeven.

figuur 1



1p 22 Geef de structuurformule van ethanol.

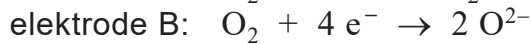
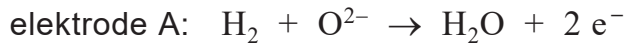
In de reformer wordt de ethanoloplossing omgezet tot waterstofgas en koolstofdioxide. Dit proces kan vereenvoudigd worden weergegeven met onderstaande vergelijking.



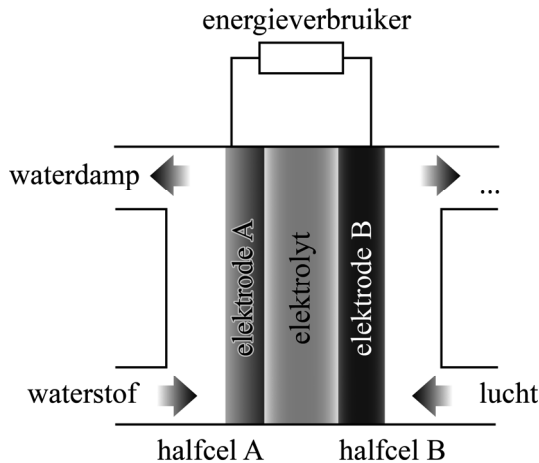
3p 23 Bereken de reactiewarmte van reactie 1 in J per mol waterstof (bij $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$). Gebruik Binas-tabel 57 of ScienceData-tabel 9.2.

2p 24 Bereken de atomeconomie voor de vorming van waterstof volgens reactie 1. Gebruik Binas-tabel 37H of ScienceData-tabel 1.7.7.

In figuur 2 is de SOFC schematisch weergegeven. De gevormde waterstof reageert bij elektrode A van de SOFC. Bij elektrode B reageert zuurstof uit de lucht. Hierbij treden de volgende halfreacties op:



figuur 2

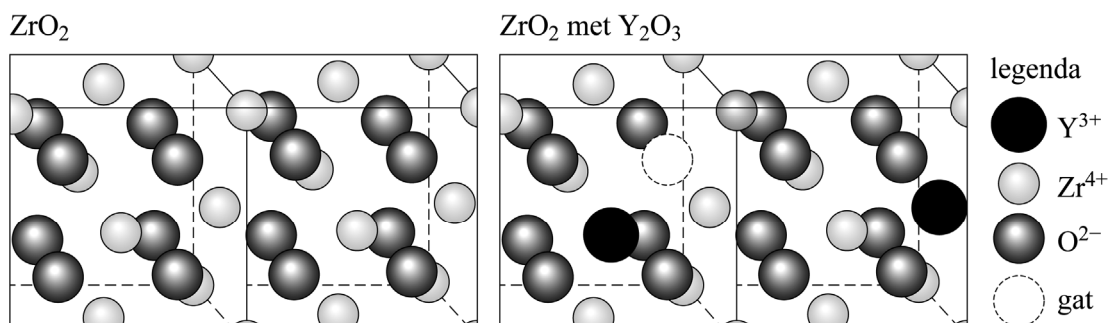


In figuur 2 ontbreken de stoffen die halfcel B verlaten.

- 1p **25** Geef de naam van een van deze stoffen. Neem aan dat O_2 volledig reageert.
- 2p **26** Geef met behulp van de vergelijkingen van bovenstaande halfreacties de vergelijking van de totale reactie.

De elektrolyt in de SOFC is vast en kan bestaan uit zirkoniumoxide (ZrO_2) waaraan een kleine hoeveelheid yttriumoxide (Y_2O_3) is toegevoegd. In figuur 3 zijn de roosters van zuiver ZrO_2 en van het mengsel van ZrO_2 en Y_2O_3 schematisch weergegeven.

figuur 3



- 2p **27** Geef de naam van het type kristalrooster in figuur 3, **en** geef de naam van het type binding tussen de samenstellende deeltjes.

Door de toevoeging van Y_2O_3 ontstaan lege plekken in het rooster van ZrO_2 die 'gaten' worden genoemd. De oorzaak hiervan is dat er per twee Zr^{4+} -ionen die worden vervangen door twee Y^{3+} -ionen, één O^{2-} -ion minder nodig is in het rooster.

- 2p 28 Leg deze oorzaak uit aan de hand van de ionladingen van de betrokken ionen.

De wijze waarop de elektrolyt elektrische stroom geleidt, is als volgt:

- De SOFC wordt verhit tot $600\text{ }^\circ\text{C}$.
- Bij deze temperatuur kunnen O^{2-} -ionen naar een volgende lege plek springen.
- Netto verplaatsen zich op deze manier O^{2-} -ionen door de elektrolyt heen, van de ene elektrode naar de andere elektrode.

- 2p 29 Leg uit met behulp van de gegeven halfreacties in welke richting de O^{2-} -ionen zich tijdens de stroomlevering verplaatsen, van elektrode A naar elektrode B of van B naar A.

Tijdens het rijden wordt vanuit de **reformer** CO_2 uitgestoten (reactie 1). Toch is onder een bepaalde voorwaarde het rijden met deze auto CO_2 -neutraal.

- 2p 30 Geef deze voorwaarde en licht toe waarom rijden met deze auto dan CO_2 -neutraal is. Noteer je antwoord als volgt:
voorwaarde: ...
toelichting: ...

Er zijn ook auto's die rijden op waterstofgas. Op grond van de uitgangspunten van de groene chemie kunnen voordelen en nadelen van een SOFC-auto ten opzichte van een waterstofauto worden gegeven.

- 2p 31 Geef een voordeel **en** een nadeel van een SOFC-auto ten opzichte van een waterstofauto.
- Baseer je antwoord op twee van de volgende uitgangspunten: 2, 8 of 12.
 - Gebruik Binas-tabel 97F of ScienceData-tabel 38.6.
 - Noteer je antwoord als volgt:
uitgangspunt: ... voordeel: ...
uitgangspunt: ... nadeel: ...