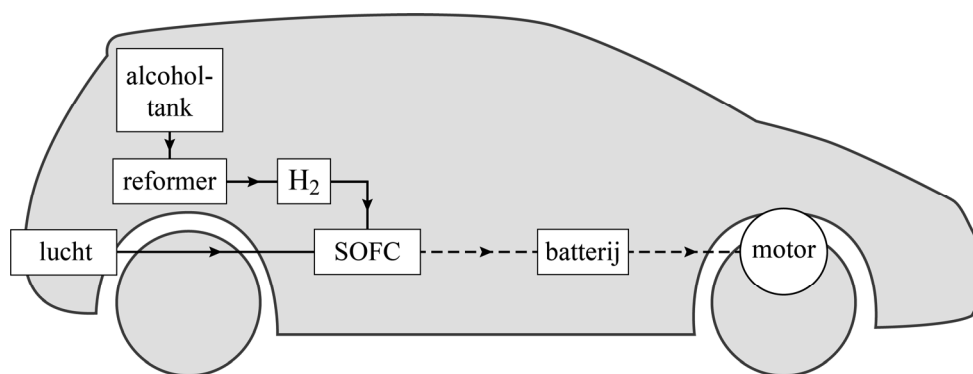


Alcohol in de auto

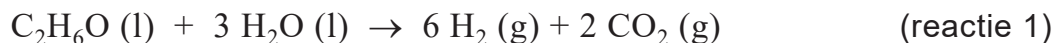
Een fabrikant heeft een elektrische auto ontwikkeld die rijdt op een oplossing van ethanol (alcohol, C_2H_6O). Deze auto maakt in een 'reformer' waterstofgas uit de ethanoloplossing. Vervolgens produceert een zogenoemde 'solid oxide-brandstofcel' (SOFC) elektrische stroom uit waterstofgas. De elektrische 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.

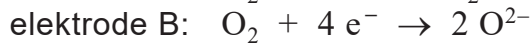
In de reformer wordt de ethanoloplossing omgezet tot waterstofgas en koolstofdioxide. Dit proces kan vereenvoudigd worden weergegeven met onderstaande vergelijking.



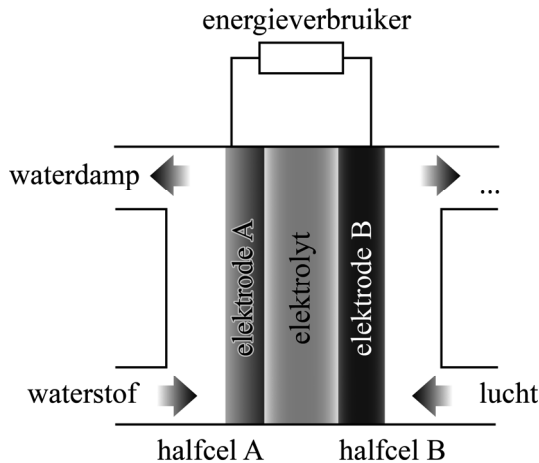
3p **23** Bereken de reactiewarmte van reactie 1 in J per mol waterstof (bij $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$). Gebruik Binas-tabel 57 of ScienceData-tabel 9.2.

2p **24** Bereken de atoomeconomie 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

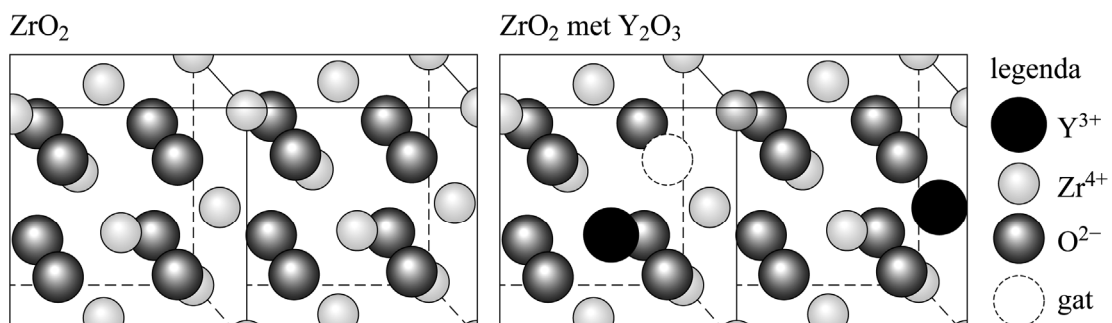


In figuur 2 ontbreken de stoffen die halfcel B verlaten.

- 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: ...