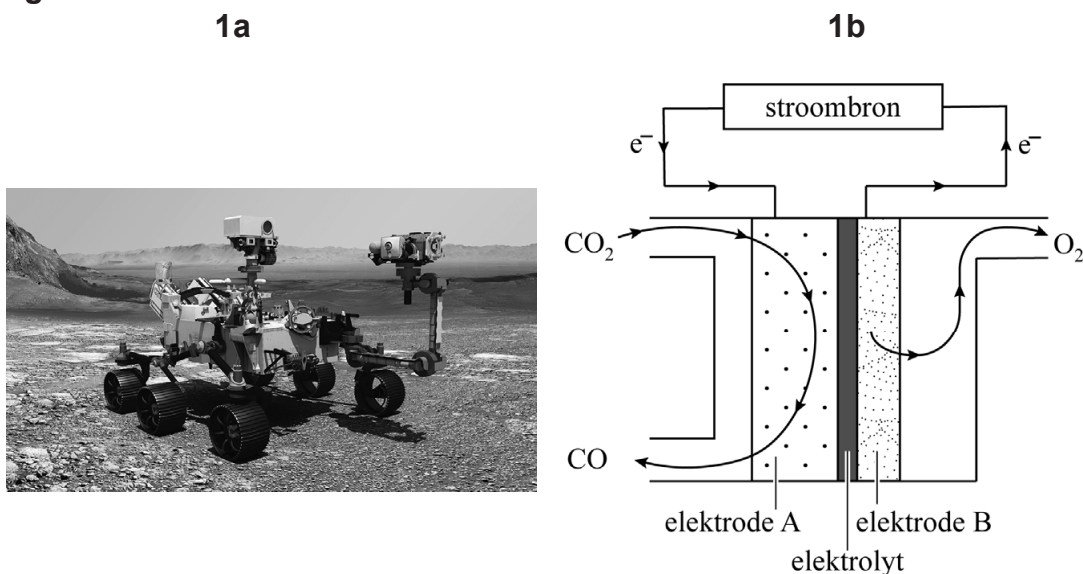


Zuurstofproductie op Mars

Om in de verre toekomst op de planeet Mars te kunnen wonen, is het belangrijk dat daar zuurstof kan worden geproduceerd. De atmosfeer van Mars bevat namelijk nauwelijks zuurstof, maar wel koolstofdioxide. Op 20 april 2021 is er door de Marsrobot Perseverance (figuur 1a) voor het eerst zuurstof geproduceerd uit koolstofdioxide dat aanwezig is in de atmosfeer van Mars.

De Perseverance bevat een 'solid oxide electrolyzer' (SOXE). In de SOXE wordt met behulp van elektrische energie koolstofdioxide omgezet tot onder andere zuurstof (figuur 1b).

figuur 1



Aan elektrode A wordt CO_2 omgezet tot CO volgens:



Aan elektrode B ontstaat zuurstof volgens:



Halfreactie 2 is onvolledig. In halfreactie 2 ontbreken elektronen en coëfficiënten. Op de uitwerkbijlage is halfreactie 1 weergegeven.

4p 14

Voer de volgende opdrachten op de uitwerkbijlage uit:

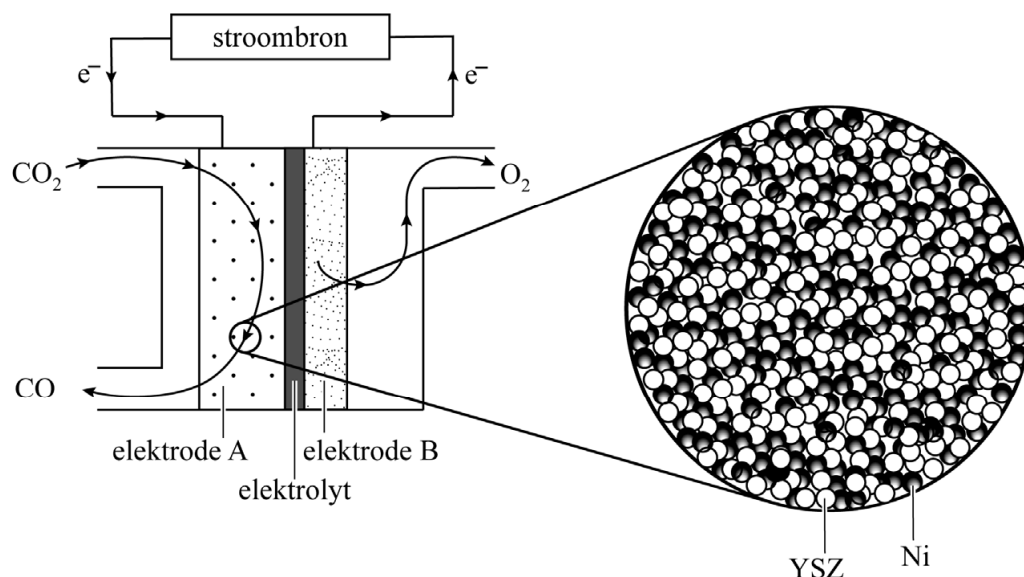
- Neem halfreactie 2 over, zet e^- aan de juiste kant van de pijl en maak de vergelijking kloppend.
- Leid met behulp van halfreactie 2 en halfreactie 1 de vergelijking af van de totale reactie die in de SOXE optreedt.

Het elektrolyt is YSZ: een afkorting van **y**ttrium **g**estabiliseerd **z**irkoniumoxide. Yttrium en zirkonium zijn elementen met de symbolen Y en Zr. YSZ is op te vatten als een mengsel van de zouten Y_2O_3 en ZrO_2 . YSZ is een vaste stof die oxide-ionen (O^{2-}) doorgeeft. De O^{2-} -ionen worden het best doorgegeven bij de massaverhouding $\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{ZrO}_2 = 1,0 : 6,3$.

- 4p 15 Bereken in welke molverhouding Y_2O_3 en ZrO_2 aanwezig zijn bij deze massaverhouding:
- De molaire massa van ZrO_2 is 123 g mol^{-1} .
 - Geef de uitkomst weer als: $\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{ZrO}_2 = 1,0 : \dots$
 - **Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.**

Het elektrolyt YSZ is ook onderdeel van elektrode A. Elektrode A is poreus en is opgebouwd uit poederdeeltjes nikkel (Ni) die zijn versmolten met poederdeeltjes YSZ (figuur 2). Deze opbouw van elektrode A zorgt ervoor dat de snelheid waarmee zuurstof geproduceerd wordt, optimaal is.

figuur 2



Maud en Bryn bediscussiëren of de weergave van elektrode A in figuur 2 een weergave op microniveau is. Bryn stelt dat de donker gekleurde bolletjes nikkel-atomen kunnen voorstellen. Maud stelt dat de witte bolletjes nooit een weergave van YSZ op microniveau kunnen zijn.

- 1p 16 Geef een argument dat de stelling van Maud ondersteunt.

Het is belangrijk dat de Ni-deeltjes en YSZ-deeltjes goed gemengd zijn. Om halfreactie 1 te laten verlopen, moet een molecuul CO₂ namelijk zowel de Ni-deeltjes als de YSZ-deeltjes raken.



- 2p 17 Leg uit op microniveau waarom halfreactie 1 alleen kan verlopen als een molecuul CO₂ zowel Ni-deeltjes als YSZ-deeltjes raakt. Noteer je antwoord als volgt:
- Contact met Ni-deeltjes is nodig, omdat ...
 - Contact met YSZ-deeltjes is nodig, omdat ...

Eén SOXE produceert $4,7 \cdot 10^{-5}$ mol zuurstof per seconde. Volgens ruimtevaartorganisatie NASA heeft een astronaut 0,84 kg zuurstof per dag nodig.

- 4p 18 Bereken hoeveel SOXE's nodig zijn om één astronaut gedurende een dag van zuurstof te voorzien. **Geef de uitkomst in een geheel aantal SOXE's.**