

Lithium-luchtbatterij

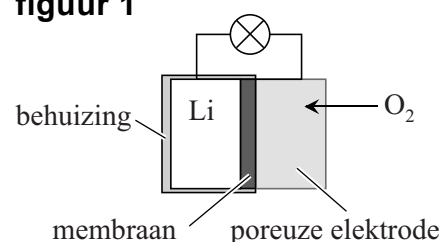
Om in een batterij zoveel mogelijk lading op te slaan in zo weinig mogelijk massa, worden batterijen ontworpen waarin zuurstof uit de lucht als oxidator optreedt. In zo'n batterij is dan alleen de reductor opgeslagen. De eigenschappen van de reductor bepalen dan in hoge mate de ladingsdichtheid. Ladingsdichtheid is gedefinieerd als de hoeveelheid lading per massa-eenheid. De aluminium-luchtbatterij is bijvoorbeeld al verkrijgbaar en veel onderzoek wordt verricht aan de lithium-luchtbatterij.

- 2p **18** Leid met behulp van een berekening af welke van deze twee batterijen de hoogste ladingsdichtheid heeft.

In figuur 1 is een lithium-luchtbatterij schematisch weergegeven.

In deze opgave worden eerst de elektroden en dan het membraan besproken.

figuur 1



I de elektroden

Op het grensvlak van het lithium en het membraan verloopt bij stroomlevering halfreactie 1.



- 2p **19** Leg uit of de lithiumelektrode bij stroomlevering de positieve of de negatieve elektrode is.

Een onderzoeksgroep heeft voor de poreuze elektrode een elektrode-materiaal ontwikkeld op basis van een polymeer. In het materiaal zijn katalysatordeeltjes aanwezig, die de omzetting van zuurstof katalyseren.

Bij deze omzetting wordt onder andere het O_2^- -ion gevormd.

Dit ion is erg reactief en tast organische oplosmiddelen en membranen aan. Een van beide atomen in het O_2^- -ion voldoet niet aan de oktetregel.

- 2p **20** Voer de volgende opdrachten uit:
- Teken een grensstructuur van het O_2^- -ion. Geef hierbij (de) formele lading(en) aan.
 - Leg uit waarom het O_2^- -ion zo reactief is.

De katalysator die door de onderzoeksgroep werd gebruikt, is erg duur en door de vele bijreacties raakte het elektrodemateriaal snel beschadigd.

Een andere onderzoeksgroep heeft een elektrodemateriaal ontwikkeld op basis van een eiwit. Dit materiaal bleek de genoemde nadelen minder te vertonen.

De eerste stappen in de productie van dit materiaal waren globaal als volgt:

- Het DNA van een virus wordt gemodificeerd.
- Het virus produceert een eiwit.
- Aan een oplossing van dit eiwit wordt in licht basisch milieu een oplossing met daarin Mn^{2+} -ionen toegevoegd.

De Mn^{2+} -ionen binden aan de peptideketens door middel van ion-bindingen.

De onderzoekers hebben de genetische code voor het eiwit veranderd met als doel dat de peptideketens meer Mn^{2+} -ionen konden binden.

Hieronder zijn met behulp van de 1-lettersymbolen van aminozuren de volgordes weergegeven van de aminozuureenheden in een deel van het oorspronkelijke eiwit en in een deel van het genetisch gemodificeerde eiwit.

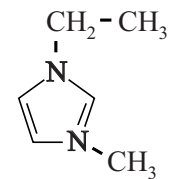
peptideketen A ~ADVYESALPDPAKAAFN~

peptideketen B ~ADVYESALPDPAEAAFE~

- 3p 21 Leg uit welke peptideketen bij hogere pH het meest Mn^{2+} -ionen kan binden: peptideketen A of peptideketen B.

II het membraan

Het membraan in de lithium-luchtbatterij is een composiet die bestaat uit een polymeer en een zogeheten ionische vloeistof. Een ionische vloeistof is een zout dat bij kamertemperatuur vloeibaar is. Hiernaast is een van de aanwezige ionen van het gebruikte zout weergegeven. De lading van het ion is hierbij weggelaten.



- 2p 22 Leid af wat de lading is van dit ion.

Als polymeer voor het membraan gebruikten de onderzoekers het copolymeer PVDF-HFP. Dit copolymeer is door polyadditie ontstaan uit 1,1-difluoretheen en hexafluorpropeen.

- 3p **23** Teken de structuurformule van een gedeelte van een molecuul PVDF-HFP. Dit gedeelte moet komen uit het midden van het molecuul en moet bestaan uit één eenheid van beide monomeren.

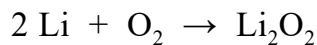
Het lithium in de batterij mag niet in contact komen met lucht of water. Het membraan moet daarom heel precies in vorm worden gebracht.

Een materiaal kan op twee manieren in vorm worden gebracht:

- 1 door het te smelten, waarna het in een mal kan worden gespoten;
- 2 door bewerkingen, zoals snijden en slijpen.

- 2p **24** Leg uit of het copolymeer PVDF-HFP in de juiste vorm kan worden gebracht door het materiaal te smelten, waarna het in een mal kan worden gespoten.

De totaalvergelijking van de omzettingen die verlopen in de lithium-luchtbatterij is hieronder weergegeven.



Omdat de lithium-luchtbatterij oplaadbaar is, kan deze batterij worden gebruikt in bijvoorbeeld een auto. Het nuttig rendement bij de omzetting van chemische energie naar bewegingsenergie is hierbij 70%. De rest van de energie gaat verloren aan warmteontwikkeling en wrijving. De onderzoekers hebben een lithium-luchtbatterij gemaakt die 45 g lithium bevatte. De vormingswarmte van Li_2O_2 is $-6,43 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.

- 4p **25** Bereken de maximale nuttige energie in joule die door deze lithium-luchtbatterij kan worden geleverd.
Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.

Bronvermelding

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