

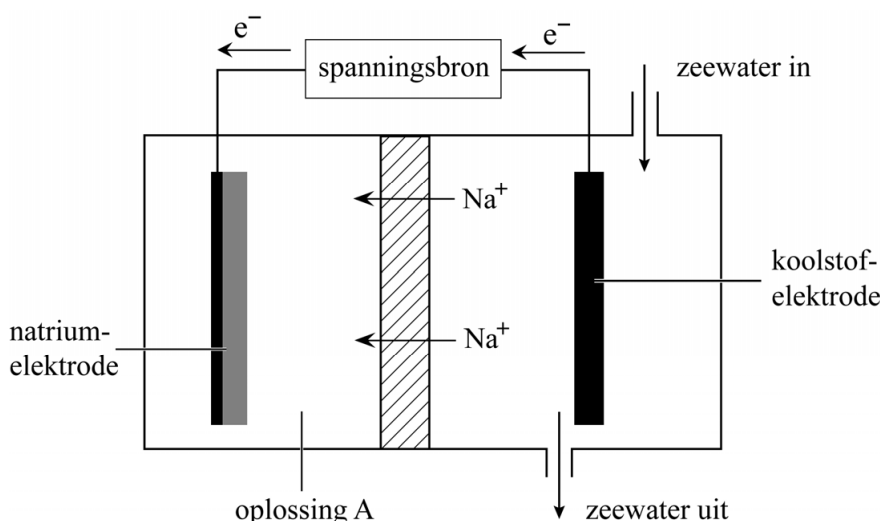
Zeewater-accu

De huidige lithium-ionbatterij is geschikt voor de duurzame opslag van energie, maar het benodigde lithium is schaars. Daarom wordt onderzoek gedaan naar een accu die natrium-ionen gebruikt. Na^+ -ionen zijn overvloedig aanwezig in zeewater. De molariteit van de Na^+ -ionen hierin is gemiddeld 470 mmol per liter zeewater.

- 2p 9 Bereken de concentratie van de Na^+ -ionen in zeewater in gram per liter.

Een accu die Na^+ -ionen uit zeewater gebruikt, wordt een zeewater-accu genoemd. Het opladen van een bepaald type zeewater-accu is in figuur 1 schematisch weergegeven.

figuur 1



Oplossing A bevat het zout natriumtrifluormethaansulfonaat (NaCF_3SO_3). Dit zout bevat twee soorten ionen: Na^+ -ionen en trifluormethaansulfonaat-ionen.

- 1p 10 Geef de formule van het trifluormethaansulfonaat-ion.

Bij het opladen vindt aan de natriumelektrode een halfreactie plaats waarbij Na^+ -ionen uit oplossing A worden omgezet tot natrium. Zeewater is licht basisch. Aan de koolstofelektrode reageren bij het opladen hydroxide-ionen tot zuurstof en water volgens halfreactie 1.

opladen: $4 \text{ OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O} + 4 \text{ e}^-$ (halfreactie 1)

- 2p 11 – Geef de halfreactie die aan de natriumelektrode plaatsvindt bij het opladen.
– Leid de totale vergelijking af van de reacties bij het opladen.

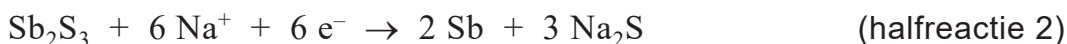
De accu kan uiteraard ook stroom **leveren**.

- 2p 12 Leg uit of aan de koolstofelektrode bij stroomlevering de halfreactie van een oxidator of een reductor plaatsvindt. Doe dit aan de hand van halfreactie 1.

De natrium-elektrode is goed afgesloten voor water. Als toch een kleine hoeveelheid water in de elektroderuimte terechtkomt, kan water reageren met natrium. Hierbij wordt vast natriumhydroxide (NaOH) gevormd. Ook ontstaat een andere stof, hierop is gevaarzin H220 van toepassing.

- 2p 13 Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef de vergelijking van de reactie tussen natrium en water.
 - Geef aan op welke stof H220 van toepassing is.
- Gebruik de Binas-tabellen 48 en 96E of ScienceData-tabellen 9.1F en 38.3. Noteer je antwoord als volgt:
reactie: ...
H220 is van toepassing op de stof: ...

Vanwege de risico's van het gebruik van natriumelektroden is onderzoek gedaan naar het gebruik van andere elektroden in zeewater-accu's. Een van de onderzochte elektroden is een elektrode van di-antimoontrisulfide (Sb_2S_3). Deze stof reageert bij opladen met Na^+ -ionen tot het metaal antimoon (Sb) en een zout (halfreactie 2). Vervolgens worden Sb-atomen en Na^+ -ionen omgezet tot de legering Na_3Sb (halfreactie 3).



In halfreactie 3 neemt een van de deeltjes elektronen op.

- 2p 14 – Geef de formule van het deeltje in halfreactie 3 dat elektronen opneemt.
– Geef aan welk type rooster aanwezig is in de legering Na_3Sb .

Uit halfreacties 2 en 3 blijkt dat per mol Sb_2S_3 veel elektronen worden opgenomen. Dit is een belangrijk gegeven voor de energiedichtheid van een accu. De energiedichtheid van deze accu is de hoeveelheid energie die per kg elektrodemateriaal (Sb_2S_3) kan worden geleverd.

De energiedichtheid wordt uitgedrukt in Wh kg^{-1} (wattuur per kg).

De maximale energie die deze accu per mol elektronen kan leveren, is 51 Wh.

- 4p 15 Bereken de energiedichtheid van deze accu. **Geef je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.**

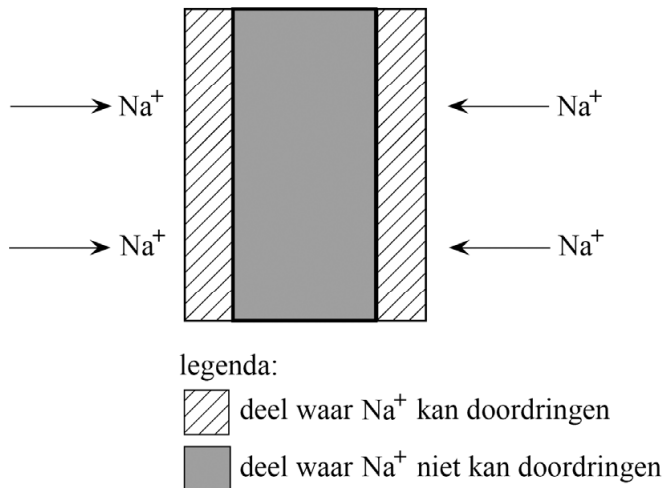
Gebruik halfreacties 2 en 3 en het volgende gegeven:

De molaire massa van Sb_2S_3 is 340 g mol^{-1} .

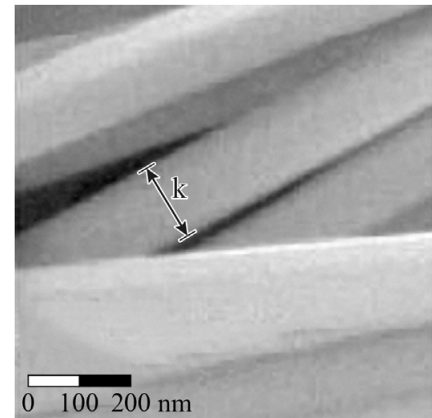
Een probleem met een massieve Sb_2S_3 -elektrode is dat Na^+ -ionen moeilijk tot het binnenste gedeelte van de elektrode kunnen doordringen (figuur 2a). Hierdoor is de elektrode minder efficiënt. De onderzoekers hebben daarom een elektrode gemaakt waarin het Sb_2S_3 in de vorm van dunne naaldjes (figuur 2b) aanwezig is.

figuur 2

2a Sb_2S_3 -elektrode
(bestaande uit een massieve staaf)



2b elektronenmicroscopie-opname
van een Sb_2S_3 -elektrode
(bestaande uit naaldjes)



De gemiddelde diameter van de atomen in de naaldjes is $3,7 \text{ \AA}$
($1,0 \text{ \AA} = 0,1 \text{ nm}$).

- 2p **16** Bepaal hoeveel atomen dik een naaldje minimaal is.
Gebruik de dikte van het naaldje aangegeven met k in figuur 2b.
- 2p **17** Leg uit of een accu met een elektrode in de vorm van naaldjes meer of minder energie kan opslaan dan een accu met een elektrode in de vorm van een even zware massieve staaf. Gebruik figuur 2.