

Oefenopgaven redox vwo examen

2012 I lithiumbatterijen [Lithiumbatterijen vwo pilot examen scheikunde 2012-I 5 t/m 9 \(youtube.com\)](#)

Een pacemaker is een apparaat om het hart te ondersteunen en wordt vlak onder de huid van een patiënt geplaatst. Een belangrijk moment in de ontwikkeling van pacemakers was het gebruik van lithiumbatterijen. De pacemaker en dus ook de batterij moet zo klein en zo licht mogelijk zijn. Bij de keuze van een geschikt metaal voor de toepassing in een pacemaker, is de zogenoemde elektrochemische capaciteit van belang. Daarmee wordt in deze opgave bedoeld: de hoeveelheid lading die 1 gram van dat metaal kan genereren.

3p a Laat met behulp van een berekening zien van welk metaal de elektrochemische capaciteit het grootst is: lithium of beryllium.

Mede vanwege de giftigheid van beryllium wordt deze stof niet in pacemakers toegepast. De toepassing van lithium in batterijen kent dat probleem niet. Een lithiumbatterij heeft de volgende opbouw:

- een lithium anode: lithium reageert tijdens stroomlevering als reductor; het is de negatieve pool van de batterij;
- een kathode: dit is een materiaal (of materialen) dat tijdens stroomlevering als oxidator reageert; dit is de positieve pool van de batterij;
- een elektrolyt: dit is (meestal) een oplossing die ionentransport in de batterij mogelijk maakt en de anode en kathode in de batterij van elkaar scheidt.

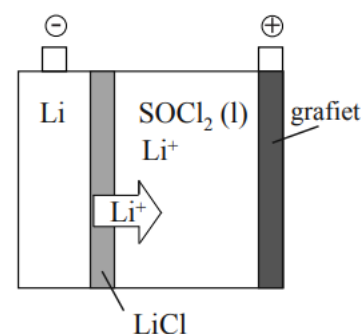
In batterijen wordt soms een waterige oplossing als elektrolyt gebruikt, maar een dergelijke oplossing is in een batterij met een lithiumanode niet bruikbaar, omdat dan een gevaarlijke situatie ontstaat.

3p b Leg uit wat er zal gebeuren in een batterij met een lithiumanode als een waterige oplossing als elektrolyt wordt gebruikt en geef aan waarom dat gevaarlijk is.

In batterijen met lithium als anode wordt gebruik gemaakt van organische oplosmiddelen die voldoende polair zijn om een lithiumzout als LiClO_4 in op te kunnen lossen. Eén van die oplosmiddelen is methylmethanoaat.

4p c Teken de structuurformule van methylmethanoaat en leg met behulp van de structuurformule uit dat methylmethanoaat polair is.

De lithiumbatterijen die in omloop zijn, verschillen onder andere in het kathodemateriaal. Hiernaast is een batterij weergegeven met als kathode een grafielelektrode. Deze is geplaatst in een ruimte met daarin als elektrolyt de stof LiAlCl_4 opgelost in de vloeistof thionylchloride (SOCl_2). Als in deze oplossing een anode van lithium wordt geplaatst, vormt zich een laagje vast lithiumchloride op het oppervlak van de anode. Dit laagje kan wel lithiumionen doorlaten, maar geen deeltjes SOCl_2 . Tijdens stroomlevering van een dergelijke lithiumbatterij worden aan de kathode thionylchloride en lithiumionen omgezet tot opgelost zwavel (S), opgelost zwaveldioxide en vast lithiumchloride.



3p d Geef de vergelijking van de halfreactie die tijdens stroomlevering aan de kathode optreedt.

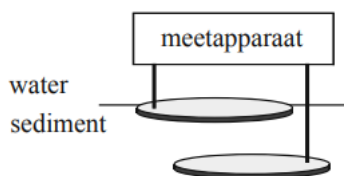
Als een pacemaker het hartritme continu ondersteunt, is de batterij eerder leeg dan wanneer de pacemaker maar af en toe in werking hoeft te komen. Voor plaatsing kan bepaald worden hoe lang de levensduur van een batterij is. Hiervoor is alleen het volume van belang dat het lithium in de batterij inneemt. Van het totale volume van een bepaalde lithiumbatterij wordt $0,435 \text{ cm}^3$ ingenomen door het lithium.

5p e Bereken hoeveel jaren deze batterij gebruikt kan worden bij constante ondersteuning van het hartritme. Neem aan dat alle andere stoffen dan lithium in de batterij in overmaat aanwezig zijn. Maak bij de berekening gebruik van Binas tabel 7 en onder andere de volgende gegevens:

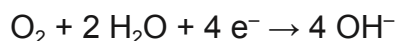
- de dichtheid van lithium bedraagt $0,534 \text{ g cm}^{-3}$;
- de batterij levert een constante stroom van $10 \mu\text{A}$ ($1 \text{ A} = 1 \text{ C s}^{-1}$);
- de batterij kan worden gebruikt tot het moment dat 80% van het anodemateriaal is opgebruikt.

Modderstroom [modderstroom vwo scheikunde 2012 tijdvak 2 \(youtube.com\)](https://www.youtube.com/watch?v=modderstroom_vwo_scheikunde_2012_tijdvak_2)

Sedimentbrandstofcellen zijn elektrische cellen op de zeebodem. Ze maken gebruik van verschillen in concentraties van stoffen in de zeebodem. Ze voorzien apparaatjes van stroom, zoals meetapparatuur in internationale wateren. Een sedimentbrandstofcel bestaat uit twee met het meetapparaat verbonden elektroden. Eén elektrode bevindt zich in de bovenste laag van het sediment, de andere iets dieper. In figuur 1 is een sedimentbrandstofcel schematisch weergegeven.



Aan de bovenste elektrode reageert zuurstof met water volgens



Aan de onderste elektrode reageert waterstofsulfide (H_2S) in de bodem tot vast zwavel (S) en H^+ .

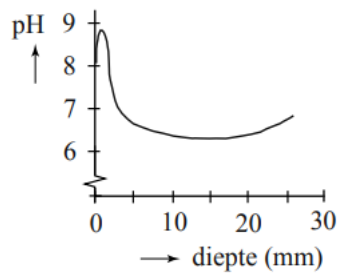
3p a Geef de vergelijking van de halfreactie van waterstofsulfide en geef de totaalvergelijking.

4p b Bereken hoeveel gram waterstofsulfide moet worden omgezet om een sedimentbrandstofcel een jaar lang een stroom van 1,0 mA te laten leveren. Je mag er in deze berekening van uitgaan dat er voldoende zuurstof aanwezig is. Gegeven: $1 \text{ A} = 1 \text{ C s}^{-1}$. Maak gebruik van Binas-tabel 7.

Lars Peter Nielsen, een onderzoeker uit Denemarken, heeft bodemonsters uit de haven van Aarhus onderzocht om de werking van de sedimentbrandstofcel beter te begrijpen. Hij ontdekte dat het bovenste deel van de bodem uit drie sedimentlagen bestaat. In de bovenste laag (ruim 1 cm dik) is veel zuurstof aanwezig. Hier bevinden zich geen zwavel of zwavelverbindingen zoals waterstofsulfide. In de onderste laag is geen zuurstof aanwezig, maar bevinden zich wel zwavelverbindingen. In de middelste laag (1,2 à 1,9 cm dik) zijn veel organische verbindingen aanwezig die in een halfreactie met water reageren tot koolstofdioxide, waarbij H^+ ontstaat.

2p c Geef de vergelijking van de halfreactie die in de middelste laag plaatsvindt. Geef de organische verbindingen weer met de algemene formule $(\text{CH}_2\text{O})_n$.

Nielsen mat de pH op verschillende dieptes in het sediment. De resultaten van de metingen zijn weergegeven in figuur 2.



Onder andere uit deze resultaten concludeerde hij dat de halfreacties van zuurstof en waterstofsulfide gescheiden van elkaar plaatsvinden, ook als er geen sedimentbrandstofcel in de sedimentlagen aanwezig is.

3p d Leg uit waarom deze conclusie door de resultaten in figuur 2 ondersteund wordt. Tussen de verschillende sedimentlagen bewegen ionen, afhankelijk van hun lading, naar boven of naar beneden.

2p e Leg uit of de positieve ionen in het sediment naar boven of naar beneden bewegen.

Nielsen ontdekte dat de afbraaksnelheid van H_2S in de onderste sedimentlaag direct veranderde als de concentratie zuurstof in de bovenste laag veranderde. Deze lagen moeten daarom wel via een snelle verbinding met elkaar in contact staan. Dit is niet te verklaren uit ionentransport omdat dat een te langzaam proces is. Blijkbaar vindt er een elektronenstroom plaats van de ene naar de andere laag. Hij bedacht hier twee mogelijke mechanismen voor:

- I. Het sediment bevat metaaldeeltjes die verantwoordelijk zijn voor het elektronentransport.
- II. Het sediment bevat bacteriën die onderling contact maken en voor elektronentransport zorgen.

2p f Beschrijf een experiment waarmee je kunt onderzoeken of bacteriën betrokken zijn bij de stroomgeleiding.

Antwoorden

Lithiumbatterij

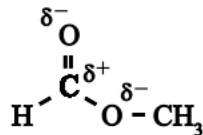
a.

Er is $\frac{1}{6,941} \times 1 = 0,144 \text{ mol e}^-$ per gram Li en

$\frac{1}{9,012} \times 2 = 0,222 \text{ mol e}^-$ per gram Be, dus de elektrochemische

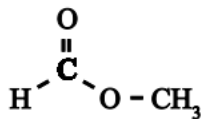
capaciteit van beryllium is groter.

b. (De oxidator) water staat hoger in binas tabel 48/ScienceData 9.1f dan (de reductor) lithium. Ze zullen dus met elkaar reageren. Dat is gevaarlijk omdat dan waterstofgas ontstaat. Hierdoor kan de batterij ontploffen/openscheuren. / Het is gevaarlijk omdat er een brandbaar gas (H_2) ontstaat. / Het is gevaarlijk omdat er een basische/bijtende oplossing van LiOH ontstaat.



De zwaartepunten van de δ^- en de δ^+ vallen niet samen, dus is methylmethanoaat polair / het molecuul een dipoolmolecuul.

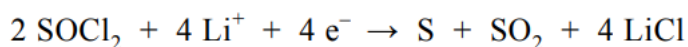
of



Het molecuul bevat polaire atoombindingen ($\text{C}=\text{O}$ en $\text{C}-\text{O}$). Door de verschillende richtingen van de dipoolmomenten heffen deze elkaar niet op. Dus is het een polaire stof / is het een dipoolmolecuul.

c.

d.

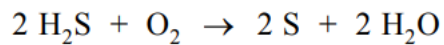
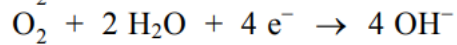
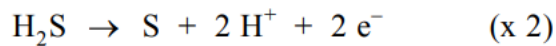


e.

$$\frac{\frac{0,435 \times 0,534}{6,941} \times 1 \times 9,64853 \cdot 10^4}{10 \cdot 10^{-6}} \times \frac{80}{10^2} \times \frac{1}{365 \times 24 \times 60 \times 60} = 8,2 \text{ (jaar)}$$

Modderstroom

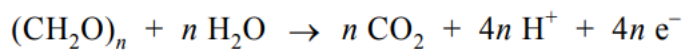
a



b

$$\frac{365 \times 24 \times 60 \times 60 \times 1,0 \cdot 10^{-3} \times 34,08}{9,64853 \cdot 10^4 \times 2} = 5,6 \text{ (g)}$$

c



d.

In de halfreactie van zuurstof ontstaat OH^- waardoor bovenin de pH verhoogd wordt / hoger is dan 7. In de halfreactie van H_2S ontstaat H^+ , waardoor de pH onderin verlaagd wordt / lager is dan 7. Dit stemt overeen met het verloop van de pH in figuur 2.

e. Door de onderste (twee) reactie(s) ontstaan positieve ionen. Door de bovenste reactie ontstaan negatieve ionen. De positieve ionen zullen naar boven bewegen.

f. Je neemt een tweede bodemmonster (uit de bodem van de haven van Aarhus) waar je de bacteriën uit verwijderd (door het enige tijd te koken / door een antibioticum toe te voegen). Vervolgens meet je of er weer snel pH-verschillen optreden / meet je of een verandering van de zuurstofconcentratie direct invloed heeft op de afbraaksnelheid van H_2S .

