

Terugwinning van lithium

Door de toename van het aantal elektrische auto's zijn er steeds meer lithium-ion-accu's (LIA's) nodig. Het metaal lithium is echter vrij schaars. Daarom wordt veel onderzoek gedaan naar methodes voor het terugwinnen van lithium en andere metalen uit oude LIA's. Veel van deze methodes gebruiken sterke zuren, zoals zoutzuur. Bij de methodes met zoutzuur ontstaat het gevaarlijke gas chloor (Cl_2). Voor chloor gelden onder andere de gevarenaanduidingen H318 en H319.

Op basis van deze aanduidingen kunnen werknemers van recyclebedrijven specifieke voorzorgsmaatregelen nemen.

- 2p **13** Geef de nummers van twee P-zinnen die twee verschillende van deze voorzorgsmaatregelen beschrijven. Gebruik Binas-tabel 96E of ScienceData-tabel 38.3.

Zweedse onderzoekers hebben een methode op basis van oxaalzuur ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) bedacht om lithium en andere metalen uit LIA's terug te winnen. Hierbij ontstaan geen schadelijke gassen. Oxaalzuur is een triviale naam.

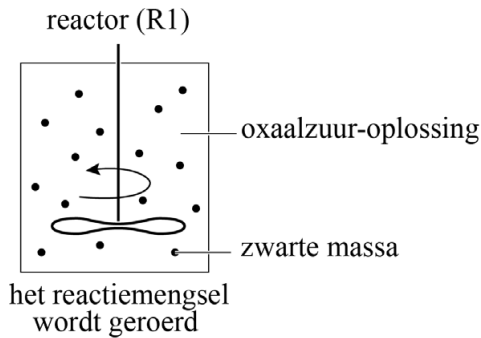
- 2p **14** Geef de structuurformule van oxaalzuur.

De Zweedse onderzoekers gebruiken elektrodemateriaal van een bepaald soort LIA. Hierin zijn grafiet, koper, aluminium en het zout NMC111 aanwezig. NMC111 is een oxide van de metalen lithium, nikkel, mangaan en kobalt, met de verhoudingsformule $\text{Li}_3\text{NiMnCoO}_6$. Het Co-ion in NMC111 heeft de lading $3+$.

- 2p **15** Leid de lading af van het mangaan-ion in NMC111. Gebruik Binas-tabel 40A of ScienceData-tabel 8.1.

De methode die de Zweedse onderzoekers bedachten, is op de uitwerkbijlage bij vraag 21 met een onvolledig blokschema weergegeven. Als eerste wordt het elektrodemateriaal fijngemalen en gezeefd. Het verkregen mengsel wordt 'zwarte massa' genoemd. De zwarte massa wordt in reactor 1 (R1) met oxaalzuur-oplossing gemengd. Het mengsel in R1 wordt intensief geroerd, zie figuur 1. NMC111 uit de zwarte massa reageert met oxaalzuur.

figuur 1

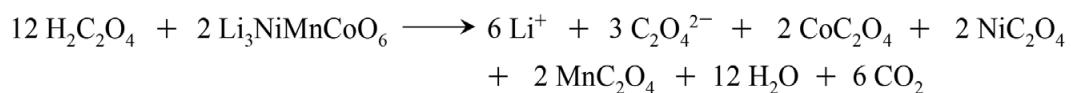


Als het elektrodemateriaal is fijngemalen, hoeft het minder lang in de reactor te verblijven voor volledige omzetting dan wanneer het niet fijngemalen zou zijn. Dit kan met het botsende-deeltjesmodel worden verklaard.

2p **16** Geef deze verklaring.

De vergelijking van de reactie van NMC111 met oxaalzuur is als volgt:

reactie 1



Lithium-ionen blijven in oplossing. De andere metaal-ionen vormen met oxalaat-ionen vaste stoffen. De gevormde zouten van positief geladen metaalionen en $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ -ionen worden oxalaten genoemd. Reactie 1 is zowel een zuur-basereactie als een redoxreactie.

1p **17** Geef de formule van het deeltje in NMC111 dat als base optreedt in de zuur-basereactie.

De lading van het kobalt-ion in NMC111 is 3+.

2p **18** Leg uit, aan de hand van de ladingsverandering van de kobaltdaeltjes, of de kobalt-ionen in NMC111 in reactie 1 als oxidator of als reductor reageren. Noteer je antwoord als volgt:

- lading van het kobalt-ion in CoC_2O_4 : ...
- uitleg en conclusie: ...

In R1 reageert oxaalzuur ook met aluminium uit het elektrodemateriaal. Hierbij ontstaat opgelost aluminiumoxalaat (reactie 2). Reactie 1 en 2 vinden tegelijk plaats. Het gevormde CO_2 verlaat de reactor.

Het gevormde reactiemengsel wordt in scheidingsruimte 1 (S1) gefiltreerd. In het filtraat zijn vooral opgeloste lithium-, aluminium- en oxalaat-ionen aanwezig. Het residu bevat vooral de andere metaaloxalaten.

In een experiment met 1,25 gram zwarte massa was de verblijftijd in R1 60 minuten. Het massapercentage lithium in de zwarte massa was 3,4%. Het rendement waarmee lithium-ionen in het filtraat terechtkwamen was 98,8%.

- 4p 19 Bereken de gemiddelde snelheid in mol s^{-1} waarmee lithium-ionen in het filtraat terechtkwamen vanuit de zwarte massa.
Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.

In reactor 2 (R2) wordt een overmaat natronloog toegevoegd aan het filtraat afkomstig uit S1. De hydroxide-ionen uit natronloog reageren met de aluminium-ionen tot een vast zout dat bestaat uit aluminium-ionen en hydroxide-ionen. De lithium-ionen en oxalaat-ionen blijven opgelost. Door filtratie in scheidingsruimte 2 (S2) kan aluminiumhydroxide als residu worden verkregen.

- 3p 20 Geef de vergelijking van de reactie voor de vorming van vast aluminiumhydroxide. Gebruik toestandsaanduidingen.

Ten slotte wordt in reactor 3 (R3) een overmaat van een natriumcarbonaat-oplossing toegevoegd. Zo ontstaat het slecht oplosbare lithiumcarbonaat. Na filtratie in scheidingsruimte (S3) wordt lithiumcarbonaat als residu verkregen. Lithiumcarbonaat kan dienen als grondstof voor het maken van nieuwe accu's.
Op de uitwerkbijlage ontbreken stofstromen en bijschriften bij de stofstromen.

- 3p 21 Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet.
- Teken de pijlen van de ontbrekende stofstromen.
 - Noteer op de stippellijntjes en bij de zelf getekende pijlen de juiste nummers van de onderstaande stoffen.
 - 1 natronloog
 - 2 oplossing van lithium-ionen
 - 3 oplossing van natriumcarbonaat
 - 4 oplossing van oxalaat-ionen
 - 5 vast aluminiumhydroxide
 - 6 vast lithiumcarbonaat
 - Sommige nummers moeten meerdere keren worden gebruikt.
 - Bij de pijl met een * hoeft geen nummer te worden genoteerd.