

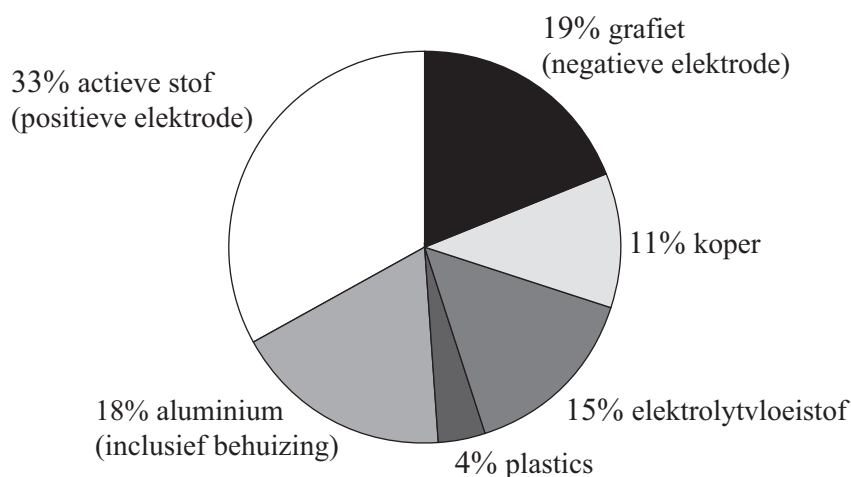
Lithium-ion-accu's recyclen

In steeds meer elektrische voertuigen zitten lithium-ion-accu's (LIA's). Daardoor neemt ook het afval van afgedankte LIA's toe. Afgedankte LIA's moeten apart ingezameld worden. De elektrolytvloeistof bevat namelijk de stof LiPF_6 , die gemakkelijk reageert met water. Bij deze reactie ontstaan lithiumfluoride en de giftige stoffen waterstoffluoride (HF) en fosforylfluoride (POF_3).

- 3p 17 Geef de vergelijking van deze reactie van LiPF_6 met water.

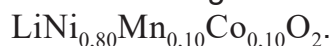
De ingezamelde LIA's kunnen worden gerecycled, om zo min mogelijk metalen verloren te laten gaan. Figuur 1 toont de samenstelling van een bepaald type LIA met aluminium behuizing.

figuur 1



De positieve elektrode van dit type LIA bevat een actieve stof met lithium-ionen, nikkel-ionen, mangaan-ionen en kobalt-ionen.

De verhoudingsformule kan als volgt worden genoteerd:



- 2p 18 Bereken de molaire massa in gram per mol van $\text{LiNi}_{0,80}\text{Mn}_{0,10}\text{Co}_{0,10}\text{O}_2$.

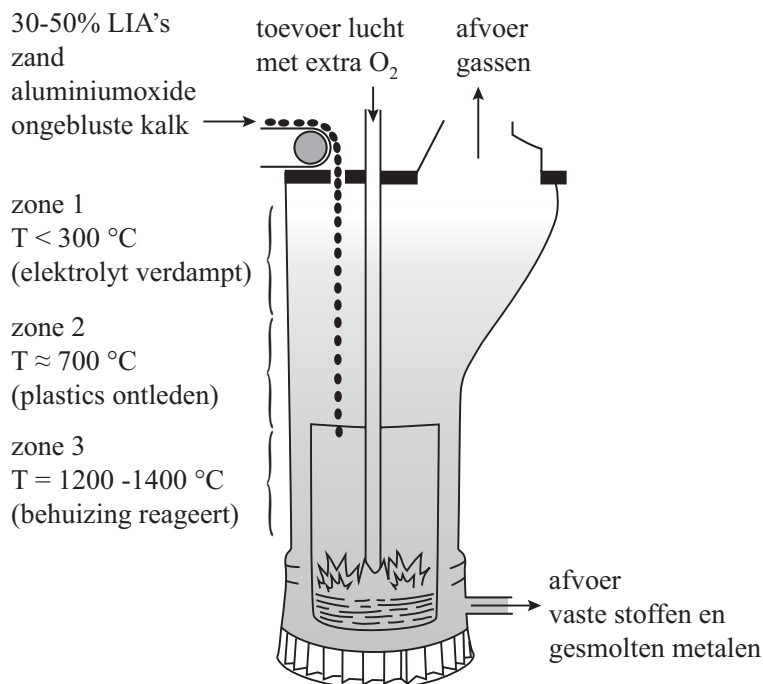
Afgedankte LIA's zijn vaak nog deels opgeladen. Voordat de LIA's worden gerecycled, worden ze ontladen. Dit kan door ze in een oplossing van natriumchloride in water te leggen. Beide elektroden moeten contact maken met de oplossing.

- 2p 19 Leg uit waarom de LIA niet ontladst in zuiver water, maar wel in water met opgelost natriumchloride. Verwerk in je uitleg het soort deeltjes dat hierbij een rol speelt.

Het Belgische bedrijf Umicore heeft een proces ontwikkeld om nikkel en kobalt terug te winnen uit LIA's. Dit proces maakt gebruik van een oven met drie temperatuurzones (vereenvoudigd weergegeven in figuur 2).

De LIA's worden samen met zand, aluminiumoxide en ongebluste kalk van bovenaf in de oven gebracht. In elke zone vindt een ander onderdeel van het recyclingproces plaats. De gassen die in zone 1, 2 en 3 ontstaan, stijgen op en worden verzameld voor verdere reiniging. Gedurende het verblijf in de oven zakken vaste stoffen en vloeistoffen naar beneden en komen ze in een steeds hetere omgeving.

figuur 2



Op de uitwerkbijlage staat een tabel over aluminium.

- 2p **20** Vul de vier ontbrekende gegevens aan in de tabel op de uitwerkbijlage **en** geef aan in welke fase de stof aluminium zich bevindt in zone 2. Gebruik figuur 2 en Binas-tabel 40a of ScienceData-tabel 8.1.

De hoge temperatuur in zone 3 wordt bereikt door de exotherme reactie tussen aluminium en zuurstof (reactie 1).



Op de uitwerkbijlage is het energiediagram van reactie 1 onvolledig weergegeven. In dit energiediagram ontbreekt het niveau van het reactieproduct.

- 3p **21** Voer op de uitwerkbijlage de volgende opdrachten uit:
- Bereken de reactiewarmte (ΔE) in J per 4 mol aluminium van reactie 1. Gebruik Binas-tabel 57 of ScienceData-tabel 9.2.
 - Teken in het energiediagram het ontbrekende energieniveau van aluminiumoxide, met bijschrift.
 - Geef ΔE op de juiste plaats in het energiediagram aan.

Aan de onderkant van de oven stroomt een mengsel van vaste stoffen (Li_2CO_3 en Al_2O_3) en een vloeibare legering van koper, kobalt en nikkel naar buiten. De vaste stoffen drijven op de vloeibare legering en kunnen gescheiden worden van de legering. Dit kan worden opgevat als bezinken.

- 1p **22** Geef aan op welk verschil in stofeigenschap de scheidingsmethode bezinken berust.

De legering van koper, kobalt en nikkel wordt vervolgens na enkele extractie-stappen gebruikt om nieuwe actieve stof voor de positieve elektrode te maken. Een voorbeeld van zo'n stap is een behandeling met zoutzuur. Hierbij reageert zoutzuur met kobalt tot waterstofgas en een oplossing met Co^{2+} -ionen en Cl^- -ionen.

- 3p **23** Geef de vergelijking van deze reactie van zoutzuur met kobalt.