

De productie van lithium

De vraag naar lithium neemt sterk toe. Het wordt steeds meer verwerkt in batterijen en in accu's van elektrische auto's. Drooggevallen zoutmeren in het Andesgebergte bevatten het grootste deel van de winbare wereldvoorraad lithium. Diep onder het oppervlak van deze zoutlagen bevinden zich holtes die zich gevuld hebben met water dat verzadigd is met natriumchloride. De oplossing bevat tevens magnesium-, kalium- en lithiumzouten. Het lithiumgehalte van de oplossing kan wel 1 g L^{-1} bedragen. De oplossing wordt opgepompt en in bassins door zonnewarmte langzaam ingedampd totdat het lithiumgehalte van de oplossing minstens 5 g L^{-1} bedraagt. Door het indampen stijgt ook de verhouding tussen de concentraties van de lithium- en natriumionen.

- 3p 18 Leg uit dat door indampen de verhouding $\frac{[\text{Li}^+]}{[\text{Na}^+]}$ toeneemt. Neem aan dat de ingedampte en opgepompte oplossing dezelfde temperatuur hebben.

In de bijlage bij dit examen is in een blokschema vereenvoudigd weergegeven hoe in een continu proces zuiver lithiumcarbonaat verkregen wordt uit de ingedampte oplossing.

In het proces wordt onder andere gebruikgemaakt van de eigenschap dat de oplosbaarheid van lithiumcarbonaat bij $100 \text{ }^\circ\text{C}$ kleiner is dan bij $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Het blokschema bevat reactoren (R) en filters (F). Bij elk filter geeft de pijl omlaag het filtraat weer en de horizontale pijl het residu.

De reacties in R1 en R2 vinden plaats bij $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

In R1 worden vooral de magnesiumionen uit de oplossing verwijderd. In R2 wordt vast lithiumcarbonaat toegevoegd aan de oplossing die uit F1 komt zodat de calciumionen uit de oplossing worden verwijderd.

Aan de oplossing die uit F2 komt, wordt natriumcarbonaat toegevoegd en R3 wordt op een hogere temperatuur gebracht. Daardoor ontstaat in R3 vast lithiumcarbonaat. Het residu uit F3 bestaat uit vast lithiumcarbonaat met een hoge zuiverheid. Een deel van dit lithiumcarbonaat wordt teruggevoerd in R2. De rest van het lithiumcarbonaat wordt opgeslagen en geleverd aan fabrieken die daaruit lithium produceren.

Bij het proces dat in R3 plaatsvindt speelt het volgende evenwicht een belangrijke rol:



De evenwichtsconstante van dit evenwicht is bij $20 \text{ }^\circ\text{C}$ groter dan bij $100 \text{ }^\circ\text{C}$.

- 2p 19 Geef de evenwichtsvoorwaarde voor dit evenwicht.
- 2p 20 Leg uit, met behulp van de hierboven vermelde gegevens, of de reactie naar rechts van bovengenoemd evenwicht exotherm is of endotherm.

Wanneer in R2 te weinig lithiumcarbonaat wordt toegevoegd verloopt de omzetting in R2 onvolledig.

- 3p 21 Leg uit wat het effect is op
- het rendement van de productie van lithiumcarbonaat
 - op de zuiverheid van lithiumcarbonaat
- wanneer in R2 te weinig lithiumcarbonaat wordt toegevoegd.

De winning van lithium uit lithiumhoudende ertslagen is economisch ook weer interessant geworden. Het belangrijkste lithiumberend is spodumeen, $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$. Volgens de formule $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ zou het massapercentage lithium in spodumeen 3,7% bedragen. Meestal bevat spodumeen een lager massapercentage lithium doordat in het rooster van spodumeen een deel van de lithiumionen is ‘vervangen’ door natriumionen. Het werkelijke massapercentage lithium in spodumeen bedraagt gemiddeld 3,2%.

- 4p 22 Bereken hoeveel procent van de lithiumionen is ‘vervangen’ door natriumionen in spodumeen dat 3,2 massa% lithium bevat. Maak gebruik van de volgende molaire massa's: voor $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ 186,10 g mol^{-1} ; voor $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ 202,15 g mol^{-1} .

Om lithium te produceren uit spodumeen wordt spodumeen eerst vermalen en vervolgens verhit tot boven 1100 °C. Door het verhitten verpulvert het spodumeen. Vervolgens wordt het (afgekoelde) spodumeen vermengd met zwavelzuur en verhit tot 250 °C. Hierbij ontstaat behalve lithiumsulfaat, aluminiumsulfaat en siliciumdioxide nog één andere stof.

- 4p 23 Geef de reactievergelijking voor deze omzetting. Gebruik hierbij voor spodumeen de formule $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$.

Door het toevoegen van water lossen lithiumsulfaat en aluminiumsulfaat op. Uit deze oplossing kan ook lithiumcarbonaat worden bereid volgens het blokschema op de bijlage. Vergeleken met de oplossing die onder de zoutlaag wordt opgepompt, bevat de oplossing veel minder natrium-, magnesium- en chloride ionen en veel meer waterstof-, aluminium- en sulfaationen.

- 3p 24 Leg uit voor elk van de drie ionsoorten (waterstof, aluminium en sulfaat) waar in het blokschema deze ionen worden verwijderd. Gebruik hierbij onder andere Binas-tabel 45.

Uit gegevens in deze opgave kan worden afgeleid dat de productie van lithiumcarbonaat uit de opgepompte oplossing goedkoper is dan uit spodumeen.

- 2p 25 Noem twee factoren waardoor de productie uit de opgepompte oplossing goedkoper is dan de productie uit spodumeen.

De productie van lithium

blokschema

