

Bij een bepaald industrieel proces ontstaat afvalwater dat Cu^{2+} ionen bevat. Voordat dit afvalwater mag worden geloosd, moet de $[\text{Cu}^{2+}]$ verlaagd worden tot de toegestane waarde. Men heeft een proces ontwikkeld waarbij Cu^{2+} uit het afvalwater wordt verwijderd met behulp van elektrolyse. Deze elektrolyse is zo ontworpen dat al het Cu^{2+} bevattend afvalwater door een sponsachtige koolstofelektrode S stroomt; hierin wordt het Cu^{2+} omgezet tot Cu. Er stroomt voortdurend Cu^{2+} bevattend afvalwater in deze sponsachtige elektrode en gezuiverd afvalwater uit de sponsachtige elektrode. De andere elektrode P is een koolstofplaat, waarlangs een oplossing van een elektrolyt wordt gepompt. Om menging van de vloeistofstromen in het elektrolysevat te voorkomen, is een membraan aangebracht.

- 4p **12** □ Teken de hierboven beschreven elektrolyse-opstelling schematisch. Geef in deze tekening de volgende onderdelen weer:
- het elektrolysevat;
 - de spanningsbron en de verbindingkabels van de spanningsbron naar de elektroden;
 - de sponsachtige koolstofelektrode S als een gearceerd deel van het elektrolysevat; geef ook aan of deze elektrode verbonden is met de pluspool of met de minpool van de spanningsbron;
 - de koolstofelektrode P; geef ook aan of deze elektrode verbonden is met de pluspool of met de minpool van de spanningsbron;
 - het membraan als een stippellijn;
 - de vloeistofstromen die het elektrolysevat in- en uitgaan als pijlen met de bijchriften:
 - Cu^{2+} bevattend afvalwater
 - gezuiverd afvalwater
 - elektrolytoplossing in
 - elektrolytoplossing uit.

Bij de uitvoering van zo'n zuiveringsproces wil men uit afvalwater 100 gram Cu^{2+} per m^3 afvalwater verwijderen. Van de stroom die door de elektrolysecel gaat, wordt 45 A (A betekent ampère; 1 ampère = 1 coulomb per seconde) gebruikt voor de omzetting van Cu^{2+} tot Cu. Uitgaande van deze gegevens kan men berekenen hoeveel m^3 afvalwater men per uur door de reactor kan leiden om de gewenste zuivering te bereiken.

- 4p **13** □ Geef deze berekening. Gebruik hierbij onder andere tabel 7 van Binas.

Nadat de elektrolyse in de reactor geruime tijd heeft plaatsgevonden, heeft zich in de koolstofelektrode zoveel koper afgezet dat dit verwijderd moet worden. Daartoe wordt de elektrolyse in de reactor enige tijd gestopt en wordt een aangezuurde oplossing van waterstofperoxide door de sponsachtige koolstofelektrode geleid. Er treedt dan een redoxreactie op waarbij een oplossing ontstaat die Cu^{2+} bevat. Deze oplossing kan weer gebruikt worden als grondstof.

- 3p **14** □ Geef van de bedoelde redoxreactie de vergelijkingen van de beide halfreacties en leid daaruit de vergelijking van de totale reactie af.

Om het koper van de koolstofelektrode in de reactor te verwijderen, kan ook gebruik worden gemaakt van elektrolyse. Deze elektrolyse wordt dan op zo'n manier uitgevoerd dat een oplossing wordt gevormd met een $[\text{Cu}^{2+}]$ die veel hoger is dan de $[\text{Cu}^{2+}]$ van het oorspronkelijke afvalwater.

- 1p **15** □ Welke verandering moet men in de bovenbeschreven elektrolyseopstelling aanbrengen om door elektrolyse het Cu om te zetten tot Cu^{2+} ?
- 1p **16** □ Welke verandering moet men bovendien aanbrengen, zodat een oplossing ontstaat die een veel hogere $[\text{Cu}^{2+}]$ heeft dan het oorspronkelijke afvalwater?