

Batterijspanning

In het dagelijks leven worden er veel batterijen gebruikt om apparaten te laten werken. Een batterij werkt door het verschil in spanning tussen de pluspool en de minpool. Dit spanningsverschil noemen we de **totale spanning** van de batterij. Deze totale spanning wordt lager als je de batterij enige tijd hebt gebruikt. Hierdoor gaat bijvoorbeeld een fietslamp met een batterij op een gegeven moment minder fel branden.

Een van de eerste batterijen werd in 1836 uitgevonden door de Britse scheikundige Daniell. Bij deze batterij werd bij de pluspool koper en bij de minpool zink gebruikt. Deze opgave gaat over zo'n batterij.



De spanningen van de polen van deze batterij zijn te berekenen met de volgende formules:

$$V_{plus} = 0,34 + 0,0296 \cdot \log(k)$$

$$V_{min} = -0,76 + 0,0296 \cdot \log(z)$$

Hierin zijn V_{plus} en V_{min} de spanningen van de polen in volt en k en z de concentraties van koper en zink in molair¹⁾.

De totale spanning van de batterij, $V_{batterij}$, is het verschil tussen de spanningen van beide polen:

$$V_{batterij} = V_{plus} - V_{min}$$

Bij de batterij geldt in het begin dat k en z allebei 1 molair zijn. De totale spanning is dan 1,1 volt. Door het gebruik van de batterij neemt k af en neemt z toe. Als deze batterij enige tijd stroom heeft geleverd geldt $k = 0,7$ en $z = 1,3$.

- 3p **13** Bereken met hoeveel procent de totale spanning van de batterij in dit geval is gedaald. Geef je antwoord in twee decimalen.
- 3p **14** Bereken, zonder gebruik te maken van een getallenvoorbeeld, met hoeveel volt de spanning van de pluspool afneemt als k halveert. Geef je antwoord in vier decimalen.

noot 1 molair is een maat voor het aantal deeltjes per liter

Uit $V_{batterij} = V_{plus} - V_{min}$ en de gegeven formules voor V_{plus} en V_{min} kan de volgende formule worden herleid:

$$V_{batterij} = 1,10 + 0,0296 \cdot \log\left(\frac{k}{z}\right)$$

3p **15** Voer deze herleiding uit.

Het is mogelijk om voor $V_{batterij}$ een formule op te stellen waarin alleen z voorkomt:

$$V_{batterij} = 1,10 + 0,0296 \cdot \log(2z^{-1} - 1), \text{ met } 1 \leq z < 2$$

Doordat z , de concentratie van het zink, toeneemt tijdens het gebruik van de batterij, daalt de totale spanning van de batterij. Dit kan worden aangetoond door te kijken naar de afgeleide functie van $V_{batterij}$. Er geldt (na afronding):

$$\frac{dV_{batterij}}{dz} = \frac{-0,0257}{2z - z^2}$$

4p **16** Toon aan dat deze formule voor $\frac{dV_{batterij}}{dz}$ juist is.

4p **17** Onderzoek met een schets van $\frac{dV_{batterij}}{dz}$ of de daling van de totale spanning tijdens het gebruik van de batterij toenemend of afnemend is.