

## Een papieren lithiumbatterij

### 18 maximumscore 2

Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:

Lithium is reductor. / Lithium staat elektronen af. Dus elektrode A is de negatieve elektrode.

- lithium is reductor / lithium staat elektronen af 1
- juiste conclusie 1

Indien een antwoord is gegeven als: „Lithium is oxidator, dus elektrode A is de positieve elektrode.” of: „(Positieve) lithiumionen stromen naar de (negatieve) elektrode B, dus elektrode A is de positieve elektrode.” of: „Elektrode A is de negatieve elektrode (zonder toelichting of met een onjuiste toelichting).” 0

### 19 maximumscore 1

$\text{PF}_6^-$

### 20 maximumscore 2

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- De ionen ( $\text{Li}^+$  en  $\text{PF}_6^-$ ) kunnen bewegen (tussen de polen).
- De  $\text{Li}^+$  ionen bewegen (van A naar B).

Indien één van de volgende antwoorden is gegeven: 1

- Een zoutoplossing geleidt de elektrische stroom.
- $\text{LiPF}_6$  bestaat uit ionen, dus de oplossing geleidt de elektrische stroom.
- $\text{Li}^+$  en  $\text{PF}_6^-$  ionen geleiden de elektrische stroom.

### 21 maximumscore 3

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Een koolstofatoom kan vier (atoom)bindingen vormen. Daarvoor zijn vier elektronen beschikbaar. In de nanobuisjes vormt elk koolstofatoom drie atoombindingen. Dus elk koolstofatoom heeft één vrij elektron.
- De covalentie van koolstof is 4. In de nanobuisjes gebruikt elk koolstofatoom drie elektronen voor (atoom)bindingen. Dus elk koolstofatoom heeft één vrij elektron.

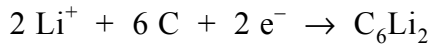
- een koolstofatoom kan vier (atoom)bindingen vormen / de covalentie van koolstof is 4 1
- de koolstofatomen (in de nanobuisjes) vormen drie (atoom)bindingen / gebruiken drie elektronen voor (atoom)bindingen 1
- conclusie 1

| Vraag | Antwoord | Scores |
|-------|----------|--------|
|-------|----------|--------|

*Opmerking*

Wanneer een antwoord is gegeven als: „Een koolstofatoom heeft zes elektronen. In de nanobuisjes worden per koolstofatoom drie elektronen gebruikt voor (drie) atoombindingen. Dus per koolstofatoom zijn drie elektronen beschikbaar als vrije elektronen.”, dit goed rekenen.

**22 maximumscore 3**



- $\text{Li}^+$  en C voor de pijl en  $\text{C}_6\text{Li}_2$  na de pijl 1
- $\text{e}^-$  voor de pijl 1
- juiste coëfficiënten 1

Indien in een overigens juiste vergelijking  $2 \text{e}^-$  na de pijl staat 2

Indien de vergelijking  $\text{C}_6 + 2 \text{Li}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{C}_6\text{Li}_2$  is gegeven 2

Indien de vergelijking  $\text{C}_6 + 2 \text{Li} \rightarrow \text{C}_6\text{Li}_2$  is gegeven 0

**23 maximumscore 2**

Een juiste berekening leidt tot de uitkomst  $5,83 \cdot 10^{-3}$  (mol).

- berekening van het aantal mol C in 210 mg C: 210 (mg) delen door  $10^3$  (mg  $\text{g}^{-1}$ ) en delen door de massa van een mol C (12,01 g) 1
- berekening van het aantal mol elektronen (= het aantal mol Li): het aantal mol C delen door 6 en vermenigvuldigen met 2 1

*Opmerking*

Wanneer een onjuist antwoord op vraag 23 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 22, dit antwoord op vraag 23 goed rekenen, tenzij als antwoord op vraag 22 een vergelijking is gegeven waarin de molverhouding tussen C en Li en  $\text{e}^-$  1 : 1 : 1 is; in dat geval het scorepunt van het tweede bolletje niet toekennen.

**24 maximumscore 2**

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Bij het opladen van de batterij moeten alle (aan de koolstofelektrode) gevormde lithiumatomen weer worden omgezet tot lithiumionen en (tegelijktijd) de (uit de lithiumelektrode) gevormde lithiumionen worden omgezet tot lithiumatomen (zodat de oorspronkelijke situatie hersteld is). Dat kan omdat alle (bij stroomlevering) gevormde lithiumatomen in de (nanobuisjes van de) koolstofelektrode aanwezig zijn en de gevormde lithiumionen zich aan de lithiumelektrode bevinden. (Er zijn dus geen lithiimdeeltjes ‘verdwaald’ / verloren gegaan.)

- noemen van een eis voor oplaadbaarheid van een batterij 1
- uitleg dat in deze batterij aan de genoemde eis is voldaan 1

| Vraag | Antwoord  | Scores |
|-------|---|--------|
|       | Indien een antwoord is gegeven als: „Voor de omgekeerde reacties zijn de benodigde deeltjes aan/op de elektroden aanwezig en ontstaan de reactieproducten op hun oorspronkelijke plaats (zodat de oorspronkelijke situatie hersteld is).” | 1      |
|       | Indien slechts een antwoord is gegeven als: „Bij het opladen treden de omgekeerde reacties op.” of: „De reacties (die optreden tijdens de stroomlevering) zijn omkeerbaar.”   | 0      |