

Groene stroom

Groene planten zetten tijdens de fotosynthese lichtenergie om tot chemische energie. De vergelijking van deze reactie is hieronder weergegeven:



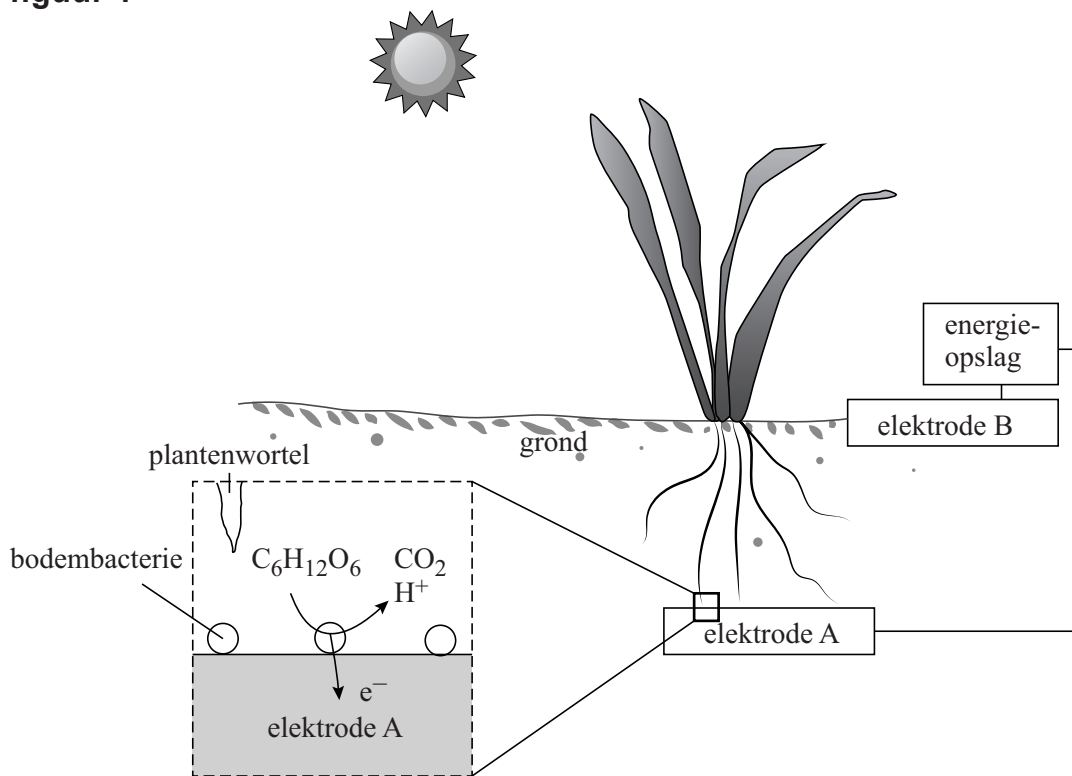
- 3p **6** Bereken hoeveel joule lichtenergie nodig is voor de vorming van een mol glucose (bij $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$). Maak hierbij gebruik van Binas-tabel 57 of ScienceData-tabel 9.2 en gebruik voor de vormingswarmte van glucose $-12,74 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.

Glucose wordt door planten gebruikt als brandstof en als bouwstof voor allerlei organische verbindingen. Zo wordt het polymeer cellulose gevormd door polycondensatie van glucose. Hierbij ontstaat ook water.

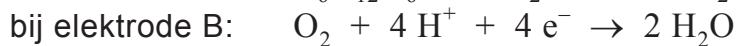
- 2p **7** Geef de vergelijking van deze polycondensatie in molecuulformules. Gebruik voor cellulose de formule $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$.

Planten geven via de wortels een aanzienlijk deel van hun organische verbindingen af aan de bodem. Bodembacteriën breken deze verbindingen vervolgens af, waarbij elektronen en H^+ ionen worden overgedragen. Het bedrijf Plant-e heeft een brandstofcel ontwikkeld die met behulp van deze deeltjes elektrische stroom kan produceren. Deze brandstofcel is in figuur 1 schematisch en vereenvoudigd weergegeven. Hierbij staat $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ symbool voor alle organische verbindingen die door de plantenwortels worden afgegeven. De grond die wordt gebruikt in de brandstofcel is nat en licht zuur.

figuur 1



Het proces in de brandstofcel kan als volgt met halfreacties worden weergegeven:



- 2p 8 Is elektrode A de positieve of de negatieve elektrode? Licht je antwoord toe.

Naima leidt met behulp van bovenstaande vergelijkingen van de halfreacties de totale vergelijking af van de reactie die plaatsvindt in de brandstofcel. Ze concludeert dat de zuurgraad van de bodem als gevolg van het proces in de brandstofcel niet verandert. Meron beweert echter aan de hand van de opgestelde totale vergelijking dat de zuurgraad van de bodem wel verandert.

- 2p 9 Leid met behulp van de vergelijkingen van de halfreacties de totale vergelijking af van de reactie die plaatsvindt in de brandstofcel.
- 2p 10 Geef voor beiden een argument om hun bewering te ondersteunen. Noteer je antwoord als volgt:
argument voor Naima: ...
argument voor Meron: ...

De elektrodes van de brandstofcel zijn gemaakt van grafiet. Grafiet bestaat uit lagen koolstof van één atoom dik. Binnen één laag zijn de koolstofatomen met elkaar verbonden door covalente bindingen. Deze covalente bindingen worden gevormd door elektronen uit de L-schillen van de koolstofatomen. De elektronen uit de L-schillen die niet betrokken zijn bij een covalente binding zorgen voor het elektrisch geleidingsvermogen van grafiet.

- 3p 11 Leg uit hoeveel elektronen per koolstofatoom betrokken zijn bij het elektrisch geleidingsvermogen van grafiet. Betrek in je antwoord het aantal elektronen in de L-schil van een koolstofatoom en ga uit van:
- de afbeelding van (gelaagd) grafiet in Binas-tabel 67E of ScienceData-tabel 11.1f;
 - een koolstofatoom in het midden van een laag in grafiet.

Onder optimale omstandigheden wordt in de brandstofcel slechts 42% van de hoeveelheid chemische energie die door een plant is vastgelegd, omgezet tot elektrische energie.

- 1p 12 Geef een reden waardoor in de brandstofcel slechts een deel van de chemische energie die door planten is vastgelegd, omgezet kan worden tot elektrische energie.

- 2p 13 Bereken het aantal vierkante meter begroeiing dat nodig is om onder optimale omstandigheden een gemiddeld Nederlands huishouden van elektrische stroom te voorzien met het proces van Plant-e. Ga er bij de berekening van uit dat:
- de zon in Nederland circa $3,6 \cdot 10^9$ joule per vierkante meter per jaar levert;
 - planten 5,0% van deze lichtenergie omzetten tot chemische energie;
 - een gemiddeld Nederlands huishouden per jaar $1,2 \cdot 10^{10}$ joule elektrische energie verbruikt.