

## Waterstofproductie

Waterstof ( $H_2$ ) wordt door sommigen gezien als de ideale energieleverende stof van de toekomst. Bij de verbranding van waterstof ontstaan geen milieuvervuilende stoffen.

- 2p **13** Geef de reactievergelijking voor de verbranding van waterstof.

Een bekende manier om waterstof te maken, is de elektrolyse van aangezuurd water.

- 2p **14** Geef de vergelijking van de halfreactie die bij de elektrolyse van aangezuurd water aan de positieve elektrode optreedt en de vergelijking van de halfreactie die aan de negatieve elektrode optreedt.

Noteer je antwoord als volgt:

positieve elektrode: ...

negatieve elektrode: ...

In verschillende onderzoeksgroepen is men op zoek naar andere methoden om waterstof te produceren. In onderstaand tekstfragment staat zo'n methode beschreven.

### tekstfragment

#### **DUURZAME ENERGIE – TNO haalt waterstof uit biomassa**

- 1 TNO heeft samen met zeven andere organisaties een methode ontwikkeld om  
2 waterstof uit biomassa te produceren. Het proces bestaat uit twee reacties. In de  
3 eerste reactor zetten warmteminnende micro-organismen koolhydraten om in  
4 waterstof, koolstofdioxide en organische zuren. Zij doen hun werk in water van  
5 70 °C en bij lage druk. De gevormde waterstof en koolstofdioxide kunnen  
6 continu worden afgevoerd, zodat de activiteit van de micro-organismen niet  
7 wordt geremd. In de tweede reactor gebruiken andere micro-organismen licht  
8 om de zuren uit de eerste reactor om te zetten in  $H_2$  en  $CO_2$ . Samen zorgen de  
9 beide stappen ervoor dat alleen maar waterstof en koolstofdioxide overblijven  
10 van de toegevoerde koolhydraten. Waterstof en koolstofdioxide kunnen  
11 vervolgens op eenvoudige wijze van elkaar gescheiden worden. Planten kunnen  
12 de  $CO_2$  weer gebruiken om te groeien.

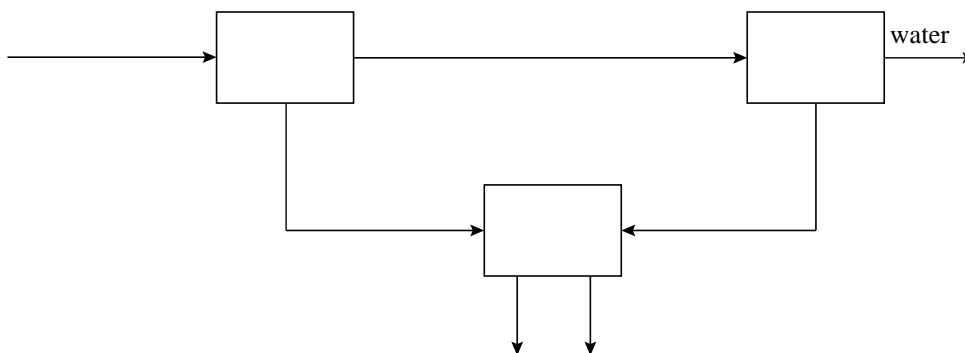
*naar: De Ingenieur*

In reactor 1 vinden verschillende reacties plaats. Eén daarvan is de reactie tussen glucose en water waarbij waterstof, koolstofdioxide en ethaanzuur ontstaan.

- 3p **15** Geef de vergelijking van de reactie tussen glucose ( $C_6H_{12}O_6$ ) en water. Neem daarbij aan dat per molecuul glucose twee moleculen ethaanzuur ontstaan.

Hieronder, en op de uitwerkbijlage, staat de aanzet voor een blokschema waarmee de in het tekstfragment beschreven methode om zuivere waterstof uit koolhydraten te verkrijgen, vereenvoudigd kan worden weergegeven. Het schema bestaat uit drie blokken: twee reactoren en een scheidingsruimte. De stofstromen zijn met pijlen aangegeven.

## blokschema



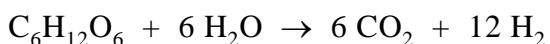
- 3p **16** Vul het blokschema op de uitwerkbijlage aan. Geef elk blok de juiste naam (reactor 1, reactor 2 of scheidingsruimte). Vermeld ook bij elke pijl de betreffende stof(fen):
- koolstofdioxide;
  - (opgeloste) koolhydraten;
  - (opgeloste organische) zuren;
  - waterstof.

Let op: sommige stofnamen moeten meer dan één keer worden gebruikt.

Om het mengsel van koolstofdioxide en waterstof te scheiden, zou men het door een basische oplossing kunnen leiden. Uit bovenstaand blokschema is af te leiden dat dit in dit proces kennelijk niet gebeurt.

- 1p **17** Geef aan hoe dit uit het blokschema blijkt.
- 2p **18** Beschrijf een andere manier om een mengsel van koolstofdioxide en waterstof te scheiden. Geef in je beschrijving ook aan van welk verschil in eigenschappen je gebruikmaakt.

Het totale productieproces dat in het tekstfragment is beschreven, kan worden weergegeven met de volgende reactievergelijking:



- 3p **19** Bereken het aantal kg glucose dat minimaal nodig is voor de productie van 3,0 kg waterstof.

**uitwerkbijlage**

16

