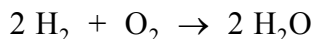


## Waterstofproductie

### 1 maximumscore 2



- uitsluitend  $\text{H}_2$  en  $\text{O}_2$  voor de pijl en uitsluitend  $\text{H}_2\text{O}$  na de pijl 1
- juiste coëfficiënten 1

Indien een vergelijking is gegeven als één van de volgende 0

- $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$
- $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{OH}$
- $2 \text{H}^+ + \text{O}^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
- $\text{H}_2 + \text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
- $2 \text{H} + \text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
- $2 \text{H}_2^+ + \text{O}_2^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$

### 2 maximumscore 2

- positieve elektrode:  $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$  1
- negatieve elektrode:  $2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$  1

Indien één van de volgende antwoorden is gegeven: 1

- positieve elektrode:  $4 \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4 \text{e}^-$
- negatieve elektrode:  $2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$
- positieve elektrode:  $2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$
- negatieve elektrode:  $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$

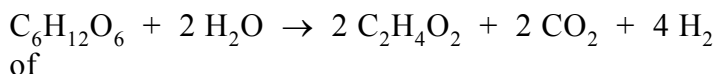
Indien één van de volgende antwoorden is gegeven: 0

- positieve elektrode:  $\text{H}_2 \rightarrow 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$
- negatieve elektrode:  $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$
- positieve elektrode:  $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$
- negatieve elektrode:  $\text{H}_2 \rightarrow 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$

#### Opmerking

Wanneer voor de reactie bij de negatieve elektrode de vergelijking  $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$  is gegeven, dit goed rekenen.

### 3 maximumscore 3



- $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  en  $\text{H}_2\text{O}$  voor de pijl, en  $\text{CO}_2$  en  $\text{H}_2$  na de pijl 1
- $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2/\text{CH}_3\text{COOH}$  na de pijl 1
- juiste coëfficiënten 1

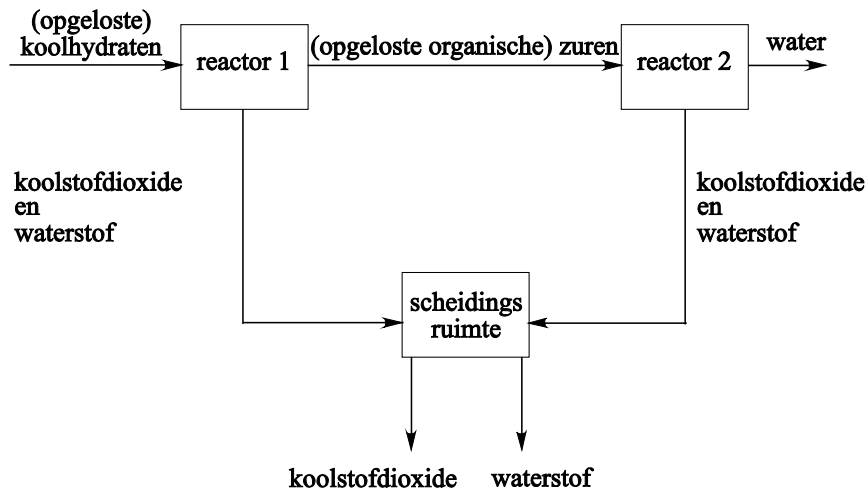
#### Opmerking

Wanneer structuurformules in plaats van molecuulformules zijn gegeven, dit goed rekenen.

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

**4 maximumscore 3**

Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:



- juiste namen in de drie blokken 1
- (opgeloste) koolhydraten vermeld bij de pijl naar reactor 1 en (opgeloste organische) zuren bij de pijl tussen reactor 1 en reactor 2 1
- koolstofdioxide en waterstof vermeld bij de pijlen vanuit reactor 1 en 2 naar de scheidingsruimte en bij de twee pijlen uit de scheidingsruimte koolstofdioxide respectievelijk waterstof vermeld 1

*Opmerkingen*

- Wanneer in een overigens juist antwoord ook koolstofdioxide en waterstof van reactor 1 naar reactor 2 worden geleid, dit niet aanrekenen.
- Wanneer in reactor 1 glucose (en water) wordt (worden) geleid en/of van reactor 1 naar reactor 2 (opgelost) ethaanzuur, dit goed rekenen.
- Wanneer in een overigens juist antwoord in de blokken voor de reactoren niet 'reactor 1' en 'reactor 2' is vermeld, maar bijvoorbeeld de aanduidingen '1' en '2', dit niet aanrekenen.
- Wanneer in een overigens juist antwoord in de blokken voor de reactoren de juiste namen zijn vermeld maar de naam in het blok voor de scheidingsruimte ontbreekt, dit niet aanrekenen.
- Wanneer in plaats van 'koolstofdioxide' en/of 'waterstof' de desbetreffende formules zijn gegeven, dit goed rekenen.

**5 maximumscore 1**

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Er is geen pijl voor de (basische) oplossing in één van de blokken / in het blok voor de scheidingsruimte getekend.

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

**6 maximumscore 2**

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Je kunt het mengsel (sterk) afkoelen, want koolstofdioxide heeft een hoger sublimatiepunt/kookpunt dan waterstof.

- juiste methode genoemd 1
- verschil in eigenschappen juist aangegeven 1

Indien een antwoord is gegeven als: „Je kunt het mengsel destilleren, want koolstofdioxide heeft een hoger kookpunt dan waterstof.” 1

**7 maximumscore 4**

Een juiste berekening leidt tot de uitkomst 20 (kg).

- berekening van het aantal kg waterstof dat nodig is: 300 (km) delen door 110 (km) en vermenigvuldigen met 1,0 (kg per 110 km) 1
- berekening van het aantal mol waterstof dat nodig is: het aantal kg waterstof dat nodig is, vermenigvuldigen met  $10^3$  ( $\text{g kg}^{-1}$ ) en delen door de massa van een mol waterstof (2,016 g) 1
- berekening van het aantal mol glucose dat nodig is: het aantal mol waterstof dat nodig is, delen door 12 1
- berekening van het aantal kg glucose dat nodig is: het aantal mol glucose dat nodig is, vermenigvuldigen met  $10^{-3}$  ( $\text{kg g}^{-1}$ ) en met de massa van een mol glucose (180,2 g) 1

of

- berekening van het aantal kg waterstof dat nodig is: 300 (km) delen door 110 (km) en vermenigvuldigen met 1,0 (kg per 110 km) 1
- berekening van het aantal kmol waterstof dat nodig is: het aantal kg waterstof dat nodig is, delen door de massa van een kmol waterstof (2,016 kg) 1
- berekening van het aantal kmol glucose dat nodig is: het aantal kmol waterstof dat nodig is, delen door 12 1
- berekening van het aantal kg glucose dat nodig is: het aantal kmol glucose dat nodig is, vermenigvuldigen met de massa van een kmol glucose (180,2 kg) 1

of

Vraag	Antwoord	Scores
	<ul style="list-style-type: none"> <li>berekening van het aantal kg waterstof dat nodig is: 300 (kg) delen door 110 (kg) en vermenigvuldigen met 1,0 (kg per 110 kg)</li> </ul>	1
	<ul style="list-style-type: none"> <li>berekening van de massaverhouding <math>\frac{\text{glucose}}{\text{waterstof}} : \frac{180,2}{12 \times 2 \times 1,008}</math></li> </ul>	2
	<ul style="list-style-type: none"> <li>berekening van het aantal kg glucose dat nodig is: het aantal kg waterstof dat nodig is, vermenigvuldigen met de gevonden massaverhouding <math>\frac{\text{glucose}}{\text{waterstof}}</math></li> </ul>	1
	<p>Indien in een overigens juiste berekening volgens de laatste methode is uitgegaan van een massaverhouding <math>\frac{180,2}{2 \times 1,008}</math> of <math>\frac{180,2}{12 \times 1,008}</math></p>	3
	<p>Indien slechts het antwoord <math>\frac{300}{110} \times 1,0 = 0,23</math> (kg) is gegeven</p>	1

*Opmerking*

*Wanneer een berekening is gegeven die neerkomt op:*

$$\frac{300}{110} \times 1,0 \times 180 = 20 \text{ (kg)}, \text{ dit goed rekenen.}$$

**8 maximumscore 2**

Voorbeelden van juiste redenen zijn:

- Bij de vorming van de biomassa die in de TNO methode wordt gebruikt, is CO<sub>2</sub> vastgelegd, zodat deze methode (vrijwel) CO<sub>2</sub> neutraal is.
- De vorming van waterstof door elektrolyse kost meer elektrische energie dan door de waterstof kan worden geleverd.
- In (de tweede stap van) de TNO methode kan zonlicht als energiebron worden gebruikt en bij elektrolyse elektriciteit die (voornamelijk) is opgewekt uit fossiele brandstoffen.
- Om waterstof uit water vrij te maken is (waarschijnlijk veel) meer energie nodig dan om waterstof vrij te maken volgens de TNO methode.

per juiste reden

1

*Opmerking*

*Wanneer als reden slechts is genoemd: „De TNO methode is CO<sub>2</sub> neutraal.” of „De TNO methode is goed voor het milieu.”, hiervoor geen scorepunt toekennen.*