

Solar-Jet

Onderzoekers van het Europese onderzoeksproject Solar-Jet zijn erin geslaagd om met behulp van kunstmatig zonlicht koolstofdioxide en water om te zetten tot syngas. Syngas is een mengsel van de gassen CO en H₂. Vervolgens is het syngas met behulp van een katalysator omgezet tot kerosine.

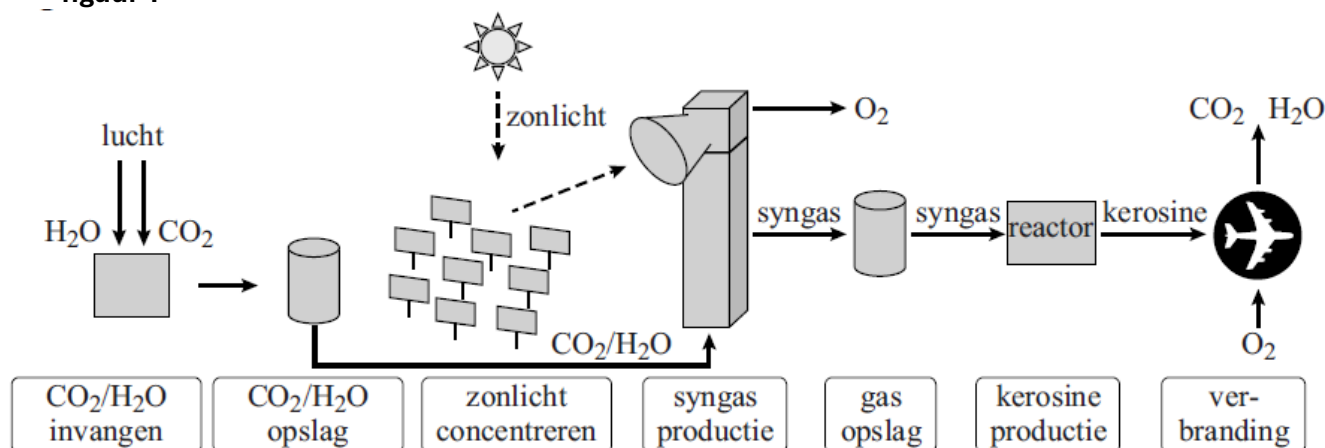
Kerosine is een vliegtuigbrandstof die voornamelijk bestaat uit koolwaterstoffen met 6 tot 16 koolstofatomen.



- 2p 1. Geef de vergelijking van de reactie waarbij CO en H₂ worden omgezet tot de koolwaterstof C₁₂H₂₆ en water.

Het doel van het Solar-Jet-project is het ontwikkelen van een proces waarbij op duurzame wijze vliegtuigbrandstof kan worden gemaakt met behulp van zonlicht. Dit is in figuur 1 schematisch weergegeven.

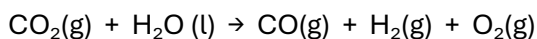
figuur 1



Bij de verbranding van koolwaterstoffen ontstaat koolstofdioxide. De uitstoot van koolstofdioxide heeft een ongewenst effect op het klimaat.

- 1p 2. Geef de naam van dit ongewenste effect.
- 2p 3. Leg uit dat het gebruik van Solar-Jet-kerosine niet bijdraagt aan dit ongewenste effect.

Syngas kan worden geproduceerd door een mengsel van koolstofdioxide en water sterk te verhitten en vervolgens snel af te koelen. De reactie die hierbij verloopt is hieronder weergegeven. Dit is echter geen veilige methode, omdat een gevaarlijk gasmengsel ontstaat.



- 3p 4. Bereken de reactiewarmte in J voor de vorming van een mol CO (bij $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$) volgens bovenstaande vergelijking. Maak hierbij gebruik van BINAS-tabel 57.
- 2p 5. Leg uit waarom het gevormde gasmengsel gevaarlijker is dan syngas, en vermeld daarbij welk extra gevaar daardoor kan ontstaan.

De onderzoekers van het Solar-Jet-project hebben een veilige methode ontwikkeld waarbij het syngas in twee stappen wordt gemaakt met behulp van een speciale reactor. Deze reactor is zo ontworpen dat 94% van de lichtenergie wordt geleid naar een reactieruimte die bekleed is met poreus cerium(IV)oxide (CeO₂).

stap 1:

De reactiekamer wordt met kunstmatig zonlicht verhit tot 1600 °C. Hierdoor treedt een redoxreactie op, waarbij een deel van de cerium(IV)ionen wordt omgezet tot cerium(III)ionen en een deel van de oxide-ionen tot zuurstofmoleculen. Deze reactie is endotherm en kan worden weergegeven met de vergelijking:



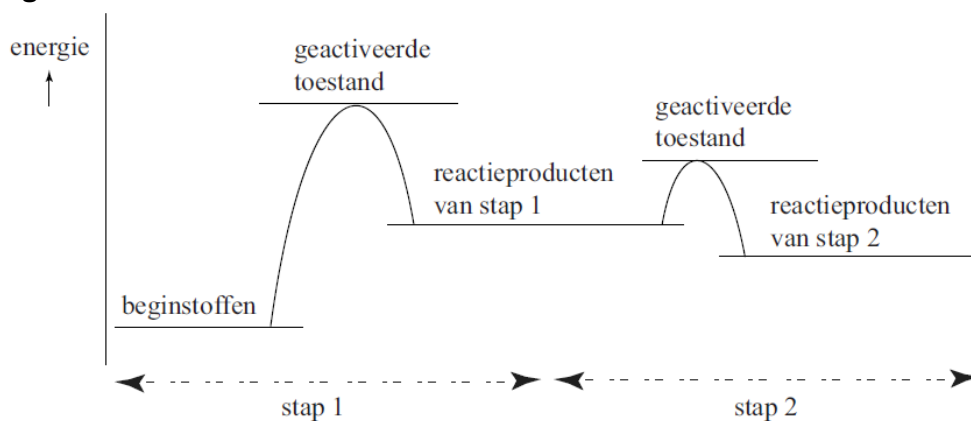
De vrijgekomen zuurstof wordt met argon uit de reactor verdreven.

stap 2:

De reactor wordt gekoeld tot 900°C en gevuld met een mengsel van koolstofdioxide en water. Dit mengsel reageert exotherm met cerium(III)oxide (Ce_2O_3) tot syngas en cerium(IV)oxide (CeO_2). Het syngas wordt afgetapt, waarna stap 1 weer kan plaatsvinden.

- 3p 6. Geef de vergelijking van de reactie die optreedt tijdens stap 2. Neem aan dat CO en H_2 ontstaan in de molverhouding 1:1.

Door het Solar-Jet-proces wordt lichtenergie opgeslagen als chemische energie in de vorm van syngas. Dit proces is in figuur 2 schematisch in één energiediagram weergegeven.

figuur 2

Uit figuur 2 blijkt dat het energieniveau van de stoffen na stap 2 tussen het energieniveau van de stoffen na stap 1, en het energieniveau van de beginstoffen in ligt.

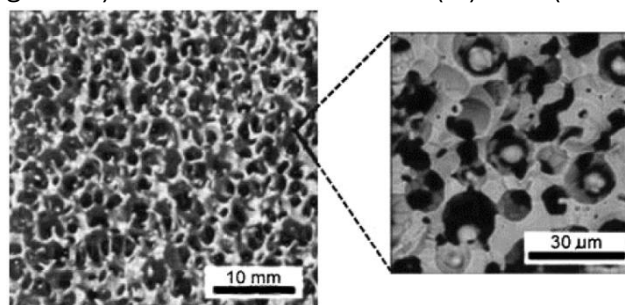
- 2p 7. Licht de onderlinge ligging van deze energieniveaus toe met behulp van de beschrijving van het Solar-Jet-proces.

Noteer je antwoord als volgt:

Het energieniveau van de reactieproducten van stap 2 ligt:

- lager dan het energieniveau van de reactieproducten van stap 1 omdat: ...
- en hoger dan het energieniveau van de beginstoffen omdat:...

De onderzoekers hebben verschillende soorten poreus cerium(IV)oxide getest. Een bepaalde soort cerium(IV)oxide (soort X) is zowel poreus op millimeterschaal (figuur 3a) als op micrometerschaal (de uitsnede in figuur 3b). Een andere soort cerium(IV)oxide (soort Y) is alleen poreus op millimeterschaal.

figuur 3**3a****3b**

Wanneer soort X wordt gebruikt, is de reactiesnelheid tijdens stap 2 veel hoger dan wanneer soort Y wordt gebruikt.

- 2p 8. Leg uit aan de hand van het botsende-deeltjes-model waarom de reactiesnelheid van stap 2 bij gebruik van soort X hoger is.
- 2p 9. Geef aan of cerium(IV)oxide in figuur 3b op microniveau is weergegeven. Licht je antwoord toe.

Hortensia

tekstfragment 1

1 De kleuren van hortensia's zijn over het algemeen 1 rood, roze en wit. De kleur
2 van de bloemen hangt echter af van de bodem: de meeste roze soorten kunnen
3 onder invloed van een aantal factoren verkleuren.
4 In (zure) aluminiumhoudende grond zullen de bloemen van de hortensia blauw
5 kleuren. De pH van de grond moet hiervoor lager zijn dan 5,1. In zure grond
6 kan de hortensia wel aluminium opnemen, in basische grond lukt dat niet.
7 Men kan eventueel aluminium toevoegen aan de grond. Er is bijvoorbeeld
8 speciale 'Hortensia mest voor blauwe hortensia's' in de handel. Dit is een
9 meststof met aluminiumsulfaat of met aluin. Echter, wanneer hortensia's in
10 kalkrijke grond staan, zullen zij ook met deze 'speciale' meststoffen niet of
11 nauwelijks blauw worden.

naar: www.hovaria.com

- 2p 10. Geef de formules van twee deeltjes die, naast water, in elk geval moeten voorkomen in (zure) aluminiumhoudende grond (regels 4 tot en met 6).
- 1p 11. Bereken de concentratie H^+ in mol per liter die hoort bij een pH van 5,1.
- De formule van aluin is $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$.
- 3p 12. Bereken het massapercentage aluminium in aluin. Geef je antwoord in vier significante cijfers.
- Kalkrijke grond bevat $CaCO_3$.
- 2p 13. Leg uit waarom hortensia's in kalkrijke grond niet blauw zullen kleuren (regels 9 tot en met 11).

Spijvertering

Ons voedsel bestaat voor een deel uit eiwitten. Deze eiwitten worden bij de spijsvertering gehydrolyseerd tot aminozuren. Deze hydrolyse begint in de maag. De maaginhoud is zuur doordat cellen in de maagwand 0,17 M zoutzuur afscheiden.

- 2p 14. Geef de $[H^+]$ en de pH van het zoutzuur dat door de cellen in de maagwand wordt afgescheiden. Noteer je antwoord als volgt:
 $[H^+] = \dots \text{ mol L}^{-1}$
 $pH = \dots$
- In het zure milieu van de maag begint het enzym pepsine met de hydrolyse van de eiwitten uit ons voedsel. Bij deze hydrolyse worden peptidebindingen verbroken.
- 1p 15. Geef aan hoe het komt dat een kleine hoeveelheid van het enzym pepsine in staat is een groot aantal peptidebindingen te verbreken.

Aan het gedeeltelijk verteerde voedsel dat uit de maag komt, wordt in de twaalfvingerige darm onder andere sap uit de pancreas (alvleesklier) toegevoerd. Het pancreassap bevat opgeloste zouten en een aantal enzymen. Waterstofcarbonaationen in het pancreassap zorgen ervoor dat het maagzuur wordt geneutraliseerd.

- 2p **16.** Geef de reactievergelijking van de neutralisatie van het zuur uit de maag door waterstofcarbonaationen.

Azijnsoorten

Er zijn verschillende oplossingen bekend die azijnzuur (ethaanzuur, CH_3COOH) bevatten. Hieronder worden vier soorten genoemd.

Azijn is een oplossing die 4,0 gram azijnzuur per 100 mL bevat. Het is als een kleurloze maar ook als een bruine vloeistof te koop. In het laatste geval is karamel toegevoegd. Is het azijnzuur verkregen uit alcohol (de zogenoemde natuurlijke methode) dan gebruikt men wel de aanduiding "*natuurazijn*".

Dubbele azijn bevat ten minste 8,0 gram azijnzuur per 100 mL. Het wordt onder andere gebruikt als schoonmaakazijn.

Kruidenazijn is een azijn waaraan een natuurlijk extract van één of meer kruiden is toegevoegd. In plaats van het extract kunnen ook blaadjes en/of takjes van het kruid worden toegevoegd.

Azijnessence is een vloeistof die 80 gram azijnzuur per 100 mL bevat.

- 2p **17.** Bereken de molariteit van het azijnzuur in azijn.

Een voorbeeld van een kruidenazijn is dragonazijn. Deze kan worden bereid door zogenoemd dragonextract toe te voegen aan natuurazijn. Dragonextract is een heldere oplossing die wordt verkregen uit het kruid dragon door gebruik te maken van de scheidingsmethode extraheren.

- 2p **18.** Beschrijf hoe de extractie kan worden uitgevoerd om dragonextract te verkrijgen.

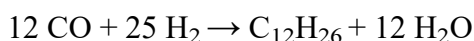
Azijnzuur kan op verschillende manieren langs chemische weg worden gemaakt. Bij een bepaalde methode gaat men uit van calciumcarbide (CaC_2). Door calciumcarbide onder de juiste omstandigheden met water te laten reageren, ontstaan vast calciumhydroxide en ethanal ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$). Om vervolgens azijnzuur te verkrijgen, laat men het ontstane ethanal met zuurstof reageren.

- 3p **19.** Geef de vergelijking van de reactie van calciumcarbide met water waarbij calciumhydroxide en ethanal ontstaan.

Uitgaande van azijnessence kan door het toevoegen van water dubbele azijn worden verkregen.

- 2p **20.** Beschrijf hoe je 1,0 liter dubbele azijn verkrijgt met een azijnzuurgehalte van 8,0 g per 100 mL, wanneer je uitgaat van azijnessence.

EINDE TOETS

**Solar-Jet****1 maximumscore 2****2 maximumscore 1**

Versterkt broeikaseffect

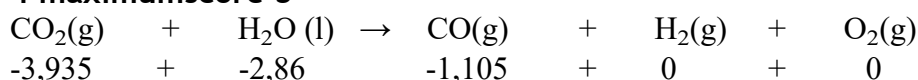
Opmerking:

Het antwoord ‘verzuring’ of ‘zure regen’ wordt fout gerekend, maar ‘verzuring van (oppervlakte)water’ is wel goed.

3 maximumscore 2

Bij de verbranding van Solar-Jet-kerosine ontstaat koolstofdioxide. 1

Maar er is voor de productie van de kerosine (minstens) evenveel koolstofdioxide gebruikt/verbruikt. (Daardoor komt er netto geen koolstofdioxide vrij, zodat het broeikaseffect niet wordt versterkt.) 1

4 maximumscore 3

$$\Delta E = E_{\text{producten}} - E_{\text{beginstoffen}} \rightarrow \Delta E = (-1,105) - (-3,935 + -2,86) = 5,69$$

$$\rightarrow \Delta E = 5,96 \cdot 10^5 \text{ J per mol CO.}$$

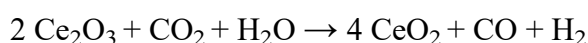
Opmerking:

Een antwoord als ‘ $3,935 + 2,86 - 1,105 = 5,69 \cdot 10^5 \text{ J}$ ’ wordt goed gerekend.

5 maximumscore 2

Het gasmengsel bevat zuurstof. 1

Waterstof / koolstofmonooxide kan explosief met zuurstof reageren. 1

6 maximumscore 3**7 maximumscore 2**

- lager dan (het energieniveau van de reactieproducten van) stap 1 omdat stap 2 exotherm is / er bij stap 2 warmte vrijkomt
- en hoger dan (het energieniveau van) de beginstoffen omdat bij het Solar-Jet-proces (netto) lichtenergie wordt vastgelegd/opgeslagen (als chemische energie) / de (netto) reactiewarmte van het totale proces positief/ $5,69 \cdot 10^5 \text{ (J)}$ is / het totale proces (netto) endotherm is.

8 maximumscore 2

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Het (reactie)oppervlak van soort X is groter dan het (reactie)oppervlak van soort Y. Hierdoor zijn er bij soort X meer effectieve botsingen (per tijdseenheid, waardoor de snelheid van de reactie tijdens stap 2 bij soort X veel hoger is dan bij soort Y).

- Het (reactie)oppervlak van soort X is groter dan het (reactie)oppervlak van soort Y. Hierdoor botsen de koolstofdioxidemoleculen en de watermoleculen vaker, waardoor de kans op effectieve botsingen groter is (en de reactiesnelheid toeneemt).

Opmerking:

In plaats van ‘(reactie)oppervlak’ mag je ook ‘verdelingsgraad’ gebruiken.

9 maximumscore 2

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Cerium(IV)oxide is niet op microniveau weergegeven, want in figuur 4B zijn structuren weergegeven die groter zijn dan ionen.
- Nee, want $30\text{ }\mu\text{m}$ is (veel) groter dan het microniveau.
- Je ziet geen ionen, dus is het geen weergave op microniveau.
- Nee, want in de gaatjes zijn geen moleculen van een gas zichtbaar.

Voorbeelden van een onjuist antwoord zijn:

- $30\text{ }\mu\text{m}$ is heel klein, dus het is weergave op microniveau.
- Ja, want figuur 4b is een weergave op micrometerschaal.
- De foto is gemaakt met behulp van een microscoop, dus het is een weergave op microniveau.
- Het is geen weergave op microniveau want het is een weergave op mesoniveau/macroniveau.
- Het is geen weergave op microniveau, want er is geen gas te zien.

Hortensia

10 maximumscore 2

- H^+ 1
- Al^{3+} 1

11 maximumscore 1

Een juiste berekening leidt tot de uitkomst ($[\text{H}^+] = 10^{-5,1} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ (mol L}^{-1}\text{)}$)

Indien het antwoord is gegeven in meer dan twee significante cijfers 0

12 maximumscore 3

Een juiste berekening leidt, afhankelijk van de berekeningswijze, tot het antwoord 5,687(%) of 5,688(%).

- berekening van de massa van een mol aluin ($474,4\text{ g}$) 1
- berekening van het massapercentage aluminium: $26,98 / 474,4 \times 100\%$ 1
- exact juiste aantal significante cijfers 1

13 maximumscore 2

Een juist antwoord kan als volgt geformuleerd zijn:

Kalk bevat carbonaationen. Carbonaationen reageren als base / maken de grond minder zuur / maken de grond basisch. In basische grond wordt aluminium niet opgenomen (en dit is juist nodig voor blauwkleuring).

of

Kalk reageert als base en maakt de grond minder zuur / meer basisch. In basische grond wordt aluminium niet opgenomen (en dit is juist nodig voor blauwkleuring).

Spijsvertering

14 maximumscore 2

$$[\text{H}^+] = 0,17 \text{ mol L}^{-1}$$

1

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log 0,17 = 0,77$$

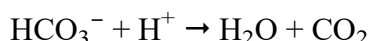
1

15 maximumscore 1

Voorbeelden van juiste antwoorden zijn:

- Pepsine / een enzym is een (bio)katalysator.
- Een enzym (is een katalysator en) wordt (dus) niet verbruikt.

16 maximumscore 2



Azijnsoorten

17 maximumscore 2

Een juiste berekening leidt tot het antwoord 0,67 (mol L⁻¹).

- aantal gram azijnzuur per liter: $(4,0 \text{ (g)} \times 10^3) / 100 \text{ (mL)} = 40 \text{ g}$ 1
- molariteit van azijnzuur: $40 \text{ (g L}^{-1}) / 60,05 \text{ (g mol}^{-1}) = 0,67 \text{ mol L}^{-1}$ 1

18 maximumscore 2

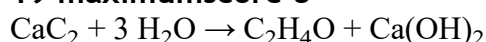
Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Aan het (fijngemaakte) kruid/dragon een geschikt oplosmiddel/water toevoegen. Het mengsel (na enige tijd) filtreren/afschenken. (De verkregen oplossing/het filtraat is het extract.)

Opmerkingen:

- Wanneer een antwoord is gegeven als: „Een takje dragon in de natuurazijn brengen. Na enige tijd het takje verwijderen.”, dit goed rekenen.
- Wanneer een juiste beschrijving van het verkrijgen van dragonextract wordt gevolgd door een beschrijving van het concentreren van het extract (bijvoorbeeld: ‘laten inkoken’ of ‘indampen’), dit goed rekenen.

19 maximumscore 3



20 maximumscore 2

100 mL azijnnessence (met water) aanvullen tot 1,0 liter.

Opmerking

Wanneer een antwoord is gegeven als: „100 mL azijnnessence toevoegen aan 900 mL water.” of „100 mL azijnnessence tien keer verdunnen.”, dit goed rekenen.