

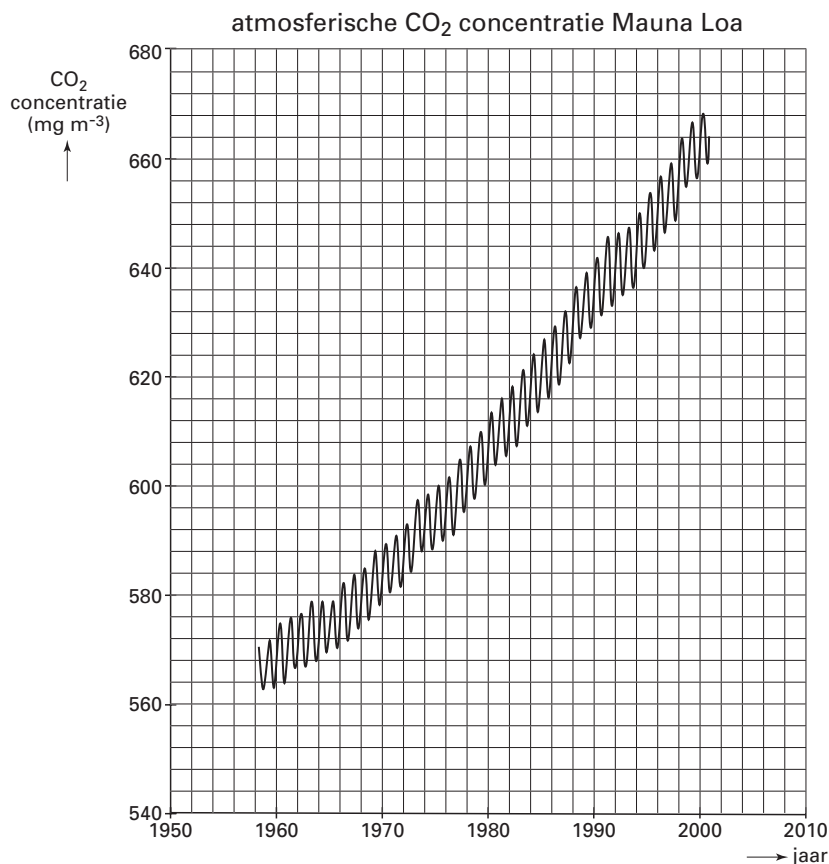
Biowaterstof

Koolstofdioxide draagt bij tot een versterkt broeikaseffect.

De hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer neemt langzaam maar zeker toe.

Op de observatiepost van Mauna Loa (Hawaii) wordt al vanaf 1958 ieder uur van de dag de concentratie koolstofdioxide in de atmosfeer gemeten. De resultaten van die metingen zijn (in mg m^{-3} , omgerekend naar $p = p_0$ en 298 K) verwerkt in figuur 1. De maxima en minima in de zigzaglijn ontstaan door de seizoenen. In het voorjaar is de invloed van de fotosynthese op de hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer anders dan in het najaar.

figuur 1



- 3p 10 Bereken met hoeveel procent de koolstofdioxideconcentratie in de atmosfeer op Hawaii is toegenomen in de periode van 1980 tot 2000.
- 3p 11 Geef de reactievergelijking van de fotosynthese.
- 2p 12 Leg aan de hand van deze reactievergelijking uit of een maximum in de zigzaglijn bij een grotere invloed of bij een kleinere invloed van de fotosynthese op de hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer boven Mauna Loa hoort.

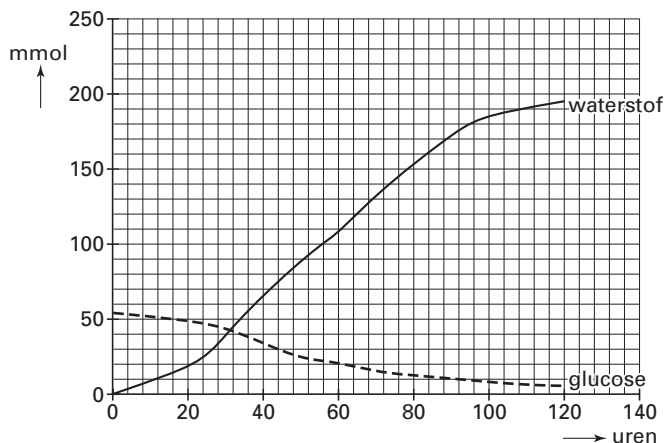
De toename van de hoeveelheid koolstofdioxide door de jaren heen wordt voor een groot deel veroorzaakt door de verbranding van fossiele brandstoffen (steenkool, aardolie, aardgas) om energie op te wekken. Bij de verbranding van waterstof ontstaat geen koolstofdioxide. Daarom is waterstof een aantrekkelijk alternatief om als brandstof gebruikt te worden, vooral wanneer die waterstof uit biomateriaal is ontstaan. Daarom onderzoekt men de productie van waterstof uit biomateriaal. Bij dit onderzoek wordt als biomateriaal een oplossing van glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) gebruikt. Daarbij worden twee reactoren gebruikt. In reactor 1 worden glucose en water omgezet tot azijnzuur (CH_3COOH), koolstofdioxide en waterstofgas. Deze reactie verloopt onder invloed van speciaal geselecteerde bacteriën.

Eindexamen scheikunde 1 vwo 2003-II

havovwo.nl

De hoeveelheid glucose die wordt omgezet in reactor 1 en de hoeveelheid waterstof die daarbij ontstaat, zijn nauwkeurig gemeten. De resultaten staan in figuur 2. Het blijkt dat de molverhouding tussen de omgezette glucose en de gevormde waterstof uiteindelijk 1 : 4 is.

figuur 2



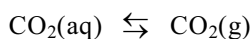
- 2p **13** Leid uit figuur 2 af dat de molverhouding tussen de omgezette glucose en de gevormde waterstof uiteindelijk 1 : 4 is.

Ook de molverhouding waarin de gassen koolstofdioxide en waterstof in reactor 1 ontstaan, is een belangrijk gegeven. Bij een bepaling van deze molverhouding blijkt dat in het gasmengsel het aantal mol waterstofgas twee keer zo groot is als het aantal mol koolstofdioxide.

- 3p **14** Beschrijf globaal de werkwijze van een bepaling van de molverhouding tussen koolstofdioxide en waterstof in het gasmengsel dat uit reactor 1 komt. Geef in de beschrijving onder meer de naam (namen) van de eventueel gebruikte stof(fen) of oplossing(en).
- 3p **15** Leid met behulp van de gegeven molverhoudingen de reactievergelijking af voor de omzetting van glucose en water tot azijnzuur, koolstofdioxide en waterstof. Gebruik in je reactievergelijking molecuulformules.

De inhoud van reactor 1 wordt in een tweede reactor geleid, terwijl de bacteriën in reactor 1 achterblijven. In deze tweede reactor, die de fotoreactor wordt genoemd, zetten andere bacteriën, onder invloed van licht, azijnzuur samen met water om tot koolstofdioxide en waterstof.

Van de gevormde hoeveelheid koolstofdioxide blijft in de fotoreactor ruim 60% in oplossing. In reactor 1 blijft van de gevormde hoeveelheid koolstofdioxide slechts een verwaarloosbare hoeveelheid in oplossing. Dit grote verschil in oplosbaarheid wordt onder andere veroorzaakt doordat de druk in reactor 1 anders is dan de druk in de fotoreactor. Met behulp van het verdelingsevenwicht tussen opgelost koolstofdioxide, $\text{CO}_2(\text{aq})$, en gasvormig koolstofdioxide, $\text{CO}_2(\text{g})$, kan men het verschil in oplosbaarheid van koolstofdioxide verklaren. Dit evenwicht kan als volgt worden weergegeven:



De evenwichtsvoorwaarde voor dit evenwicht luidt: $\frac{p_{\text{CO}_2}}{[\text{CO}_2(\text{aq})]} = K$.

Hierin is p_{CO_2} de partiële druk van koolstofdioxide.

- 3p **16** Leg mede aan de hand van de evenwichtsvoorwaarde uit of, bij dezelfde temperatuur, de partiële druk van CO_2 in reactor 1 groter of kleiner moet zijn dan de partiële druk van CO_2 in de fotoreactor.

Eindexamen scheikunde 1 vwo 2003-II

havovwo.nl

De gasmengsels die uit reactor 1 en uit de fotoreactor komen, worden samengevoegd en gebruikt voor de opwekking van elektrische stroom in een brandstofcel.

- 4p **17** Maak een schets van zo'n brandstofcel. Benoem de onderdelen van de cel. Geef in je tekening ook aan van welk(e) materia(a)l(en) de elektroden zijn gemaakt en wat tijdens de stroomlevering de positieve en de negatieve elektrode is.
- 2p **18** Geef de vergelijkingen van de halfreacties die plaatsvinden aan de positieve en negatieve elektrode. Noteer je antwoord als volgt:
aan de positieve elektrode: ...
aan de negatieve elektrode: ...

Het is de bedoeling om in de toekomst, na de onderzoeksfase, elektrische stroom op te wekken met behulp van waterstof dat geproduceerd is uit snel groeiende planten (bijvoorbeeld olifantsgras). Dat zal een gunstig effect hebben op het broeikas-effect. Zelfs als alle koolstofdioxide die bij deze productie van waterstof ontstaat, in de atmosfeer terecht zou komen, is deze methode een enorme verbetering ten opzichte van het opwekken van elektrische stroom met fossiele brandstoffen.

- 2p **19** Leg dit uit.