

LOVEJOY

Klas	5,6 v
Subdomein	Atoombouw
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Lewisstructuur
Trefwoorden	Ethaandinitril, dikoolstof, komeet
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

NRC Next, 24 oktober 2015



Lovejoy, in groene kometengloed van ethaandinitril

Op deze schitterende foto staat de voorlopig laatste komeet die de Australische amateurastronoom Terry Lovejoy ontdekte. Op 17 augustus 2014 zag hij zijn vijfde in iets meer dan zeven jaar tijd.

Kometen worden naar hun ontdekker vernoemd en nu zijn er dus vijf kometen Lovejoy. Deze heet C/2014 Q2 (Lovejoy). De kern van de komeet - een brok ijs en gesteente, afkomstig uit het buitengebied van ons zonnestelsel - is te klein om zichtbaar te zijn. De blauwgroene 'bol' is een grote wolk van gas dat uit het ijs is ontsnapt toen de komeet dicht bij de zon kwam en opwarmde.

De opvallende kleur komt van ethaandinitril (C_2N_2) en dikoolstof (C_2). Deze gassen zijn normaal kleurloos, maar geven in het (bijna)vacuüm onder invloed van ultraviolet zonlicht een groene gloed af. Ook de ijle 'staart' van de komeet bestaat uit gas. De fletse blauwe gloed wordt toegeschreven aan koolstofmonoxide. Het gas is 'weggeblazen' door de zonnewind - de stroom deeltjes die onze zon voortdurend uitstoot. In januari van dit jaar, toen komeet C/2014 Q2 de aarde relatief dicht naderde, hebben wetenschappers deze onderzocht met de 30-meter radiotelescoop van het Institut de Radioastronomie Millimétrique (IRAM) in de Spaanse Sierra Nevada. De resultaten, die gisteren in *Science Advances* zijn gepubliceerd, laten zien dat de komeet **21** verschillende complexe organische moleculen bevat. De meeste waren al vaker in kometen gedetecteerd. Maar er zitten twee nieuwe bij: ethanol (bekend van de alcoholische dranken) en glycolaldehyde. De twee moleculen zijn eerder al aangetoond in interstellaire gaswolken - de kraamkamers van sterren en planeten. Kometen als **C/2014 Q2** zouden lijken op het oermateriaal waaruit onze aarde is ontstaan.

Eddy Echternach

De komeet C/2014Q2 Lovejoy is één van de vijf kometen die ontdekt zijn door Terry Lovejoy. De kern van de komeet is niet zichtbaar maar de blauwgroene gasbol rondom de kern wel. De opvallende kleur ervan komt van ethaandinitril en dikoolstof. De gassen ethaandinitril en dikoolstof zijn normaal kleurloos.

- 1 Leg uit hoe ze dan toch aan die groene kleur komen.
- 2 Zoek in Binas de groep op die staat voor 'nitril' en teken de structuurformule van ethaandinitril.
- 3 Geef ook de Lewisstructuur (elektronenformule) van ethaandinitril weer.

Ethaandinitril kom je op aarde nauwelijks tegen, dikoolstof echter helemaal niet.

- 4 Geef de Lewisstructuur van dikoolstof.

Dikoolstof is zeer reactief.

- 5 Leg uit waardoor dikoolstof zeer reactief zal zijn.
- 6 Leg uit waarom je, ondanks de hoge reactiviteit, dikoolstof wel in de ruimte kunt aantreffen.

In de ijle staart van de komeet komt het gas CO voor die voor een fletse blauwe gloed zorgt.

- 7 Geef een mogelijke Lewisstructuur voor CO.

Toen de komeet in januari 2015 de aarde relatief dicht naderde, werd de aanwezigheid van twee nieuwe organische moleculen vastgesteld: ethanol en glycolaldehyde.

- 8 Teken de structuurformule van ethanol.
- 9 Zoek in Binas op wat met glycol en met aldehyde bedoeld wordt en teken een mogelijke structuurformule voor glycolaldehyde.
- 10 Wat is het belang van het onderzoek naar de samenstelling van kometen?

Lovejoy

- 1 Ze geven in bijna vacuüm onder invloed van UV-zonlicht een groene gloed af.
- 2 Een nitril is een -CN groep met een drievoudige binding tussen N en C.
Structuurformule ethaandinitril: $\text{N}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{N}$
- 3 Lewisstructuur (elektronenstructuurformule):
 $|\text{N}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{N}|$
- 4 Lewisstructuur (elektronenstructuurformule) :
 $|\text{C}\equiv\text{C}|$ of $\cdot\text{C}\equiv\text{C}\cdot$
- 5 het heeft ongepaarde elektronen en het voldoet niet aan de octetregel.
- 6 In de ruimte is het een bijna vacuüm, dus de kans dat dikoolstof met een ander molecuul botst is zeer klein.
- 7 Elektronenformule CO:
 $|\text{C}\equiv\text{O}|$ of $|\text{C}=\ddot{\text{O}}|$
- 8 Ethanol:
 $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH}$
- 9 Glycolaldehyde: glycol is ethaan-1,2-diol, aldehyde duidt op een C=O groep, dus een mogelijke structuur is:
$$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}=\text{O} \\ | \\ \text{OH} \end{array}$$
- 10 Ze zouden lijken op het oermateriaal waaruit onze aarde is ontstaan.

FRUITBEDRIJF STEVENSBEEK GAAT ZELF DRANK STOKEN

Klas	3,4 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen-reactieproducten
Trefwoorden	Fotosynthese, vergisting, suiker, alcohol, destillatie
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

De Gelderlander, 14 november 2015

Fruitbedrijf Stevensbeek gaat zelf drank stoken



STEVENSBEEK - Leon van Welie uit Stevensbeek gaat samen met zijn ouders Theo en Karin van Welie drank stoken uit hun zelfgekte fruit.

De destilleerderij is al gebouwd. Het fruit is er in overvloed. van de fruitboomgaard met 30.000 bomen. Leon van Welie wordt de jongste destilleerder van Nederland.

40 procent alcohol

Uit de koperen en roestvrijstalen installatie borrelt straks vruchtenalcohol op. Die verwerkt Van Welie in bijvoorbeeld appel- en perenlikeur met een alcoholpercentage van 19 procent. Maar ook in het veel sterkere 'destillaat' van maximaal 40 procent. Dat heet in Frankrijk 'eau de vie' en in Duitsland 'Schnaps'.

Subsidie

Bijzonder is dat Van Welie de alcohol vanaf de basis maakt. "Van vrucht tot borrel. We telen de appels hier op Stevensbeekse bodem. Het hele product komt in de ketel en vervolgens in de fles terecht." Een vernieuwing in de sector die de provincie Brabant met een subsidie van 1 ton stimuleerde.

Extra werk

De Van Welie's genereren met hun nieuwe initiatief mogelijk het nodige nieuwe werk in de regio. Niet alleen bouwen bedrijven uit de buurt mee aan de installatie. Ook als de stokerij eenmaal werkt, kunnen bijvoorbeeld restaurants meeprofitieren. Zij zouden net als in Zuid-Duitsland gebeurt, gerecht kunnen koken die passen bij de nieuwe Stevensbeekse drank.

Leon van Welie gaat uit fruit drank stoken. Het begint in de fruitboomgaard met de groei van de appels.

- 1 Welk proces treedt op bij de groei van appels?
- 2 Geef de reactievergelijking voor de vorming van de suikers in appels.

Volgens het artikel borrelt er straks vruchtenalcohol op in de installatie waarin de appels gisten.

- 3 Geef de reactievergelijking waarbij uit suikers zoals glucose alcohol en koolstofdioxide ontstaan.
- 4 Leg uit waarom er staat: '... borrelt er straks...'.

Het artikel noemt het vergistingsproduct 'vruchtenalcohol'. Uit de vruchtenalcohol worden diverse dranken geproduceerd zoals een drankje met 40% alcohol.

- 5 Hoe kun je uit de vruchtenalcohol een drankje met 40% alcohol maken.
- 6 Op welk principe berust dit proces?

Uiteindelijk wordt de geconsumeerde alcohol in het lichaam weer omgezet in koolstofdioxide en water.

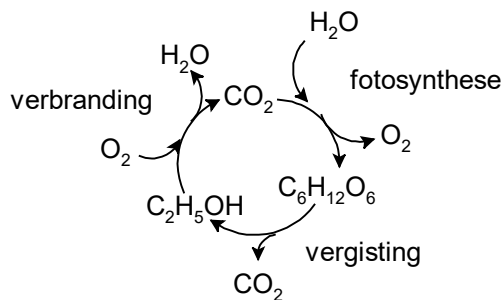
- 7 Welk proces is er dan in het lichaam opgetreden?
- 8 Geef de reactievergelijking van de omzetting van alcohol in je lichaam.
- 9 Licht toe dat hiermee een kringloop gesloten wordt.
- 10 Teken deze kringloop. Vermeld er tevens de namen bij van de processen die in een bepaald deel van de kringloop optreden.

Een kringloop kan een stoffenkringloop of een elementenkringloop zijn.

- 11 Leg uit of de kringloop van vraag 10 een stoffen- of een elementenkringloop is.

Fruitbedrijf Stevensbeek gaat zelf drank stoken

- 1 Het proces waarbij koolstofdioxide en water omgezet worden in glucose en zuurstof onder invloed van zonlicht, dus het fotosyntheseproces.
- 2 $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$.
- 3 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2 \text{ CO}_2$.
- 4 Het borrelt want er ontstaat ook een gas: koolstofdioxide.
- 5 Daartoe destilleer je de vruchtenalcohol.
- 6 Destilleren berust op verschil in kookpunt van stoffen in een mengsel.
- 7 De verbranding van de alcohol.
- 8 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3 \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ CO}_2 + 3 \text{ H}_2\text{O}$.
- 9 Je bent begonnen met koolstofdioxide en water en uiteindelijk is alles weer omgezet in koolstofdioxide en water.
- 10



- 11 Een elementenkringloop want je ziet dat er steeds nieuwe stoffen ontstaan maar dat de elementen (atoomsoorten) behouden blijven.

GROOTSTE CELLULOSE-ETHANOLFABRIEK

Klas	4v, 5hv
Subdomein	Processen en reacties, chemisch rekenen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen, reactieproducten, molberekening
Trefwoorden	Massapercentage, biobased economy, waardepiramide
Vaardigheidsvraag	informatieverwerkingsvraag

www.technischweekblad.nl, 4 november 2015

Grootste cellulose-ethanolfabriek



© DuPont

Chemieconcern DuPont heeft in het Amerikaanse Nevada in de staat Iowa de grootste ethanolfabriek op basis van cellulose geopend.

De fabriek heeft voldoende capaciteit om jaarlijks meer dan 114 miljoen liter bio-ethanol te produceren. De grondstof voor de productie van deze bio-ethanol is maïsstro, het afval van de plant nadat de maïskolven zijn geoogst. Deze brandstof wordt geleverd door bijna vijfhonderd boeren die zich in een straal van bijna 50 km rond de cellulose-ethanolfabriek bevinden; het gaat hierbij jaarlijks om 375.000 ton droge maïsstro.

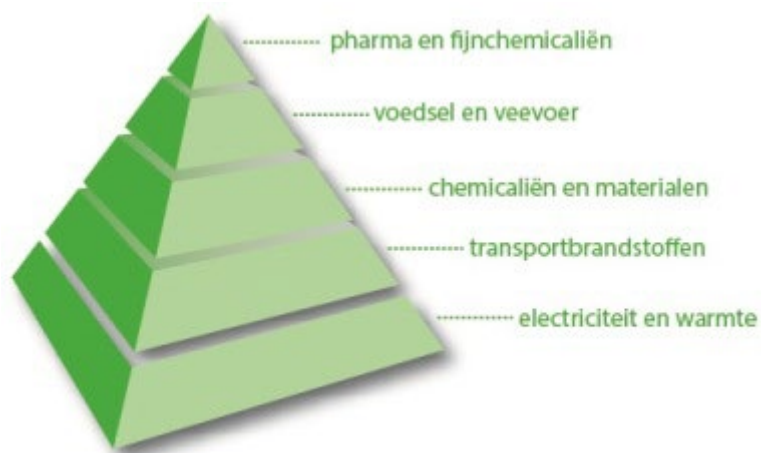
Bioethanol is een biobrandstof.

- 1 Waarom gebruikt men de aanduiding *bio*?
- 2 Waarom produceert men bio-ethanol?

Biobased economy

In een biobased economy maken we optimaal gebruik van biomassastromen zoals hout, gras en groente-, fruit- of bladafval. Deze verwerken we tot waardevolle groene grondstoffen (denk aan veevoer, chemicaliën, bouwmaterialen en bodemverbeteraars) of als bron voor groene energie

(bijvoorbeeld brandstof voor transport, elektriciteit en warmte). Hoe hoogwaardiger we biomassa benutten, des te groter is de toegevoegde waarde voor milieu en economie. Dat kunnen we uitleggen met de ecopiramide:



In deze piramide staat het gebruik van biomassa voor medicijnen en voedsel voorop, gevolgd door chemische grondstoffen, transportbrandstoffen, en tot slot groene elektriciteit en warmte. Biomassa brengt het meeste op als deze relatief eenvoudig – en daarmee kosteneffectief – wordt bewerkt tot een zo hoog mogelijke trap.

Bron: <http://www.binnenlandsbestuur.nl/bestuur-en-organisatie/kennispartners/kplusv-organisatieadvies/biobased-economy-biedt-gemeenten-en-regio-s-volop.9443349.lynkx>

Bekijk de ecopiramide.

- 3 Leg uit of het omzetten van de maisstro in bio-ethanol een opwaardering betekent in de ecopiramide.

Om bio-ethanol te maken uit cellulose moet eerst de cellulose, $(C_6H_{10}O_5)_n$, afgebroken worden tot glucose, $C_6H_{12}O_6$.

- 4 Geef de reactievergelijking in molecuulformules voor de omzetting van cellulose in glucose.
5 Leg uit wat voor type reactie deze omzetting is.

Bio-ethanol wordt gemaakt door vergisting van glucose. Gistcellen zetten glucose om in ethanol, C_2H_6O , en koolstofdioxide.

- 6 Geef de reactievergelijking voor de vergisting van glucose.
7 Leg uit wat voor type reactie deze omzetting is.

Met de gegevens in het artikel kun je antwoord geven op de vraag welk percentage van de maisstro wordt opgewaardeerd in de ecopiramide. Je moet daarvoor uitrekenen wat het massapercentage cellulose in de maisstro is die gebruikt wordt voor de productie van bio-ethanol.

- 8 Bereken hoeveel kmol bio-ethanol geproduceerd is in één jaar.

1 mol glucose levert bij vergisting 2 mol (bio)ethanol.

- 9 Bereken hoeveel kmol glucose nodig is voor de hoeveelheid bio-ethanol die in één jaar wordt geproduceerd.

- 10 Leg uit dat er evenveel kmol monomeer van cellulose als kmol glucose nodig is voor de productie van bio-ethanol.
- 11 Bereken welk massapercentage van de maisstro opgewaardeerd wordt in de ecopiramide doordat het wordt omgezet in bio-ethanol.

Grootste cellulose-ethanolfabriek

- 1 Men maakt de stoffen uit organisch materiaal (biomassa).
- 2 Men is op zoek naar alternatieven voor aardolie waarvan de voorraden eindig zijn. Biomassa wordt op korte termijn steeds opnieuw gevormd.
- 3 Maisstro is afval, men kan dat verbranden en zo energie opwekken. De cellulose in maisstro omzetten in bioethanol betekent dat je het afval opwaardeert naar de volgende trede van de ecopiramide
- 4 $(C_6H_{10}O_5)_n + n H_2O \rightarrow n C_6H_{12}O_6$
- 5 Het is een hydrolyse-reactie want zetmeel reageert met water tot glucose.
- 6 $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_6O + 2 CO_2$
- 7 Het is een ontledingsreactie want uit 1 stof ontstaan twee reactieproducten.
- 8 $114 \cdot 10^6 \text{ L bioethanol} \equiv 114 \cdot 10^6 \text{ (L)} \times 0,80 \text{ (kg/L)} = 91,2 \cdot 10^6 \text{ kg } C_2H_6O \equiv 91,2 \cdot 10^6 / 46,068 = 1,98 \cdot 10^6 \text{ kmol } C_2H_6O$
- 9 $1,98 \cdot 10^6 \text{ kmol } C_2H_6O \equiv 1,98 / 2 = 9,9 \cdot 10^5 \text{ kmol } C_6H_{12}O_6$
- 10 Uit elke monomeereenheid van cellulose ontstaat één molecuul $C_6H_{12}O_6$. Dus er geldt ook 1 kmol monomeer van cellulose $\equiv$ 1 kmol glucose.
- 11 $9,9 \cdot 10^5 \text{ kmol } C_6H_{12}O_6 \equiv 9,9 \cdot 10^5 \text{ kmol } C_6H_{10}O_5 \equiv 9,9 \cdot 10^5 \times 172,14 = 1,704 \cdot 10^8 \text{ kg}$.
 $375.000 \text{ ton maisstro} = 375 \cdot 10^3 \times 10^3 = 3,75 \cdot 10^8 \text{ kg maisstro}$.
Massapercentage opgewaardeerd cellulose in maisstro = $(1,704 \cdot 10^8 / 3,75 \cdot 10^8) \cdot 100\% = 45 \%$

Artikel:

<https://www.technischweekblad.nl/nieuws/grootste-cellulose-ethanolfabriek/item8085/>,

EIWIT MAAKT STEVIA MINDER BITTER

Klas	6v
Subdomein	Chemie van het leven, Deeltjesmodellen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Structuur van koolhydraten, organische naamgeving en structuurformules
Trefwoorden	Zoetstof, koolstofchemie, smaakreceptoren, eiwit, diterpenen
Vaardigheidsvraag	Informatie-begripsvraag

www.c2w.nl, 12 november 2015

EIWIT MAAKT STEVIA MINDER BITTER

Hydrofoob eiwit laat zoete uiteinde ongemoeid

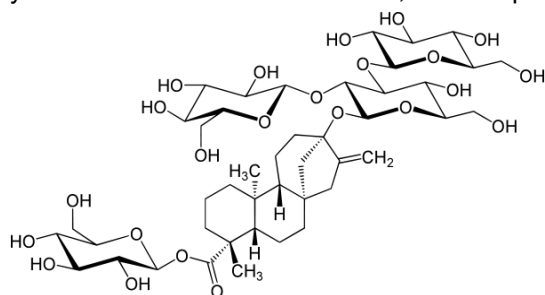
Arjen Dijkgraaf

Met runderserumalbumine kun je wellicht voorkomen dat stevia-zoetstoffen ook bitterreceptoren binden. Daarmee zou het belangrijkste nadeel van deze suikervervangers verholpen zijn, claimen Sy Rizvi en collega's van Cornell University (VS) in het tijdschrift *Food Chemistry*. Door die ongewenste receptorbinding houden sommige mensen een bittere nasmaak over aan voedingsmiddelen die met stevia zijn gezoet. Of je het wel of niet merkt schijnt een kwestie te zijn van genetische aanleg, en het percentage mensen dat er last van heeft is met name voor frisdrankfabrikanten hoog genoeg om heel voorzichtig te zijn met stevia.

Chemische modificatie van de natuurlijke steviolglycosiden uit de steviaplant (*Stevia rebaudiana*) zou uitkomst kunnen brengen maar volgens Rizvi is dat tot nu toe niet zo'n succes.

Daarom probeert hij het fysisch. De steviolglycosiden die stevia zoet maken bestaan uit een aantal glucosegroepen die gebonden zijn aan steviol, een diterpeen. De glucoses binden - uiteraard - aan zoetreceptoren, maar voor zover bitterreceptoren steviolglycosiden binden gebeurt dat via het diterpeen. Dat laatste is hydrofoob terwijl glucose hydrofiel is, dus met een stof die selectief het hydrofobe uiteinde afschermt moet je de bittersmaak weg kunnen krijgen zonder het zoete effect aan te tasten.

Runderalbumine (BSA) zou aan die voorwaarde moeten voldoen. Rizvi probeerde dit eiwit uit in combinatie met puur rebaudioside A, een van de natuurlijke steviolglycosiden in stevia. In sinaasappelsap vormen die twee inderdaad samen een complex waarbij het diterpeen in een hydrofobe holte van het eiwit duikt, zo valt op te maken uit NMR-metingen.

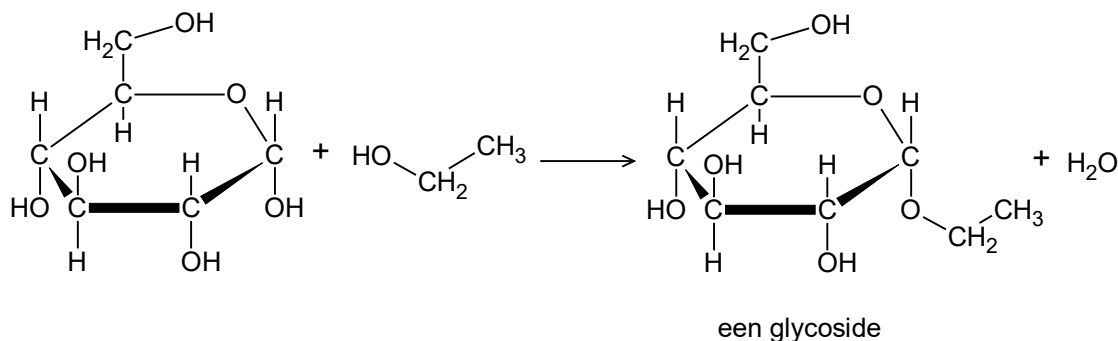


Rebaudioside A.

Van smaaktests is in de publicatie geen sprake, misschien omdat de gebruikte ingrediënten niet officieel goedgekeurd waren voor menselijke consumptie. Maar Rizvi concludeert wél dat deze benadering het verdient om verder te worden uitgewerkt door de frisdrankindustrie.

bron: Cornell

In de steviaplant bevindt zich een aantal zoetsmakende, suikerachtige stoffen die glycosiden heten. Bij een van die glycosiden is in de structuurformule te zien dat van een cyclisch koolhydraatmolecuul het C1 atoom gebonden is via een C—X—C binding aan een ander molecuul. Het X-atoom kan een O, een S of een N-atoom zijn. Hieronder is een voorbeeld gegeven van een glycosidemolecuul gevormd uit een glucose- en een ethanolmolecuul.



- 1 Leg met behulp van Binas tabel 67F uit of je de stof maltose kunt beschouwen als een glycoside.

Op onze tong kunnen zich wel 25 verschillende smaakpapillen bevinden, waarvan er twee reageren op glycosiden uit de steviaplant. Er zijn smaakproeven gedaan met alle glycosiden die zich in de steviaplant bevinden. Het ene glycoside bleek wat bitterder te smaken dan het andere maar geen van alle zijn ze rondt zoet. Uit het feit dat de ervaring met stoffen uit de steviaplant blijkbaar genetisch is, kun je iets afleiden over die receptoren op onze tong.

- 2 Wat kun je afleiden over de receptoren op onze tong?

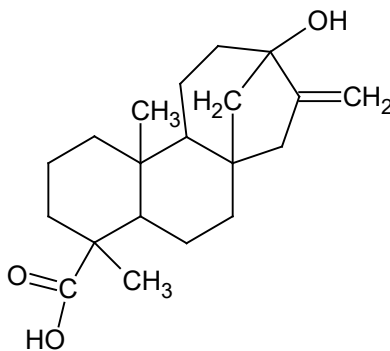
In het artikel staat dat een steviolglycoside bestaat uit een aantal glucose-eenheden, gebonden aan steviol, een diterpeen. Een diterpeen bestaat uit 4 eenheden isopreen (2-methyl-buta-1,3-dieen).

- 3 Teken de structuurformule van isopreen.
- 4 Geef de molecuulformule van isopreen.

De molecuulformule van een diterpeen is $C_{20}H_{32}$.

- 5 Leg uit hoe vier eenheden isopreen een diterpeen kunnen produceren.

In figuur 1 staat de structuurformule van het steviolmolecuul. Hierin zijn de meeste C-atomen en H-atomen niet getekend.



Figuur 1 Structuurformule steviol

Het is duidelijk dat, om een steviolmolecuul te vormen, het diterpeen op twee plaatsen als reductor heeft gereageerd. Hierbij zijn een zuurgroep en een alcoholgroep zijn ontstaan.

- 6 Bepaal met behulp van de molecuulformule dat het steviolmolecuul inderdaad uit vier isopreen-eenheden kan ontstaan ontstaan.
- 7 Bepaal met behulp van de structuurformule van *rebaudioside A* in het artikel met hoeveel glucose eenheden het steviolmolecuul is verbonden.
- 8 Leg uit via welke kenmerkende groepen het steviolmolecuul met de glucose-eenheden is verbonden.

Stevia als zoetstof levert in je lichaam geen calorieën.

- 9 Leg uit hoe dit mogelijk is, terwijl het steviolmolecuul toch glucose-eenheden bevat.

De zoetstoffen in stevia zijn ongeveer 300 keer zo zoet als suiker. De ADI-waarde van stevia is vastgesteld als 4 mg/kg lichaamsgewicht. Iemand weegt 60 kg en gebruikt per dag gemakkelijk 5 klontjes suiker van ieder 8 gram.

- 10 Bereken of die persoon de ADI-waarde van stevia overschrijdt als je de suiker geheel vervangt door stevia.

Volgens het artikel zal het diterpeencentrum van het steviolmolecuul binden aan de bitterreceptoren in de tong.

- 11 Verklaar waarom het diterpeencentrum en niet de rest van het molecuul bindt aan de bitterreceptoren in de tong.

Met chemische modificatie heeft men niet het gewenste effect op de smaak (niet meer bitter) bereikt.

- 12 Leg uit welk deel van het molecuul gemodificeerd zou moeten worden en waarom dit moeilijk is.
- 13 Leg uit welke methode is gekozen om toch het hydrofobe gedeelte van het molecuul af te schermen.

Eiwitmoleculen hebben een primaire, secundaire en tertiaire structuur.

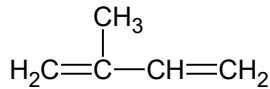
- 14 Leg uit welke structuur van het eiwit is gebruikt om de bittere smaak van smaakstoffen uit de steviaplant te verminderen.
- 15 Verwacht je dat er spoedig frisdranken op de markt komen die met stoffen uit de steviaplant gezoet zijn?

Een journalist maakt vaak gebruik van korte pakkende titels bij artikelen. De subtitel van dit artikel luidt: "Hydrofoob eiwit laat zoete uiteinde ongemoeid"

- 16 Leg uit dat een molecuul geen zoet gedeelte kan hebben.
- 17 Herformuleer de subtitel zo dat de inhoud chemisch gezien klopt. Hij mag meer woorden omvatten.
- 18 Leg uit dat de titel 'Eiwit maakt stevia minder bitter' een uitspraak op macroniveau is.
- 19 Herformuleer de titel zo dat er alleen micro niveau gebruikt wordt. Hij mag meer woorden omvatten.

Eiwit maakt stevia minder bitter

- 1 Volgens de gegeven definitie is ook maltose (en in feite iedere disacharide en polysacharide) een glycoside, omdat in maltose een glucosedeel via de C1 aan een ander glucosedeel is gebonden.
- 2 Blijkbaar zijn niet bij alle mensen het aantal en de hoeveelheid van de receptoren gelijk.
- 3



- 4 C_5H_8
- 5 In een isopreen molecuul bevinden zich dubbele bindingen. Door additiereacties tussen de isopreen moleculen kunnen er moleculen ontstaan met een molecuulformule, die een veelvoud is van C_5H_8 . Dus $4 \times \text{C}_5\text{H}_8$ vormt $\text{C}_{20}\text{H}_{32}$.
- 6 De molecuulformule van steviol is $\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}_3$. Er zijn twee H's minder dan je zou verwachten. Dit komt door de C=O groep in plaats van een CH_2 groep..
- 7 Er zijn vier moleculen glucose verbonden aan het steviolmolecuul.
- 8 De zuurgroep van een steviolmolecuul heeft gereageerd met de OH-groep aan het C1 atoom van één glucose-eenheid, dit geeft een estergroep. De OH-groep van het steviolmolecuul heeft gereageerd met een OH-groep van het C1-atoom van een tweede glucose-eenheid: -C-O-C- (een ethergroep). Let op: de tweede glucose-eenheid is gedraaid.
- 9 De glucose-eenheden zitten nu in een ander molecuul, dat blijkbaar niet met behulp van enzymen kan worden gehydrolyseerd. De vorm van het molecuul is anders dan de vorm van sacharose, suiker. Het verlaat dus onveranderd je lichaam.
- 10 Je hebt nodig: $40 \cdot 10^3 / 300 = 133$ mg stevia om alle suiker te vervangen. Je mag hebben $60 \times 4 = 240$ mg. Je zit dus onder de ADI-waarde.
- 11 Glucose en geen enkele andere sacharide smaken bitter. Dus de vorm van glucose, fructose et cetera past niet op de bitterreceptoren. Dan moet het dus het diterpeengedeelte zijn dat past op de bitterreceptoren.
- 12 Je moet dus het stevioldeel van het molecuul modificeren. Dit is een hydrofoob gedeelte met alleen C-C en C-H bindingen. Daardoor is er weinig reactiemogelijkheid.
- 13 Het steviol wordt gemengd met een eiwit dat ook een hydrofoob deel in het molecuul heeft. Wanneer het mengsel in een waterige oplossing wordt gebracht ontstaat er een complex waarbij het stevioldeel van het molecuul wordt 'opgeborgen' in een hydrofobe holte van het eiwit.
- 14 De tertiaire structuur, namelijk de vouwing van de eiwitketen waarbij hydrofobe holtes kunnen ontstaan, doordat de hydrofobe delen van de eiwitketen bij elkaar in de buurt zitten.
- 15 Nee, de gebruikte ingrediënten zijn (nog) niet officieel goedgekeurd voor menselijke consumptie.
- 16 Zoet is een stofeigenschap en niet de eigenschap van (een deel van) een molecuul.
- 17 Bijvoorbeeld: In hydrofobe eiwitholtes is geen plaats voor het hydrofiele glucosegedeelte van een steviolglycoside.
- 18 Eiwit kan gezien worden als een stof (het eiwit uit een ei), dus macroniveau. Met stevia bedoelt de auteur van het artikel, stoffen uit de steviaplant, dus ook macroniveau. Bitter is een stofeigenschap dus ook macroniveau.
- 19 Bijvoorbeeld: Eiwitmoleculen schermen een deel van een steviolglycosidemolecuul af, zodat de bitterreceptor niet geactiveerd wordt.

Zie hierna voor een foto van een product met steviolglycoside.



kuipje met jam

‘EIERDOOS’ VANGT CO₂ WEG UIT FABRIEKSROOK VOOR HERGEBRUIK

Klas	3, 4 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Brandstoffen
Trefwoorden	CO ₂ , eierdoos, absorptie, milieu, broeikasgas
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

NRC Next, 17 oktober 2015

‘Eierdoos’ vangt CO₂ weg uit fabrieksrook voor hergebruik

Het proces om het broeikasgas CO₂ uit de rookgassen van fabrieken te verwijderen is verbeterd. Onderzoekers van de Sogang Universiteit in Seoul hebben een ‘microporeus’ materiaal ontwikkeld waarin CO₂-moleculen passen als eieren in een eierdoos (*Science*, 16 oktober).

Het wegvangen van CO₂ uit de verbrandingsgassen van fabrieken (energiecentrales, raffinaderijen, beton- en kunstmestfabrieken) speelt een grote rol in de mondiale plannen om klimaatopwarming te beteugelen. Het weggevangen CO₂ kan bijvoorbeeld diep onder de grond worden opgeslagen. Of het is te gebruiken in kassen, om de plantengroei te bevorderen. Chemici ontwikkelen ook processen om met CO₂ brandstoffen of chemicaliën te maken.

Er bestaan al stoffen om CO₂ uit gassen te absorberen, maar die hebben een nadeel: het later weer losmaken van het CO₂ – om de ‘CO₂-vanger’ te hergebruiken – kost veel energie.

Ook microporeuze CO₂-vangers bestonden al, maar die werken veel minder goed als er waterdamp in het gas zit, wat in de industriële praktijk meestal het geval is. In plaats van de CO₂-moleculen gaan watermoleculen in de holten zitten, of het materiaal wordt zelfs aangetast door water.

Het molecuul dat de Koreanen ontwikkelden, een silicium- en koperhoudend materiaal dat ze SGU-29 noemen, absorbeert CO₂ wél selectief, zo bleek uit tests met droge en vochtige rookgassen en met lucht. Voorzover het wel water opneemt, schaadt dat het CO₂-absorberend vermogen niet.

Uit analyse van molecuulkristallen blijkt SGU-29 twee soorten holtes te herbergen. In het ene type komen de CO₂-moleculen, in het andere de watermoleculen. De opnameprocessen beconcurreren elkaar niet.

De onderzoekers kregen het CO₂ weer vrij uit de holtes onder gedeeltelijk vacuüm, bij temperaturen rond 100 °C. Nog een voordeel van SGU-29 is de stabiliteit. Anders dan bij andere microporeuze stoffen bleef het absorberend vermogen behouden tijdens vijftig cycli waarin CO₂ uit vochtig gas werd opgenomen en weer vrijgemaakt.

Wegvangen van koolstofdioxide uit verbrandingsgassen wordt wereldwijd onderzocht. Koolstofdioxidegas wordt een broeikasgas genoemd.

1 Leg uit wat de werking van een broeikasgas is.

Het weggevangen CO₂ kan op verschillende manieren verwerkt worden. Eén van de manieren is om het te gebruiken in kassen.

2 Leg uit dat verhoging van de CO₂-concentratie in een kas de plantengroei bevordert.

3 Geef de reactievergelijking die optreedt bij de fotosynthese in planten.

Één van de manieren om CO₂ uit fabrieksrook weg te vangen is absorptie.

4 Leg uit welk nadeel daaraan verbonden is.

Microporeuze CO₂-vangers bestaan ook al langer, maar ze werken nog niet goed.

5 Leg uit welk nadeel deze CO₂-vangers hebben.

Koreaanse onderzoekers hebben het materiaal SGU-29 ontwikkeld dat wel goed zou werken.

6 Onder welke omstandigheden is SGU-29 getest?

De ruimtelijke structuur van SGU-29 kent twee soorten holtes.

7 Leg uit hoe groot beide holtes zullen zijn.

8 Licht de benaming 'eierdoos' voor SGU-29 toe.

CO₂ opslaan is mooi maar het moet ook weer vrij kunnen komen.

9 Leg uit hoe de CO₂ weer vrijgemaakt wordt uit het nieuwe materiaal.

10 Leg uit of deze stap exotherm of endotherm is.

11 Leg ook uit of stap van het opslaan exotherm of endotherm zal zijn.

Nog een pluspunt van het nieuwe materiaal is de stabiliteit.

12 Waaruit bleek die stabiliteit?

Eierdoos vangt CO₂ weg uit fabrieksrook

- 1 Een broeikasgas houdt de warmte uitstraling van de aarde deels tegen.
- 2 Normaal is het koolstofdioxidegehalte zeer laag (0,04%). Door toevoeging van extra koolstofdioxide wordt het groeiproces van de planten versneld.
- 3 $6 \text{ H}_2\text{O} + 6 \text{ CO}_2 \rightarrow 6 \text{ O}_2 + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
- 4 Het weer vrijmaken van de geabsorbeerde koolstofdioxide kost veel energie.
- 5 Ze werken minder goed als er waterdamp aanwezig is in de rook.
- 6 Het is getest met droge én vochtige rookgassen.
- 7 De holtes zijn zo groot dat in de ene de koolstofdioxidemoleculen passen en in de andere de watermoleculen.
- 8 Ook een eierdoos heeft holtes waarin de eieren opgeborgen worden.
- 9 Door te verwarmen tot 100 °C bij een gedeeltelijk vacuüm.
- 10 Je moet verwarmen dus endotherm.
- 11 Het omgekeerde proces heeft het omgekeerde energie-effect dus exotherm.
- 12 Tijdens 50 cycli bleef het vermogen om koolstofdioxide te absorberen behouden.

POLYMEER TEGEN KEROSINEBRAND

Klas	4 hv
Subdomein	Stoffen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Brandstoffen
Trefwoorden	Kerosine, brandgevaar, polymeren, isoftaalzuur, tertiair amine
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W, 23 oktober 2015

POLYMEER TEGEN KEROSINEBRAND

Toevoeging van 0,3 gewichtsprocent megasupramoleculen maakt kerosine minder brandgevaarlijk zonder dat de motoren het merken, meldt Caltech-onderzoeker Julia Kornfeld in *Science*. Lange polymeerketens verminderen de wrijving in de leidingen en remmen nevelvorming boven de vloeistof, maar door afschuifkrachten tijdens het verpompen gaan ze snel kapot. Maak je ze sterker, dan vernevelt er in de motor ook niets meer. Kornfeld zoekt de oplossing in 'telechele' polycyclooctadiënen die te kort zijn om te breken. Elk van deze bouwstenen heeft twee identieke eindgroepen: óf isoftaalzuur óf een tertiair amine. Zuur en amine vormen onderling niet-covalente kop-staartbindingen die een ordegröte zwakker zijn dan de rest en wél breken, maar zich voorbij de pomp gewoon opnieuw vormen. Dat je alleen lineaire ketens en geen onwerkzame ringen krijgt, gaat tegen de polymeerkundige intuïtie in, maar wordt door computersimulaties bevestigd. In een dieselmotor werkt het; een straalmotor moet Kornfeld nog uitproberen.
(Arjan Dijkgraaf)

In vliegtuigmotoren kan brand ontstaan.

1 Onder welke voorwaarden kan brand ontstaan in een vliegtuigmotor?

Stoffen die opgebouwd zijn uit lange polymeerketens moeten dit brandgevaar verhinderen. Polymeerketens bestaan uit hele lange ketens met voornamelijk koolstofatomen. De polymeerketens die men wil inzetten tegen de kerosinebrand mogen niet te lang maar ook niet te kort zijn.

- 2 Leg uit waarom de polymeerketens niet te lang maar zeker ook niet te kort mogen zijn.
- 3 Welke oplossing is bedacht?

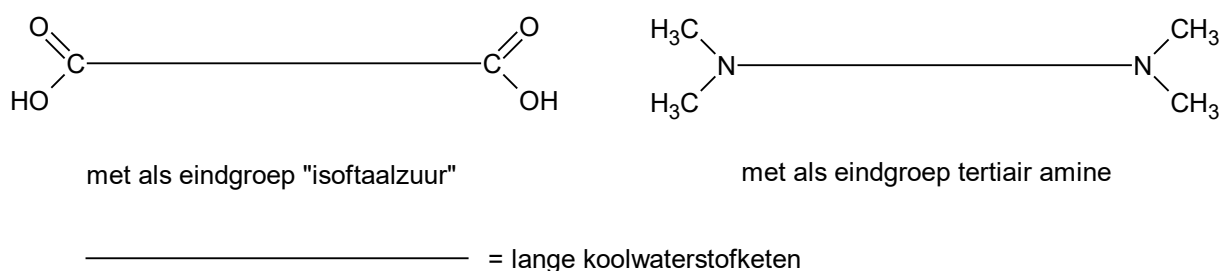
De polymeermoleculen die de brand moeten verhinderen, bevatten elk twee functionele eindgroepen.

- 4 Welke eindgroepen zijn dat?
- 5 Leg uit dat door het toevoegen van de twee soorten polymeermoleculen de kerosine minder brandgevaarlijk wordt maar dat de verbranding in de motor daar geen hinder van ondervindt.

In het artikel is sprake van *niet*-covalente kop-staartbindingen.

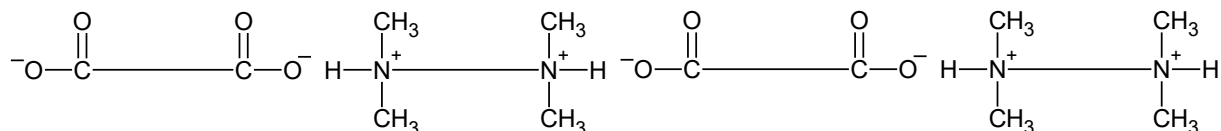
- 6 Leg uit wat een *covalente* kop-staartbinding inhoudt.

Schematisch kan men de polymeermoleculen met de verschillende functionele eindgroepen voorstellen zoals weergegeven in figuur 1.



Figuur 1

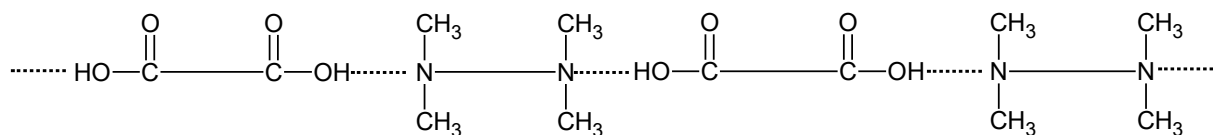
De polymeren kunnen via *niet*-covalente kop-staartbindingen aan elkaar koppelen zoals weergegeven in figuur 2.



Figuur 2

- 7 Leg uit waarom je hier te maken hebt met *niet*-covalente kop-staartbindingen.

Als de bindingen breken heb je te maken met een systeem zoals in figuur 3.



Figuur 3

- 8 Met wat voor type binding tussen de polymeermoleculen heb je in figuur 3 te maken?

In het artikel staat " ... niet-covalente kop-staartbindingen die *een orde*grootte zwakker zijn dan de rest"

- 9 Licht de uitspraak *een orde*grootte zwakker toe.

Er kunnen megasupramoleculen ontstaan met een molaire massa van 5000 kg/mol.

- 10 Bereken hoeveel eenheden aan elkaar gekoppeld zijn als je er van uitgaat dat elke eenheid een molaire massa heeft van 100 g/mol.

Van dezelfde auteur staat op www.c2w.nl een artikel over hetzelfde onderwerp met als titel "Megasupramolecuul tegen kerosinebrand".

- 11 Leg uit welke titel "Polymeer tegen kerosinebrand" of "Megasupramolecuul tegen kerosinebrand" jij het meest geschikt vindt voor een leerling van klas 4.

Polymeer tegen kerosinebrand

- 1 Brand kan ontstaan als er een voldoende hoge temperatuur is, een brandstof en zuurstof.
- 2 Niet te lang want dan kunnen ze niet makkelijk afgebroken worden en zorgen ze ervoor dat de kerosine niet makkelijk vernevelt. Niet te kort want dan kunnen ze makkelijk afgebroken worden en doen ze hun werk niet meer.
- 3 Polymeerketens maken met aan de beide uiteinden of isoftaalzuur of een tertiair amine. Door die verschillende eindgroepen kunnen ze aan elkaar binden. In de pomp breken die bindingen wel maar na de pomp worden ze weer gevormd.
- 4 Isoftaalzuurgroepen en tertiare aminegroepen.
- 5 In de brandstofpomp breken de bindingen tussen de polymeermoleculen zodat verpomping goed mogelijk is. Na het verpompen vormen zich weer de niet-covalente bindingen zodat nevelvorming en dus brandgevaar tegengegaan wordt.
- 6 Een covalente binding is een atoombinding ofwel een gemeenschappelijk elektronenpaar tussen twee atomen.
- 7 Hier heb je te maken met een binding tussen positieve en negatieve ionen: ionbinding. Hier heeft het ene atoom een elektron tekort en het andere een teveel. Ze delen geen elektronenpaar.
- 8 Waterstofbrug.
- 9 In afnemende bindingssterkte: covalente binding (atoombinding), ionbinding, waterstofbrug.
- 10 $5000 \text{ kg} = 5\,000\,000 \text{ g}$. Dus $5\,000\,000/100 = 50\,000$ eenheden.
- 11 Onderbouwde mening leerling.

Artikel op www.c2w.nl, 1 oktober 2015

Megasupramolecuul tegen kerosinebrand

Theoretische voorspelling blijkt verbazingwekkend goed te kloppen

Arjen Dijkgraaf

Met polymeerketens die zichzelf aaneen rijgen tot ‘megasupramoleculen’ kun je vliegtuigbrandstof minder brandgevaarlijk maken zonder dat de motoren er last van hebben. Kwestie van heel slim omgaan met mechanische eigenschappen, blijkt uit een publicatie van Caltech-onderzoeker Julia Kornfield in *Science*.

Het idee om een klein percentage lange polymeerketens door vliegtuigbrandstof te mengen is niet nieuw. De toevoeging vermindert de weerstand bij het verpompen, maar belangrijker is dat ze de vorming van een nevel boven de vloeibare brandstof blijkt te beperken - waarom precies, staat er helaas niet bij.

Probleem tot nu toe is dat de toegevoegde polymeerketens massaal breken door de afschuifkrachten die optreden als je de brandstof verpompt, waardoor het additief zijn werking verliest. En gebruik je ketens die de pomp overleven, dan vernevelt de brandstof ook niet goed meer in de motor en daar is het juist wél de bedoeling.

Kornfield zoekt de oplossing nu in ‘telechele’ polymeren, met identieke functionele groepen aan elk eind. Om precies te zijn polycycloöctadiënen met als eindgroepen óf een tertiair amine óf isoftaalzuur. Je kiest de gemiddelde ketenlengte zo kort (400-1.000 kg/mol) dat de losse bouwstenen de afschuifkrachten wel overleven.



Via de eindgroepen zullen deze polymeren zich vanzelf om en om aan elkaar hechten, maar de bindingen zijn reversibel en bovendien een ordegröte zwakker dan de covalente bindingen in de rest van de ketens. Bij het verpompen gaan dus alleen deze bindingen kapot, maar voorbij die pomp herstellen ze zichzelf gewoon weer.

En het verrassende is dat je zulke ‘megasupramoleculen’ met een molecuulmassa van meer dan 5.000 kg/mol, ook nog krijgt wanneer de concentratie heel laag is. Denk aan minder dan 0,3 gewichtsprocent, wat voor het voorkomen van nevel al voldoende is. Je zou verwachten dat de bouwstenen elkaar dan niet meer kunnen vinden en voornamelijk in hun eigen staart bijten zodat je onwerkzame ringen krijgt. Maar daarvoor moeten deze ketens uit minstens twee bouwstenen bestaan en statistisch-mechanische berekeningen laten zien dat ze dan net iets te lang worden om die eigen staart nog te kunnen vinden. Experimenten bewijzen dat dat klopt.

Bij verstuiving van de brandstof in de motor breken de ketens kennelijk óók op, zodat je daar wel de gewenste verneveling krijgt.

bron: Science

WARMTEBATTERIJ VOOR OPSLAG ZONNE-ENERGIE

Versie 1

Klas	3 hv
Subdomein	Energie
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Endotherm, kringloop
Trefwoorden	Strontiumcarbonaat, reactievergelijking, energie-omzetting
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

Versie 2

Klas	4 hv
Subdomein	Energie
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Energiediagram, kringloop
Trefwoorden	Strontiumcarbonaat, reactievergelijking, energie-omzetting
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

www.technischweekblad.nl/, 19 november 2015

Warmtebatterij voor opslag zonne-energie

Teake Zuidema

Oregon State University en de University of Florida hebben een thermochemische batterij gebouwd voor zonnewarmte.

Bij het opladen ontbindt de warmte strontiumcarbonaat in strontiumoxide en koolstofdioxide. Bij het omgekeerde proces komt de warmte weer vrij.

De onderzoekers claimen een zeer hoog rendement omdat het apparaat functioneert bij temperaturen tot 1.200 °C; gesmolten zouten voor de opslag van warmte tolereren geen temperaturen hoger dan 600 °C. De warmte die de batterij afstaat is heet genoeg om direct een turbine aan te drijven.

Het vooralsnog zwakke punt: de capaciteit neemt na 45 keer opladen af door veranderingen in de chemicaliën.

Versie 1

Onderzoekers van Oregon State University en de University of Florida hebben een warmtebatterij ontwikkeld waarmee ze zonne-energie kunnen opslaan.

1 Leg uit waarom men zonne-energie wil kunnen opslaan.

In het artikel staat “bij het opladen ontbindt ...”

2 Leg uit welk woord een chemicus zal gebruiken in plaats van ontbinden.

In onderstaande tabel staat een aantal gegevens

Naam stof	Formule	Smeltpunt °C
Strontiumcarbonaat	SrCO ₃	1414
Strontiumoxide	SrO	2531

- 3 Noteer de vergelijking van de reactie die verloopt bij het opladen van de warmtebatterij. Noteer ook de toestandsaanduidingen.
- 4 Leg uit of bij het opladen van de warmtebatterij sprake is van een exotherme of van een endotherme reactie.
- 5 Leg uit dat er bij deze warmtebatterij sprake is van een kringloop.
- 6 Geef de kringloop schematisch weer.
- 7 Wat is voor de werking van deze thermochemische batterij van essentieel belang?

De warmte die bij zeer hoge temperatuur wordt afgestaan kan worden gebruikt om een turbine aan te drijven waarmee elektrische stroom wordt opgewekt.

- 8 Neem onderstaand schema over en geef op de stippeltjes aan welke energie-omzettingen plaats vinden.



Versie 2

Onderzoekers van Oregon State University en de University of Florida hebben een warmtebatterij ontwikkeld waarmee ze zonne-energie kunnen opslaan.

- 1 Leg uit waarom men zonne-energie wil kunnen opslaan.

In het artikel staat “bij het opladen ontbindt ...”

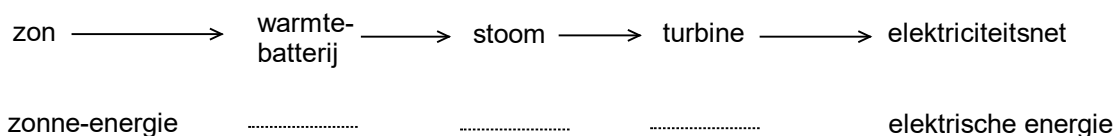
- 2 Leg uit welk woord een chemicus zal gebruiken in plaats van ontbinden.
- 3 Leg aan de hand van het periodiek systeem (tabel 99, Binas) uit wat de lading van het strontiumion zal zijn in strontiumcarbonaat en strontiumoxide. Noteer dat gegeven.
- 4 Noteer de vergelijking van de reactie die verloopt bij het opladen van de warmtebatterij.
- 5 Teken het energiediagram voor het opladen van de warmtebatterij..
- 6 Leg uit dat er bij het gebruik van de warmtebatterij sprake is van twee kringlopen.
- 7 Wat is voor de werking van de thermochemische batterij van essentieel belang?

Het apparaat functioneert bij zeer hoge temperaturen.

- 8 Waarom kan onder die omstandigheden geen smeltovergang van een zout worden toegepast?

De warmte die bij zeer hoge temperatuur wordt afgestaan kan worden gebruikt om een turbine aan te drijven waarmee elektrische stroom wordt opgewekt.

- 9 Neem onderstaand schema over en geef op de stippeltjes aan welke energie-omzettingen plaats vinden.



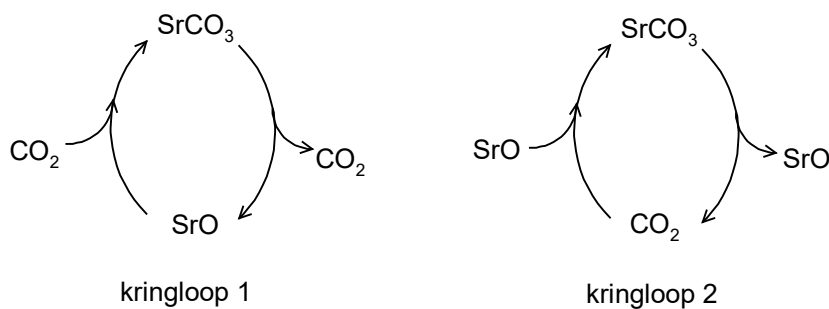
In het artikel wordt de term thermochemische batterij gebruikt.

10 Leg de term thermochemische batterij uit.

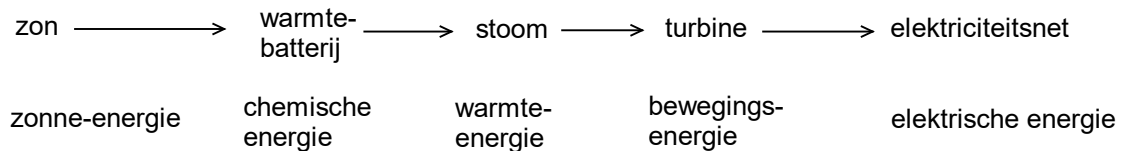
Warmtebatterij voor opslag zonne-energie

Versie 1

- 1 Fossiele brandstoffen zijn eindig, dus men is op zoek naar het gebruik van alternatieve energiebronnen. Zonne-energie wil je ook kunnen gebruiken als de zon niet schijnt of als alle energie van de zon niet meteen te gebruiken is. Men zoekt dus manieren om die energie op te slaan en pas dan vrij te maken als de energie nodig is.
- 2 Ontleden want uit een stof ontstaan twee nieuwe stoffen.
- 3 $\text{SrCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{SrO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$
- 4 Een endotherme reactie, want de zonne-energie wordt opgenomen voor het verlopen van de reactie.
- 5 Je kunt het opladen en ontladen van de warmtebatterij zelfs zien als twee kringlopen. Uit SrCO_3 ontstaat SrO en daar uit weer SrCO_3 (kringloop 1) of uit SrCO_3 ontstaat CO_2 en daar uit weer SrCO_3 (kringloop 2).
- 6

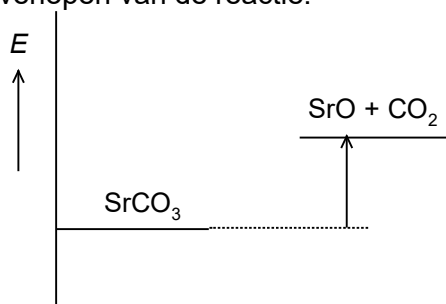


- 7 Dat de beide stoffen die bij de ontleding vrij komen zó beschikbaar blijven dat ze later weer met elkaar kunnen reageren.
- 8

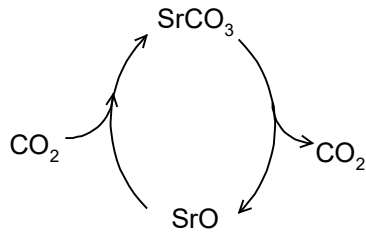


Versie 2

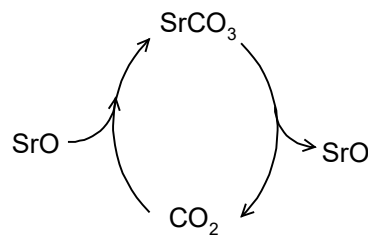
- 1 Fossiele brandstoffen zijn eindig, dus men is op zoek naar het gebruik van alternatieve energiebronnen. Zonne-energie wil je ook kunnen gebruiken als de zon niet schijnt of als alle energie van de zon niet meteen te gebruiken is. Men zoekt dus manieren om die energie op te slaan en pas dan vrij te maken als de energie nodig is.
- 2 Ontleden want uit een stof ontstaan twee nieuwe stoffen.
- 3 In het periodiek systeem staat strontium in groep 2, dat betekent dat het ion dezelfde lading heeft als het ion van magnesium of calcium, dus Sr^{2+}
- 4 $\text{SrCO}_3 \rightarrow \text{SrO} + \text{CO}_2$
- 5 Het is een endotherme reactie, want de zonne-energie wordt opgenomen voor het verlopen van de reactie.



- 6 Je kunt het opladen en ontladen van de warmtebatterij zien als twee kringlopen. Uit SrCO_3 ontstaat SrO en daaruit weer SrCO_3 (kringloop 1) of uit SrCO_3 ontstaat CO_2 en daar uit weer SrCO_3 (kringloop 2).



kringloop 1

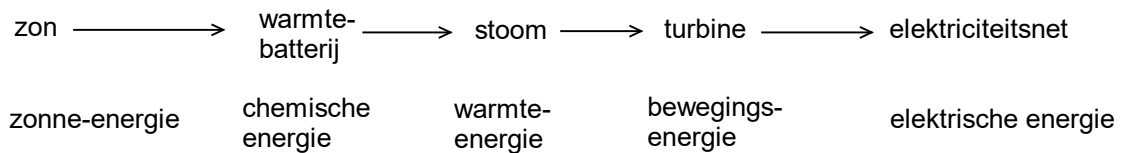


kringloop 2

- 7 Dat de beide stoffen die bij de ontleding vrij komen zó beschikbaar blijven dat ze later weer met elkaar kunnen reageren.

- 8 Dergelijke zouten verdragen geen temperaturen hoger dan 600 °C.

9



- 10 Een batterij is in staat om energie te leveren en (als hij oplaadbaar is) op te slaan. Het beschreven proces met strontiumcarbonaat slaat, via een chemische reactie, energie op en maakt die vrij in de vorm van warmte

Artikel: <https://www.technischweekblad.nl/nieuws/warmtebatterij-voor-opslag-zonne-energie/item8155>

SILICIUM SMELTEN VOOR ENERGIEOPSLAG

Klas	4 v
Subdomein	Energie
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Energiediagram, energieberekening, duurzaamheid
Trefwoorden	Thermochemische batterij, duurzaamheid
Vaardigheidsvraag	informatiebewerkingsvraag

www.technischweekblad.nl/, 18 november 2015

Silicium smelten voor energieopslag

Rijkert Knoppers

Het Australische bedrijf Latent Heat Storage heeft samen met ingenieursbureau ammjoh Pty en de University of Adelaide een systeem ontwikkeld dat een overschot aan elektrische energie tijdelijk opslaat door silicium te smelten.

Het hoge smeltpunt en de aanzienlijke smeltwarmte van silicium zorgen voor een flinke opslagcapaciteit. Uit de opgeslagen thermische energie is met behulp van een koelmedium en een stoomturbine weer elektriciteit te produceren.

Het hele systeem van 500 kW past in een 20-voetscontainer, waarmee het eenvoudig is op te schalen tot aan enkele honderden megawatts. De verwachting is dat het Thermal Energy Storage System (TESS) begin 2016 op de markt komt.

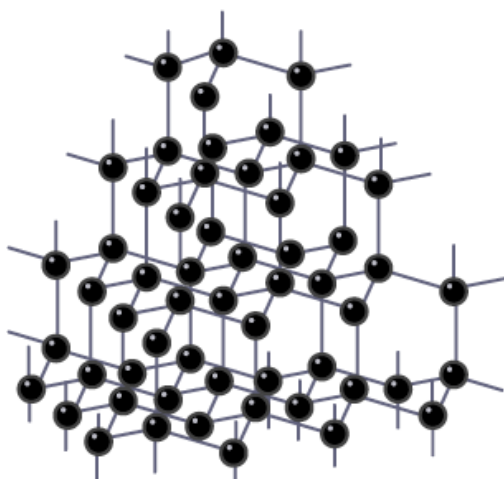
Het Australische bedrijf Latent Heat Storage kan een overschot aan elektrische energie opslaan door silicium te smelten.

- 1 Noem twee soorten energie waaruit de elektrische energie gemaakt kan zijn.
- 2 Leg uit waarom men een overschot aan elektrische energie tijdelijk wil opslaan.

In het artikel staat dat silicium een hoog smeltpunt heeft.

- 3 Zoek het smeltpunt van silicium op in Binas en noteer het.

Silicium heeft eenzelfde structuur als diamant:



Structuur diamant

4 Leg uit waardoor silicium een hoog smeltpunt heeft.

De smeltwarmte van silicium is $50,5 \cdot 10^3 \text{ J mol}^{-1}$.

5 Geef het smelten van silicium in een energiediagram weer.

6 Bereken hoeveel warmte (J) men opslaat als men 100 kg silicium smelt.

De soortelijke warmte van silicium is $0,76 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

7 Bereken hoeveel warmte (J) wordt opgeslagen als men 100 kg silicium verwarmt van kamertemperatuur (298) K tot het smeltpunt.

Een stoomturbine wordt met stoom aangedreven. Om deze stoom uit water te maken gebruikt men de warmte die is opgeslagen in het silicium.

8 Bereken de massa van water dat men kan omzetten in stoom (waterdamp) van 100°C (373 K) met de warmte die in het silicium opgeslagen is (zie je antwoorden van vraag 6 en 7). Ga ervan uit dat je start met water op kamertemperatuur (298 K) en dat alle energie opgeslagen in de gesmolten silicium gebruikt kan worden voor het omzetten in stoom van 100°C .

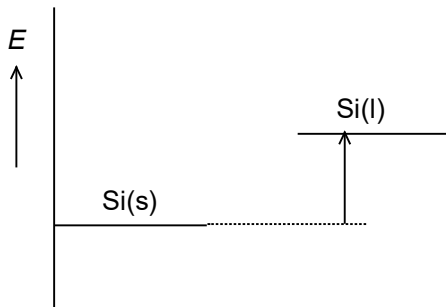
9 Leg uit dat de apparatuur van het Thermal Energy Storage system (TESS) van heel speciaal materiaal moet zijn gemaakt.

Het Thermal Energy Storage system (TESS) kun je een duurzaam systeem noemen.

10 Leg uit waardoor je TESS duurzaam kunt noemen.

Silicium smelten voor energieopslag

- 1 Windenergie, zonne-energie, energie uit de verbranding van steenkool of aardgas.
- 2 Opgewekte energie is niet altijd meteen volledig nodig om te gebruiken, dus men wil manieren vinden om die energie op te slaan om die energie dan vrij te maken als de wel energie nodig is.
- 3 1687 K.
- 4 Tussen twee siliciumatomen is een atoombinding (sterk) aanwezig. Silicium is opgebouwd uit een groot netwerk van siliciumatomen. Kost veel energie om al die atoombindingen te verbreken: hoog smeltpunt.
- 5



- 6 Smeltwarmte = $50,5 \cdot 10^3 \text{ J mol}^{-1}$ ofwel $50,5 \cdot 10^3 / 28,086 \text{ J g}^{-1} = 1,80 \cdot 10^3 \text{ J/g} = 1,80 \cdot 10^6 \text{ J kg}^{-1}$. Bij het smelten van 100 kg silicium wordt opgeslagen: $100 \times 1,80 \cdot 10^6 = 1,80 \cdot 10^8 \text{ J}$.
- 7 $Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 100 \times 0,76 \cdot 10^3 \times (1687 - 298) = 0,76 \cdot 10^5 \times 1389 = 1,06 \cdot 10^8 \text{ J}$
- 8 Aan warmte opgeslagen in 100 kg silicium: $1,80 \cdot 10^8 + 1,06 \cdot 10^8 = 2,86 \cdot 10^8 \text{ J}$.
Stel je verwarmt p kg water van 298 K tot stoom van 373 K.
Verwarmen van 298 K tot 373 K: benodigde warmte $p \times 4,18 \cdot 10^3 \times (373 - 298) = p \times 3,14 \cdot 10^5 \text{ J}$
Verdampen bij 373 K: $p \times 2,26 \cdot 10^6 \text{ J}$.
Totaal nodig aan warmte: $p \times 3,14 \cdot 10^5 + p \times 2,26 \cdot 10^6 = p (0,314 + 2,26) \cdot 10^6 = p \cdot 2,57 \cdot 10^6 \text{ J}$. Beschikbaar uit gesmolten silicium $2,86 \cdot 10^8 \text{ J}$. Dus $p = 2,86 \cdot 10^8 / 2,57 \cdot 10^6 = 111 \text{ kg water}$
- 9 Het materiaal moet bestand zijn tegen de zeer hoge temperatuur van het gesmolten silicium.
- 10 Het proces kan steeds weer opnieuw uitgevoerd worden zonder dat daarbij nieuwe stoffen aangevoerd hoeven te worden. Voorwaarde is wel dat de elektrische energie duurzaam opgewekt moet zijn.

Artikel:

<https://www.technischweekblad.nl/nieuws/silicium-smelten-voor-energieopslag/item8151>

DE SCHONE SCHIJN VAN VOLKSWAGEN

Klas	4 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Brandstoffen
Trefwoorden	NO _x , Volkswagen, milieunorm, driewegkatalysator, milieu, ureum, diesel
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W, 23 oktober 2015



Ze slagen voor de milieukeuring, maar op de weg overschrijden nieuwe diesels de **stikstofoxidenorm** fors. Volkswagen schakelt NO_x-verwijderaars zelfs opzettelijk uit.

MARGA VAN ZUNDERT

Meetinstituten en milieuorganisaties wezen er de afgelopen jaren al vaak op. Nieuwe diesels voldoen aan de milieunormen op de rollen-bank, maar op de weg is de uitstoot aan stikstofoxiden (NO_x) tien tot veertig keer hoger. Eind september bleek dat in ieder geval Volkswagen software gebruikt die NO_x-verwijderaars op de weg (deels) uitschakelt. Dan rijden de diesels zuiniger en is er minder onderhoud nodig. Maar ze zijn dus ook viezer dan beloofd. In een hete motor ontstaan stikstofoxiden doordat stikstof en zuurstof uit de aangezogen buitenlucht met elkaar reageren; gasen die het milieu verzuren en bijdragen aan smog.

UITLAATGASRECIRCULATIE

Uitstoot van NO_x is bij benzineauto's ingedamd met de driewegkatalysator, weet Cerrit Kadijk, TNO-adviseur voertuigenemissie. Die zet stikstofoxiden samen met koolstofmonoxide en onverbrande koolwaterstoffen om in koolstofdioxide, water en stikstof. Maar de driewegkatalysator vraagt om een nette 1:1:1 verhouding in de uitlaatgasen. Die is er bij een dieselmotor niet. De zwaardere diesel (C8-C21-koolwaterstoffen) vraagt meer zuurstof dan benzine (C4-C12).

Toch kan ook een dieselmotor de NO_x-norm halen, bewijzen vrachtwagens. De norm is nu twintigmaal strenger dan in 2000 en de wagens worden in Europa sinds 2013 verplicht op de weg gemeten. De NO_x-uitstoot is verminderd doordat een deel van de uitlaatgasen nogmaals door de motor stroomt (uitlaatgasrecirculatie). Dit verlaagt de verbrandingstemperatuur en de overmaat zuurstof.

Een katalysator zet vervolgens het restant NO_x in de uitlaatgasen om in waterdamp en stikstof. Er zijn twee types katalysatorsystemen. Het Lean NO_x Trap-systeem (LNT) absorbeert NO_x in een bariumoxide-'spons' met katalysatoren als palladium,

'Diesel rijden met lage NO_x-uitstoot kan'

platina of rhodium. Is het barium verzadigd, dan schakelt de motor korte tijd over op verbranding met weinig zuurstof en reduceert de katalysator het verzamelde NO_x. Het alternatief is een Selective Catalytic Reduction-katalysator (SCR). Titaniumoxide of een zeoliet laat NO_x reageren met ammonia. De ammonia ontstaat door injectie van AdBlue (een ureumoplossing) in de hete uitlaatgassen.

Dankzij de extra technologie kan een goed ontworpen personendiesel voldoen aan de steeds strengere normen (EU: 80 mg/km; VS: 44). Het maakt de diesels echter minder zuinig en duurder. De uitlaatgassen circuleren kost extra energie en door roet slijt de motor harder, dus is steviger materiaal nodig. De LNT-katalysatoren zijn prijzig en LNT vraagt extra brandstof. En het SCR-systeem vereist een extra ureumtank, dus kost passagier- of kofferruimte.

DUURDER

De eerste verklaringen van Volkswageningenieurs luiden dat ze met hun nieuwste motor de normen niet bleken te halen. Dat gaf redenen om in 2008 geheime software in te bouwen. Die signaleert wanneer een auto op een rollenbank staat voor een milieutest. Dan gebruikt de auto de NO_x-verwijderaars optimaal, op de weg niet. TNO onderzocht in mei 2015 zes nieuwe dieselpersonenauto's. Maar één haalde ook op de weg de norm. Ook concludeert TNO dat de AdBlue-tanks opvallend klein zijn. Bij een tank van 50 liter hoeft een bestuurder niet tussen twee onderhoudsbeurten - na elke 30.000 km - naar de garage, maar in de tanks gaat slechts 25 liter.

Kadijk: "Diesel rijden met lage NO_x-uitstoot kan. Een van de geteste auto's haalt alle normen. Maar het vraagt echt inspanning van de auto-industrie en zal diesels duurder maken." Hij pleit net als milieuorganisaties voor een verplichte praktijkmeting van uitlaatgassen. Die stond in Europa op de planning voor eind 2017, wellicht versnelt de grootschalige fraude het besluit.

Automotoren, zowel op benzine als op diesel, stoten stikstofoxiden (NO_x) uit. De uitstoot van NO_x is bij benzineauto's ingedamd met de introductie van de driewegkatalysator.

- 1 Leg uit welk proces in de driewegkatalysator optreedt.
- 2 Noteer de formules en bijbehorende naam voor de verbindingen die mogelijk zijn voor NO_x.
- 3 Geef de reactievergelijking waarbij een van de stikstofoxiden omgezet wordt in de driewegkatalysator. Gebruik propaan, C₃H₈, als onverbrande koolwaterstof.

De 'zwaardere' dieselbrandstof vraagt meer zuurstof dan benzine.

- 4 Leg uit wat met de term 'zwaardere' bedoeld wordt.

Diesel (C₈-C₂₁) is anders van samenstelling dan benzine (C₄-C₁₂).

- 5 Leg uit wat met de termen C₈-C₂₁ en C₄-C₁₂ bedoeld wordt.
- 6 Leg uit dat diesel, gezien de samenstelling, meer zuurstof nodig heeft dan benzine.
- 7 Laat via reactievergelijkingen zien dat dieselbrandstof meer zuurstof nodig heeft dan benzine. Gebruik voor diesel de formule C₉H₂₀ en voor benzine de formule C₅H₁₂.

Ook dieselmotoren kunnen de NO_x-norm halen. Vrachtwagens bewijzen dit al.

- 8 Geef aan welke twee stappen daarvoor moeten plaatsvinden.

De tweede stap kent meerdere varianten. Bij de eerste variant, LNT, wordt de NO_x tijdelijk opgeslagen en na enige tijd weggewerkt.

- 9 Leg uit hoe dat 'wegwerken' plaatsvindt.

- 10 Geef de reactievergelijking die daarbij plaatsvindt. Bedenk goed wat er gebeurt als een ondermaat zuurstof gebruikt wordt. Neem voor stikstofoxide de formule NO en voor de diesel de formule C_9H_{20} .

Het alternatief is SCR. Hiervoor is ook ammoniak nodig. Ammoniak wordt geleverd door een oplossing van ureum die in de hete uitlaatgassen wordt gespoten. Ureum heeft de formule $(NH_2)_2CO$ en wordt door reactie met water omgezet in onder andere ammoniak.

- 11 Geef de reactievergelijking van de vorming van ammoniak uit ureum.

Ammoniak reageert daarna in de katalysator verder met stikstofoxiden tot stikstof en waterdamp.

- 12 Geef de vergelijking van de reactie die daarbij optreedt.

SCR wordt vooral voor vrachtauto's toegepast. Ook voor personenauto's is het SCR-systeem mogelijk.

- 13 Waarom past men het echter bij personenauto's nog maar weinig toe?

De schone schijn van Volkswagen

- 1 Stikstofoxiden worden samen met koolstofmono-oxide en onverbrande koolwaterstoffen omgezet in stikstof, koolstofdioxide en water.
- 2 NO: stikstofmono-oxide en NO₂: stikstofdioxide.
- 3 $12 \text{ NO} + 2 \text{ CO} + \text{C}_3\text{H}_8 \rightarrow 6 \text{ N}_2 + 5 \text{ CO}_2 + 4 \text{ H}_2\text{O}$ of $6 \text{ NO}_2 + 2 \text{ CO} + \text{C}_3\text{H}_8 \rightarrow 3 \text{ N}_2 + 5 \text{ CO}_2 + 4 \text{ H}_2\text{O}$
- 4 Zwaarder betekent dat de dieselbrandstof grotere moleculen bevat dan benzine.
- 5 C8-C21 betekent dat het koolwaterstoffen bevat in de range van 8 tot 21 C-atomen per molecuul. En dus dat C4-C12 koolwaterstoffen in de range van 4 tot 12 C-atomen per molecuul bevat.
- 6 Dieselbrandstof bevat gemiddeld per molecuul meer C- en H-atomen dan benzine en heeft dus dan ook meer zuurstof nodig.
- 7 Diesel: $\text{C}_9\text{H}_{20} + 14 \text{ O}_2 \rightarrow 9 \text{ CO}_2 + 10 \text{ H}_2\text{O}$ en benzine: $\text{C}_5\text{H}_{12} + 8 \text{ O}_2 \rightarrow 5 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$
- 8 Een deel van de uitlaatgassen wordt opnieuw door de motor geleid en daarna zet een katalysator het restant NO_x om in waterdamp en stikstof.
- 9 De motor schakelt korte tijd over op verbranding met weinig zuurstof en in de katalysator wordt daarbij het verzamelde NO_x omgezet.
- 10 Bijvoorbeeld: $18 \text{ NO} + 5 \text{ O}_2 + \text{C}_9\text{H}_{20} \rightarrow 9 \text{ N}_2 + 9 \text{ CO}_2 + 10 \text{ H}_2\text{O}$.
- 11 $(\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ NH}_3 + \text{CO}_2$.
- 12 $4 \text{ NH}_3 + 6 \text{ NO} \rightarrow 5 \text{ N}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$ of $8 \text{ NH}_3 + 6 \text{ NO}_2 \rightarrow 7 \text{ N}_2 + 12 \text{ H}_2\text{O}$
- 13 Het maakt de dieselauto's minder zuinig en duurder. Verder is er verlies aan ruimte vanwege de ureumtank.

GLYCEROL OMGEKAT TOT METHANOL

Klas	5hv
Subdomein	Stoffen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Organische reactievergelijkingen
Trefwoorden	Glycerol, methanol, katalyse, biodiesel, blokschema
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

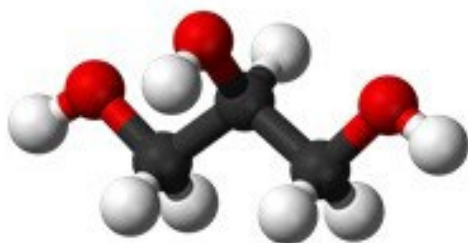
C2W, 9 oktober 2015

GLYCEROL OMGEKAT TOT METHANOL

Op metaaloxiden kun je ruwe glycerol één keer omzetten in methanol, bij atmosferische druk en zonder waterstoftoevoer.

Zo kom je pas echt simpel af van deze omvangrijke reststroom uit de biodieselfabricage, beloven Jacob Moulijn en collega's uit Cardiff in *Nature Chemistry*.

Ze ontdekten het toen ze een proces, dat glycerol dehydrateert tot 2-propenal (acroleïne), probeerden te katalyseren met een base in plaats van een zuur. In plaats van acroleïne kregen ze toen voornamelijk methanol, plus kleine hoeveelheden van diverse andere koolwaterstoffen. Wat er precies gebeurt is gissen, maar isotopenanalyse leert dat de methanol zijn zuurstof erft van de glycerol en waterstof overneemt van water. Ook is duidelijk dat de keuze van het oxide doorslaggevend is: een mengsel van MgO en CaO werkt beter dan puur MgO, CeO₂ doet het nog beter, terwijl SrO juist tegenvalt. Dat het nauwelijks uitmaakt of je de glycerol van tevoren zuivert, is industrieel gezien het beste nieuws. (AD).



Glycerol

Oliën en vetten zijn verbindingen van glycerol en vetzuren. Bij de productie van biodiesel houd je (ruwe) glycerol over. Metaaloxiden zoals MgO kunnen helpen bij het omzetten van ruwe glycerol in methanol.

1 Leg uit wat met dit 'helpen' bedoeld wordt.

MgO zorgt voor een basisch gekatalyseerde omzetting.

2 Leg uit dat MgO als base kan reageren.

Bekijk de ruimtelijke structuur van glycerol in het artikel.

3 Geef de systematische naam voor glycerol.

4 Teken de structuurformule van glycerol.

5 Leg uit dat de vorming van methanol niet zo vreemd is als je de ruimtelijke structuur van glycerol bekijkt.

6 Leg uit waarom vorming van methanol uit glycerol toch niet verwacht werd.

In het artikel staat “..... isotopenanalyse leert dat methanol zijn zuurstof erft van glycerol en zijn waterstof overneemt van water”.

7 Wat zijn isotopen?

8 Leg uit hoe je met isotopen kunt bepalen waar de zuurstofatomen van glycerol terechtkomen.

Het team in Cardiff had al eerder onderzoek gedaan naar de afbraak van glycerol. In zuur milieu ontstaat uit glycerol door dehydratatie 2-propenal. De naam 2-propenal is niet helemaal juist.

9 Leg uit wat dehydratatie voor type reactie is.

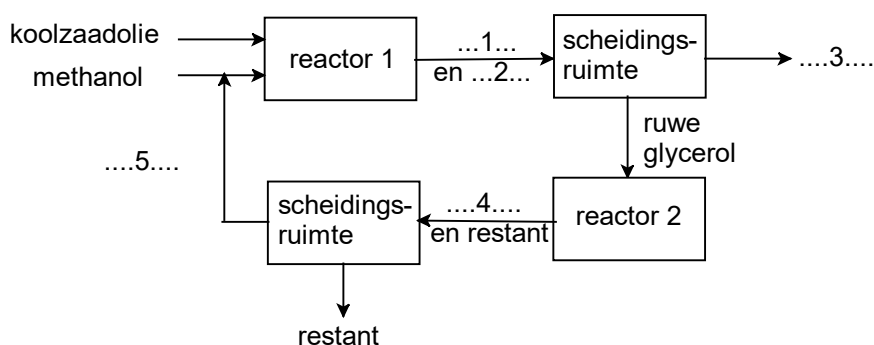
10 Teken de structuurformule van 2-propenal.

11 Geef de juiste systematische naam voor 2-propenal.

12 Geef de dehydratatie in structuurformules weer.

Glycerol komt vrij bij de winning van biodiesel uit bijvoorbeeld koolzaadolie. Biodiesel ontstaat door omestering van de koolzaadolie met bijvoorbeeld methanol. De gevormde glycerol kan in het nieuwe proces omgezet worden in methanol. Dit methanol kan dan weer in het proces voor de vorming van biodiesel gebruikt worden. Dat levert een soort kringloop op die in het onderstaande blokschema is weer gegeven.

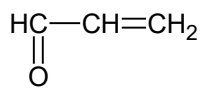
13 Neem het onderstaande blokschema over en maak het volledig.



Glycerol omgekat tot methanol

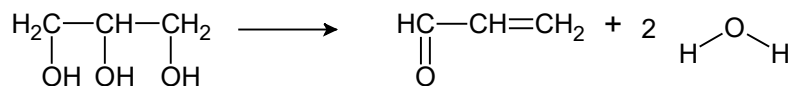
- 1 MgO dient daarbij als katalysator.
- 2 MgO bevat als base het oxideion O^{2-} dat H^+ ionen kan binden.
- 3 Propaan-1,2,3-triol.
- 4
- 5 Je hebt al drie C-atomen waar een OH-groep aan vastzit.
- 6 Het werd niet verwacht dat de sterke C-C bindingen verbroken zouden worden.
- 7 Isotopen zijn atomen die hetzelfde atoomnummer hebben maar een verschillend massagetal.
- 8 Je gebruikt glycerol waarvan een aantal moleculen afwijkende, zgn 'gelabelde' zuurstofatomen bevatten. En je gaat na afloop na in welk reactieproduct deze gelabelde zuurstofatomen terecht zijn gekomen.
- 9 Dehydratatie is een reactie waarbij water afgesplitst wordt uit een molecuul.

10

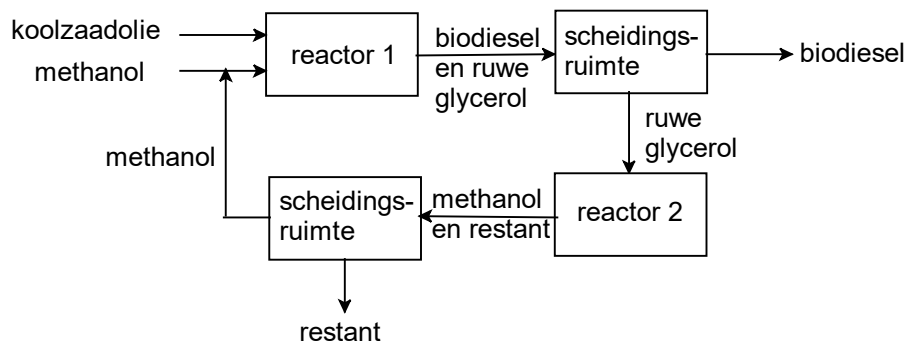


11 Prop-2-een-1-al of prop-2-enal.

12



13



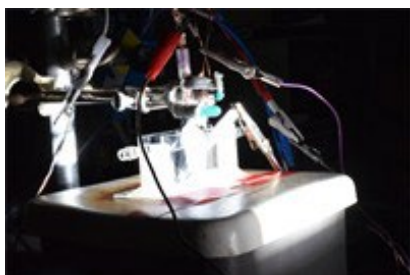
- 1 = biodiesel
- 2 = ruwe glycerol
- 3 = biodiesel
- 4 = methanol
- 5 = methanol

COPS VERVANGT PT

Klas	4 hv
Subdomein	Stoffen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Brandstoffen
Trefwoorden	CoPS, katalysator, Pt, platina, waterstof
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W, 23 oktober 2015

COPS VERVANGT PT



Cel met CoPS elektrode in Jins lab.

Spotgoedkoop kristallijn kobaltfosfosulfide is de nieuwe katalytische belofte voor de waterstofeconomie, melden Song Jin en collega's van de University of Wisconsin-Madison in *Nature Materials*. Dat CoPS vertoont eenzelfde kristalstructuur als pyriet (FeS_2 , ook bekend als klatergoud) en CoS_2 , en die laatste pyrietstructuur katalyseert de elektrochemische afsplitsing van waterstof uit water wanneer je je elektrodes ermee coat. Alleen wist tot nu toe niemand wat er op het kristaloppervlak gebeurde.

Jin had wel een vermoeden, en als dat klopte moest CoPS beter waterstof adsorberen dan CoS_2 . Een elektrode hiermee coaten is tamelijk bewerkelijk: je moet een mix van elementaire fosfor en zwavel verdampen onder een argonatmosfeer en de damp laten reageren met een nanodun kobaltlaagje op een geleidende ondergrond.

Maar theoretische berekeningen zagen er veelbelovend uit, dus Jin besloot het te proberen en het lukte. Ramanspectrometrie en röntgendiffractie bevestigden dat het kristaloppervlak er uitzag als gepland, en water splitsen deed het bijna zo goed als platina. Of dat opdampen opschaalbaar is, is een tweede.

Arjan Dijkgraaf

Waterstof kan een grote rol gaan spelen bij het opslaan van energie. De stof kobaltfosfosulfide wordt gepresenteerd als “de nieuwe katalytische belofte voor de waterstofeconomie”.

- 1 Welke katalysator werd tot nu toe vaak gebruikt om water te splitsen? Noteer naam en formule.
- 2 Wat is de functie van een katalysator?
- 3 Leg uit waarom kobaltfosfosulfide zo'n goede belofte is.

De formule van kobaltfosfosulfide is CoPS. Het heeft dezelfde kristallijne structuur als pyriet (FeS_2), en CoS_2 . Pyriet bestaat uit Fe^{2+} - en S_2^{2-} -ionen.

- 4 Uit welke ionen zal CoS_2 opgebouwd zijn?

CoPS bestaat net als pyriet uit twee ionsoorten. Een positief kobaltion en een negatief samengesteld ion.

- 5 Welke ionladingen kan het kobaltion hebben? Zie Binas.
- 6 Leg uit welke ionsoorten mogelijk zijn voor de opbouw van CoPS.

CoS_2 katalyseert de elektrochemische afsplitsing van waterstof uit water.

- 7 Geef de vergelijking van deze elektrochemische reactie.

Het maken van CoPS is vrij lastig. De eerste stap daarbij is het verdampen van fosfor en zwavel onder een argonatmosfeer en de damp laten reageren met een laagje kobalt..

- 8 Leg uit waarom de argonatmosfeer daarbij noodzakelijk is.
- 9 Geef de vergelijking van de reactie die daarbij optreedt.
- 10 Leg uit wat de ladingverandering is van kobalt in de reactievergelijking en waardoor dat kan.

In de waterstofeconomie maakt men vaak waterstof uit water door elektrolyse.

- 11 Leg uit dat de beschrijving 'water splitsen' niet helemaal juist is.

Waterstof kan ook gemaakt worden door de reactie van waterdamp met methaan.

- 12 Geef de reactievergelijking van deze reactie.
- 13 Leg uit waarom waterstof gezien kan worden als energiedrager van de toekomst.

Van dezelfde auteur staat op www.c2w.nl ook een artikel over hetzelfde onderwerp. Hij gebruikt daarbij dezelfde titel "CoPS vervangt PT" en als ondertitel "Spotgoedkope katalysator voor waterstofproductie".

- 14 Formuleer een nieuwe titel (met eventueel een ondertitel) waarmee voor leerlingen van klas 4 de inhoud van het artikel duidelijker wordt.

CoPS vervangt PT

- 1 Platina, Pt.
- 2 Een katalysator versnelt een reactie zonder daarbij verbruikt te worden.
- 3 Het is goedkoop en het levert bijna net zulke goede resultaten als platina..
- 4 Uit Co^{2+} - en S_2^{2-} - ionen.
- 5 Kobalt kan $2+$ of $3+$ zijn, dus daarnaast PS^{2-} of PS^{3-} .
- 6 CoPS: uit Co^{2+} en PS^{2-} of Co^{3+} en PS^{3-} (bij een gelijk aantal atomen).
- 7 $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$.
- 8 Anders reageren fosfor en zwavel met zuurstof uit de lucht.
- 9 $\text{Co} + \text{P} + \text{S} \rightarrow \text{CoPS}$
- 10 Co wordt Co^{2+} of Co^{3+} en geeft daarbij dus 2 of 3 elektronen af.
- 11 Splitsen suggereert dat het verder niet verandert terwijl bij de elektrolyse van water nieuwe stoffen ontstaan.
- 12 $\text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{H}_2 + \text{CO}_2$.
- 13 De fossiele brandstoffen raken een keer op. Dan moeten er alternatieve brandstoffen zijn. Er is water voldoende dus om waterstof uit water te maken is dan een zeer goed alternatief.
- 14 Antwoord leerling.

Opmerking: Waarschijnlijk door de opmaak van het tijdschrift staat er in de titel van het artikel PT i.p.v. Pt.

Perindopril

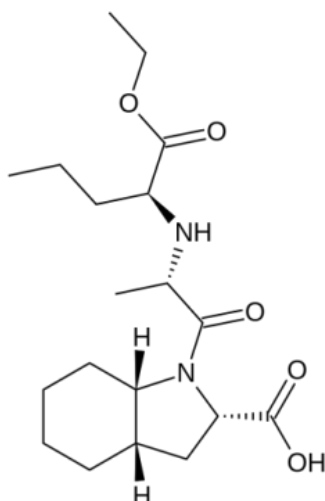
Perindopril hoort bij een groep geneesmiddelen die werken doordat zij de bloedvaten verwijden. Hierdoor kan het hart gemakkelijker bloed door het lichaam pompen. Zij worden gebruikt voor de behandeling van hoge bloeddruk.

Op de verpakking staat het volgende:

Perindopriltert-butylamine Glenmark.

Elk tablet bevat 8 mg perindopril tert-butylamine, overeenkomend met 6,676 mg perindopril.

Perindopril heeft de volgende structuurformule:



- 1 Neem deze “vereenvoudigde” structuurformule over en schrijf de weggelaten koolstofatomen en waterstofatomen in de structuurformule. Niets aantrekken van dikke pijlen en gestippelde pijlen. Zij geven alleen maar aan of de atomen naar voren steken (dikke pijl) of juist naar achter (gestippelde pijl).
- 2 Geef de molecuulformule van perindopril.

Tertiair butylamine is een isomeer van primair butylamine. Primair butylamine is een triviale naam voor butaan-1-amine. Primair wil hier zeggen dat de amino groep aan een koolstofatoom vastzit waaraan maar 1 ander koolstofatoom vastzit.

- 3 Teken de structuurformule van butaan-1-amine.

Bij tertiair butylamine zit de aminogroep vast aan een koolstofatoom dat zelf weer omringd is door drie koolstofatomen.

- 4 Teken de structuurformule van tertiair butylamine.

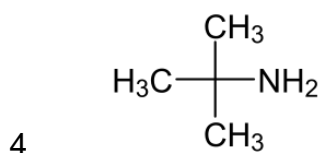
Nu de berekening nog. Een molecuul Perindopril tertiair-butylamine bestaat uit een molecuul perindopril waaraan 1 molecuul tertiair-butylamine is gebonden.

- 5 Ga nu door berekening na of 8,0 mg perindopril tertiair-butylamine inderdaad (ongeveer) 6,68 mg perinopril bevat.

Antwoorden

- 1+2 Een juiste tekening leidt tot de formule: $C_{19}H_{32}N_2O_5$

- 3 $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-NH_2$



- 5 $M(\text{perindopril}) = 368,468$ en $M(\text{tertiair butylamine}) = 73$
 $(368/(368 + 73)) \times 8,0 = 6,68$, (dus het klopt)

Voor de aardigheid de systematische naam van Perindopril:

(2S,3aS,7aS)-1-[(2S)-2-[[[(2S)-1-ethoxy-1-oxopentan-2-yl]amino}propanoyl]-octahydro-1H-indole-2-carboxylic acid