

NEGENWAARDIG IRIDIUM

Klas	5,6v
Subdomein	Deeltjesmodellen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Atoommodel; namen; Lewisstructuur
Trefwoorden	Iridium, negenwaardig
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W Life Sciences, 14 november 2014

NEGENWAARDIG IRIDIUM

Ir(IX) is het eerste negenwaardige metaalion dat ooit is waargenomen. Het zit in IrO_4^+ en is formeel al zijn valentie-elektronen kwijt, meldde de Duitser Sebastian Riedel onlangs in *Nature*. Vijf jaar geleden presenteerde hij al ongeladen IrO_4 , wat geen record was omdat RuO_4 , OsO_4 en XeO_3F_2 ook al bestonden, en een jaar later berekende hij dat IrO_4^+ ook stabiel zou moeten zijn. Chinese collega's hebben dit nu bevestigd door iridium te beschieten met een krachtige gepulste laser, onder argon met een paar procent zuurstof. IR-fotodissociatiespectrometrie wees uit dat je zo IrO_x^+ krijgt, waarbij X kan oplopen tot zes maar meestal vier is. Voor dat IrO_4^+ kun je een paar structuren verzinnen waarbij zuurstofkernen onderling verbonden zijn en Ir nog enkele valentie-elektronen overhoudt. Maar kwantumchemische berekeningen ('at the highest level of theory that is available today', volgens de publicatie) bevestigen dat viermaal O^{2-} rond Ir^{9+} de stabielste vorm is. Pogingen om rond dit kation een zout te synthetiseren waren tot nu toe vergeefs.

Er is voor het eerst een Ir(IX) ion waargenomen.

- 1 Wat wordt bedoeld met Ir(IX)?
- 2 In welk ion komt Ir(IX) voor?

Als Ir(IX)ion is het iridiumatoom formeel al zijn valentie-elektronen kwijt.

- 3 Wat zijn valentie-elektronen?
- 4 Waarom staat een metaal gemakkelijk elektronen af aan een niet-metaal?

Vijf jaar geleden presenteerde de onderzoeker Sebastian Riedel al ongeladen IrO_4 .

- 5 Uit welke twee ionsoorten is IrO_4 opgebouwd? Licht je antwoord toe.
- 6 Geef de naam van het zout IrO_4 .

Ook andere ongeladen zouten zijn mogelijk zoals het artikel beschrijft.

7 Leg uit dat de verbinding XeO_3F_2 een formule heeft die je niet zou verwachten.

Riedel had al berekend dat IrO_4^+ zou kunnen bestaan.

8 Leg uit hoeveel valentie-elektronen het metaal Ir moet hebben om het ion IrO_4^+ te vormen.

In IrO_4^+ is de meest stabiele situatie een 4-omringing.

9 Teken de Lewisstructuur van het IrO_4^+ ion. Laat zien hoe je aan je antwoord komt.

10 Leg uit hoe de ruimtelijke bouw van het IrO_4^+ is.

11 Geef de ladingsverdeling in het IrO_4^+ ion aan.

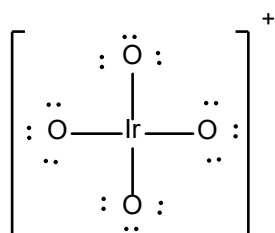
Negenwaardig iridium

- 1 Dat iridium als ion $9+$ geladen zou zijn.
- 2 In het IrO_4^+ ion.
- 3 Valentie-elektronen zijn elektronen in de buitenste schil.
- 4 Het metaal heeft een veel lagere elektronegativiteit dan een niet-metaal.
- 5 Uit oxide-ionen O^{2-} en dus om het geheel neutraal te krijgen het iridium(VIII)ion, Ir^{8+} .
- 6 Iridium(VIII)oxide.
- 7 Xenon is een edelgas dat niet of nauwelijks een binding aangaat met andere atomen.
- 8 $9+$ betekent dat het metaal 9 elektronen moet hebben afgestaan, dus 9 valentie-elektronen (zie onder opmerking)
- 9 **Totaal aantal aanwezige elektronen in IrO_4^+**
Ir heeft 9 valentie elektronen
O heeft 6 valentie elektronen, totaal $4 \times 6 = 24$ elektronen
Lading ion is $1+$
Dus totaal te verdelen: $9 + 24 - 1 = 32$ elektronen = 16 elektronenparen

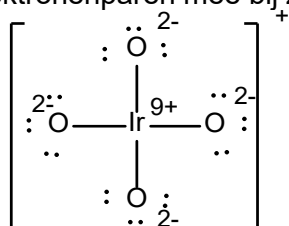
Gemeenschappelijke elektronenparen

Ir heeft 9 valentie elektronen; O streeft naar 8 elektronen, totaal $4 \times 8 = 32$ elektronen
Lading ion is $1+$
Dus ideaal zou zijn: $9 + 32 - 1 = 40$ elektronen = 20 elektronenparen

*Te verdelen 16 elektronenparen; streven naar 20 elektronenparen: dus **gemeenschappelijk 4 elektronenparen***



- 10 Bij een 4-omringing hoort een tetraëder structuur.
- 11 Elektronegativiteit van O $\gg$ elektronegativiteit Ir, dus je telt de bindende elektronenparen mee bij zuurstof. Dit levert de volgende formele ladingen op:



Opmerking

Elektronenverdeling Ir: $[\text{Xe}] 6s^2 4f^{14} 5d^7$, de elektronen die in IrO_4^+ betrokken zijn, zullen die in 6s en 5d zijn.

NIEUWE MICROBEN VOOR MARS

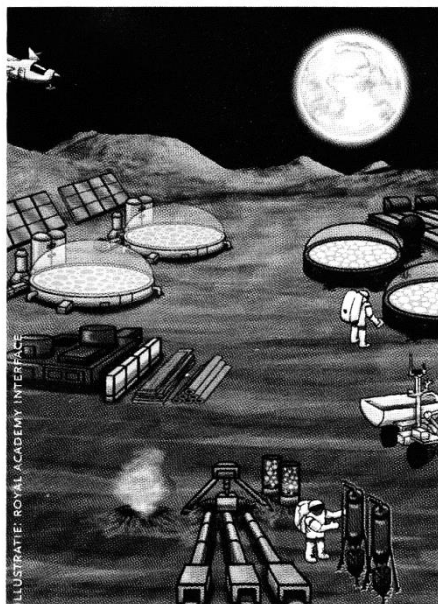
Klas	3hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen-reactieproducten verbrandingen;
Trefwoorden	Planeet Mars, microben, selfsupporting; waterstof, zuurstof
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W, 28 november 2014

NIEUWE MICROBEN VOOR MARS

Synthetische biologie moet bemande missie letterlijk ontlasten.

Synthetische biologie kan het verschil maken tussen wel of niet naar Mars vliegen. In elk geval scheelt het bagage, rekenen Adam Arkin en collega's van Berkeley Lab voor in het *Journal of the Royal Society Interface*.



Synthetisch biologische visie op Marskolonie.

Ze willen efficiënt ontworpen tekentafelbacteriën zo veel mogelijk levensbehoeftes, die je anders zou moeten meenemen, ter plekke laten maken. De Marsatmosfeer bevat CO_2 en N_2 , in de bodem zit H_2O , en als je dat splitst met zonne-energie heb je ook H_2 en O_2 bij de hand. Bacteriën kunnen daarvan biomassa als voedsel maken en methaan als raketbrandstof voor de terugvlucht, plus polyhydroxyboterzuur dat een 3D-printer omzet in woonruimte.

Wel moet je fermentoren meesjouwen. Maar bij een zespersoonsmissie van 916 dagen, inclusief tweemaal 210 dagen reistijd, draagt de voedselvoorziening uiteindelijk 38 procent minder bij aan het startgewicht van je ruimteschip. De brandstofvoorziening weegt 56 procent minder en de huisvesting zelfs 85 procent.

Volgens Arkin zijn de risico's niet zo gek veel groter dan bij een klassiek georganiseerde ruimtereis. Mocht het pijnlijk worden, dan heeft hij ook synthetische bacteriën in gedachten die de paracetamolvoorraad op peil houden. (ADJ) |

Een ruimtereis naar de planeet Mars moet in de toekomst mogelijk zijn. Synthetische biologie zou daarbij het sleutelwoord vormen.

1 Wat wordt er bedoeld met synthetische biologie?

De Marsbodem bevat bruikbare grondstoffen, evenals de Marsatmosfeer.

2 Welke grondstoffen worden genoemd?

Zonlicht moet de energie leveren om waterstof en zuurstof te maken.

3 Welke vorm van energie heb je nodig om waterstof en zuurstof te maken?

- 4 Geef de reactievergelijking van de vorming van waterstof en zuurstof.
- 5 Hoe heet dit type reactie?
- 6 Geef nog een andere toepassing dan genoemd voor zuurstof en waterstof op Mars.

Bacteriën kunnen zuurstof en waterstof gebruiken voor de productie van biomassa en van methaan.

- 7 Leg uit dat je naast waterstof en zuurstof ook nog een andere stof nodig hebt om biomassa of methaan te maken.
- 8 Geef de reactievergelijking voor de vorming van methaan uit de aanwezige en gevormde stoffen.
- 9 Leg uit dat methaan alleen niet voldoende is als raketbrandstof.
- 10 Geef de reactievergelijking als methaan als raketbrandstof toegepast wordt.

Met de beschreven aanpak heb je minder bagage nodig. Wel moet je fermentoren meesjouwen. Maar dat zou geen probleem zijn.

- 11 Waarom zou dat geen probleem zijn?

De kortste afstand aarde-Mars is zo'n 56 miljoen km.

- 12 Met welke gemiddelde snelheid in km per uur vindt dan de ruimtereis plaats? Geef de berekening.
- 13 Hoe lang voorziet men dat het verblijf op Mars duurt?

Nieuwe microben voor Mars

- 1 Dat er bacteriën gebruikt worden die 'op de tekentafel' ontworpen zijn.
- 2 Water in de bodem, koolstofdioxide en stikstof in de atmosfeer.
- 3 Elektrische energie.
- 4 $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$.
- 5 Ontledingsreactie (elektrolyse).
- 6 Zuurstof om te kunnen ademen, waterstof om als brandstof te dienen op Mars zelf.
- 7 Biomassa en methaan bevatten ook altijd koolstof dus je hebt een koolstofbron nodig.
- 8 $\text{CO}_2 + 4 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$.
- 9 Methaan als brandstof heeft ook zuurstof nodig.
- 10 $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$.
- 11 De totale massa is toch al sterk afgenomen omdat ze veel minder grondstoffen hoeven mee te nemen.
- 12 Afstand is 56 miljoen km en ze doen er 210 dagen over = 210×24 uur, dus een snelheid van $56 \times 10^6 / 210 \times 24 = 11000$ km per uur.
- 13 $916 - 2 \times 210 = 496$ dagen.

WITTE WIJN HEEFT OOK ROOD PIGMENT

Klas	5,6 v
Subdomein	Vakmethodes en veiligheid
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Gaschromatografie, zuur-base-indicatoren
Trefwoorden	Fotosynthese, anthocyanen, druiven,
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.nu.nl, 5 januari 2015

'Witte wijn heeft ook rood pigment'



Witte wijnen bevatten ook een heel klein beetje rood pigment, zo blijkt uit nieuw wetenschappelijk onderzoek.

In druiven die worden gebruikt voor de productie van witte wijn zitten kleine hoeveelheden anthocyanen. Dat zijn de kleurstoffen die rode wijnen hun kleur geven.

Onderzoekers van de Italiaanse Edmund Fach Foundation doen verslag van de opmerkelijke ontdekking in het wetenschappelijk tijdschrift *Food Research International*.

De wetenschappers analyseerden met spectrometers de schil van verschillende druiven waar witte wijn van wordt gemaakt, zoals Chardonnay en Sauvignon Blanc.

De druiven bevatten meetbare hoeveelheden anthocyanen. De gemeten concentraties kleurstoffen waren wel vele duizenden malen kleiner dan in rode druiven.

Vingertoppen

De studie verklaart volgens hoofdonderzoeker Panagiotis Arapitsas één van de oudste mysteries van de wijnproductie: wijnmakers krijgen bij de productie van witte wijn soms rode vingertoppen.

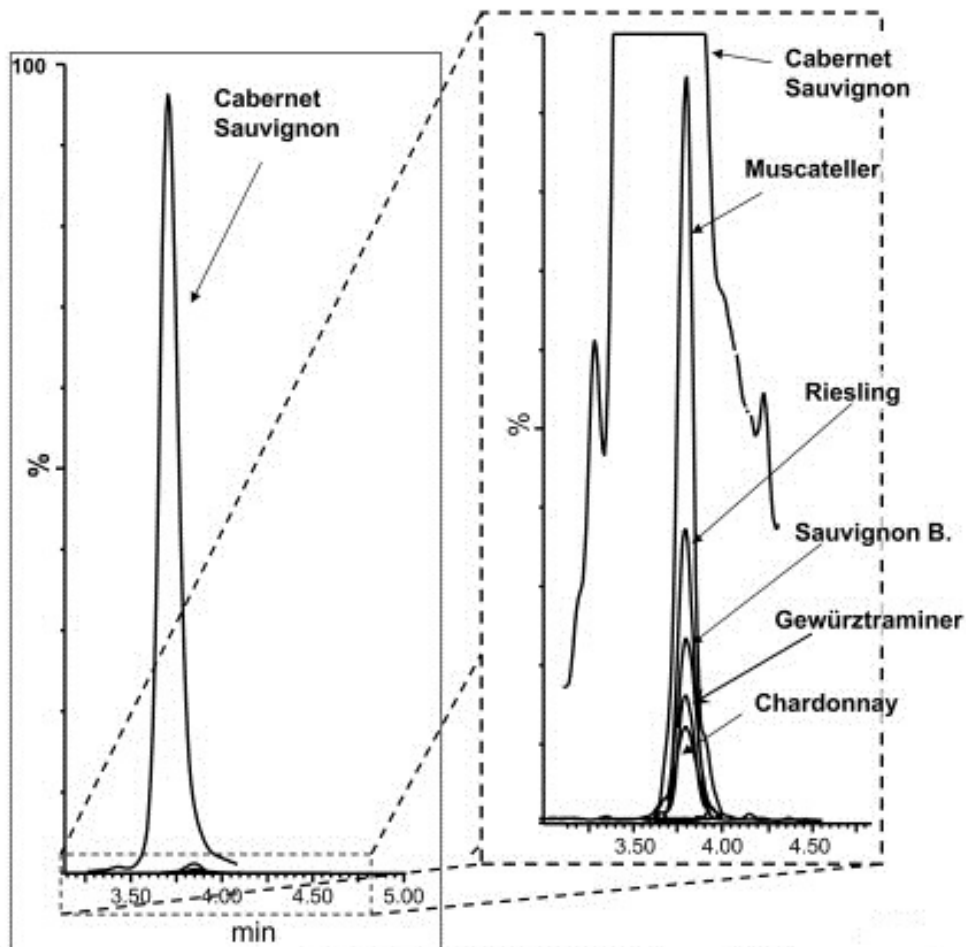
"Bij het verzamelen van witte druiven krijgen de wijnmakers soms rode handen. Door onze studie weten we nu hoe dat komt", verklaart Arapitsas in het Britse tijdschrift *New Scientist*.

Door: NU.nl/Dennis Rijnvis

Anthocyanen zijn kleurstoffen die in de buitenste lagen van stengels, bladeren en schil van alle rood/blauwe groentes en vruchten voorkomen. Anthocyanen worden gemaakt als vervolgproduct uit de stoffen die bij de fotosynthese ontstaan. Men heeft nu ontdekt dat witte druiven en dus ook witte wijnen deze kleurstoffen eveneens bevatten.

1 Leg uit hoe het komt dat men dat tot nu toe niet wist.

Het voorkomen van anthocyanen is onderzocht met behulp van gaschromatografie. Bepaalde pieken uit de gaschromatogrammen van extracten van rode en witte druivenschillen zijn vergeleken.



Figuur 1

Bron: Arapitsas P. (2015), *Do white grapes really exist?*, *Food Research International*, 69, 21-25

In de figuur hierboven zie je in het rechterdeel het gebied rond één piek van het linkerdeel verticaal uitvergroot.

Er zijn druiven van één rode, één rosé en verschillende witte wijnen onderzocht.

2 Beredeneer welke wijn(en) rood zijn en welke wit.

De verschillende pieken zijn steeds op hetzelfde tijdstip verschenen.

3 Leg uit waar dit op wijst.

In het artikel staat een conclusie uit deze bepaling vermeld.

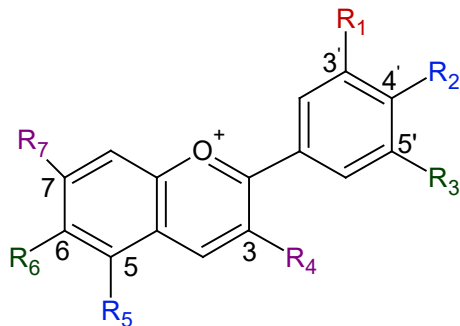
4 Geef aan welke conclusie dit is. Licht toe hoe ze tot deze conclusie zijn gekomen.

Je zou de concentratie van anthocyanen ook kunnen meten met behulp van zichtbaar licht.

5 Geef een reden waarom dat bij de witte wijnen nooit is gedaan.

Er zijn meer dan 500 anthocyanen uit planten geïsoleerd. In figuur 2 staat de algemene

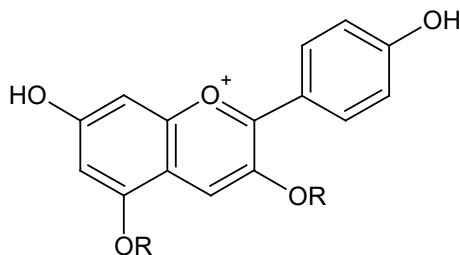
structuurformule van een flavylliumion afgebeeld. Alle anthocyanen zijn van dit ion afgeleid. R_1 tot en met R_7 in de structuurformule stellen restgroepen voor, die een waterstofatoom, een hydroxylgroep of een methoxygroep kunnen zijn. Het ion dat zo ontstaat moet dan nog een reactie aangaan met een suiker (hierbij ontstaat een etherbinding) om het anthocyaan te krijgen.



Figuur 2

6 Leg uit waardoor er nog veel meer dan 500 anthocyanen kunnen bestaan.

Anthocyanen gedragen zich als zuur-base indicatoren. Het ion is een tweewaardig zwak zuur: H_2A^+ . Wanneer er een H^+ wordt afgestaan verandert de kleur van de stof. Als voorbeeld is een grensstructuur van een flavyllium ion (H_2A^+) afgebeeld in figuur 3.



Figuur 3

Het afstaan van een H^+ heeft tot gevolg dat op de R_7 plaats een $C=O$ groep ontstaat.

7 Teken de grensstructuur van dat deeltje.

8 Leg uit of dit deeltje ontstaat in een oplossing met een hoge of een lage pH.

De zuurgraad van de bodem heeft invloed op de pH van het vocht dat druivenstruiken opnemen.

9 Leg uit of de pH van het vocht dat de struiken opnemen van invloed is op de kleur van een blauwe druif.

10 Leg uit of de pH van het vocht dat de struiken opnemen van invloed is op de kleur van een witte druif.

Men heeft de witte druiven uit twee seizoenen onderzocht. In 2011 was de maand september warmer én droger dan in 2012. De maand september is voor de kwaliteit van de druif heel belangrijk.

11 Leg uit of je verwacht dat de concentratie anthocyanen in 2011 hoger of lager was dan in 2012.

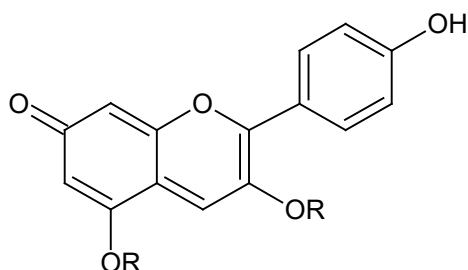
Volgens het artikel is er een mysterie opgelost.

- 12 Verwacht je dat dit de belangrijkste conclusie van het onderzoek is of dat er vervolgonderzoek plaats zal vinden.

Witte wijn heeft ook rood pigment

- 1 In witte wijnen bevinden zich zo weinig van deze anthocyanen, dat ze niet aantoonbaar waren tot nu toe.
- 2 De Cabernet Sauvignon is de rode wijn. In het linkerdeel vallen de andere wijnen bij de piek van de Cabernet Sauvignon in het niet. In het rechterdeel zie je dat de Muscateller een hogere piek heeft dan de andere. De muskateller is de rosé, de andere zijn de witte wijnen.
- 3 Dat als onder dezelfde omstandigheden is gewerkt de pieken (waarschijnlijk) van dezelfde stof afkomstig zijn.
- 4 De concentratie van de anthocyanen in de witte druiven is duizenden keren zo klein als in rode druiven. Door de oppervlaktes onder de pieken te vergelijken, kun je de hoeveelheden ook vergelijken.
- 5 De extracten die je van witte druiven maakt zijn kleurloos. Je kan dan in het zichtbare deel van het licht niets meten. De concentraties van de kleurstoffen zijn te klein.
- 6 Op de plaatsen van de 7 R-groepen kunnen 3 verschillende groepen zitten. Dit levert in theorie 3^7 (= 2187) mogelijkheden. Vervolgens wordt er gereageerd met een suiker. Er bestaan veel verschillende suikers. Deze kunnen ook nog bij iedere OH-groep in het molecuul reageren. Dit levert nog veel meer mogelijkheden!

7



- 8 Het oorspronkelijke deeltje moet een H^+ afstaan, dus bij een hogere pH.
- 9 Ja, want blauwe druiven bevatten veel anthocyanen, die reageren op de pH van de bodemoplossing.
- 10 Nee, want ook al zijn er anthocyanen aanwezig, de concentratie is te gering om de kleur te zien.
- 11 In 2011 was het warmer. De anthocyanen worden gevormd als vervolgproducten op de fotosynthese. Bij hogere temperatuur verloopt de fotosynthese beter en dus ook de vorming van anthocyanen. Het was ook droger. Dit betekent dat de druif minder water heeft opgenomen. Hierdoor is de concentratie hoger dan in 2012.
- 12 Het mysterie van de rode vingers is opgelost. Maar dit onderzoek levert veel meer op voor het vinden van nieuwe, sterkere druivenrassen. Het levert ook mogelijk nieuw biochemisch onderzoek op over het ontstaan van de anthocyanen in druiven.

OOSTENRIJKSE ONDERZOEKERS VERANDEREN CO₂ IN ALCOHOL

Klas	5,6 v
Subdomein	Processen en reacties; Industriële processen en Groene Chemie
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Elektrolyse, rendement, ontwikkeling nieuw proces
Trefwoorden	Enzymen, halfreacties, naamgeving, symbooltaal
Vaardigheidsvraag	Informatieverwerkingsvraag

<http://groenecourant.nl/wetenschap>, 22 december 2014

Oostenrijkse onderzoekers veranderen CO₂ in alcohol

AMSTERDAM – Een groep wetenschappers in Oostenrijk gebruiken elektriciteit en enzymen om koolstofdioxide om te zetten in alcohol, dat op zijn beurt weer gebruikt kan worden als brandstof.



©: Wikipedia Creative Commons/Benreis

“We proberen op een elektrochemische wijze CO₂ te verminderen”, zo vertelde Stefanie Schlager tijdens een conferentie onlangs, zo meldt IEEE.

Hoewel het omzetten van CO₂ naar soorten alcohol zoals methanol en butanol en het weer gebruiken ook leidt tot de uitstoot van CO₂, kan het recyclen ervoor zorgen dat er minder fossiele brandstoffen nodig zijn.

De Oostenrijkers gebruiken dehydrogenases, enzymen die ook in de lever voorkomen, die moleculen afbreken door zuurstof toe te voegen. Een normale methode om CO₂ om te zetten in alcohol bleek te duur.

Zonne-energie

De wetenschappers ontwikkelden daarom een elektrochemische reactie met elektriciteit. Het proces bleek niet alleen herhaalbaar, maar het kan ook complexe alcohol zoals ethanol en butanol produceren, die veel energie kunnen opslaan.

“Ik vind het een erg aangename aanpak”, aldus Schlager. Volgens haar is het gebruik van zonne-energie of andere vormen van groene energie de beste bron van de gebruikte elektriciteit in het proces. Ze denkt dat het op den duur zelfs als een opslagmethode voor zonnestroom kan functioneren.

De stof koolstofdioxide komt je zowel in het nieuws als in wetenschappelijke literatuur vaak tegen.

- 1 Leg uit waarom wetenschappers in de hele wereld op zoek zijn naar methoden om de hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer te verlagen.

Chemische notatie

In het artikel staat een storende chemische notatiefout.

- 2 Leg uit welke storende chemische notatiefout dit is.
- 3 Licht ook toe waarom de gebruikte formule chemisch gezien ook niet kan, ofschoon wel een symbool van een element wordt gebruikt.

In het artikel staat dat koolstofdioxide onder andere kan worden omgezet in butanol.

- 4 Leg uit dat de naam butanol niet volledig is.

De Oostenrijkse wetenschappers deden de genoemde omzetting met behulp van enzymen waarbij ook water wordt gebruikt en zuurstof ontstaat.

- 5 Noteer de reactievergelijking, in molecuulformules, van de omzetting van koolstofdioxide in 'butanol'.
- 6 Licht de zin uit het artikel "...ethanol en butanol, die veel energie kunnen opslaan" toe.

Omzetting met NADH

De elektrochemische methode komt in de plaats van een andere methode: "Een normale methode om CO_2 om te zetten in alcohol bleek te duur." In deze andere methode gebruikte men onder andere het zeer dure enzym NADH dat zorgt voor de elektronen die nodig zijn om koolstofdioxide om te zetten.

- 7 Noteer de vergelijking van de halfreactie van NADH. Maak hierbij eventueel gebruik van gegevens uit het Binasboek.
- 8 Leg uit dat koolstofdioxide als oxidator reageert als het met behulp van NADH wordt omgezet in bijvoorbeeld 'butanol'.

Met behulp van NADH wordt koolstofdioxide in drie stappen omgezet in een alkanol:



- 9 Noteer de namen en structuurformules van het alkaanzuur en aldehyde die in deze stappen ontstaan als ethanol het eindproduct is.

Nieuwe methode

In de nieuwe methode hebben de onderzoekers een manier gevonden het dure NADH te vervangen door een elektrochemisch proces waarmee de elektronen geleverd worden.

- 10 Leg uit dat de nieuwe methode een elektrolyse moet zijn.

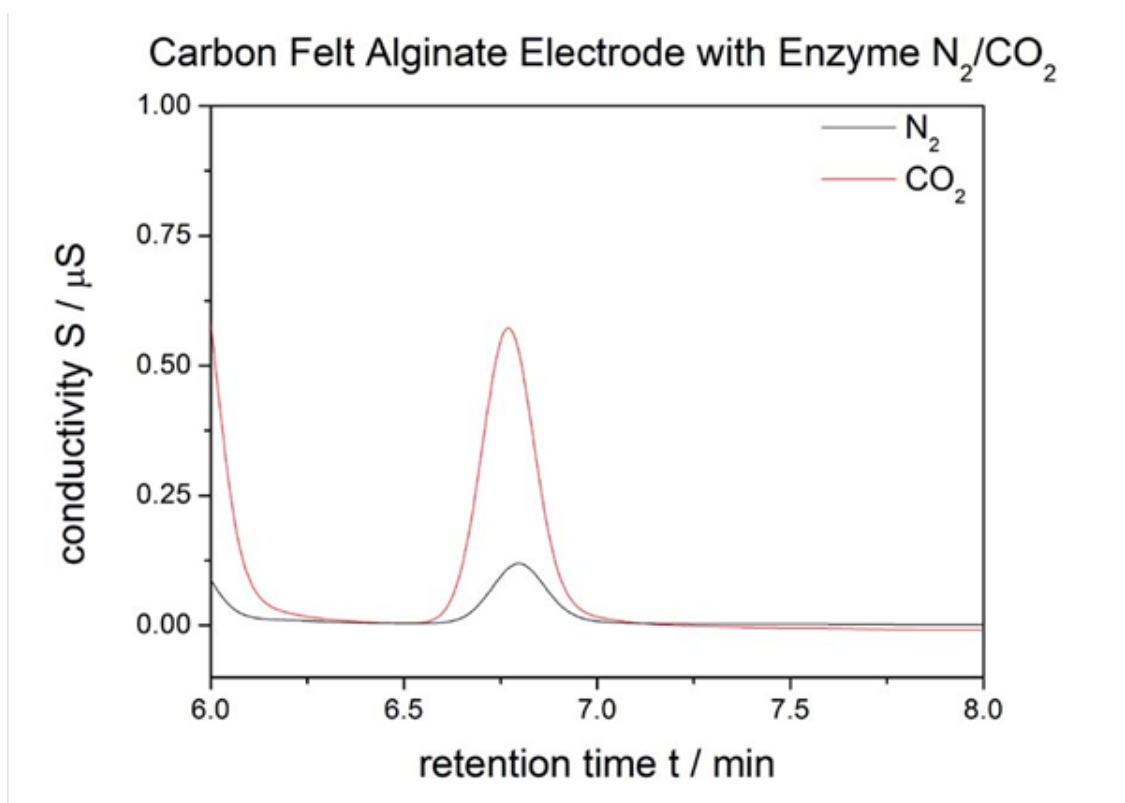
Bij het nieuwe proces worden enzymen gebruikt. De enzymen moeten "bevestigd" zijn aan de elektroden. Men heeft ze ingesloten in calciumalginaatbolletjes en aangebracht op een elektrode van koolstofvezels.

Een van de experimenten die is uitgevoerd is de omzetting van koolstofdioxide in methanoaatjonen (HCOO^-)

11 Noteer de vergelijking van de halfreactie van deze omzetting.

In figuur 1 staan twee metingen van de omzetting van koolstofdioxide in het methanoaat (HCOO^-) weer gegeven. De meting is uitgevoerd met ionchromatografie, een vorm van chromatografie waarbij de detector de geleidbaarheid meet.

De onderzoeker heeft twee elektrolyses met enzym-alginaatbolletjes elektrodes uitgevoerd, een in een met CO_2 verzadigde oplossing/omgeving en een in een met N_2 verzadigde oplossing/omgeving. Bij het CO_2 experiment werd bij een retentietijd van 6,8 min beduidend meer methanoaat (zie figuur 1) gevonden.



Figuur 1

Bron: Hiemetsberger D., Enzymatic reduction of carbondioxide to formate, JKU, Linz, Austria

- 12 Leg uit waarom de onderzoeker ook een experiment in een N_2 omgeving heeft uitgevoerd.
- 13 Leg uit welke twee andere experimenten de onderzoeker ook zal hebben uitgevoerd.

Van CO_2 naar CH_3OH

Met een ander enzym in de alginaatbolletjes lukte het een andere onderzoeker om CO_2 via een elektrolyse met een alginaatkoolstofelektrode en een platina-elektrode om te zetten in methanol (CH_3OH).

- 14 Neem de onderstaande vergelijking van de halfreactie over en maak hem kloppend:
 $\text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$
- 15 Treedt deze halfreactie op aan de negatieve elektrode of aan de positieve elektrode van de elektrolysecel? Licht je antwoord toe.
- 16 Noteer de halfreactie die aan de andere elektrode optreedt.

Een elektrolyse kost veel elektrische energie.

- 17 Waarom ziet onderzoekster Schlager ondanks dit bezwaar toch wel toekomstmuziek in deze nieuwe methode?

Het is belangrijk dat het rendement van de elektrolyse voldoende groot is.

Bij de vorming van CH_3OH via elektrolyse van een CO_2 oplossing met de eerder genoemde elektroden ontstond 0,077 mg CH_3OH na een elektrolyse van 1,5 uur bij een gemiddelde stroomsterkte van $2,96 \cdot 10^{-4}$ A.

- 18 Bereken het rendement van deze reactie.
- 19 Leg uit of je verwacht dat er binnenkort al grote hoeveelheden alcohol via de nieuwe methode geproduceerd zullen worden.

Oostenrijkse onderzoekers veranderen CO₂ in alcohol

- 1 Omdat een toename van koolstofdioxide in de atmosfeer een bijdrage levert aan de verhoging van de gemiddelde temperatuur op aarde.
- 2 Koolstofdioxide is CO₂ en hier staat Co₂. Door een de kleine letter o te gebruiken in plaats van de hoofdletter O praat je over een andere stof, namelijk kobalt.. Verder staat de index "2" niet als subscript vermeld.
- 3 Co is het symbool van het metaal kobalt. Een metaal als stof noteer je alleen met het elementsymbool, dus in dit geval Co. Moleculen CO₂ komen niet voor.
- 4 Er bestaat zowel butaan-1-ol als butaan-2-ol:

$$\begin{array}{ccc} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2 & & \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ & | & | \\ & \text{OH} & \text{OH} \end{array}$$

butaan-1-ol butaan-2-ol
- 5 $4 \text{ CO}_2 + 5 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_9\text{OH} + 6 \text{ O}_2$
- 6 Als je een alcohol bijvoorbeeld verbrandt komt er veel energie vrij.
- 7 $\text{NADH} \rightarrow \text{NAD}^+ + \text{H}^+ + 2 \text{ e}^-$ (zie bijvoorbeeld Binas tabel 68 A).
- 8 NADH is een reductor, staat elektronen af. Het deeltje waarmee het reageert moet dus een oxidator zijn.
- 9

$$\begin{array}{ccc} \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{OH} & & \text{H}_3\text{C}-\text{CH} \\ || & & || \\ \text{O} & & \text{O} \end{array}$$

ethaanzuur ethanal
- 10 In het artikel staat dat men elektriciteit gebruikt om koolstofdioxide om te zetten.
- 11 $\text{CO}_2 + \text{H}^+ + 2 \text{ e}^- \rightarrow \text{HCOO}^-$
- 12 Om te weten of en hoeveel HCOO⁻ ontstaat bij de elektrolyse als er geen CO₂ aanwezig is.
- 13 - Zonder elektrolyse een meting doen.
 - Elektrode met alginaatbolletjes waarin geen enzymen aanwezig zijn.
- 14 $\text{CO}_2 + 6 \text{ H}^+ + 6 \text{ e}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$
- 15 Aan de negatieve elektrode want er zijn voor deze halfreactie elektronen nodig.
- 16 $2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{ H}^+ + \text{O}_2 + 4 \text{ e}^-$
- 17 Schlager denkt aan het gebruik van zonne-energie of andere vormen van groene energie.
- 18 $1,5 \text{ uur} = 5400 \text{ s}$. $Q = I \cdot t = 2,96 \cdot 10^{-4} \times 5400 = 1,60 \text{ C}$. Binas tabel 7 : constante van Faraday: $9,64853 \cdot 10^4 \text{ C/mol elektronen}$.
 $1,6 \text{ C} \equiv 1,6 / 9,64853 \cdot 10^4 = 1,66 \cdot 10^{-5} \text{ mol elektronen}$. $1 \text{ mol CO}_2 \equiv 6 \text{ mol e}^-$ (zie antwoord vraag 14). Dus maximaal mogelijk $1,66 \cdot 10^{-5} \text{ mol elektronen} \equiv 1,66 \cdot 10^{-5} / 6 \text{ mol CH}_3\text{OH} = 2,76 \cdot 10^{-6} \text{ mol CH}_3\text{OH} \equiv 2,76 \cdot 10^{-6} \times 32,04 \text{ g CH}_3\text{OH} = 8,84 \cdot 10^{-5} \text{ g CH}_3\text{OH} = 0,0884 \text{ mg CH}_3\text{OH}$. In het experiment is gevormd: 0,077 mg CH₃OH.
 Rendement = $(0,077 / 0,0884) \times 100 \% = 87 \%$.
- 19 Nee, want er wordt in 1,5 uur tijd slechts 0,077 mg CH₃OH gevormd.

Artikel:

<http://groenecourant.nl/wetenschap/oostenrijkse-onderzoekers-veranderen-co2-alcohol/>

Bronnen:

- Hiemetsberger D. (2013), Enzymatic reduction of carbondioxide to formate, Bachelor thesis, JKU, Linz, Austria
- Wagner, A. (2013), Enzyme immobilization on electrodes for CO₂ reduction, Bachelor Thesis, JKU, Linz, Austria

METHAAN OP MARS

Klas	3hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen-reactieproducten verbrandingen; redox
Trefwoorden	Planeet Mars, olivijn, magnetiet, methaan, waterstof, zuurstof
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

NRC, 3 januari 2015

Buitenaards leven

Zo geheimzinnig is dat methaan op Mars nu ook weer niet

Op 20 december 2014 verscheen in de wetenschapsrubriek een kort artikel over methaan op Mars. Het heeft mij enigszins verbaasd dat dat volgens de schrijver zo geheimzinnig zou zijn, want de abiotische oorsprong van deze methaan is al enige tijd bekend, en heeft spectaculaire analoge voorkomens op aarde.

Zoals op aarde en op Venus zal het gewoonste mineraal op Mars ook wel olivijn zijn, een mengkristal van Mg_2SiO_4 en Fe_2SiO_4 . Olivijn verweert makkelijk, maar het FeO aandeel van de olivijn kan niet als een apart mineraal bestaan, dus dat oxideert tot magnetiet. Als er vrije zuurstof in de buurt is, is de herkomst van de benodigde zuurstof duidelijk, maar in een zuurstofloos milieu zoals op Mars moet de zuurstof door water en CO_2 geleverd worden, die daardoor tot waterstof en koolstof worden omgezet. Deze twee vinden elkaar en vormen samen methaangas, een reactie die gekatalyseerd wordt door de kleine magnetietkristalletjes (Fe_3O_4) die bij de reactie worden gevormd.

Ook op aarde vindt deze reactie plaats. Aan de zuidkust van Turkije, zo'n 120 kilometer zuidwestelijk van Antalya, is op een olivijnhelling een kale plek in het bos waar een aantal methaanvlammen uit de bodem komen. De Turkse naam daarvan is de Yanartas (de steen die altijd brandt). Die methaanvlammen hebben al minstens 3.000 jaar gebrand, want er ligt een antieke Griekse havenstad genaamd Olympos vlakbij, waar op speciale dagen wedstrijden werden gehouden. De jongens moesten dan vanuit de stad met een gedoofte toorts naar die methaanvlammen rennen, waar ze de toorts konden aansteken. Wie als eerste met een brandende toorts terug kwam had gewonnen. Zou dat soms de oorsprong van de olympische vlam zijn?

Door R.D. Schuiling

Volgens de briefschrijver Schuiling zal het gewoonste mineraal op Mars wel olivijn zijn.

- 1 Uit welke twee zouten is olivijn samengesteld?
- 2 Welke ionen zijn aanwezig in olivijn?

Olivijn verweert makkelijk maar "het FeO aandeel kan niet als apart mineraal blijven bestaan" maar oxideert tot magnetiet, ijzer(III)ijzer(II)oxide, Fe_3O_4 .

- 3 Geef de juiste chemische naam voor FeO .
- 4 Welke ijzerionen en hoeveel van elk komen voor in magnetiet?

- 5 Geef de reactievergelijking van de vorming van magnetiet uit FeO in een zuurstof bevattende atmosfeer.
- 6 Leg uit dat dit een redoxreactie is.

Op aarde is het duidelijk wat de zuurstofbron is, op Mars is dat minder duidelijk.

- 7 Welke zuurstofbronnen heeft Mars?
- 8 Welke stoffen ontstaan als de zuurstofbronnen hun zuurstof afstaan?
- 9 Geef de reactievergelijking als FeO op Mars omgezet wordt in magnetiet.
- 10 Geef de reactievergelijking als uit de stoffen die zuurstof afgestaan hebben methaan gevormd wordt.
- 11 Waardoor verloopt deze reactie redelijk snel op Mars?

Een dergelijk proces zoals op Mars vindt ook op aarde plaats, namelijk in Turkije.

- 12 Waarom verbrandt het gevormde methaan op aarde wel maar op Mars niet?
- 13 Noteer de vergelijking van de reactie die optreedt bij het verbranden van methaan.

Methaan op Mars

- 1 Mg_2SiO_4 en Fe_2SiO_4 .
- 2 Mg^{2+} , Fe^{2+} en SiO_4^{4-} ionen.
- 3 IJzer(II)oxide.
- 4 2Fe^{3+} , 1Fe^{2+} en 4O^{2-} ionen.
- 5 $6 \text{FeO} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Fe}_3\text{O}_4$.
- 6 Fe^{2+} wordt deels omgezet in Fe^{3+} een ladingsverandering (er is dus elektronenoverdracht geweest).
- 7 Water en koolstofdioxide
- 8 Koolstof en waterstof.
- 9 $6 \text{FeO} + \text{CO}_2 \rightarrow 2 \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{C}$. En: $3 \text{FeO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2$.
- 10 $\text{C} + 2 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4$
- 11 Door de aanwezigheid van een katalysator: de magnetietkristalletjes.
- 12 Omdat op de aarde wél, maar op Mars géén vrije zuurstof aanwezig is.
- 13 $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$.

PECTINE EN BRANDSTOF UIT KOFFIEPULP EN -DRAB

Klas	5hv,6v
Subdomein	Industriële processen en groene chemie
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Biodiesel;biomassa; duurzaamheid; cradle-to-cradle;
Trefwoorden	Duurzaamheid; koffiedrab, koffiepulp; pectine; biobrandstoffen
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.groenkennisnet.nl, 30 december 2014

Pectine en brandstof uit koffiepulp en -drab

De wereldwijde koffieconsumptie veroorzaakt veel drab en -in koffieproducerende landen- bergen milieuvervuilende pulp. Twee bedrijven hebben ingezet op de verwaarding hiervan tot brandstof en pectine.



Bron: Pixabay

In Chemie Magazine, Koffiekringloop sluit zich, is te lezen dat pectine -die gewonnen kan worden uit koffiepulp- geschikt is als emulgator en stabilisator voor voedingsmiddelen en medicijnen. 'Pectine zit bijvoorbeeld in jams, drinkyoghurt en vruchtenrepen als Sultana.' Uit de drab blijken biodiesel en biomassa-pellets gewonnen te kunnen worden.

Afval

Chemie Magazine meldt dat de wereldwijde koffieconsumptie (500 biljoen kopjes koffie per jaar) jaarlijks 25 miljoen ton afval koffiedrab geeft. Bij verbranding veroorzaakt dit jaarlijks 19 miljoen ton CO₂-emissie. Daarnaast blijft nog eens zo'n 17,4 miljoen pulp achter in de exporterende landen (2013). Dit ontstaat nadat de bes uit de boon is gehaald: slechts de helft van het gewicht -de bes dus- wordt gebruikt. De pulp wordt niet verbrand, maar vaak in de natuur gedumpt. 'Er komt methaangas vrij en schadelijke stoffen lekken in rivieren, meren en de bodem'.

Pectine

Of het wordt, aldus Berichten Buitenland, in de grond gestort waarna de aarde verzuurt, zie: Grensverleggers: Start-up Pectcof valideert Koffiereststromen. In dit artikel is te lezen dat het 'grensverlegger' Pectcof lukt om de koffiepulp tot 96% te verwaarden. 'De resterende 4% is volgens Dieleman volledig composteerbaar'. Rudi Dieleman spitte zijn oren toen medestudent Andres Belalcazar aan Wageningen University zijn idee pitchte.

Belalcazar, afkomstig uit Colombia, 'kende het beeld van grote bergen milieuvervuilende pulp langs de straten in zijn vaderland maar al te goed', aldus Chemie Magazine. Het vakblad gaat verder in op de methode, meldt dat het procedé van Pectcof het oplosmiddel ethanol overbodig en dat veel fabrikanten nu vooral pectine halen uit appel- en citrusschillen. Afval dat de (vee)voederindustrie ook wel wil hebben, hetgeen concurrentie oplevert.

Biodiesel en pellets

Aan de andere kant van de Noordzee is nu een run op koffiedrab. In Londen haalt Bio-bean koffiedrab op bij lokale koffieshops en fabrieken waar oploskoffie wordt gefabriceerd. Uit de

drab worden biomassa-pellets en en biodiesel gehaald: de koffiedrab wordt gedroogd en de dieselolie wordt gescheiden via hexaan-extractie. 'Het restant, in gewicht 80 tot 85 procent van de gedroogde drab, wordt omgezet in biomassa-pellets'. De diesel en pellets worden gebruikt om de stadsbussen op te laten rijden en Londense gebouwen mee te verwarmen.

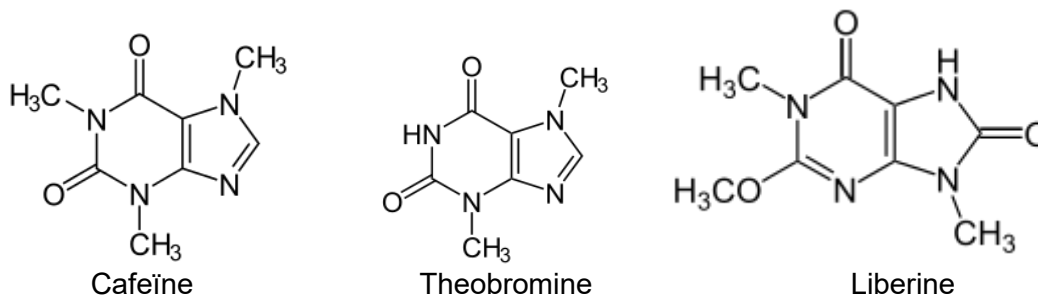
Het hele gewone dagelijkse kopje koffie brengt grote afvalproblemen met zich mee. In de landen van herkomst liggen bergen moeilijk te composteren koffiepulp. We produceren wereldwijd vele miljoenen tonnen koffiedrab. In het kader van duurzaamheid zijn nu op verschillende fronten oplossingen bedacht om zowel de koffiepulp als de koffiedrab niet als afval maar als uitgangsstof voor nieuwe producten te gebruiken.

Maar om dit soort oplossingen te bedenken moet je wel weten wat er zich allemaal in een koffievrukt bevindt.

Samenstelling van de koffievrukt

De koffievrukt bevat twee zaden die wij de koffiebonen noemen. Deze moeten verwijderd worden uit de rest van de vrucht. Koffiepulp blijft achter.

De vrucht bevat eiwitten, koolhydraten en oliën. Ook alkaloiden zoals cafeïne bevinden zich in de koffievrukt. Wij gebruiken de koffiebonen alleen maar om de smaakstoffen, de alkaloiden en anti-oxidanten eruit te extraheren met water. Bijvoorbeeld de volgende stoffen:



Figuur 1

De rest hebben we niet nodig voor ons kopje koffie.

- 1 Leg uit waardoor deze drie alkaloiden kunnen oplossen in water.

Als het kopje koffie op tafel staat is op twee plaatsen "koffie"afval geproduceerd:

- In de koffie verbouwende landen: koffiepulp.
- Overal waar koffie gezet wordt: koffiedrab.

Groene productie van biobrandstoffen uit koffiedrab

Bio-bean is een bedrijf dat in Londen is gestart met het verwerken van koffiedrab tot biobrandstoffen. Het bedrijf is ontstaan uit het plan dat door een architect werd ontworpen voor een koffiebar. Hij wilde dat de koffiebar self-supporting zou worden op het gebied van energie. Londen produceert per jaar 200.000 ton koffiedrab als afval. Bio-bean wil per jaar 30.000 ton verwerken. Het is vrijwel onmogelijk om alle koffiedrab te verzamelen.

- 2 Geef twee mogelijke plekken aan waar je prima koffiedrab kunt verzamelen.

Bio-bean wil uit koffiedrab biodiesel en biopellets produceren.

- 3 Uit welke van de stoffen die zich in koffiedrab bevinden kun je biodiesel winnen?
- 4 Leg uit of je deze stoffen direct als biodiesel kunt gebruiken of dat er een tussenstap nodig is.

Behalve dat je de koffiedrab gebruikt als uitgangsstof en niet als afval, zijn er nog minstens twee voordelen aan het gebruik van deze biobrandstoffen.

5 Welke voordelen zijn dit? Licht je antwoord toe.

Bio-bean behandelt na het drogen van de koffiedrab de koffiedrab met hexaan om de oliën eruit te extraheren.

6 Leg uit waarom van de ingrediënten van de koffiedrab vooral de oliën zullen oplossen in hexaan.

Bio-bean zegt dat het oplosmiddel oneindig vaak te gebruiken is.

7 Leg uit hoe ze dat moeten bereiken.

De droge koffiedrab bevat 10-15 gewichts-% oliën. De rest wordt samengeperst tot bio-massa pellets, die gebruikt kunnen worden om gebouwen warm te stoken.

8 Leg uit waarom deze pellets gebruikt kunnen worden als brandstof.

Bio-bean stelt dat het winnen van biobrandstoffen 100 % CO₂- neutraal is. Bij deze uitspraak zijn echter kanttekeningen te plaatsen.

9 Noem minstens twee argumenten waaruit blijkt dat het minder dan 100 % CO₂- neutraal is.

Het omzetten van de koffiedrab in biobrandstoffen levert biobrandstoffen op die 15 % minder kosten dan traditionele brandstoffen.

10 Bedenk minstens één reden hoe dit komt.

Groene productie van pectine uit koffiepulp

De titel van het artikel in Chemie Magazine was "Koffiekringloop sluit zich"

11 Leg in termen van duurzaamheid uit wat de schrijver met deze titel bedoelt.

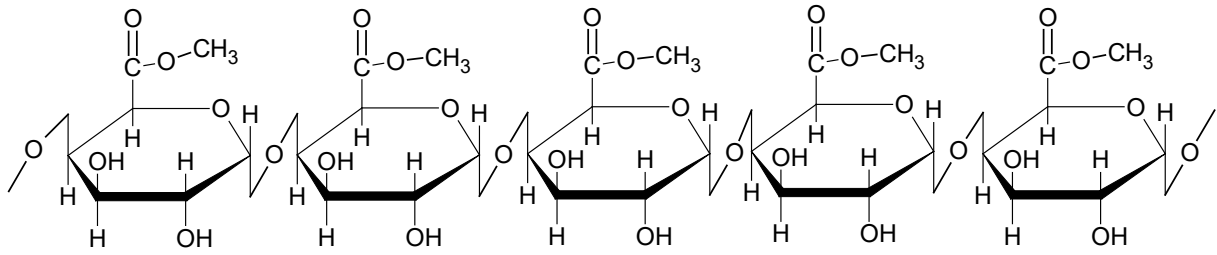
Het startersbedrijf Pectcof wil op industriële schaal pectine uit koffiepulp halen. Pectine wordt nu nog meestal uit andere grondstoffen gehaald.

12 Geef twee voordelen van het gebruik van koffiepulp in plaats van appel- en citrusschillen om pectine te winnen.

Pectcof is bezig om het proces op te schalen. Daarna wil het bedrijf het patent op het proces verkopen aan bedrijven in het buitenland. In tegenstelling tot het verwerken van koffiedrab wil men de pectine niet in Nederland winnen uit koffiepulp.

13 Leg uit waarom Pectcof niet in Nederland een grote fabriek wil neerzetten voor het winnen van pectine uit koffiepulp, terwijl de koffiedrab wel ter plekke in Londen wordt verwerkt.

Pectine kan gebruikt worden als emulgator en stabilisator in voedingsmiddelen. De hoofdketen van het pectinemolecuul bestaat uit een polysacharide en is opgebouwd uit aan elkaar gekoppelde moleculen waar sommige OH groepen van veresterd zijn. In figuur 2 staat de structuurformule van een stuk uit de pectine keten getekend:



Figuur 2

- 14 Teken de structuurformule van het monomeer, waaruit bovenstaande structuur is ontstaan.

Het proces waarmee Pectcof pectine wil winnen uit koffiepulp gebruikt geen extractie maar een membraanfiltratie. Dit kan omdat koffiepulp veel vloeibaarder is te krijgen dan appel- en citrusschillen.

- 15 Leg uit waardoor pectine goed te mengen is met water tot een redelijk vloeibare substantie.
- 16 Beredeneer wat het verschil in proces zegt over het percentage vezels in koffiepulp in vergelijking met appel- en citrusschillen.

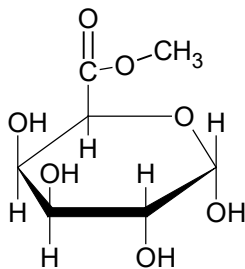
Uiteindelijk wil het bedrijf ook processen hebben voor het winnen van anti-oxidanten, pigmenten en koolhydraten. Ook de vezels die overblijven kunnen dienen als uitgangsstof voor een volgens product.

- 17 Bedenk een toepassing voor de vezels.

Pectine en brandstof uit koffiepulp en -drab

- 1 Alle drie de alkaloïdemoleculen bevatten N-atomen en O-atomen die een H-brug kunnen aangaan met watermoleculen.
- 2 Koffieshops, instantkoffiefabriek of fabrieken waar koffiecapsules worden gemaakt.
- 3 Uit de oliën.
- 4 De oliën moeten omgezet worden in de methylesters van de vetzuren. Die kunnen gebruikt worden als biodiesel.
- 5 Bijvoorbeeld: minder CO₂-uitstoot, minder fossiele brandstof nodig.
- 6 Eiwitten en koolhydraten zijn sterker polair/hydrofiel dan oliën en dus minder goed oplosbaar in het apolaire/hydrofobe hexaan.
- 7 In het proces kunt je dus de hexaan weer scheiden van de oliën, bijvoorbeeld door een destillatie.
- 8 Eiwitten en koolhydraten zijn koolstofhoudende stoffen en daardoor ook brandbaar.
- 9 Bijvoorbeeld: Het omzetten in biodiesel kost energie/ de extractie kost energie/ het terugwinnen van hexaan kost energie/ het ophalen van de koffiedrab kost energie/ het drogen van de koffiedrab kost energie. Tenzij dit duurzaam geproduceerde energie is, komt hier CO₂ bij vrij.
- 10 Brandstof wordt dicht bij huis geproduceerd, dus weinig transportkosten/ de grondstoffen kosten bijna niets.
- 11 Het afval dat geproduceerd wordt bij de bereiding van te drinken koffie, wordt weer gebruikt als uitgangsstof voor een volgend product. De hele cyclus wordt hierdoor gesloten. Je zou kunnen zeggen dat de CO₂ die uiteindelijk wordt geproduceerd weer wordt gebruikt in de groei van nieuwe koffievruchten.
- 12 De appel- en citrusschillen kunnen als veevoer worden gebruikt. Daar is een alternatief voor. Hierdoor wordt het afval van koffie waardevol.
Bij de productie van pectine uit koffiedrab is geen ethanol nodig als oplosmiddel. Dit scheelt weer energie in het proces.
- 13 De koffiepulp bevindt zich niet in Nederland, maar in de koffieproducerende landen. Daar moeten die fabrieken komen. Anders moet de koffiepulp getransporteerd worden. Niet erg duurzaam.
De koffiedrab daarentegen wordt over de hele wereld geproduceerd en kan dus ook over de hele wereld verwerkt worden.

14



- 15 Pectine is weliswaar een polymeer, maar kan heel veel H-bruggen vormen met water. Daardoor kan er een stroperige vloeistof ontstaan.
- 16 In appel- en citrusschillen zitten veel meer onoplosbare vezels, waardoor je het niet goed vloeibaar kan krijgen.
- 17 Papierindustrie

Extra informatie: <http://www.pectcof.com/about-coffee.html>

Artikel: www.groenkennisnet.nl/Pages/Pectine-en-brandstof-uit-koffiepulp-en%E2%80%93drab.aspx

ER WAS VRIJWEL GEEN ZUURSTOF VOOR OERDIEREN

Klas	4hv
Subdomein	Atoommodellen; Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Isotopen; verbrandingsreacties
Trefwoorden	Oersoep; halfwaardetijd; zuurstof; leven
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

NRC-weekend, 1-2 november 2014

Er was vrijwel geen zuurstof voor oerdieren

Het eerste leven op aarde ontstond vroeg, maar dieren lieten lang op zich wachten. Dat komt omdat de atmosfeer van de jonge aarde miljarden jaren lang vrijwel zuurstofloos was. En dat is veel langer dan voorheen gedacht (*Science*, 31 oktober). Pas 750 miljoen jaar geleden kwam er genoeg zuurstof in de atmosfeer om dierlijk leven te maken. Dat concluderen Amerikaanse geologen op basis van metingen aan oeroude aardlagen.

De aarde is 4,6 miljard jaar oud. Er- gens tussen 4 en 3,5 miljard jaar ge- leden ontstonden de eerste bacteriën. Meercellige dieren evolueerden 'pas' 650 miljoen jaar geleden.

Waarom toen en niet eerder? Geolo- gen en evolutiebiologen vermoedden al langer dat dat kwam door een ge- brek aan zuurstof. Maar hoe zuurstof- arm de atmosfeer precies was, was on- duidelijk. Vorige berekeningen liepen sterk uiteen: tussen 0,2 en 5 procent

zuurstof. Het huidige zuurstofniveau is 21 procent.

Het team van Amerikaanse geolo- gen komt nóg veel lager uit. De atmos- feer bevatte miljarden jaren lang slechts 0,02 procent zuurstof. Geen dier kan met zo weinig zuurstof toe, betoogt het team. De onderzoekers bestrijden het gangbare idee dat het zuurstofniveau vanaf 2,4 miljard jaar geleden langzaam omhoog kroop. Pas 750 miljoen jaar geleden steeg het zuurstofpercentage, en dat gebeurde vrij plots.

De geologen reconstrueerden pre- historische zuurstofniveaus aan hand van chroom-isotopen. Isotopen zijn varianten van een element, met een andere massa. Geoxideerd chroom, dat direct of indirect met zuurstof heeft gereageerd, bevat vaker de zwa- re isotoop dan niet-geoxideerd chroom. De geologen bepaalden chroomverhoudingen in steen- en schalielagen over de hele wereld.

Lucas Brouwers

Het eerste leven op aarde ontstond vroeg maar dieren lieten lang op zich wachten, zegt het artikel.

1 Wat was de oorzaak van het lang uitblijven van het ontstaan van dieren op aarde?

Tussen 4 en 3,5 miljard jaar geleden ontstonden de eerste bacteriën op aarde terwijl meercellige dieren 'pas' zo'n 650 miljoen jaar geleden ontstonden.

2 Waarom staat het woordje 'pas' tussen aanhalingstekens?

Het huidige zuurstofpercentage in de atmosfeer is (afgerond) 21 volume-%. Het zuurstofpercentage miljarden jaren geleden was veel lager; berekeningen liepen uiteen tussen de 0,2 en 5 volume-%. Zo'n 650 miljoen jaar geleden steeg het zuurstofpercentage heel plots en heel sterk.

3 Schets een grafiek waarbij je het zuurstofpercentage op de aarde uitzet tegen de tijd (van nu zo'n 4 miljard jaar terug).

Een team van Amerikaanse geologen kwam tot een nog lager zuurstofpercentage dan in eerdere berekeningen was gevonden. Zij schatten het zuurstofpercentage 2,5 miljard geleden op 0,02%. Zij gebruikten daartoe chroomisotopen.

4 Wat zijn isotopen?

In Binas staan slechts 2 isotopen van chroom vermeld met een percentage van voorkomen op aarde.

5 Leg uit dat dit niet de enige twee natuurlijk voorkomende isotopen op aarde zullen zijn.

6 Geef de kernsamenstelling van beide genoemde op aarde voorkomende isotopen van chroom.

Verder zoeken levert op dat de isotoop Cr-50 voor 4,341% op aarde voorkomt. Cr-50 heeft een halfwaardetijd van $1,8 \cdot 10^{17}$ jaar.

7 Leg uit dat de hoeveelheid Cr-50 als een vaste waarde beschouwd kan worden. Betrek in je antwoord de leeftijd van de aarde.

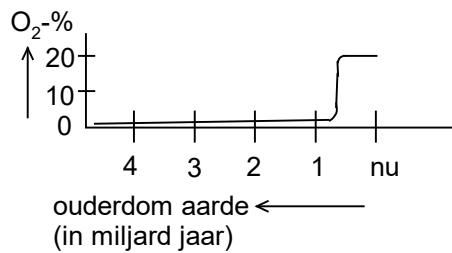
Geoxideerd chroom bevat vaker de zwaardere chroomisotoop dan niet-geoxideerd chroom.

8 Welke chroomoxiden is/zijn mogelijk? Licht je antwoord toe met behulp van Binas tabel 40A..

9 Leg uit hoe de Amerikaanse geologen tot hun conclusie over het zuurstofpercentage gekomen zijn.

Er was vrijwel geen zuurstof voor oerdieren

- 1 Doordat de jonge aarde miljarden jaren een vrijwel zuurstofloze atmosfeer had.
- 2 Voor ons is 650 miljoen jaar heel lang maar vergeleken met de ouderdom van de aarde is het relatief relatief kort.
- 3



- 4 Isotopen zijn atomen met hetzelfde aantal protonen maar een verschillend aantal neutronen in de kern.
- 5 Het is samen slechts 93,3%, dus geen 100%.
- 6 Cr-52: 24 protonen en 28 neutronen; Cr-53: 24 protonen en 29 neutronen.
- 7 De halfwaardetijd is $1,8 \cdot 10^{17}$ jaar, terwijl de aarde 4,6 miljard jaar oud is dus $4,6 \cdot 10^9$ jaar. In die periode is een verwaarloosbare fractie van Cr-50 omgezet.
- 8 Chroom heeft alleen lading 3+, dus formule Cr_2O_3 .
- 9 Ze vergeleken de verhouding chroomisotopen in chroom en in chroomoxide in diverse gesteentes. En ze bepaalden de ouderdom van de gesteentelaag waarin die chroomisotopen gevonden werden. Dit deden ze over de hele wereld.

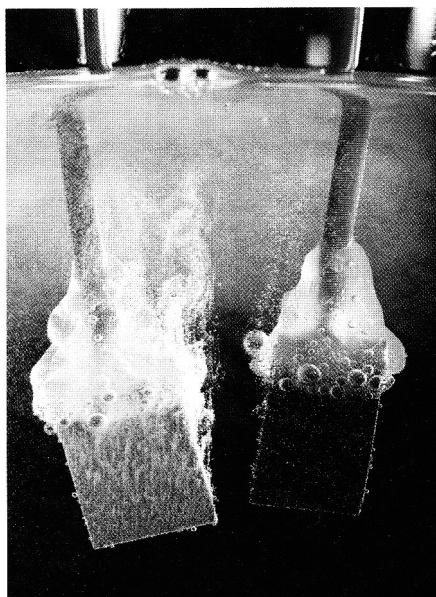
PEROVSKIET MAAKT WATERSTOF

Klas	5,6v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Redoxreacties
Trefwoorden	Zonnecel, perovskiet, elektrolyse, waterstof, rendement
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W Life Sciences, 14 november 2014

PEROVSKIET MAAKT WATERSTOF

Combineer perovskietzonnecellen met elektrodes van goedkope metalen, en je kunt met zonne-energie water splitsen met maar liefst 12,3 procent rendement bij een stroomdichtheid van 10 mA/cm². Het zou een doorbraak kunnen zijn, suggereerde de Zwitserse zonnecel-expert Michael Grätzel onlangs in *Science*. Dat perovskiet op basis van CH₃NH₃PbI₃ zet zonlicht om in elektriciteit met een rendement van 15,7 procent en genereert potentiaalverschillen van ruim één volt, zodat je maar twee cellen in serie hoeft te zetten om water te kunnen splitsen. Bij andere zonneceltypes zijn dat er drie, of zelfs vier. De aansluitende elektrolysecel is dan weer ontworpen voor een zo laag mogelijke (over)potentiaal, zodat de energieverliezen minimaal zijn. Beide elektrodes zijn van nikkel-schuim, gecoat met nikkelhydroxide met wat ijzer er door, een combinatie die zowel aan de waterstof- als aan de zuurstofkant goed voldoet. De matige stabiliteit van perovskietzonnecellen blijft nog wel een probleem. Op 18 november houdt Grätzel een lezing tijdens Chains 2014 in Veldhoven, wellicht dat hij dan met een oplossing komt.



De nikkelelektrodes in actie.

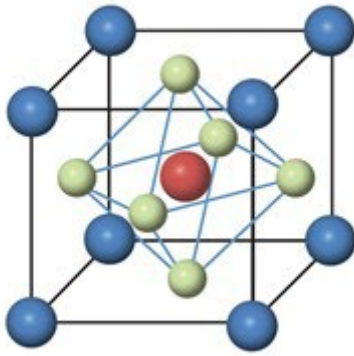
De titel van het artikel gaat wel erg kort door de bocht als je naar de inhoud ervan kijkt.

- 1 Verklaar wat de schrijver van het artikel bedoeld zal hebben. Lees daartoe het gehele artikel.

De beschreven perovskietzonnecel bevat het mineraal CH₃NH₃PbI₃. Dit perovskiet is uit drie ionsoorten opgebouwd.

‘Perovskiet’ is de verzamelnaam voor mineralen waarvan de kristalstructuur overeenkomt met die van calciumtitaanaat, CaTiO₃. Een paar jaar geleden werd ontdekt dat organometaalhalideperovskieten, zoals CH₃NH₃PbI₃, zonlicht kunnen omzetten in een elektrische stroom met een efficiëntie die dicht tegen die van silicium aan zit. Sindsdien gelden perovskieten als

dé grote belofte op het gebied van zonnecellen.



Perovskietstructuur uit methylammonium (blauw, donkergrijs op hoekpunten kubus), lood (rood, grijs centraal atoom in het midden) en jodide (groen, lichtgrijs)

Uit: C2W, 6 augustus 2014

2 Geef de formules van de ionen waaruit dit perovskiet is opgebouwd.

De energieopbrengst van de perovskietzonnecel is in het artikel beschreven.

3 Bereken hoeveel ampère een oppervlakte van 10 m^2 van dit soort perovskietzonnecellen oplevert.

De geproduceerde stroom wil men gebruiken om water te ontleden.

4 Geef de reactievergelijking van de elektrolyse van water.

5 Geef de beide halfreacties die in de elektrolysecel plaatsvinden.

6 Leg uit dat twee perovskietzonnecellen juist voldoende spanning leveren om de ontleding van water te kunnen laten plaatsvinden. Gebruik in je antwoord gegevens uit Binas.

Spanning en stroomsterkte hebben elk een eigen functie in het proces.

7 Licht deze uitspraak toe.

In het artikel staan zowel het rendement van de perovskietzonnecellen als van het overall proces vermeld.

8 Bereken hieruit het rendement van de elektrolysecel.

Beide elektroden in de elektrolysecel zijn van hetzelfde materiaal gemaakt.

9 Wat is de functie van elk van de stoffen in de elektroden? Licht je antwoord toe.

10 Waarom heeft men de elektrode in de vorm van een schuim toegepast?

Perovskiet maakt waterstof

- 1 Dat met behulp van perovskietzonnecellen elektrische energie geproduceerd wordt om water mee te ontleden waarbij waterstof ontstaat.
- 2 Uit CH_3NH_3^+ , Pb^{2+} , en I^- ionen.
- 3 Stroomdichtheid is 10 mA per cm^2 . Een oppervlak van 10 m^2 is 10^5 cm^2 . Dus dat levert $10^6 \text{ mA} = 10^3 \text{ A}$.
- 4 Reactievergelijking: $2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ H}_2 + \text{O}_2$.
- 5 Aan + elektrode: $2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{ H}^+ + 4 \text{ e}^-$, aan – elektrode: $2 \text{ H}_2\text{O} + 2 \text{ e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{ OH}^-$.
- 6 Twee zonnecellen leveren ruim twee volt. Het verschil in elektrodepotentiaal dat overwonnen moet worden is $1,23 - (-0,83) = 2,06 \text{ V}$.
- 7 De potentiaal is nodig om de tegenspanning te overwinnen, de stroomsterkte is nodig om de energie te leveren.
- 8 Rendement overall is 12,3%, rendement zonnecel is 15,7%. Dus het rendement van de elektrolyse is $12,3/15,7 \times 100\% = 78\%$.
- 9 Het nikkel en het ijzer dienen als geleidend materiaal voor de elektronenstroom, het nikkelhydroxide dient als katalysator.
- 10 Een schuim heeft een veel groter aanrakingsoppervlak dan een blok metaal. Hierdoor kan de cel meer waterstof leveren in dezelfde tijd.

MOF IN DUNNE PLAKJES

Klas	5,6v
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Microniveau; bouw molecuul
Trefwoorden	MOF, membraan, zout, scheidingsmethode, gassen
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W, 28 november 2014

MOF IN DUNNE PLAKJES

Delftse kristallisatiestrategie vult gasscheidingsmembranen.

In Delft is bedacht hoe je *metal organic frameworks* kunt laten uitkristalliseren als micrometers brede, maar slechts nanometers dikke plakjes. Zo kun je ze verwerken in een polymeermembraan en er gassen mee scheiden, schrijven Jorge Gascon en collega's in *Nature Materials*.

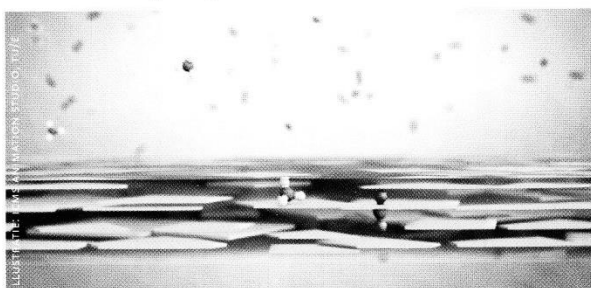
De structuur van zo'n MOF is van nature gelaagd, maar als je de natuur zijn gang laat gaan, stapelen de lagen zich op tot een kristal waarvan alle zijden ongeveer even groot zijn. Om de groei eerder te stoppen, werkt Gascon met drie vloeistofflagen, die dankzij verschillende dichtheden op elkaar blijven drijven. In de bovenste laag los je de ene component van het MOF op, in de onderste de andere. Beide ionen zullen langzaam naar de middelste laag diffunderen en daar uitkristalliseren. Maar zodra ze een zekere dikte hebben bereikt, zakken ze door hun eigen

gewicht weg in de onderste vloeistoflaag waar ze niet verder kunnen groeien.

In de praktijk is het uitgeprobeerd met koper 1,4-benzeendicarboxylaat als MOF. Grondstoffen zijn koper(II)nitraat en tereftaalzuur, het oplosmiddel bestaat uit N,N-dimethylformamide en acetonitril in drie verschillende mengverhoudingen. Inderdaad blijkt je zo vierkante MOF-velletjes te kunnen kweken met zijden van enkele micrometers en diktes die variëren van 5 tot 25 nm. Die laatste waarde hangt

sterk af van de temperatuur waarbij je werkt.

Een paar gewichtsprocent van die velletjes meng je door een oplossing van polyimide, waar je vervolgens een dertig tot vijftig μm dik membraan van giet. Onder de elektronenmicroscop is te zien dat de meeste velletjes vanzelf plat op elkaar gaan liggen. Praktijkproeven wijzen uit dat je met zo'n membraan redelijk efficiënt CO_2 kunt afscheiden uit CH_4 . Dat laatste molecuul is net te groot om de gaten in het MOF te kunnen passeren. Met een polyimide-membraan zonder MOF lukt de scheiding ook, zij het minder selectief, terwijl het membraan van dikke MOF-kristallen juist slechter wordt. Over de vraag of je MOF's ook op industriële schaal op deze manier kunt laten uitkristalliseren, hebben de Delftenaren zich nog niet gebogen. (ADII)



CO_2 gaat erdoor, CH_4 niet.

In Delft is de toepassing van *metal organic frameworks* (MOF's) als membraan bedacht

1 Wat is de functie van een MOF in een membraan?

Voor de toepassing zijn nanometer dunne plakjes nodig. Jorge Gascon van de TU-Delft werkt daarom met drie vloeistofflagen.

2 Welke vloeistoffen gebruikte Jorge Gascon?

3 Welke stofeigenschap van de vloeistofflagen moet sterk verschillen? Licht je antwoord toe.

De MOF die gebruikt werd was het zout koper(II)benzeen-1,4-dicarboxylaat.

Benzeen-1,4-dicarboxylaat is een tweewaardig negatief geladen ion. Dit ion wordt gevormd uit tereftaalzuur, benzeen-1,4-dicarbonzuur.

4 Geef de structuurformule van tereftaalzuur.

5 Hoe kun je uit tereftaalzuur het ion benzeen-1,4-dicarboxylaat maken?

- 6 Geef de reactievergelijking in structuurformules van de omzetting van tereftaalzuur in benzeen-1,4-dicarboxylaate.

De beide ionen, koper(II)ionen en benzeen-1,4-dicarboxylaationen, diffunderen ieder vanuit hun eigen vloeistoflaag naar de middelste vloeistoflaag.

- 7 Geef de reactievergelijking die daardoor optreedt in de middelste vloeistoflaag.
8 Leg uit hoe de reactie naar verloop van tijd vanzelf stopt.

De dikte van de MOF-velletjes varieert van 5 tot 25 nm.

- 9 Reken deze getalswaarden om in mm.

Uiteindelijk ontstaan membranen met een dikte van 30-50 μm .

- 10 Reken ook dit om in mm.

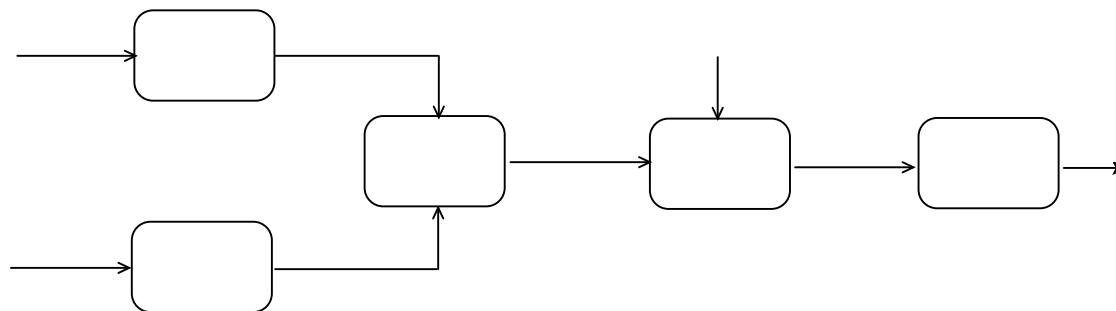
Praktijkproeven laten zien dat hiermee een mengsel van methaan en koolstofdioxide gescheiden kan worden.

- 11 Hoe werkt het scheidingsprincipe van dit membraan?

Koolstofdioxidemoleculen passeren het membraan wel, methaanmoleculen niet.

- 12 Leg aan de hand van bindingslengten (Binas tabel 53A) en ruimtelijke structuur van methaan en koolstofdioxide uit hoe je het verschil tussen methaan en koolstofdioxide kunt verklaren.

Het proces van ion tot membraan kan schematisch in een blokschema weergegeven worden (zie hieronder).

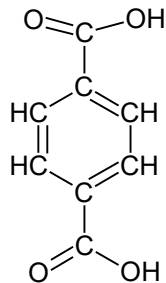


- 13 Neem het lege blokschema over en vul in.

MOF in dunne plakjes

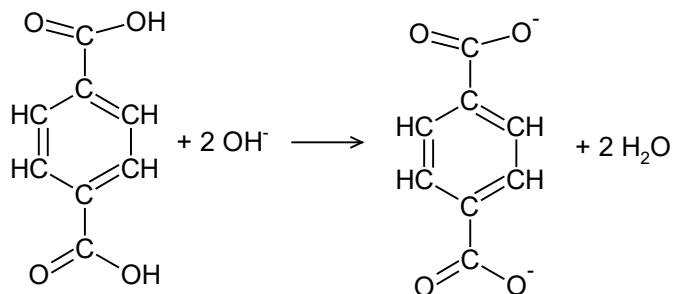
- 1 Een MOF dient hier als selectief werkend materiaal om gassen van elkaar te scheiden. Een MOF laat alleen deeltjes door tot een bepaalde grootte.
- 2 De vloeistoffen N,N-dimethylformamide (dichtheid 945 kg m^{-3} of $0,945 \text{ g cm}^{-3}$) en acetonitril (dichtheid 786 kg m^{-3} of $0,786 \text{ g cm}^{-3}$) in drie verschillende mengverhoudingen.
- 3 De vloeistoffen moeten sterk verschillen in dichtheid.

4

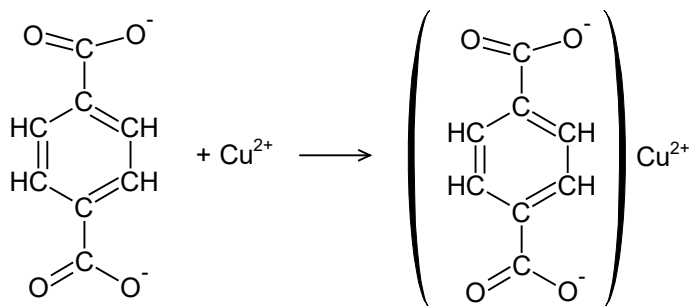


- 5 Laat tereftaalzuur reageren met een sterke base, bijvoorbeeld met natronloog.

6

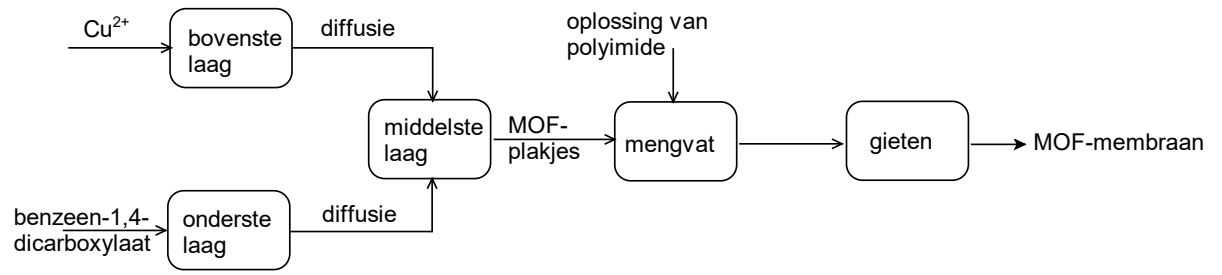


7



- 8 Zodra de MOF een zekere dikte heeft bereikt zakt het door eigen gewicht naar de onderste laag waar slechts een van beide ionen aanwezig is en de reactie dus stopt.
- 9 Dikte $5\text{-}25 \text{ nm} = 5 \cdot 10^{-6}$ tot $2,5 \cdot 10^{-5} \text{ mm}$.
- 10 Dikte $30\text{-}50 \text{ }\mu\text{m} = 3 \cdot 10^{-2}$ tot $5 \cdot 10^{-2} \text{ mm}$.
- 11 Het membraan selecteert op deeltjesgrootte: tot een bepaalde grootte kunnen deeltjes het membraan passeren.
- 12 Bindingslengte C=O is $116 \cdot 10^{-12} \text{ m}$; bindingslengte C-H is $108 \cdot 10^{-12} \text{ m}$. Echter de ruimtelijke structuur van methaan is een tetraëder terwijl koolstofdioxide een recht molecuul is. Dus een koolstofdioxidemolecuul kan in de lengterichting het membraan passeren, een methaanmolecuul kan dit niet.

13



RUIMTEREIS OP HYBRIDE STUWSTOF

Klas	5 v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Verbrandingen; redoxreacties
Trefwoorden	SS2, stuwstof, hybride, Stratos, booster
Vaardigheidsvraag	Informatieverwerkingsvraag

C2W, 28 november 2014



MARGA VAN ZUNDERT

Toen Huub Keizers, expert bij TNO in raketvoorstuwning, hoorde van de crash van SpaceShipTwo dacht, hij allereerst aan een brandstofexplosie. “De motor bevat veel chemische energie.” Tot Keizers foto’s van het wrak zag. “De brokstukken waren groter en anders dan je bij een explosie verwacht.”

Virgin Galactic ontwikkelt de SpaceShipTwo (SS2), dat ruimtetoeristen naar 140 km hoogte moet brengen met een topsnelheid van 2.500 km per uur. Een draagvliegtuig brengt de SS2 naar 15 km hoogte, daar start de raketmotor. Op 31 oktober ging het mis. Bij een testvlucht brak twee minuten na de raketstart de VSS Enterprise (de eerste SS2) uiteen. De schietstoelen werkten, maar de ene piloot raakte zwaargewond en de ander kwam om.

HYBRIDE

Bekende ruimteschepen, zoals de Spaceshuttle en Ariane 5, hebben een hoofdaandrijving op vloeibaar waterstof en zuurstofgas. En aparte hulpraketten, *boosters*, op vaste brandstof voor een snelle start. SS2 is een hybride, en combineert vloeibaar en vast. Het schip vliegt op polyamide (nylon) dat wordt verbrand met lachgas (N_2O), dat in vloeibare vorm is opgeslagen in een tank.

“De combinatie van brandstof en oxidator noemen we stuwstof”, zegt Jeroen Wink, masterstudent lucht- en ruimtevaarttechniek. Wink is stuwstofexpert van

het Stratos II-studentenproject van de TU Delft, dat onlangs poogde zijn zelfgebouwde raket naar 50 km hoogte te sturen op hybride stuwstof. “Een hybride motor is én regelbaar, zoals bij vloeibare stuwstof, én zeer krachtig, zoals bij vaste stuwstof”, verklaart Wink de keuze. Zijn team koos voor de combinatie ‘koffiezoetjes’ (sorbitol) en lachgas. “Met sorbitol hadden we al ervaring in een kleinere vaste stuwstofraket. Het rubber HTPB (polybutadieen met hydroxyl als eindgroep, red.), dat veel in professionele boosters wordt gebruikt, is onbereikbaar voor een studententeam in Europa. De verkoop wordt gecontroleerd, omdat het ook gebruikt wordt als *binder* voor explosieven.”

‘Elke kunststof met voldoende energie-inhoud is geschikt’

Een raketmotor moet veel verbrandingsgassen produceren, die stuwten de raket immers omhoog. “De Stratos II verbrandt één kg brandstof per seconde”, vertelt Wink. Door die snelle verbranding gebruikt een raketmotor geen zuurstof uit de lucht. “De eerste 20 tot 25 km is het zuurstofniveau in principe voldoende. Maar technisch gezien is het heel lastig om genoeg lucht aan te zuigen om de brandstof snel genoeg te verbranden”, aldus Keizers. Vandaar dat elke raket een oxidator mee aan boord neemt. Bij een booster is dat een vaste

oxidator, zoals ammoniumperchloraat of kaliumnitraat, vergelijkbaar met een vuurpijl. De snelheid en hoogtebereik liggen dan echter vast met de gekozen hoeveelheid stuwstof. Met een vloeibare oxidator, zoals een hybrideraketmotor heeft, is de verbranding te regelen. Keizers: “Je geeft de raket een gaspedaal. Dat is technisch wel lastiger omdat je regelkleppen introduceert.”

INTACT

De SS2 schakelde in mei over van HTPB op polyamide als hybride brandstof. Virgin Galactic wil over die verandering weinig kwijt. ‘Polyamide heeft gewoon de beste eigenschappen’, citeerde het Engelse tijdschrift *Aviation Week* ceo George T. Whitesides. “In principe is elke kunststof met voldoende energie-inhoud geschikt”, weet Keizers. “Je maakt er een holle cilinder van, waar de oxidator doorheen stroomt. Essentieel is dat het materiaal intact blijft bij de hoge versnellingen, temperaturen en druk van een lancering. Er moet geen stuk afbreken. Als de straalpijp onderaan geblokkeerd raakt, ontploft die.”

De National Transportation Safety Board vond de motor en brandstoftanks van de VSS Enterprise intact terug, zonder enige aanwijzingen van doorbranden of explosie. ‘De speculaties over motor of brandstofproblemen waren onjuist en prematuur’, aldus de veiligheidsraad. De werkelijke oorzaak van de crash lijkt voorlopig te vroeg geactiveerde staartvlakken.

Testen van een nieuw vliegtuig kan gevaarlijk zijn. Dat bleek ook wel bij de crash van Space Ship Two (SS2), een project dat in de toekomst ruimtetoeristen naar 140 km hoogte moet brengen.

1 Is de SS2 een vliegtuig of een ruimteschip? Licht je antwoord toe.

Studenten van de TU Delft zijn bezig met het Stratos II project om een zelfgemaakte raket naar 50 km hoogte brengen op hybride stuwstof.

2 Wat is het voordeel van een hybride stuwstof?

Bij een boosterraket wordt gebruik gemaakt van een oxidator in de vaste fase.

3 Welke oxidatoren in de vaste fase worden genoemd?

4 Noteer de formule van de oxidatoren in de vaste fase (Binas tabel 66B).

De studenten van de TU Delft maken gebruik van de brandstof sorbitol, $C_6H_{14}O_6$, en lachgas als oxidator.

5 Geef de formule van lachgas (gebruik Binas).

6 Geef de reactievergelijking die optreedt tussen sorbitol en lachgas.

7 Waardoor komt het stuwende effect?

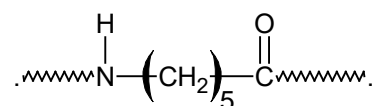
De Stratos II verbruikt 1 kg brandstof per seconde.

8 Bereken hoeveel m^3 gas er dan per seconde ontstaat. Ga onder de heersende omstandigheden uit van $V_m = 120 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$.

De SS2 gebruikte polyamide als brandstof.

9 Beschrijf hoe daarmee voldoende stuwkracht geproduceerd kan worden.

Polyamide is een nylon. De repeterende eenheid in nylon-6 kun je weergeven als:



10 Geef de reactievergelijking van de reactie tussen lachgas en de repeterende eenheid van nylon-6.

11 Licht de grote stuwkracht toe die hierdoor ontstaat.

12 Leg uit hoe de grootte van de stuwkracht te regelen is.

Voor alle oxidatoren geldt dat het zuurstofpercentage hoog is.

13 Bereken het massapercentage zuurstof in de drie genoemde oxidatoren.

De keuze voor de brandstof sorbitol lijkt vreemd, lettend op de functie van een brandstof.

14 Wat is kenmerkend voor een brandstof? Vergelijk daarbij de diverse brandstoffen.

15 Licht de keuze voor sorbitol toe.

Ruimtereis op hybride stuwstof

- 1 Het is een combinatie: draagvliegtuig tot 15 km hoogte, vanaf daar tot 140 km hoogte raket/ruimteschip.
- 2 Je kunt dan de verbranding regelen.
- 3 Ammoniumperchloraat en kaliumnitraat.
- 4 NH_4ClO_4 en KNO_3 .
- 5 N_2O .
- 6 $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6 + 13 \text{N}_2\text{O} \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 7 \text{H}_2\text{O} + 13 \text{N}_2$.
- 7 Er ontstaat heel veel gas per seconde dus veel stuwkracht.
- 8 $1 \text{ kg sorbitol} = 1000 \text{ g} \div 182,172 = 5,49 \text{ mol}$. Uit 1 mol sorbitol ontstaat 26 mol gas dus er ontstaat $26 \times 5,49 \times 120 = 17100 \text{ dm}^3 = 17,1 \text{ m}^3$ gas per seconde.
- 9 Door een koker van polyamide wordt lachgas geleid waarbij beide stoffen met elkaar reageren en heel veel gas produceren, dus heel veel stuwkracht.
- 10 $2 \text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO} + 33 \text{N}_2\text{O} \rightarrow 12 \text{CO}_2 + 11 \text{H}_2\text{O} + 35 \text{N}_2$.
- 11 Er ontstaat heel veel gas per seconde dus veel stuwkracht.
- 12 De toevoer van het lachgas kan geregeld worden omdat het als vloeistof aanwezig is.
- 13 Ammoniumperchloraat: $64/117,49 \times 100\% = 54,5\%$; kaliumnitraat: $48,0/101,10 \times 100\% = 47,4\%$; lachgas: $16,00/44,02 \times 100\% = 36,3 \%$.
- 14 Dat deze zoveel mogelijk te verbranden bestanddelen bevat. HTPB en polyamide bevatten verhoudingsgewijs weinig zuurstof terwijl sorbitol verhoudingsgewijs veel zuurstof bevat dus veel minder energie kan leveren.
- 15 Met sorbitol had het studententeam al ervaring en HTPB is onbereikbaar voor een studententeam.

NEDERLANDER ZOEKT CROWDFUNDING VOOR ZONNEPANEEL DAT ZONLICHT OMZET IN WATER

Klas	3 hv
Subdomein	Industriële processen en Groene chemie
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Innovatief proces
Trefwoorden	Destilleren, zonne-energie
Vaardigheidsvraag	Informatieverwerkingsvraag

<http://groenecourant.nl/wetenschap>, 29 december 2014

Nederlander zoekt crowdfunding voor zonnepaneel dat zonlicht omzet in water

AMSTERDAM – Een groepje uitvinders zoekt op crowdfunding-site Indiegogo 150.000 dollar om een speciaal zonnepaneel verder te ontwikkelen.



Het paneel heet de Desolenator en kan met zonlicht vervuild of zout water omzetten in drinkbaar water. Volgens de initiatiefnemers is dit ideaal voor ontwikkelingslanden om het waterprobleem op te lossen.

Het product wordt nu onder andere op de markt gebracht door William Janssen, ceo bij het bedrijf. De campagne loopt tot en met 14 januari. Er is al bijna 100.000 dollar opgehaald voor het product.

Warmte

Hoewel vaak gefocust wordt op de elektriciteit die een zonnepaneel kan produceren, richt Janssen zich op de warmte die er wordt opgewekt. Door het isoleren van het paneel wordt het nog warmer dan normaal.

Een laagje water dat langs het paneel loopt, wordt opgewarmd en uiteindelijk wordt de waterdamp opgevangen. Dagelijks zou er zo'n 15 liter drinkwater kunnen worden geproduceerd.

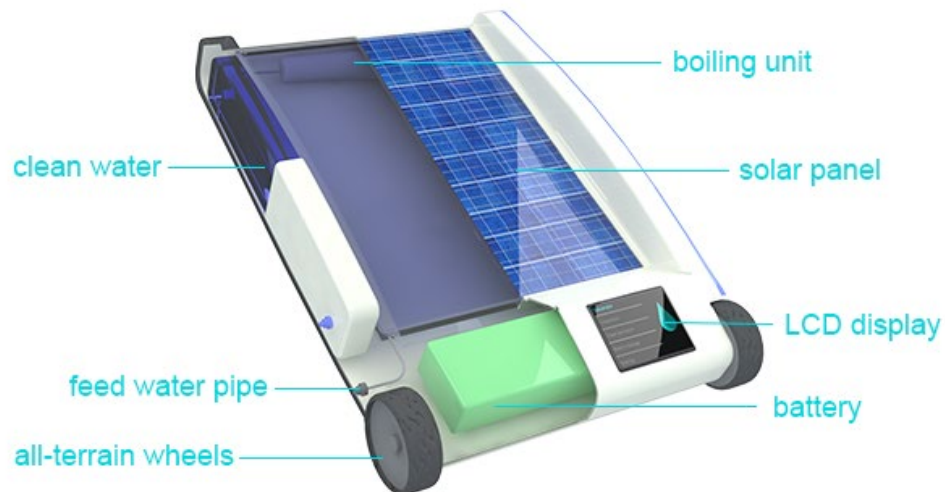
Een groepje uitvinders probeert via crowdfunding financiële ruimte te creëren.

1 Leg in je eigen woorden uit wat crowdfunding is.

Het ontworpen paneel heeft de naam Desolenator gekregen.

2 Wat willen de ontwerpers van het apparaat met deze naam uitdrukken?

In figuur 1 is een schematische tekening van de Desolenator weergegeven.



Figuur 1

Bron: <https://www.indiegogo.com/projects/desolenator-transforming-sunshine-into-water>

<i>Boiling unit</i>	<i>Kookeenheid</i>
<i>Solar Panel</i>	<i>Zonnepaneel</i>
<i>LCD display</i>	<i>LCD scherm</i>
<i>Battery</i>	<i>Batterij</i>
<i>All-terrain wheels</i>	<i>Wielen voor elk terrein</i>
<i>Feed water pipe</i>	<i>Aanvoerleiding water</i>
<i>Clean water</i>	<i>Schoon water</i>

3 Op welke scheidingsmethode is de Desolenator gebaseerd? Licht je antwoord toe.

In de titel van het artikel staat “.....zonnepaneel dat zonlicht omzet in water”.

4 Ben je het eens bent met deze omschrijving in de titel van het artikel. Zo ja, licht je antwoord toe. Zo nee, licht je antwoord toe en noteer een andere formulering voor de titel van het artikel.

Nederlander zoekt crowdfunding voor zonnepaneel dat zonlicht omzet in water

- 1 Crowdfunding is een alternatieve manier om een project te financieren. Een ondernemer wil een project starten, maar heeft onvoldoende startkapitaal. Om dit kapitaal te verwerven biedt hij of zij het project aan (bijvoorbeeld op een platform op het internet) en vermeldt het benodigde bedrag erbij. Op deze manier kan iedereen investeren in het project. Het idee erachter is dat veel particulieren een klein bedrag investeren en dat deze kleine investeringen bij elkaar het project volledig financieren.
Kortweg: van veel mensen (kleine) geldbedragen lenen om het project te financieren.
- 2 Dat je met behulp van de zon schoon water uit vervuild water maakt.
- 3 Destilleren. De zonnepanelen leveren energie/warmte die gebruikt wordt om in de kookeenheid water te verdampen. De waterdamp wordt opgevangen en afgekoeld tot schoon destillaat.
- 4 Nee, het zonlicht wordt niet omgezet in water: Er wordt schoon water gemaakt met behulp van zonlicht. “.... voor zonnepaneel dat met opgevangen warmte schoon water maakt uitgaande van vervuild water.”

Bronnen:

<http://groenecourant.nl/wetenschap/nederlander-zoekt-crowdfunding-voor-zonnepaneel-dat-zonlicht-omzet-water/>

<https://www.indiegogo.com/projects/desolenator-transforming-sunshine-into-water>

HET MOET WEL KLIKKEN

Klas	5,6 v
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen / processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Microniveau; bouw stof / Organische reacties: mesomerie en Lewisstructuren
Trefwoorden	Azide; klikreactie; Huisgencycloadditie; triazool, mesomerie, Lewisstructuur, Groene chemie
Vaardigheidsvraag	Informatieverwerkingsvraag

C2W, 25 november 2014

HET MOET WEL KLIKKEN

Binnen de organische synthese is klikchemie uitgegroeid tot een toverwoord, je kunt het zo gek niet bedenken of het is aan elkaar te klikken. Maar kun je er ook geld mee verdienen?

ARJEN DIJKGRAAF

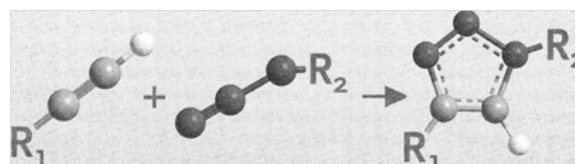
De deadline komt eraan, maar het gaat lukken", verzekeren Anke Boschman en Bas Bögels begin oktober. Ze zijn lid van een Eindhovens studententeam dat een maand later het onderdeel 'New application' van de iGem-competitie voor synthetische biologie zal winnen. Hun *E. coli* is via klikchemie te voorzien van een pantser naar keuze, als bescherming tegen het immuunsysteem. "Je kunt wel een bacterie ontwerpen die tumoren opzoekt, maar die kun je dan nog niet zomaar in het lichaam brengen", legt Bögels uit. Een *proof of principle* hebben ze al, met polyethyleenglycol (PEG) als coating, en ze proberen nu wat alternatieven uit om hun presentatie kracht bij te zetten.

DEFINITIE

Het is lang niet het enige voorbeeld van klikchemie. Het moderne paraplubegrip voor reacties die zo simpel, robuust en specifiek zijn dat zelfs een eerstejaars ze moet kunnen. (...) Maar wat is klikchemie nu precies?

De klassieke klikreactie is de Huisgen-cycloadditie, waarbij een azide en een alkyne samen een 1,2,3-triazool opleveren. Morten Meidal en Nobelprijswinnaar K. Barry Sharpless zetten die als zodanig in de markt in 2002, een jaar nadat de laatste het concept klikchemie lanceerde.

De Eindhovense 'Click Coli' is hierop gebaseerd: het azide hangt aan een synthetisch aminozuur in één van zijn membraaneiwitten,



Huisgen-cycloadditie

de alkynen aan de coating. Maar ook Diels-Alder-addities en andere klassieke organische reacties hebben een tweede leven gekregen als klikchemie.

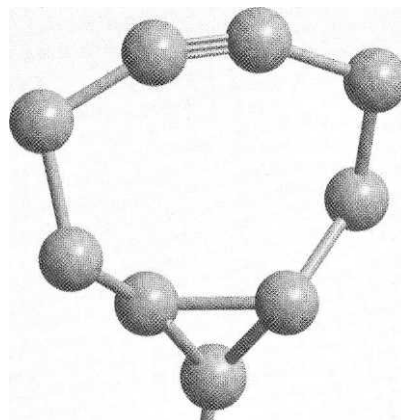
Volgens de Gentse polymeerchemicus Filip Du Prez en andere collega's wereldwijd vraagt het begrip dan ook een strakke uitleg, voordat je elke bovengemiddeld efficiënte reactie voor een klikreactie uitmaakt. De basis blijft Sharpless' originele definitie: klikchemie is breed toepasbaar, werkt met stabiele verbindingen, verloopt volgens één enkele route, levert een hoge opbrengst en vraagt geen schadelijke oplosmiddelen. Mochten er bijproducten ontstaan, dan moeten die ook onschadelijk zijn én te verwijderen zonder meteen naar chromatografie te hoeven grijpen.

'In de medicinale sfeer zit je beter dan in de materialen'

Dat laatste is voor polymeerchemie minder relevant, schreven Du Prez en enkele collega's eind 2010 in *Angewandte Chemie*. Maar bij polymerisaties mag je wel weer eisen dat de reactie razendsnel verloopt, dat opzuiveren ook op grote schaal lukt, en dat die niet wordt

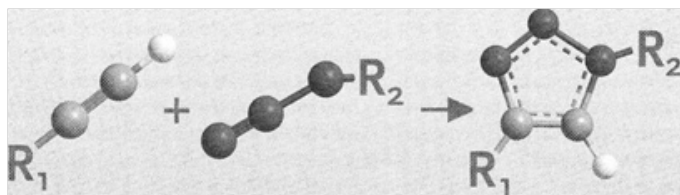
bemoeilijkt door een noodzakelijke overmaat van een van de reactanten.

Du Prez' meest recente bijdrage aan het onderwerp voldoet er naadloos aan. In *Nature Chemistry* presenteerde hij een klikmethode om polyurethanen of andere kunststoffen te crosslinken. Geen Huisgen-cycloadditie, maar een 1,2,4-triazoline-3,5-dion (TAD) dat ultrasnel reageert met de C=C-binding in een indoolgroep. Die klikreactie is bovendien reversibel: boven de 120 °C komt zij los, waarna je je kunsthars kunt verwerken alsof het een thermoplast (zeg maar plastic) is. Met andere woorden: polyurethaan wordt zo echt recycleerbaar.



Koolstofskelet van de SynAffix-cyclo-octynen.

Klikken heeft onder andere de betekenissen: aaneenklikken van legosteentjes (letterlijk) en het klikt tussen die twee (figuurlijk). Dat laatste is van toepassing op de klassieke chemische klikreactie: de Huisgencycloadditie. Hierbij reageert een alkyn, $R_1-C\equiv CH$ met een azide, R_2-N_3 , tot een triazool (het ringvormige molecuul):



Grijs bolletje: C atoom; Wit: H atoom; zwart: N atoom

- 1 Teken de Lewisstructuur van het azide waarbij de R_2 -groep door een H-atoom vervangen is.
- 2 Teken de mesomere grensstructuren van het azide uit vraag 1.
- 3 Wat is het gevolg voor de stabiliteit van het azide als mesomerie mogelijk is?
- 4 Teken de Lewisstructuur van het alkyn waarbij je voor de R_1 -groep een H-atoom gebruikt.

Een azide en een alkyn klikken door additie aan elkaar.

- 5 Geef in een reactievergelijking met Lewisstructuren aan hoe de additie uit de figuur plaatsvindt.

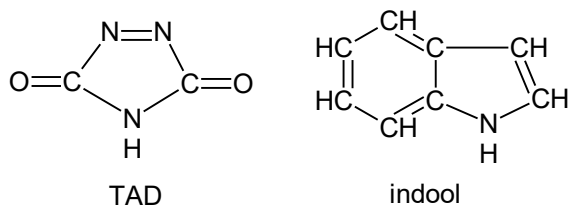
In de tekening bij het artikel worden in de formule van het additieproduct stippellijnen gebruikt.

- 6 Wat wordt met die stippellijnen aangegeven? Wat volgt daaruit?

De klikreactie zou mogelijk ook voor polymerisatiereacties bruikbaar zijn.

- 7 Aan welke voorwaarden moet zo'n polymerisatie dan voldoen?

Polyurethanen zouden via een klikreactie gecrosslinkt kunnen worden. Het artikel geeft een voorbeeld. De stof TAD reageert ultrasnel met de C=C binding in de vijfring van een indoolgroep.



- 8 Geef hiervan in een vergelijking met structuurformules deze reactie weer.
- 9 Leg uit dat dit geen Huisgencycloadditie is.

De klikreactie uit vraag 8 is omkeerbaar (reversibel). Polyurethanen kunnen hierdoor behandeld worden als een thermoplast bij de afvalverwerking.

- 10 Licht toe waardoor dat komt.

Groene chemie is een nieuwe, interessante kijk op het verlagen van het gebruik van gevaarlijke en schadelijke stoffen, het recyclen van afvalstoffen, alsmede het verlagen van het energieverbruik. Hiervoor zijn twaalf principes opgesteld. Deze principes staan na vraag 11 in het kader vermeld.

- 11 Noteer die nummers van de 12 principes van de Groene chemie die van toepassing zijn op klikreacties.

Twaalf Principes van de Groene chemie

Er zijn intussen twaalf principes opgesteld voor de groene chemie, die algemeen worden geaccepteerd. Hieronder worden zij weergegeven:

1. Preventie

Vorming van afval moet zoveel mogelijk worden voorkomen.

2. Atoomeconomie

Het eindproduct bevat zoveel mogelijke atomen van de in het proces gebruikte stoffen, dus zo efficiënt mogelijk gebruik van de grondstoffen.

3. Minder schadelijke chemische productiemethoden

Ontwerp waar mogelijk productiemethoden die mens en milieu zo weinig mogelijk schaden.

4. Ontwikkelen van minder schadelijke chemische stoffen

Let er bij de ontwikkeling van producten op dat ze doen wat ze moeten doen, met zo weinig mogelijk schade aan mens en milieu.

5. Veiliger oplosmiddelen

Vermijd tijdens de productie zo veel mogelijk het gebruik van oplosmiddelen.

6. Energie-efficiënt ontwerpen

Verlaag de energie die nodig is om een reactie uit te voeren; dit met het oog op vermindering van kosten en van milieuschade. Zo mogelijk dienen processen te worden uitgevoerd bij relatief lage temperaturen en lage drukken (lieft bij normale druk). Probeer om energie die ontstaat bij een proces

weer te gebruiken.

7. Gebruik van hernieuwbare grondstoffen

Grondstoffen moeten zo veel mogelijk hernieuwbaar zijn.

8. Reacties in weinig stappen

Vermijd veel stappen in een reactie, want dit betekent ook dat er meer uitgangsstoffen nodig zijn en dus ook dat er meer vervuiling ontstaat.

9. Katalyse

Gekatalyseerde reacties zijn efficiënter dan niet-gekatalyseerde reacties.

10. Ontwerpen met het oog op afbraak

Ontwerp chemische producten waaruit bij afbraak stoffen ontstaan die niet giftig zijn en niet ophopen in het milieu.

11. Tussentijdse analyse met het oog op preventie van milieuverontreiniging

Ontwerp en gebruik analysemethoden die ervoor zorgen dat milieuverontreinigende (bij)producten worden ontdekt zodra ze vrijkomen.

12. Minder risicovolle chemie

Kies de stoffen bij een chemisch proces zó, dat het risico van chemische ongelukken zo klein mogelijk is. Werk aan preventie op het gebied van brand en explosie.

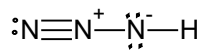
Samengevat betekent dit dat processen die gebaseerd zijn op de principes van Groene Chemie:

- veiliger zijn
- minder grondstoffen en energie gebruiken
- minder vervuiling geven
- soms kostenbesparender zijn dan traditionele chemie is

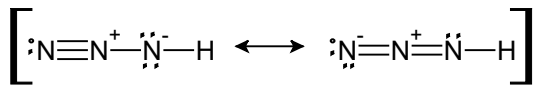
Bron: <http://www.scheikundeinbedrijf.nl/>

Het moet wel klikken

1

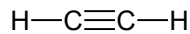


2

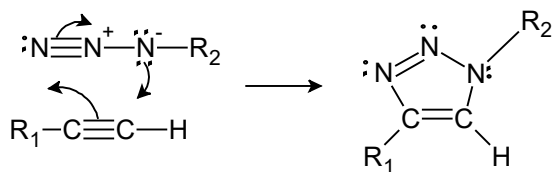


3 Delokalisatie van elektronen doordat mesomerie optreedt betekent altijd stabilisatie van het deeltje, zoals ook bij benzeen.

4



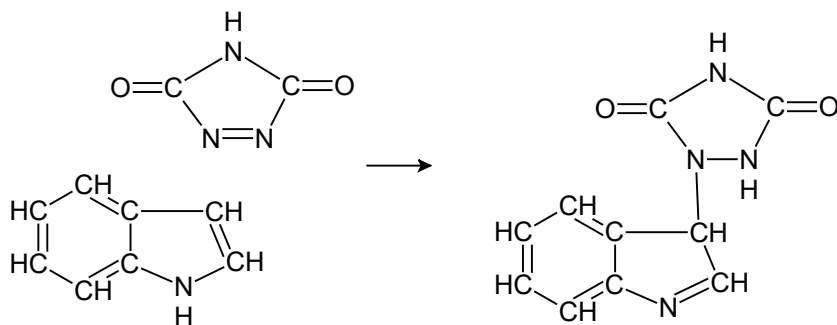
5



6 Stippellijnen betekenen dat de elektronen gedelokaliseerd zijn doordat mesomerie optreedt. Dat betekent stabilisatie van het deeltje.

7 De reactie moet razendsnel verlopen, opzuiveren op grote schaal moet mogelijk zijn, opzuivering moet niet worden bemoeilijkt door een (noodzakelijke) overmaat van een der reactanten.

8



9 Het zijn geen azidegroep en alkyn die reageren maar de N=N binding in TAD ende C=C binding in de vijftring van het indool.

10 De klikreactie is reversibel, boven de 120°C wordt de dwarsverbinding verbroken en kan het polymeer als een thermoplast verwerkt worden.

11 1, 2, 3, 5, 8,10.

Opmerking: U kunt er voor kiezen vraag 11 te laten vervallen.

Id	Titel opgave	nr opg	Klas
1	Printen met water	1406-1	5v
2	Argon in de ruimte	1406-2	4hv
3	Schone kleding zonder palmolie	1406-3	5hv
4	Mosterdgas zoekt opruimdienst	1406-4	5v
5	Minisyngasgenerator	1406-5	3v, 4hv
6	Imazalil	1406-6	4hv
7	Zuurstof in ruimtestation ISS	1406-7	3hv
8	Radicale chemie	1406-8	5,6v
9	Arseen maakt waterstof	1406-9	5v
10	Propyleenglycoldamp met nicotine	1406-10	4hv
11	Stabiele prestaties van suikerbieten	1406-11	3hv
12	Vier ozonvreters in atmosfeer	1406-12	5,6v
13	Zoek het polonium	1406-13	4,5v
14	Elektriciteit uit afvalgas	1406-14	5v
15	Ik voorzie een CO ₂ tekort	1406-15	4hv
16	Kevertruc verdedigt pinautomaten	1408-1	5hv
17	Superkatalysator zet CO ₂ om in CO	1408-2	5hv
18	Lignineprobleem opgelost	1408-3	5v
19	Serieus afbreekbaar bioplastic	1408-4	5v
20	Goedkoop struviet	1408-5	4hv
21	Productie duurzame energie stijgt, maar niet snel genoeg	1408-6	4hv
22	Groen, goud, blond	1408-7	4hv
23	Bodem boert CO ₂ weer omhoog	1408-8	5,6v
24	Meer ozon door alcoholauto	1408-9	5,6v
25	Contactlens Google meet bloedsuiker	1408-10	5v
26	Robotpil kan injecties overbodig maken	1409-1	4,5hv
27	Efficiënte elektrolysetechniek voor waterstofproductie	1409-2	5v
28	De kat op de tumor binden	1409-3	5v
29a	Wetenschappers maken ethanol uit koolstofmonoxide versie I	1409-4a	5v
29b	Wetenschappers maken ethanol uit koolstofmonoxide versie II	1409-4b	5v
30	Onze slinkende energievoorraad	1409-5	4hv
31a	Nu is pindakaas of chocola al net zo slecht als tabak versie I	1409-6a	5hv
31b	Nu is pindakaas of chocola al net zo slecht als tabak versie II	1409-6b	3-6hv

31c	Nu is pindakaas of chocola al net zo slecht als tabak versie III	1409-6c	5,6v
32	Nieuw chemisch middel belooft revolutie in papierindustrie	1409-7	4,5hv
33	Solarjet maakt kerosine uit zonlicht	1409-8	3hv
34	Power-to-gas-installatie	1409-9	5hv
35a	3D geprinte fopframboos versie I	1410-1a	3,4hv
35b	3D geprinte fopframboos versie II	1410-1b	5h; 5,6v
36	Hoeveel zuurstof produceert een boom gemiddeld?	1410-2	4,5hv
37	Planten maken groene stroom	1410-3	5v
38	Waar komt de batterij vandaan?	1410-4	5v
39	Nano-ui	1410-5	5,6v
40	Centraal verwarmd nanodeeltje	1410-6	5,6v
41	Gas uit licht en water	1410-7	5v
42	Doodsonde om op te stoken	1410-8	5,6v
43	Bioaromaten in opmars	1410-9	5,6v
45	Kat maakt etheen van methaan	1411-1	5,6v
46a	Oude accu wordt nieuwe zonnecel versie I	1411-2a	5v
46b	Oude accu wordt nieuwe zonnecel versie II	1411-2b	5h
46c	Oude accu wordt nieuwe zonnecel versie III	1411-2c	5hv
47	Botten gemaakt van bier	1411-3	4hv
48	Zonnepanelen produceren mierenzuur	1411-4	3hv
49	Tijdelijke tatoeage haalt stroom uit zweet	1411-5	5,6v
50	Naar 50km op zoetjes, kaarsvet en lachgas	1411-6	3hv
51	Krypton dateert eeuwig ijs	1411-7	4hv
52	Enzym duikt in furanen	1411-8	5,6v
53	Te simpel	1411-9	5,6v
54	Tot het laatste kooltje	1411-10	4hv
55	Ethanol kraakt lignine	1501-01	5hv
56	Cholesterol voedt sensor	1501-02	5,6v
57	600 km op 1 tankbeurt	1501-03	4,5hv
58	Een boodschappentas van vissenslijm	1501-04	5,6v
59	Mesvrij vest versie I	1501-05a	3hv

60	Mesvrij vest versie II	1501-05b	4,5hv
61	Complex molecuulontdekt in de ruimte	1501-06a	5hv
62	Vertakte moleculen op sterrenstof	1501-06b	4hv
63	Complexe organische moleculen gevonden in de ruimte	1501-06c	6v
64	Nieuw kristal neemt zuurstof efficiënt op	1501-07	4,5v
65	Het is nu echt tijd voor SMA	1501-08	5hv
66	Magisch zand	1501-09	3,4hv
67	Koning opent DSM-fabriek in VS	1501-10	5hv
68	Bandje om membraaneiwit	1502-01	5v
69	Afgevangen CO ₂ input voor nieuwe producten	1502-02	3hv
70	Natuurgetrouw magnetiet	1502-03	4hv
71	Het terroir zit vol gele en blauwe poeders	1502-04	4hv
72	AkzoNobel en Photanol gaan uit zonlicht en CO ₂ chemicaliën maken (versie 3hv)	1502-05a	3hv
73	AkzoNobel en Photanol gaan uit zonlicht en CO ₂ chemicaliën maken (versie 4hv)	1502-05b	4hv
74	Schaliegaswinning stinkt	1502-06	5v
75	Iets lager suikergehalte in vijfde campagneweek	1502-07	3hv
76	Wat is CCS?	1502-08	4hv
77	Nieuwe wet haalt streep door vele koudemiddelen	1502-09	4hv
78	Visie duurzame brandstoffenmix	1502-10	5v
79	Hoe kan de zon branden als er geen zuurstof is in de ruimte?	1503-01	4v
80	Chemisch spaakwiel	1503-02	5,6v
81	Recycling tandpastatubes met magnetron	1503-03	4,5v
82	Vitamine C	1503-04	5v
83	De suikerbiet als het nieuwe goud	1503-05a	3hv
84	De suikerbiet als het nieuwe goud	1503-05b	4,5hv
85	Teflon helpt palladium	1503-06	5v
86	Slimme polymeren repareren je knie	1503-07	5hv

87	Suikerunie lonkt naar de chemie	1503-08	5v
88	Water ouder dan zon	1503-09	4hv
89	Polymeer trouwt spiegelbeeld	1503-10	5,6v
90	Negenwaardig iridium	1504-01	5,6v
91	Nieuwe microben voor Mars	1504-02	3hv
92	Witte wijn heeft ook roodpigment	1504-03	5,6v
93	Oostenrijkse onderzoekers veranderen Co2 in alcohol	1504-04	5,6v
94	Methaan op Mars	1504-05	3hv
95	Pectine en brandstof uit koffiepulp en drab	1504-06	5hv,6v
96	Er was vrijwel geen zuurstof voor oerdieren	1504-07	4hv
97	Perovskiet maakt waterstof	1504-08	5,6v
98	MOF in dunne plakjes	1504-09	5.6
99	Ruimtereis op hybride stuwstof	1504-10	5v

Subdomein	Vaardigheid	Specificaties
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen, organische reacties
Deeltjesmodellen	Informatie	Structuurformules
Duurzaamheid	Informatie	Uitspraken duurzaamheid (waarderen en becommentariëren)
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen, organische reacties
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Deeltjesmodellen	Informatie	Structuurformules
Processen en reacties	Informatie	Reactievergelijkingen
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Bindingen en uv-licht, micro-macro
Processen en reacties	Informatie	Elektrochemische cel
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stofeigenschappen
Chemisch rekenen	Informatie	Percentages
Vakmethodes en veiligheid	Informatie	Gaschromatografie, massaspectrometrie
Deeltjesmodellen	Informatie	Atoommodel
Processen en reacties	Informatie	Energiebalans, stofkringloop
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen, elementkringloop
Energie	Informatie	Exotherm, reactiewarmte, energiediagram, katalysator
Energie	Informatie	Energiediagram, endotherm, duurzaamheid
Processen en reacties	Informatie	Zuur-base, organische reacties
Processen en reacties	Informatie, Onderzoeken	Polycondensatie, Practicum
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stofeigenschappen, toepassing zout
Energie	Rekenen	Energiebehoud, Brandstoffen en duurzaamheid
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Behoudswetten en kringlopen	Redeneren mbt tot duurzaamheid	Stofkringloop, elementkringloop
Processen en reacties	Informatie	Analoge reacties ahv gegeven reactie beschrijven, organische reacties
Processen en reacties	Informatie	Redoxreacties, werking enzym
Ontwerpen	-	Programma van eisen
Processen en reacties	Informatie	Redoxreacties, verbrandingen
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties, beginstoffen/reactieproducten
Vaardigheden	Chemische processen	Natuurwetenschappelijk instrumentarium
Chemische processen	Informatie	Elektrolyse
Chemisch rekenen	Informatie	Bekende chemische berekeningen
Vaardigheden	Chemie van het leven	Informatie en communiceren
Processen en reacties	Onderzoeken	Hydrolyse

Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Processen en reacties	Informatie	Stofeigenschappen, oplosbaarheid, allerlei mengsels
Processen en reacties	Informatie	Reactievergelijkingen, elementbehoud
Processen en reacties	Informatie	Redoxreactie, brandstofcel, verbrandingen
Processen en reacties	Onderzoeken	Chemische kennis in voedselproductie
Bindingen, structuren en eigenschappen	Communiceren	micro-macro structuur
Behoudswetten en kringlopen	Informatie	Stofkringloop, elementkringloop
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Processen en reacties	Informatie	Batterijen, elektrochemische cel, redoxreacties
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Micro-macro, oplosbaarheid, hydrofiel, hydrofoob
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Macro-micro, biodegradeerbaarheid, polymeren, innovatieve processen
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen, stofkringloop, elementkringloop, energiebalans
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties, polymeren
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties, polycondensatie
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten; organische reacties
Industriële processen en Groene Chemie	Natuurwetensch. instrumentarium	Blokschema, structuren, video proces
Industriële processen en Groene Chemie	Natuurwetensch. instrumentarium	Blokschema, structuren, video proces
Processen en reacties	Informatie	Zuur-base; redox
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Oplossen, hydrofiel, toepassing zout
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Processen en reacties	Informatie	Elektrochemische cel
Processen en reacties	Informatie	Verbranding; beginstoffen en reactieproducten
Deeltjesmodellen	Informatie	Atoommodel
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten; redoxreacties
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten; redoxreacties
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Deeltjesmodellen	Informatie	Organische naamgeving en structuurformules
Processen en reacties	Informatie	batterijen, redoxreactie, halfreactie
Processen en reacties	Informatie	Brandstofcel, redoxreacties
Chemie van het leven	Informatie	Structuur van eiwitten
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten

Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten; zuur-base reacties
Deeltjesmodellen	Informatie	Organische naamgeving en structuurformules; structuurisomerie
Deeltjesmodellen	Informatie	Structuurformules; structuurisomerie
Deeltjesmodellen	Modelvorming	Organische naamgeving en structuurformules
Deeltjesmodellen, Chemisch rekenen; Energie	Informatie	Atoommodel; Bekende chemische berekeningen; Exotherm/endotherm
Deeltjesmodellen	Informatie	Organische naamgeving en structuurformules
Bindingen, structuren en eigenschappen	Onderzoeken	Hydrofiel, hydrofoob
Processen en reacties	Informatie	Organische reacties
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten; polyadditie
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten; reactievergelijkingen, massabehoud
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Toepassing zout; oplosbaarheid zout
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten
Vakmethodes en veiligheid; Industriële processen en Groene Chemie	Informatie	Gaschromatografie, kennis van risico's, waarborging kwaliteit water en lucht
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stofeigenschappen; mengsels; oplosbaarheid
Processen en reacties	Informatie	Zuurbase; verbrandingen; beginstoffen en reactieproducten
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Stofeigenschappen; bouw stof
Processen en reacties	Informatie	Batterijen/brandstofcel; milieu; verbrandingen
Deeltjesmodellen	Informatie	Atoommodel
Bindingen, structuren en eigenschappen; Processen en reacties	Informatie	Oplosbaarheid, geleidingsvermogen, analoge reactie ahv gegeven reactie; ruimtelijke structuur
Duurzaamheid	Informatie	Uitspraken duurzaamheid (waarderen en becommentariëren)
Processen en reacties	Informatie	Redox
Vaardigheden	Natuurwetensch. instrumentarium	Informatie selecteren, analyseren en structureren
Vaardigheden	Natuurwetensch. instrumentarium	Informatie selecteren, analyseren en structureren
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Roosters en bindingen
Processen en reacties	Informatie	Polycondensatie

Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten; organische reacties
Deeltjesmodellen	Informatie	Atoommodel
Bindingen, structuren en eigenschappen; Processen en reacties	Informatie	Micro-, meso en macroniveau, polymerisatiereacties
Deeltjesmodellen	Informatie	Atoommodel, namen, Lewisstructuur
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten, verbrandingen
Vakmethodes en veiligheid	Informatie	Gaschromatografie, zuurbaseindicatoren
Processen en reacties; Industriële processen en Groene Chemie	Informatie	Elektrolyse, rendement, ontwikkeling nieuw proces
Processen en reacties	Informatie	Beginstoffen en reactieproducten, verbrandingen, redox
Industriële processen en Groene Chemie	Informatie	Biodiesel, biomassa, duurzaamheid, cradle-to-cradle
Atoommodellen; Processen en reacties	Informatie	Isotopen, verbrandingsreacties
Processen en reacties	Informatie	Redoxreacties
Bindingen, structuren en eigenschappen	Informatie	Microniveau, bouw molecuul
Processen en reacties	Informatie	Verbrandingen, redoxreacties

Trefwoorden
Water-jet printer, hydrochrome stof, isomerie
Imazalil, fungicide, grapefruit, milieu
Wasmiddel, oppervlakte-actieve stof, cradle-to-cradle
Sarin, chemisch wapen, Syrië, mosterdgas, detoxificatie, hydrolyse, MEA
Minireactor, synthesesgas, aardgas, methanol, reactievergelijkingen
Imazalil, fungicide, grapefruit, milieu
ISS, massaverhouding, scheidingsmethoden
Radicaal, perfluortributylamine, methaan, broeikasgas, smog, ozon, milieu
Arseniet, arsenaat, elektrolyse, chloor, radicaal, chloriet
e-sigaret, nicotine, glycol, glycerol, water, dampmiddel
Suikerbiet, suikergehalte, winbaarheid, bietencampagne
Cfk's, ozonlaag, radicaal, milieu, ppt, gaschromatografie, massaspectrum
Polonium, radioactiviteit, verval, atoombouw, uranium
Afvalgas, koolstofdioxide, elektriciteit, milieu
CO ₂ , milieu, kringloop, synthesesgas, DME, brandstof
Waterstofperoxide, bomardeerkever, hydrochinon
CO ₂ , CO, superkatalysator, nano, energiediagram, endotherm
Biomassa, lignine, cellulose, fermentatie, PIL, DES, bio-ethanol
Glycerol, citroenzuur, bioafbreekbaar, hydrolyse
Struviet, osmose, membraan, drinkwater, meststof, milieu
Energie, hernieuwbare bron, milieu, PJ, W
Waterstofperoxide, groene methode, katalysator, nano, palladium, goud
Snelheidsvergelijking, CO ₂ -opname en CO ₂ -afgifte door de grond, priming, fotosynthese
Alcohol, radicaalreacties, ozon, duurzaamheid, waarborgen kwaliteit lucht
Contactlens, sensor, enzym, glucose, waterstofperoxide, diabetici
Robotpil, citroenzuur, natriumwaterstofcarbonaat, ontwerp opdracht
Elektrolyse, waterstof, energie, groene chemie, milieu
Katalysator, nano, tumor, palladium, alkylering
Elektrolyse, fermentatie, informatie selecteren, analyseren, weergeven
Fermentatie, CO, ethanol, acetaat, CuO elektrode, reactiewarmte, katalysator
Energie, autojaar, fossiele brandstof, milieu
AGE's, Maillard, aminozuur, glucose, suiker, informatie verzamelen, presenteren
Maillard, aromastoffen

AGE's, Maillard, additie, hydrolyse, redox, aminozuur, glucose
Papier, cellulose, lignine, scheiden, H-brug
Endotherm, benzine, katalysator, Fischer-Tropsch
Groene chemie, duurzaam, brandstofcel, elektrolyse
Calciumalginaat, vruchtenkaviaar
Presentatie, calciumalginaat, vruchtenkaviaar, cross-link
Fotosynthese, groei, stofwisseling, rekenen
Planten, Plant-E, groene stroom, fotosynthese, elektronenstroom
Batterij, accu, elektrochemische cel, halfreacties
Janus, dendrimeer, dubbellaag
Thermoplast, polycondensatie, lichtgevoeligheid, onderzoeken, gecontroleerde medicijnafgifte, laser, microniveau
CO ₂ , methaan, brandstof, milieu, kringloop, rendement
Lignine, bio-BTX, aroma, fenol, bio-based, vanilline, sinapylalcohol, kraken, atomeconomie, E-factor
Bio-aroma, lignine, PET, GDCA, PEF
Methaan, etheen, katalysator, brandstof, milieu
Spincoaten, duurzaam, accu, zonnecel
Duurzaam, accu, zonnecel
Iood, Pb, PbO ₂ , Iood(II)jodide, salpeterzuuroplossing, ethaanzuuroplossing
Botaangroei, bierborstel, verhoudingsformule, dubbelzout, zoutformule
Koolstofdioxide, mierenzuur, reactievergelijking
Pyruvaat, lactaat, chemisch rekenen
Lachgas, raket
Krypton, isotoop, halfwaardetijd
Redox, HMF, FDCA
Redox, HMF, FDCA, paraxyleen, koelen
Steenkoolvergassing, milieu, CO ₂
Lignine, aroma, aldehyde, brandstof, milieu
cholesterol, enzym, biobatterij, sensor, hart, Lewisformule
waterstof, brandstofcel, milieu
α -helix, aminozuren, c DNA, waterstofbrugvorming, slijm, microstructuur macroscopische eigenschappen
Kogelvrij vest, ALD, mesvrij

Kogelvrij vest, ALD, mesvrij, zuurbase
Heelal, isopropylcyanide, isobutyrolnitril, aminozuur
Interstellaire stof, isomeren
Anti, gauche, eclised, aminozuur
Hemoglobinen, zuurstof, ijzer, atoommodel
SMA, ABS, styreen, maleïnezuur, maleïnezuur, maleïnezuuranhydride
Magic sand; maken magisch zand
Biomassa, tweede generatie, bio-ethanol, DSM
Copolymer, maleïnezuur, styreen, SMA, membraan
Kloppend maken, massaverhouding
Magnetiet, ferrihydriet, nano, kristallen, pH, oplosbaarheidsproduct
Druiven, schimmels, grondverontreiniging
Fotosynthese, azijnzuur, butanol, exo- of endotherm
Fotosynthese, azijnzuur, butanol, exo- of endotherm
Schaliegaswinning, fracking, gezondheid
Suikerbiet, fotosynthese, tarra, winbaarheid
Koolstofdioxide, CCS, broeikaseffect, milieu
Koudemiddel, broeikaseffect, koolstofdioxide, freonen, milieu
Biobrandstof, duurzaam, brandstofcel, grafische weergave
zon; kernfusie; waterstof; helium; massadefect
STM; molberekening; spaakwiel; geleiding; tetraëder
Pyrolyse; gelamineerd aluminium; recycling
Vitamine C; ADH; gehalte; experiment
suikerbiet; polymelkzuur, PLA; blokschema
Suikerbiet, polymelkzuur, toepassingen PLA, blokschema, reactievergelijkingen, groen, duurzaam
palladium; teflon; waterstof; katalysator
PCL, PLA, PGA, PTMC, polymeren, biodegradeerbaar

Suikerbiet, biobrandstof, biobased, eerste generatie biobrandstof
Zon, deuterium, waterstof, hypothese, model, micro, macro
Spiegelbeeldisomerie, polymerisatie, duurzaamheid
Iridium, negenwaardig
Planeet Mars, microben, selfsupporting, waterstof, zuurstof
Fotosynthese, anthocyanen, druiven
Enzymen, halfreacties, naamgeving, symbooltaal
Planeet Mars, olivijn, magnetiet, methaan, waterstof, zuurstof
Duurzaamheid, koffiedrab, koffiepulp, pectine, biobrandstoffen
Oersoep, halwaardetijd, zuurstof, leven
Zonnecel, perovskiet, elektrolyse, waterstof, rendement
MOF, membraan, zout, scheidingsmethode, gassen
SS2, stuwstof, hybride, Stratos, booster

Vraagtype
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Standpuntvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatieselectievraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
-
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebewerkingsvraag
-

Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
-
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatieselectievraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatieselectievraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatieselectievraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebegripsvraag

Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatieverwerkingsvraag
Conclusievraag; Informatieverwerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatieverwerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegrips- en informatiebewerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Argumentenvraag
Informatiebegripsvraag
Informatieselectievraag; Informatiebewerkingsvraag
Informatieselectievraag; Informatiebewerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag

Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebewerkingsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatiebegripsvraag
Informatieverwerkingsvraag