

EIGEN BRANDSTOF MET BIONISCH BLAADJE EN ZON

Versie 1

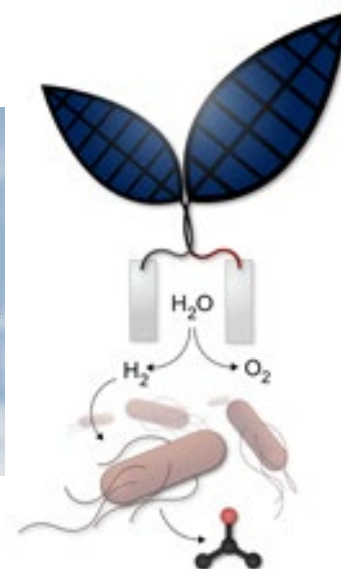
Klas	3 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen en reactieproducten
Trefwoorden	Fotolyse, water, fotosynthese, CO ₂
Vaardigheidsvraag	Informatieverwerkingsvraag

Versie 2

Klas	4 hv
Subdomein	Energie
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Energiediagram
Trefwoorden	Katalysator, endotherm, structuurformule
Vaardigheidsvraag	Informatieverwerkingsvraag

<https://www.scientias.nl/>, 8 juni 2016

Creëer thuis je eigen brandstof met dit bionische blaadje en de zon



Kunstmatige blaadje gebruikt zonne-energie om watermoleculen te splitsen en waterstof-etende bacteriën om brandstoffen te produceren.

Het bionische blaadje is ontwikkeld door Daniel Nocera en zijn onderzoeksteam, verbonden aan *Harvard University*. Wanneer je het blaadje in water legt en vervolgens door zonlicht laat beschijnen, komt er aan de ene kant van het blad waterstof vrij en aan de andere kant zuurstof. Vrijgekomen waterstof kan in principe direct als brandstof gebruikt worden. Maar het kan ook aan aangepaste bacteriën worden ‘gevoerd’ die het omzetten in vloeibare brandstoffen.

Meer mogelijkheden

En er zijn meer mogelijkheden, zo benadrukken de onderzoekers. “Het mooie van biologie is dat het ’s werelds beste chemicus is: biologie kan chemie die voor ons lastig is, tot stand brengen,” vertelt onderzoeker Pamela Silver. “In principe hebben we hier een platform dat elk op koolstof gebaseerd molecuul kan maken. Dus het kan zeer veelzijdig zijn.” De onderzoekers hebben reeds aangetoond dat het systeem isobutanol en isopentanol kan voortbrengen. net als PHB, een voorloper van bioplastic.

Super-efficiënt

Het is niet het eerste bionische blaadje dat Nocera aflevert. Enkele jaren geleden kwam hij ook al met zoiets op de proppen. Dat blaadje was ook in staat om zonne-energie te gebruiken om watermoleculen te splitsen, maar was lang niet zo efficiënt als het nieuwe bionische blaadje. Dankzij een nieuwe katalysator (een stof die de snelheid van de chemische reactie beïnvloedt, maar zelf niet verbruikt wordt) is het laatste bionische blaadje van de hand van Nocera vele malen efficiënter. Het blaadje kan met een efficiëntie van zo’n 10 procent zonne-energie omzetten in biomassa. Daarmee doet het blaadje het beter dan de snelstgroeïende planten die een efficiëntie van zo’n 1 procent hebben.

De onderzoekers denken dat ze de efficiëntie van het blad nog verder op kunnen krikken, maar stellen dat het systeem reeds effectief genoeg is om na te gaan denken over commerciële toepassingen. “In plaats van een benzinestation, valt de zon op je huis waar je met dat kunstmatige blad je eigen brandstof genereert,” droomt Nocera.

Zie ook: <https://www.youtube.com/watch?v=2KRIRhNbxKg>

Versie 1

Daniel Nocera en zijn onderzoeksteam hebben een nieuw bionisch blad gemaakt.

1 Wat kan men met het bionische blad?

Er zijn veel artikelen verschenen over het bionische blad. Een ervan had de titel: “Dit bionische blad is 10 x beter in fotosynthese dan een gewoon blaadje”.

2 Geef in je eigen woorden een omschrijving van de betekenis van het woord bionisch.

Nocera heeft al eerder een bionisch bladontwikkeld.

3 Wat is er nieuw aan het bionische blad dat Nocera en zijn onderzoeksteam nu hebben ontwikkeld?

In het artikel staat aangegeven welke reactie men met het bionische blad kan laten verlopen.

4 Geef de vergelijking voor deze reactie.

5 Leg uit wat de naam is van de reactie die optreedt.

De gevormde waterstof kan met behulp van bacteriën worden omgezet in bijvoorbeeld isobutanol. De molecuulformule van isobutanol is $C_4H_{10}O$.

6 Leg uit dat de bacteriën naast waterstof ook andere stoffen nodig hebben om isobutanol te maken.

Een ander artikel over hetzelfde blad heeft de titel “Dit bionische blad is 10 x beter in fotosynthese dan een gewoon blaadje.” (bron <https://yoo.rs>). Er staat onder andere in: “In het 'blad' splitst zonne-energie een watermolecule en bacteriën vormen waterstof en kooldioxide om in vloeibare brandstof.”

Bij de fotosynthese in een gewoon blad wordt naast glucose nog een stof gemaakt.

- 7 Welke stof is dat?
- 8 Geef de reactievergelijking van de “fotosynthese door de bacteriën” waarbij onder andere isobutanol wordt gevormd.
- 9 Teken het blokschema van het totale proces met het bionische blad en het blokschema van de fotosynthese in een plantenblad.
- 10 Leg uit of beide processen helemaal vergelijkbaar zijn.

Versie 2

Daniel Nocera en zijn onderzoeksteam hebben een nieuw bionisch blad gemaakt.

- 1 Wat kan men met het bionische blad?
- 2 Geef in je eigen woorden een omschrijving van de betekenis van het woord bionisch.

In het artikel staat aangegeven welke reactie men met het bionische blad kan laten verlopen.

- 3 Geef de vergelijking voor deze reactie.
- 4 Is deze reactie endotherm of exotherm? Gebruik in je antwoord een gegeven uit Binas (vermeld tevens het tabelnummer uit Binas).

In dit nieuwe bionische blad gebruikt men een andere katalysator dan in een eerdere versie van het blad.

- 5 Teken een energiediagram voor de reactie in het bionische blad waarin je zowel de situatie met de oude als de nieuwe katalysator laat zien. Zorg dat het verschil voor beide bladen goed zichtbaar is.

Een ander artikel over hetzelfde blad heeft de titel “Dit bionische blad is 10 x beter in fotosynthese dan een gewoon blaadje.” (bron <https://yoo.rs>). Er staat onder andere in: “In het 'blad' splitst zonne-energie een watermolecule en bacteriën vormen waterstof en kooldioxide om in vloeibare brandstof.”

Een van de stoffen die gevormd kan worden is isobutanol. De rationele naam van isobutanol is 2-methylpropaan-1-ol.

- 6 Teken de structuurformule van 2-methylpropaan-1-ol.
- 7 Noteer in molecuulformules de reactievergelijking van de “fotosynthese door de bacteriën” waarbij onder andere isobutanol wordt gevormd.
- 8 Onder welke voorwaarden zou dit proces ook werkelijk toegepast gaan worden?

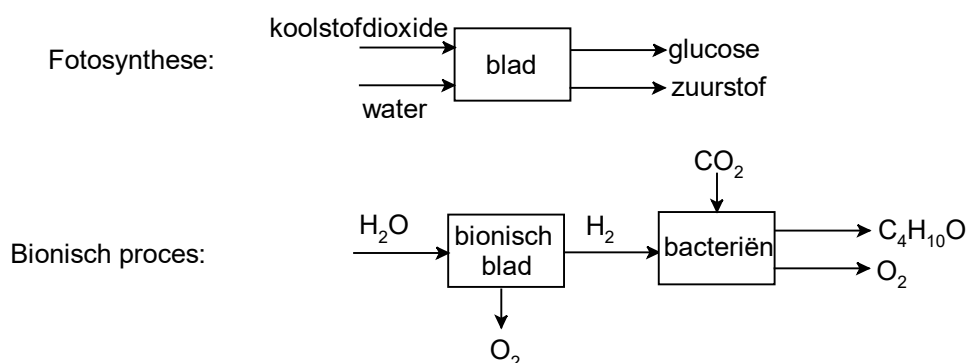
Het lijkt dat je met behulp van een bionisch blad brandstoffen “voor niks” krijgt.

- 9 Leg uit wat er dan over het hoofd gezien wordt.

Brandstof met bionische blaadje en zon

Versie 1

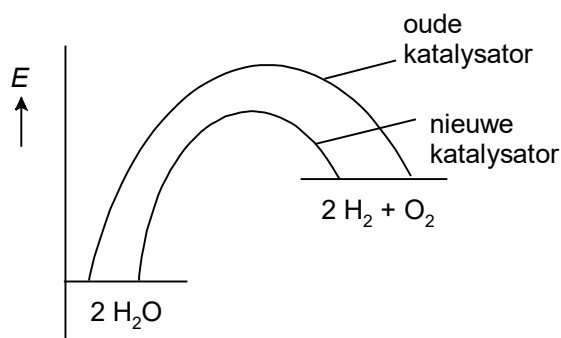
- 1 Men kan met het bionische blad uit water waterstof en zuurstof maken. De gevormde waterstof kan vervolgens door bacteriën worden omgezet in brandstoffen.
- 2 Een imitatie van een natuurlijk iets.
- 3 Ze hebben een andere katalysator gebruikt die zorgt voor een beter rendement.
- 4 $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$
- 5 Fotolyse, ontleding met behulp van licht.
- 6 In de molecuulformule van isopropanol zijn naast waterstof ook de elementen koolstof en zuurstof aanwezig.
- 7 Zuurstof, O_2 .
- 8 $8 \text{CO}_2 + 10 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{C}_4\text{H}_{10}\text{O} + 12 \text{O}_2$
- 9



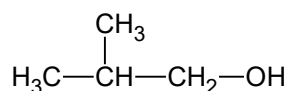
- 10 In een blad van een plant is er sprake van één proces. Bij het bionische blad zijn het twee processen die elkaar opvolgen.

Versie 2

- 1 Men kan met het bionische blad uit water waterstof en zuurstof maken. De gevormde waterstof kan vervolgens door bacteriën worden omgezet in brandstoffen.
- 2 Een imitatie van een natuurlijk iets.
- 3 $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$
- 4 Binas tabel 57 A, vormingswarmte voor water is $-2,86 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$, een exotherm proces; dus voor de omgekeerde reactie $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$ geldt dus dat het een endotherm proces is.
- 5



6



- 7 $8 \text{CO}_2 + 10 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{C}_4\text{H}_{10}\text{O} + 12 \text{O}_2$
- 8 Als het qua kosten kan wedijveren met bestaande methodes en het moet op grote schaal toegepast kunnen worden.

- 9 De kosten om heel veel bionische blaadjes te maken en voor de installaties waarin je het proces laat verlopen.

Artikel: <https://www.scientias.nl/bionische-blaadje-is-beter-fotosynthese-dan-bladeren-tuin/>

Artikel dat genoemd wordt in de opgave:

<https://yoo.rs/redactie/blog/dit-bionische-blad-is-10-x-beter-in-fotosynthese-dan-een-gewoon-blaadje-1467319664.html>

Dit bionische blad is 10 x beter in fotosynthese dan een gewoon blaadje

30-06-2016 Yoors World Redactie

Bionisch blad

Planten nemen koolstofdioxide, water en zon op om een suikerhoudende brandstof te maken.

Nu hebben onderzoekers hetzelfde gedaan en zelfs nog beter.

Een recente studie die gepubliceerd werd in Science beschrijft het systeem, genaamd Bionic Leaf 2.0.

In het 'blad' splitst zonne-energie een watermolecule en bacteriën vormen waterstof en kooldioxide om in vloeibare brandstof, met name isopropanol.

De brandstof zou in de toekomst kunnen worden gebruikt om de motor van een auto aan te drijven.

De onderzoekers, onder leiding van Daniel Nocera en Pamela Silver van Harvard University, hebben vorderingen gemaakt ten opzichte van hun oorspronkelijke Bionic Leaf, die vorig jaar verscheen.

Het systeem had wat problemen, vooral met de metaal katalysator die hielp met de reactie. In de eerste editie, zette de katalysator ook een reactie uit die het DNA van bacteriën aanviel.

Het nieuwe systeem heeft een katalysator gemaakt van kobalt en fosfor.

Dit lost het probleem van de bacterie aanvallen op.

Het verhoogt ook de reactie efficiëntie met 10%.

Normale fotosynthese in planten is 1% efficiënt om zonne-energie om te zetten in biomassa.

Eens de beschikbaarheid en de betaalbaarheid van deze middelen die nodig zijn voor de reactie, zijn vastgelegd, zal deze technologie een ander type zonne-energie naar de gebruikers brengen.

Deze technologie zal vooral naar ontwikkelingslanden kunnen gebracht worden.

Bron: popsci.com

ANORGANISCH ANTI-AROMATISCH

Klas	6 v
Subdomein	Deeltjesmodellen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Structuurformules
Trefwoorden	Aromaat, anti-aromaat, σ -binding, π -binding
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W, 6 mei 2016

Anorganisch anti-aromatisch

Antimoon doet cyclobutadien na in kristal.

Voor het eerst is het gelukt een volledig anorganische anti-aromatische verbinding te laten uitkristalliseren. Wie nu nog denkt dat aromaticiteit puur het domein was van organici loopt achter, blijkt uit een publicatie in *Angewandte Chemie*.

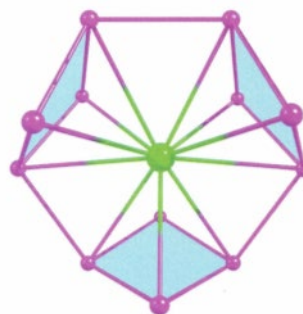
In de officiële definities heeft nooit iets over koolstof gestaan. Elke ringstructuur met $4n + 2$ gedelokaliseerde π -elektronen is een aromaat en elke ring met $4n$ van die losse π -elektronen een anti-aromaat, waarbij n een geheel getal is. Maar sinds Von Hofmann en Kekulé anderhalve eeuw geleden het concept aromaticiteit introduceerden, denkt iedereen louter aan benzeen en aanverwante structuren. En toen Robert Breslow in 1967 voor het eerst met anti-aromaticiteit kwam, dacht hij ook vooral aan koolwaterstoffen.

Onderzoekers van Utah State University en de Chinese academie van wetenschappen hebben nu echter ionen in elkaar gezet die zich laten omschrijven als $(\text{Ln}(\text{Sb}_4)_3)^{3-}$ waarin het antimoon is gegroepeerd in anti-aromatische vierringen. Ze lijken sprekend op cyclobutadien, blijkt uit röntgendiffractiemetingen en computer-modellering.

Net als alle anti-aromaten op koolstofbasis staat cyclobutadien te boek als spectaculair

instabiel, maar de antimoonringen blijven behouden dankzij de stabiliserende werking van het centrale lanthanide Ln, dat lanthaan, yttrium, holmium, erbium of lutetium kan zijn. Het hele ion werkt als een zogeheten cryptand (zie het interview met Jean-Marie Lehn in C2W2 2016): wanneer je het laat uitkristalliseren raakt K^+ , dat dient als tegenion, opgesloten in de holtes tussen Ln en Sb.

Zulke anti-aromatische metaalringen zijn vaker gemeld, maar alleen in de gasfase. Ze daadwerkelijk in kristalvorm in handen krijgen, is een wereldprimeur. De onderzoekers vermoeden overigens dat het belang van zulke ionen puur academisch is. Het levert nieuwe fundamentele chemische kennis op, maar concrete toepassingen liggen niet voor de hand. (AD)



Lanthanide (centrale atoom) omringd door antimoon.

Bij aromaten denk je waarschijnlijk aan benzeenstructuren.

1 Teken de structuurformule van benzeen met dubbele bindingen.

Elke C=C-binding bestaat uit een σ -binding en een π -binding. Een C-C-binding is altijd een σ -binding. In het artikel staat de afspraak wanneer een structuur een aromaat mag worden genoemd.

2 Laat zien dat benzeen voldoet aan de officiële afspraak voor een aromaat.

Cyclobutadien is een anti-aromaat.

3 Teken de structuurformule van cyclobutadien waarbij de dubbele bindingen niet naast elkaar liggen.

4 Laat zien dat cyclobutadien een anti-aromaat kan worden genoemd.

5 Leg uit dat de naam cyclobutadien niet volledig is.

6 Geef de juiste naam voor de structuurformule die jij bij vraag 3 getekend hebt.

Voor het eerst is een anorganisch anti-aromatische structuur in de vorm van (Sb_4) gemaakt. De stof met deze anti-aromatische groepen is uitgekristalliseerd als een zout met als negatief ion $(\text{Ln}(\text{Sb}_4)_3)^{3-}$. Het lanthaanion is $3+$ geladen.

7 Leid uit de gegeven formules de lading van het negatieve ion af.

In de gekristalliseerde vorm van de stof komen kalium-ionen als tegenion voor.

8 Wat is de rol van een tegenion?

9 Geef de formule van de gekristalliseerde stof.

Het (Sb_4) wordt vergeleken met cyclobutadien.

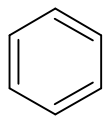
10 Leid de elektronenformule van (Sb_4) af.

11 Laat zien dat (Sb_4) een anti-aromatische structuurformule heeft.

12 Waarvoor heeft deze ontdekking nut?

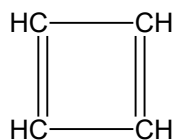
Anorganisch anti-aromatisch

1



- 2 Benzeen heeft drie π -bindingen, dus zes π -elektronen en voldoet met $n=1$ aan de voorwaarde dat er $4n+2$ gedelokaliseerde π -elektronen moeten zijn.

3



- 4 Cyclobutadien heeft vier π -elektronen en voldoet aan de regel dat het een ringstructuur is met $4n$ π -elektronen als $n=1$.

- 5 De plaatsaanduiding van de twee dubbele C=C-bindingen is niet aanwezig.

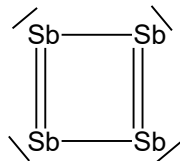
- 6 Cyclobuta-1,3-dien..

- 7 De totale lading is $3-$ en het lanthaanion heeft de lading $3+$. Dus moet het negatieve ion de lading $6-$ hebben.

- 8 Een tegenion is een ion dat bij een ander (tegengesteld geladen) ion aanwezig is om te zorgen dat het geheel elektrisch neutraal is.

- 9 $K_3Ln(Sb_4)_3$

- 10 Sb heeft 5 valentie-elektronen, dus vier Sb heeft 20 valentie-elektronen dat overeenkomt met 10 elektronenparen. De elektronenformule is dus:.



- 11 Het ion heeft twee dubbele bindingen dus 4 π -elektronen (dus $4n$ als $n=1$) en het heeft een cyclische structuur.

- 10 Alleen nut voor de wetenschap.

STAP VOOR STAP

Klas	5,6 v
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Ruimtelijke structuur
Trefwoorden	Vlakke structuur, additie, bindingslengte, elektronenverplaatsingen
Vaardigheidsvraag	Informatieverwerkingsvraag

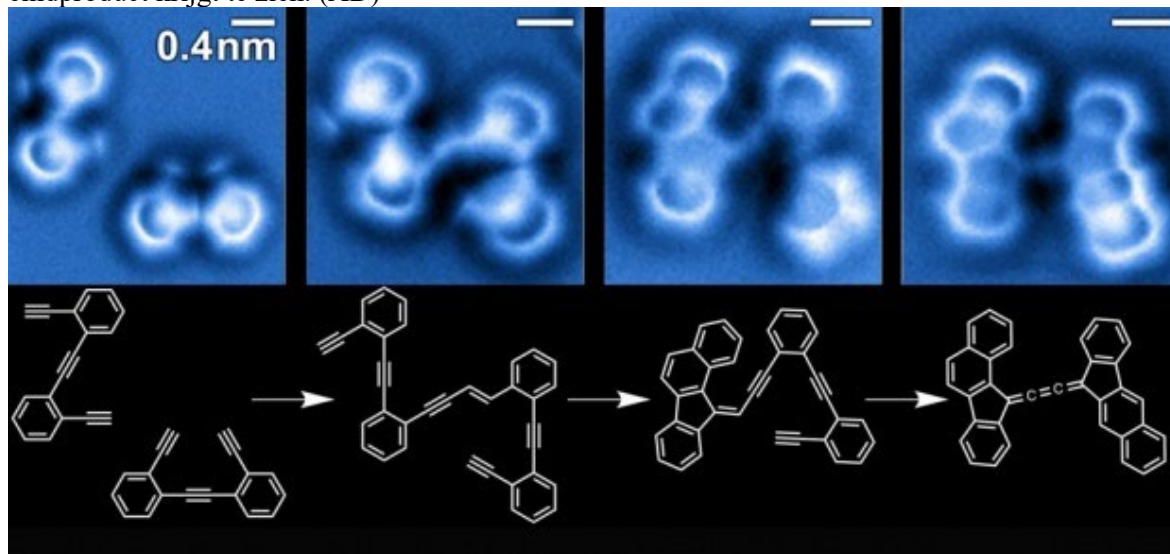
www.c2w.nl, 17 juni 2016

Stap voor stap

Het lukt nu ook om tussenstappen van complexe chemische reacties letterlijk in beeld te krijgen. De afbeeldingen verschenen zojuist in *Nature Chemistry*, met dank aan onderzoekers uit Berkeley en Spaans Baskenland.

Met een atomic force-microscoop tastten ze twee platte 1,2-bis(2-ethynylfenyl)ethynmoleculen af terwijl die met elkaar reageerden. Als ondergrond diende een zilveroppervlak dat telkens eventjes werd verwarmd en daarna abrupt weer afgekoeld. De moleculen krijgen zo telkens voldoende energie voor één reactiestap, maar verloren direct daarna te veel warmte aan het zilver om aan een volgende stap toe te komen.

In de praktijk zie je zo alleen de intermediären die voorafgaan aan een reactiestap met een relatief hoge activeringsenergie. Maar dat is al een stuk beter dan dat de reactie zo snel gaat dat je alleen het eindproduct krijgt te zien. (AD)



Scènes uit een chemisch huwelijk

bron: Universiteit van Baskenland

Amerikaanse en Spaanse onderzoekers hebben iets bijzonders voor elkaar gekregen: ze hebben complexe reacties stap voor stap zichtbaar gemaakt. Daarbij zijn ze uitgegaan van de stof 1,2-bis(2-ethynylfenyl)ethyn. Twee moleculen daarvan kunnen met elkaar reageren.

- 1 Leg uit of er in de eerste stap in de figuur in het artikel sprake is van een additiereactie.

In de tweede stap treden ringsluitingen op. Er worden een nieuwe vijfring en een zesring gevormd.

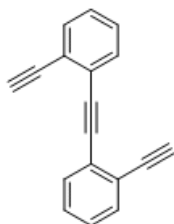
2 Leg uit of bij de vorming van de vijfring en zesring sprake is van een additiereactie.

Het artikel vermeldt: “Als ondergrond diende een zilveroppervlak dat telkens eventjes werd verwarmd en daarna abrupt weer afgekoeld”.

3 Welke stofeigenschap van zilver wordt hierbij ingezet?

1,2-bis(2-ethynylfenyl)ethyn

In het artikel is sprake van “platte 1,2-bis(2-ethynylfenyl)ethynmoleculen”. In onderstaande figuur staat de structuurformule van het 1,2-bis(2-ethynylfenyl)ethynmolecuul weergegeven.



Figuur 1 Structuurformule van 1,2-bis(2-ethynylfenyl)ethynmolecuul

4 Leg uit waardoor dit hele molecuul in één vlak kan liggen.

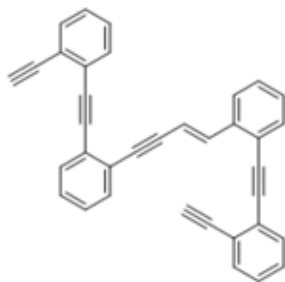
5 Noteer de molecuulformule van een 1,2-bis(2-ethynylfenyl)ethynmolecuul.

Uit twee 1,2-bis(2-ethynylfenyl)ethynmoleculen (zie de figuur in het artikel) wordt in de eerste stap het molecuul gevormd dat is weergegeven in figuur 2.

6 Leg uit dat er verschil is in isomerie tussen de twee moleculen die in de eerste stap met elkaar reageren (zoals afgebeeld in de figuur in het artikel).

Producten

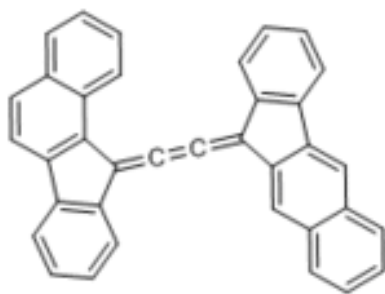
In figuur 2 staat de structuurformule weergegeven van het molecuul dat gevormd is in stap 1.



Figuur 2

7 Leg uit of het molecuul in figuur 2 de cis-of transisomeer is.

In het uiteindelijke product is een brug gevormd die bestaat uit drie C=C bindingen achter elkaar.



Figuur 3 Eindproduct

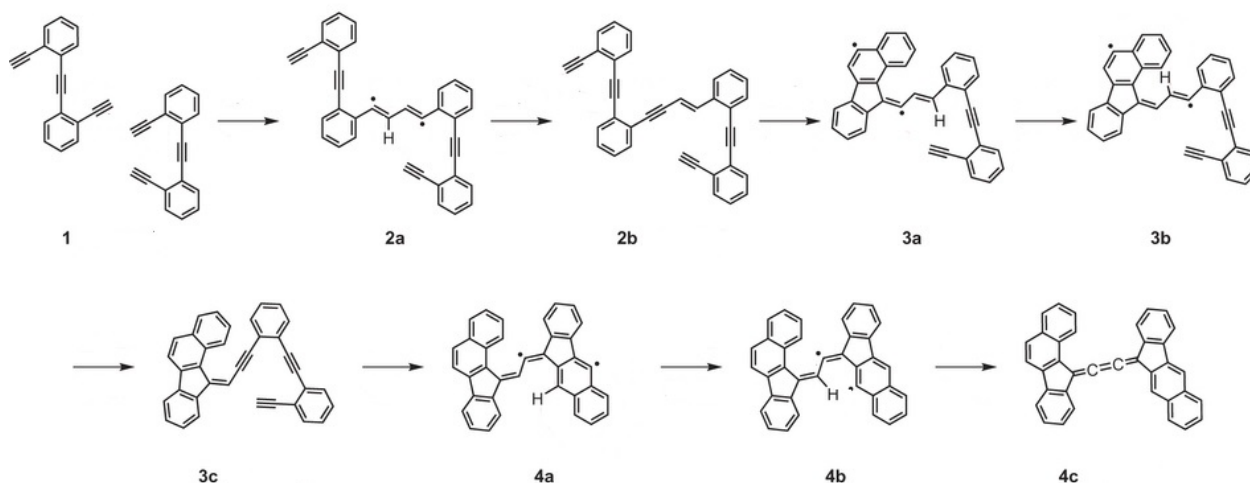
- 8 Bereken aan de hand van de foto en het gegeven bij de foto de lengte van de $C=C=C$ brug in het molecuul.

De bindingslengte van één $C=C$ binding staat in Binas. De lengte van de $C=C$ brug kun je niet berekenen door $3 \times$ lengte van een $C=C$ binding te nemen. Men gaat ervan uit dat het verschil verklaard kan worden met het bestaan van grensstructuren.

- 9 Leg uit dat het lengteverschil verklaard kan worden door het bestaan van grensstructuren voor $C=C=C$.

Mechanisme

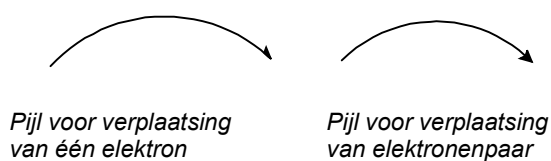
De auteurs hebben een mechanisme voorgesteld voor het hele proces (figuur 4).



Figuur 4 Mechanisme

In het mechanisme ontbreken aanduidingen van de elektronenverplaatsingen en de verplaatsingen van sommige waterstofatomen.

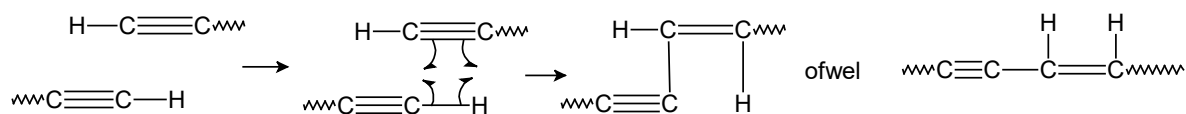
- 10 Geef in de bijlage voor de stappen 1 t/m 5 en 7, 8 de elektronenverplaatsingen aan en eventuele waterstofaomverplaatsingen. Gebruik voor de verplaatsing van één elektron een pijl met een halve punt en voor de verplaatsing van een elektronenpaar een pijl met een hele punt (zie figuur 5)



Figuur 5

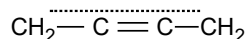
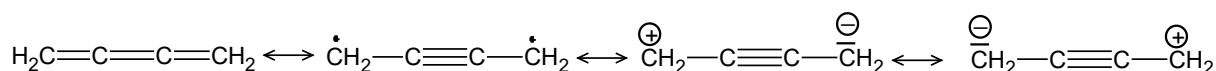
Stap voor stap

- 1 Ja de reactie kun je opvatten als een additiereactie:



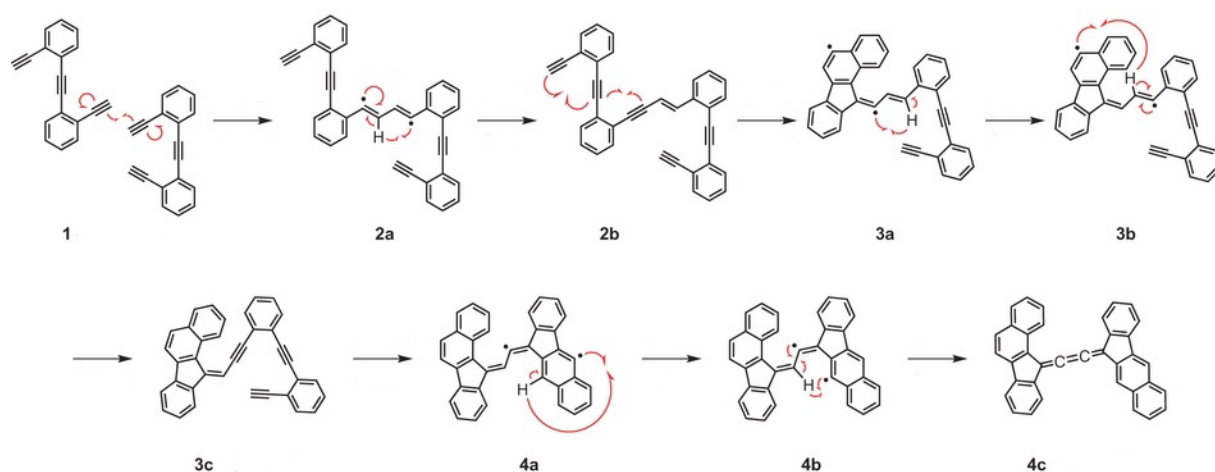
- 2 Ja, want bij een additiereactie gaat een drievoudige binding over in een dubbele binding onder vorming van twee nieuwe atoombindingen waarbij dus “één nieuw molecuul” ontstaat. Hier worden daarbij de zesring en de vijfring gevormd. Opmerking: in plaats van een drievoudige binding die overgaat in een dubbele binding kan ook een dubbele binding overgaan in een enkele binding.
- 3 Zilver is een metaal en dus een goede warmtegeleider.
- 4 Benzeenringen hebben een vlakke structuur, een drievoudige binding heeft een lineaire structuur. Deze kunnen allemaal zo rangschikken dat het molecuul in een vlak ligt. Daarentegen is rond de C-C bindingen tussen de benzeenring en middelste drievoudige binding vrije draaibaarheid mogelijk.
- 5 $C_{18}H_{10}$
- 6 Het linkermolecuul in de tekening kun je opvatten als het transisomeer, terwijl het rechtermolecuul dan het cis-isomeer is.
- 7 Ten opzichte van de dubbele binding (centraal in het molecuul) is de rangschikking trans: de waterstofatomen /de “lange” ketens aan de C=C binding zitten aan weerszijde van de dubbele binding.
- 8 Antwoord is afhankelijk van gebruikte figuur en kopieerwerk.
Via figuren in artikel: Wit streepje lengte 8 mm. Dus 8 mm $\equiv$ 0,4 nm. Lengte brug in foto is 0,65 mm $\rightarrow$ (65/80) x 0,4 = 0,32 nm.
Via vergroting naar pagina A4 (zie hierna): Wit streepje lengte 12 mm. Dus 12 mm $\equiv$ 0,4 nm. Lengte brug in foto is 0,75 mm $\rightarrow$ (75/12) x 0,4 = 0,25 nm.
De lengte komt niet overeen met de theoretische waarde uit Binas.
(Voor één C=C binding geeft Binas tabel 53A: $134 \cdot 10^{-12}$ m. 3 x C=C binding: 3 x 0,134 nm = 0,40 nm.)

9



De middelste binding zal wat lengte betreft inliggen tussen de lengte van een dubbele en een drievoudige binding. De twee buitenste bindingen tussen de lengte van een dubbele binding en een enkele binding.

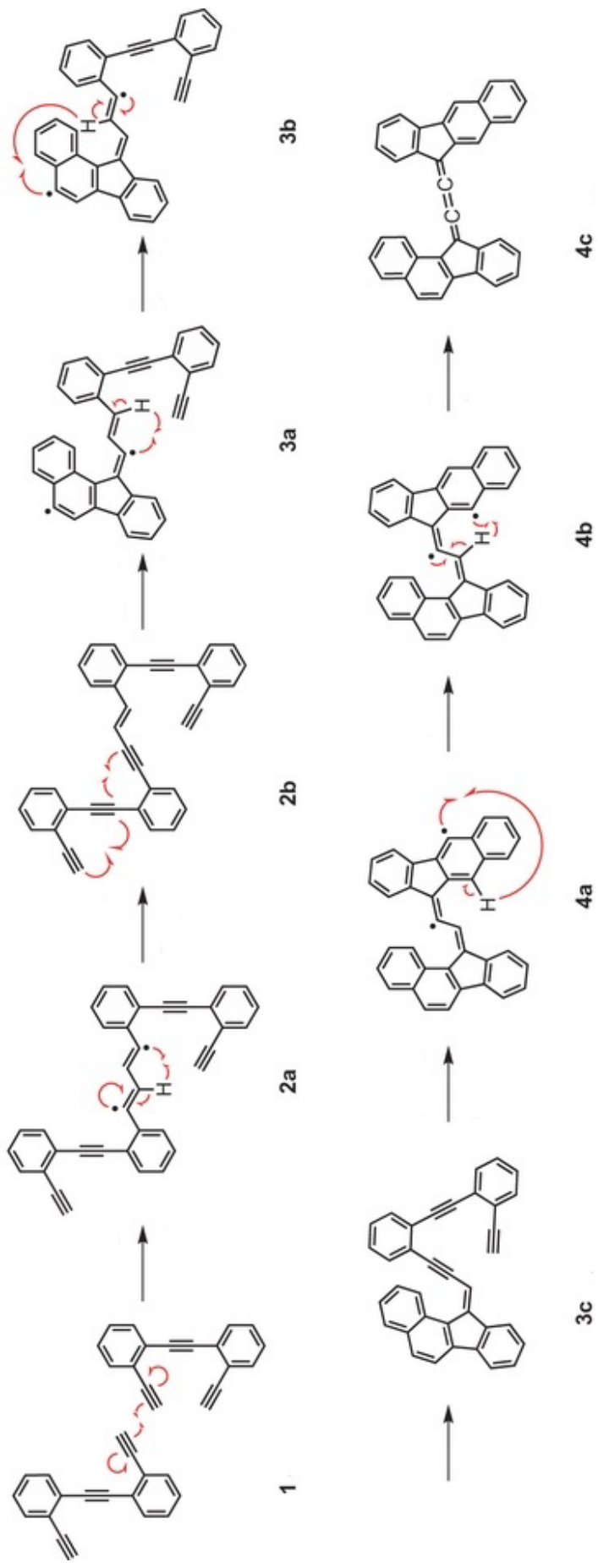
10



(Zie voor grotere afbeelding hierna)

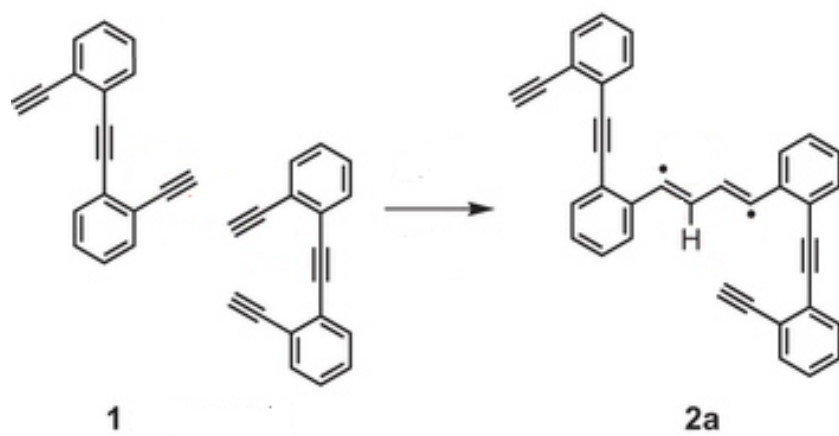
Opmerkingen

- 1 U kunt uiteraard ook uit vraag 10 een of meerdere deelstappen vragen. Het antwoordblad van vraag 10 is zo opgebouwd dat u er uit kunt kopiëren.
- 2 Figuur uit het artikel staat hierna groter afgebeeld.

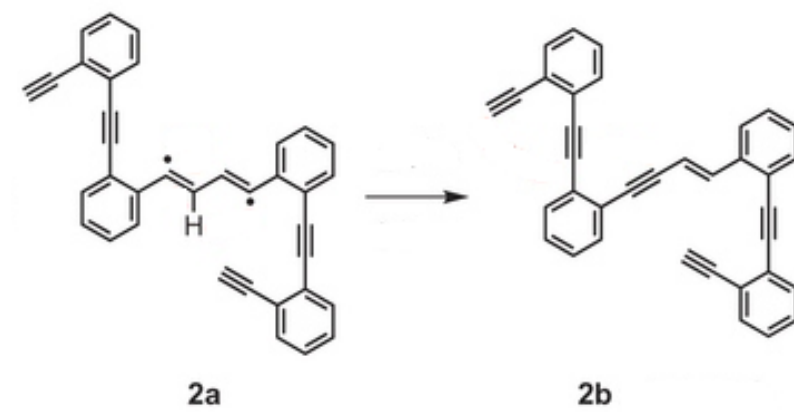


Bijlage vraag 8

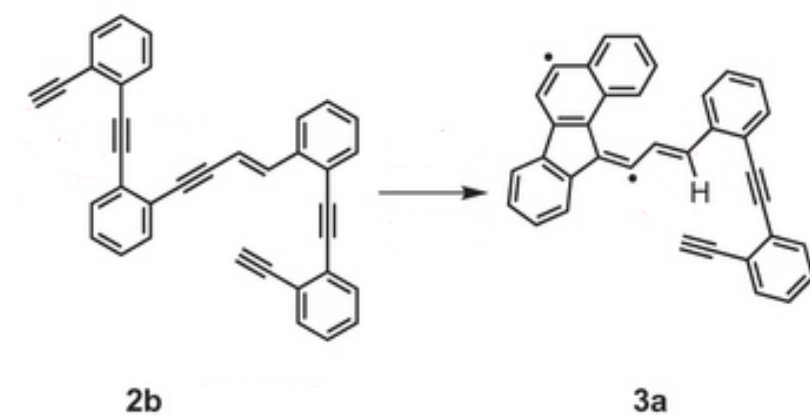
Stap 1



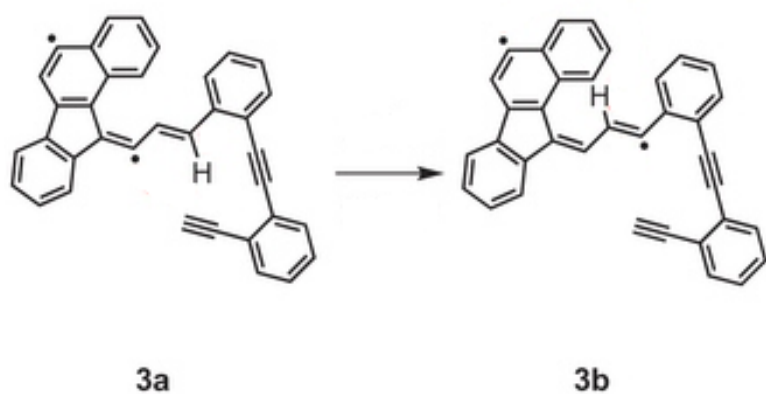
Stap 2



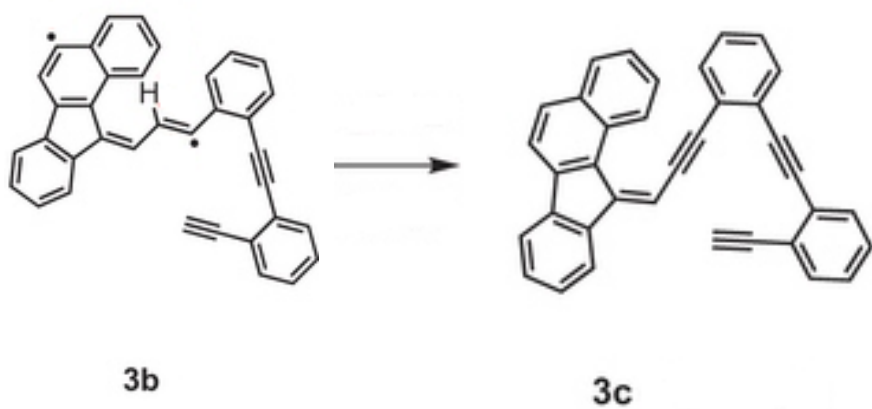
Stap 3



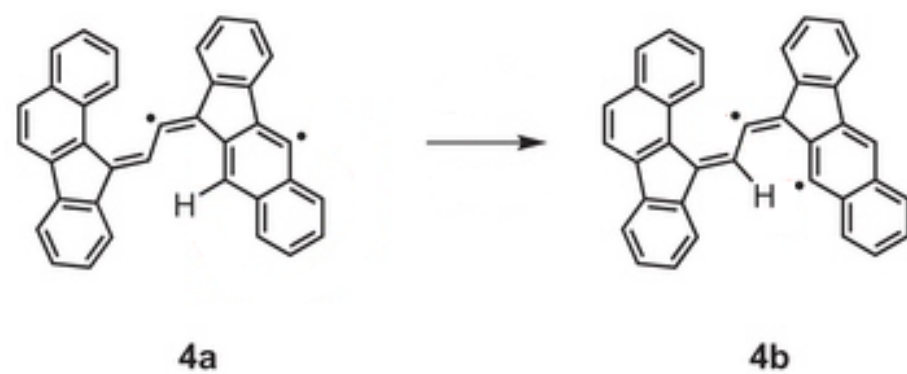
Step 4



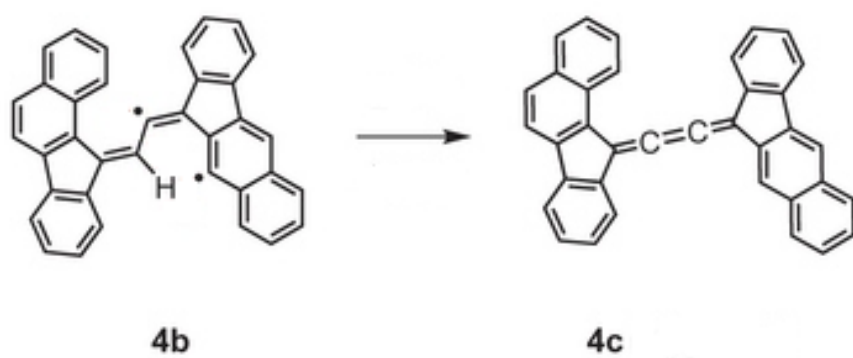
Step 5



Step 7



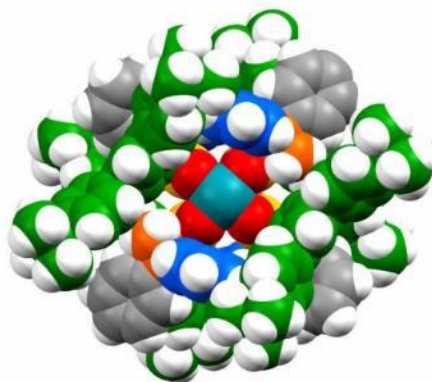
Step 8



KAT KENT ZIJN ALKANEN

Klas	5,6 v
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Stereo-isomerie
Trefwoorden	Alkanen, spiegelbeeldisomerie, katalysator, selectiviteit, groene chemie
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.c2w.nl, 13 mei 2016



Kat kent zijn alkanen

Deze week presenteert *Nature* een organodirhodiumkatalysator die selectief een waterstofatoom op de tweede C van een alkaan vervangt door iets groters. En dat doet hij nog enantioselectief ook, schrijven Huw Davies en collega's van Emory University in Atlanta.

Zulke C-H bindingen zijn sowieso moeilijk te activeren. Dat dirhodiumcomplexen het kunnen is geen nieuws maar het is veel lastiger om ze de juiste C-H te laten kiezen, terwijl die bindingen in een alkaan (C_nH_{2n+2}) allemaal sterk op elkaar lijken. Als je niet van tevoren iets wilt wijzigen aan het alkaan zelf, zal die selectiviteit moeten komen uit de vorm van de organische liganden. En in de praktijk is dat nog altijd een kwestie van stug blijven proberen.

Promovendus Kuangbiao Liao wist het selectieproces echter aanmerkelijk te versnellen door een techniek te ontwikkelen waarbij je niet de complete liganden vervangt, maar ze chemisch wijzigt terwijl ze nog aan het rhodium vast zitten. Als je dan één keer de asymmetrie van die liganden goed hebt, dan blijft hij ook goed wanneer je er aan sleutelt. Uiteindelijk wist hij zo een complex te maken dat bij n-pentaaan (C_5H_{12}) in meer dan 90% van de gevallen een H op de tweede C vervangt, en niet op de eerste of de middelste C. Vervang je daarbij die H door een asymmetrische groep, dan komt die vrijwel altijd in dezelfde stand te staan.

In een commentaar in *Nature* wordt gesteld dat dat pentaan niet zo relevant is als voorbeeld. Maar het werkt ook met langere alkanen, en zelfs wanneer die met hun laatste C vast zitten aan een veel complexer molecuul. Het commentaar voorspelt dat je zulke koolwaterstofketens met deze techniek kunt 'knippen, snoeien en vormen met bonsai-achtige precisie', en dat is voor organici inderdaad groot nieuws.

bron: Emory Health Sciences

Chemici bouwen moleculen met behulp van bepaalde reacties. Wanneer je complexe koolstofhoudende moleculen wilt maken, is het vervangen van H-atomen door bijvoorbeeld zuurstof- of halogeenatomen een van de eerste stappen die nodig is. Tot nu toe gebeurt dat met reacties die niet erg selectief zijn. Je kunt bijvoorbeeld een alkaan laten reageren met chloor of broom. Laat je pentaan reageren met (een overmaat) broom, dan krijg je drie monobroompentanen en veel meer dibroom-, tribroom- en tetrabroompentanen. Promovendus Kuangbiao Liao heeft zich met dit probleem bezig gehouden.

- 1 Geef de naam van het bovengenoemde reactietype tussen een alkaan en broom.
- 2 Leg uit hoe het komt dat je alleen al drie verschillende monobroompentanen krijgt.
- 3 Geef een voorbeeld van een tribroompentaan met de bijbehorende systematische naam.

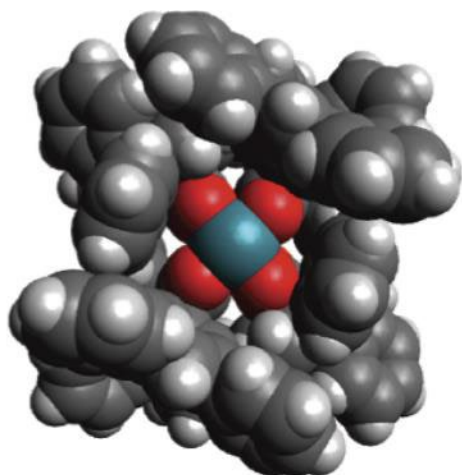
Er kunnen ook spiegelbeeldisomeren ontstaan bij deze reactie.

- 4 Teken de structuurformule van een monobroompentaan, dat spiegelbeeldisomerie vertoont. Leg uit waardoor hier spiegelbeeldisomerie kan optreden.

Kuangbiao Liao heeft nu een katalysator gevonden met speciale eigenschappen.

- 5 Leg uit wat je onder een katalysator verstaat.
- 6 Leg met behulp van het artikel uit wat er zo bijzonder is aan de gevonden katalysator.

In figuur 1 staat de ruimtelijke bouw van de gebruikte katalysator afgebeeld.



Figuur 1 De ruimtelijke bouw van de katalysator

Door de structuur ervan aan te passen kunnen ook katalysatoren gemaakt worden die in een reactie een H-atoom van het eerste of van het derde C-atoom verwisselen voor een andere groep.

- 7 Leg aan de hand van figuur 1 uit welk deel van de katalysator bepaalt welk H-atom verwisseld wordt.

Een enantioselectieve synthese, is een chemische synthese waarbij uit een niet-chiraal molecuul een chiraal molecuul wordt gemaakt met een specifieke ruimtelijke structuur.

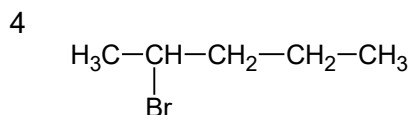
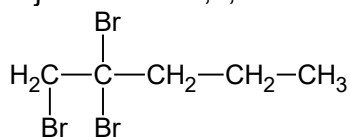
- 8 Leg met behulp van figuur 1 uit waardoor de katalysator enantioselectief kan zijn.

De ontwikkeling van dit type katalysatoren is gunstig voor het groener maken van de chemie. In Binas tabel 97F staan de uitgangspunten van de groene chemie.

- 9 Leg uit bij welke van de uitgangspunten van de groene chemie het gebruik van dit type katalysatoren aansluit

Kat kent zijn alkanen

- 1 Substitutiereactie.
- 2 Er kan een H-atom op het eerste, het tweede of het derde koolstofatoom vervangen worden.
- 3 Bijvoorbeeld: 1,2,2-tribroompentaan



Het tweede C-atom is hier asymmetrisch.

- 5 Een katalysator kan een bepaalde reactie bevoordelen door deze sneller te laten verlopen dan een andere. De katalysator wordt gebruikt, maar niet verbruikt.
- 6 De katalysator is zo bijzonder omdat hij selectief is wat betreft de plaats waar het H-atom wordt vervangen én stereospecifiek, met andere woorden de ruimtelijke structuur blijft behouden.
- 7 De grootte van de holte bij de katalysator bepaalt of er alleen een H-atom (bij vervanging van een H van het eerste C-atom) of een methylgroep erin past.
- 8 De vorm van de holte en hoe het H-atom wordt losgemaakt, bepaalt de stereospecificiteit. Het gaat dan om de stand waarin het molecuul in de aanwezige holte past.
- 9 Door het gebruik van de katalysator voldoe je aan principe 8. Er is minstens één stap minder nodig. Principe 9: De katalysator kun je terugwinnen en weer gebruiken, dus minder afval. Je hebt ook minder energie nodig. Door de betere selectiviteit heb je ook minder nevenproducten, dus minder afval.

WETENSCHAPPERS PRODUCEREN STROOM UIT ZEEWATER MET NIEUWE METHODE

Klas	3hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen-reactieproducten
Trefwoorden	Waterstofperoxide, kringloop, endotherm, exotherm, fotolyse
Vaardigheidsvraag	Informatieverwerkingsvraag

<http://groenecourant.nl/>, 24 mei 2016

WETENSCHAPPERS PRODUCEREN STROOM UIT ZEEWATER MET NIEUWE METHODE



UTRECHT – Wetenschappers van de universiteit van Osaka in Japan hebben een nieuwe methode ontwikkeld om energie uit zeewater te produceren.

Met behulp van zonlicht wordt H_2O , water, omgezet in H_2O_2 , oftewel waterstofperoxide. De onderzoekers schrijven erover in het wetenschappelijke tijdschrift Nature Communications.

Het is voor het eerst dat er met een dergelijke methode H_2O_2 wordt geproduceerd onder genoeg druk dat de stof ook in brandstofcellen kan worden gebruikt.

Er zijn al langer manieren om waterstofperoxide te produceren zonder zonlicht, maar deze methodes kosten zoveel energie dat het niet rendabel is.

ZONNECEL

In de nieuwe methode hebben de onderzoekers in feite een zonnecel gemaakt die H_2O_2 kan produceren. Een groot voordeel van H_2O_2 tegenover bijvoorbeeld waterstof dat vaak gebruikt wordt in brandstofcellen is dat H_2O_2 makkelijker kan worden opgeslagen.

Van productie tot verbruik heeft de zonnecel een rendement van 0,28 procent. De productie van H_2O_2 heeft een efficiëntie van 0,55 procent en de brandstofcel een rendement van 50 procent.

Hiermee is de methode relatief efficiënt vergeleken met andere manieren om zonnestroom te produceren, maar valt het rendement tegen vergeleken met conventionele zonnecellen die rond de 28 procent halen.

“Wetenschappers van de universiteit van Osaka in Japan hebben een nieuwe methode ontwikkeld om energie uit zeewater te produceren”, zegt het artikel.

- 1 Wat is de reden dat wetenschappers op zoek zijn naar nieuwe methodes om energie te produceren?
- 2 Noem twee voordelen van de nieuwe methode die de wetenschappers hebben ontwikkeld.

De wetenschappers maken in hun nieuwe methode gebruik van de stof waterstofperoxide. Ze produceren waterstofperoxide uit water met behulp van zonlicht en een katalysator (reactieversneller). Daarbij is ook zuurstof nodig.

- 3 Geef de vergelijking, met faseaanduidingen, voor de reactie van water en zuurstof waarbij een oplossing van waterstofperoxide wordt geproduceerd. De katalysator neemt niet deel aan de reactie en je schrijft die dus niet op in de reactievergelijking.
- 4 Leg uit of dit een exotherm of een endotherm proces is.

De reactie verloopt met behulp van zonlicht. Fotolyse is ook een reactie die met behulp van licht verloopt.

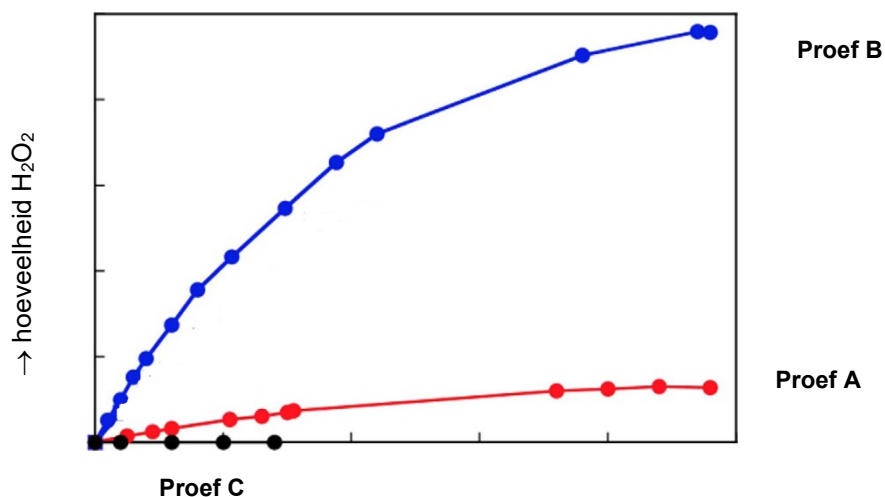
- 5 Leg uit of bij de nieuwe methode voor de productie van waterstofperoxide met behulp van zonlicht ook sprake is van een fotolyse.

De wetenschappers hebben verschillende proeven gedaan, waarbij ze gemeten hebben hoeveel H_2O_2 ontstaat in de loop van de tijd.

- Proef A: Een mengsel van *water* en zuurstof werd 1 uur lang beschenen met zonlicht in aanwezigheid van een katalysator (reactieversneller).
- Proef B: Een mengsel van *zeewater* en zuurstof werd 1 uur lang beschenen met zonlicht in aanwezigheid van een katalysator.
- Proef C: Een mengsel van *zeewater* en zuurstof werd 1 uur lang beschenen met zonlicht zonder een katalysator.

- 6 Leg uit waarom men drie proeven heeft uitgevoerd.

In onderstaande grafiek staan de resultaten vermeld voor de drie proeven.



- 7 Wat lees je af uit de grafiek als je de resultaten van de proeven A,B en C met elkaar vergelijkt en welke conclusie trek je er uit.?
- 8 Leg uit welke stof dus ook in water aanwezig moet zijn om H_2O_2 te maken.

In het artikel staat “Een groot voordeel van H_2O_2 tegenover bijvoorbeeld waterstof dat vaak gebruikt wordt in brandstofcellen is dat H_2O_2 makkelijker kan worden opgeslagen.”

- 9 Leg uit waardoor de opslag van H_2O_2 makkelijker is in vergelijking met waterstof.

In de brandstofcel wordt waterstofperoxide weer ontleed in water en zuurstof. Hierbij ontstaat elektrische stroom.

- 10 Leg uit dat het logisch is dat er nu energie vrijkomt.
- 11 Welke energieomzetting vindt er plaats in de brandstofcel?

In de nieuwe methode met de productie van H_2O_2 en daarna het inzetten van de brandstofcel is sprake van een kringloop.

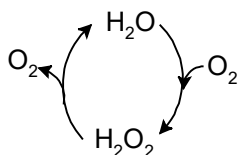
- 12 Teken deze kringloop, gebruik molecuulformules.

Het artikel zegt: “..... een nieuwe methode (....) om energie uit zeewater te produceren”.

- 13 Wat klopt er niet aan deze uitspraak?

Wetenschappers produceren stroom uit zeewater met nieuwe methode

- 1 Omdat er geen oneindige voorraden fossiele brandstoffen zijn.
- 2 Het proces is relatief eenvoudig. Het product kan gemakkelijk worden opgeslagen.
- 3 $2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$
- 4 Een endotherm proces. Er is energie voor nodig in de vorm van zonlicht.
- 5 Nee, want een fotolyse is een ontledingsreactie, waarbij uit één stof meerdere andere stoffen gevormd worden.
- 6 Kijken wat de invloed van de katalysator was. Of zeewater beter werkte dan gewoon water.
- 7 Uit de grafiek lees je af dat er bij proef C geen H_2O_2 ontstaat. Je kunt dus concluderen dat de katalysator (reactieversneller) bij de nieuwe methode in ieder geval aanwezig moet zijn.
In de proef met het zeewater ontstaat veel meer H_2O_2 in dezelfde tijd dan in de proef met 'gewoon' water.
- 8 Zeewater bevat zout, natriumchloride. Gewoon water bevat dat niet.
- 9 Waterstof is een gas. Je hebt hier te maken met een waterstofperoxide-oplossing. Een vloeistof is makkelijker op te slaan en te transporteren dan een gas.
- 10 Je hebt te maken met de omgekeerde reactie van vraag 3. Dat was een endotherme reactie. De omgekeerde reactie is exotherm.
- 11 Chemische energie wordt omgezet in elektrische energie.
- 12



- 13 In feite wordt zonne-energie vastgelegd.

Artikel: <http://groenecourant.nl/wetenschap/wetenschappers-produceren-stroom-zeewater-nieuwe-methode/#share0>

BIODIESEL UIT MAGNETRON

Klas	5 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Organische reacties
Trefwoorden	Biodiesel, katalysator, SrO, transesterificatie, magnetron
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W LS, 20 mei 2016

Biodiesel uit de magnetron

Met strontiumoxide maak je in je eigen magnetron biodiesel van je gebruikte frituurolie, schrijven Israëlische onderzoekers in *Energy & Fuels*. Chemisch is dat een kwestie van transesterificatie: triglyceriden laten reageren met methanol tot vetzuurmethylesters (FAME) en glycerol. Van SrO was al bekend dat het die reactie katalyseert in combinatie met magnetron-straling, maar de kunst is het er daarna weer uit te krijgen. De Israëli's bedachten een slim recept op basis van silicagel, strontiumnitraat en natriumcarbonaat. Het silica vormt een soort glazen kraaltjes

waar onoplosbare SrCO_3 nanodeeltjes op neerslaan, die je laat ontleden tot SrO. Onder de elektronenmicroscoop zie je dat de deeltjes zich netjes over de kralen verspreiden en dat het actieve oppervlak zeer groot is. Een mengsel van methanol en frituurolie wordt er in de magnetron binnen tien seconden vrijwel volledig door omgezet in FAME. Kraaltjes en glycerol afscheiden is een kwestie van centrifugeren. Niet iedereen heeft een centrifuge in de keuken staan, wellicht dat de auteurs het daarom maar gaan opschalen tot een industrieel continu proces. (AD)

Met behulp van strontiumoxide maak je in je eigen magnetron biodiesel uit frituurolie.

- 1 Welke functie vervult het strontiumoxide daarbij?
- 2 Leg uit dat de lading van het strontiumion $2+$ zal zijn.

De kunst bij het proces van 'transesterificatie' is om het strontiumoxide na afloop van de reactie weer terug te winnen. Israëlische onderzoekers bedachten een slim recept daarvoor. Zij lieten op kleine silica kraaltjes SrCO_3 -nanodeeltjes neerslaan die ze daarna lieten ontleden tot SrO.

- 3 Wat geeft de aanduiding 'nano' aan?
- 4 Geef de reactievergelijking van de ontleding van SrCO_3 .
- 5 Welk groot voordeel heeft het gebruik van kleine silicakraaltjes lettend op de reactiesnelheid?

Een mengsel van methanol en frituurolie wordt zo in een magnetron binnen 10 seconden vrijwel volledig omgezet in FAME. Ga er van uit dat de frituurolie bestaat uit glyceryltriolaat.

- 6 Waar staat de afkorting FAME voor?
- 7 Geef reactievergelijking van de transesterificatie van glyceryltriolaat tot methylolaat en glycerol in structuurformules weer.

8 Verklaar de naam transesterificatie.

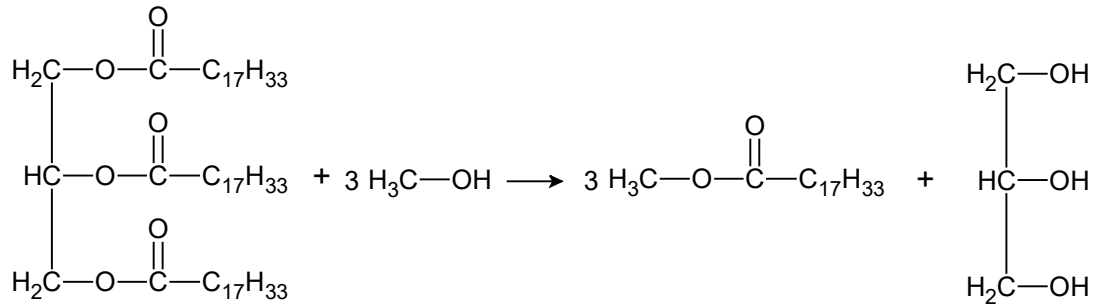
Na afloop van de reactie zijn de kraaltjes en glycerol vrij eenvoudig af te scheiden door middel van centrifuge.

9 Van welk verschil in stofeigenschap maak je gebruik bij centrifugeren?

10 Leg uit dat de kraaltjes en glycerol door centrifugeren goed af te scheiden zijn van de FAME.

Biodiesel uit magnetron

- 1 Strontiumoxide is een katalysator: versnelt de reactie zonder daarbij verbruikt te worden.
- 2 Strontium staat in groep 2 van het periodiek systeem. Deze metalen hebben als ion allemaal de lading 2+. In SrCO_3 is het CO_3^{2-} ion aanwezig, dus heeft het strontiumion lading 2+. In SrO is het O^{2-} ion aanwezig, dus heeft het strontiumion lading 2+.
- 3 Nano geeft een orde van grootte weer: in nm, dus in 10^{-9} m.
- 4 $\text{SrCO}_3 \rightarrow \text{SrO} + \text{CO}_2$.
- 5 Hierdoor wordt de katalysator over een groot oppervlak verspreid zodat het actieve oppervlak zeer groot is en dus ook dat de reactie sneller verloopt.
- 6 FAME staat voor FattyAcidMethylEster (vetzuurmethylester).
- 7



- 8 De ene ester, glyceryltriolaat, wordt omgezet in een andere ester, methylolaat. Voor transesterificatie wordt ook de term omestering gebruikt.
- 9 Bij centrifugeren maak je gebruik van verschil in dichtheid.
- 10 Kraaltjes, glas, heeft een dichtheid van boven de 2 g per cm^3 , glycerol 1,26 g per cm^3 en FAME minder dan 1 g per cm^3 .

ARMBAND TOONT JE PROMILLAGE

Klas	5 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Redoxreacties
Trefwoorden	Halfreactie, elektrolyt, gaschromatografie
Vaardigheidsvraag	Informatieverwerkingsvraag

wibnet.nl/techniek/, 27 mei 2016

Armband toont je promillage

Door Mikkel Skovbo

GADGETS: Een nieuwe, draagbare alcoholtester meet je promillage en stuurt het rechtstreeks naar je mobiel. De meting vindt plaats in een discrete arbandsensor en maakt gebruik van je zweet.



Deze nieuwe alcoholtester, BACtrack Skyn, stuurt het meetresultaat via Bluetooth naar je mobiel. Je hebt een tijdje geleden een paar biertjes gedronken en vraagt je af of je nog naar huis kunt rijden. Gelukkig kun je op je mobiel zien dat het alcoholgehalte in je bloed onder de 0,5 promille ligt, de wettelijke grens in Nederland en België. Zo eenvoudig is het met deze nieuwe, Amerikaanse alcoholtester.

Alcoholtester meet ethanol in zweet

Het bedrijf BACtrack heeft een armband ontwikkeld met een elektrochemische sensor die de concentratie ethanol in je zweet meet en de gegevens naar je smartphone stuurt.

Een algoritme rekent de ethanolwaarde om naar het alcoholpromillage in je bloed.

Omdat het 45 minuten duurt voordat de ethanol via de huid naar buiten komt, loopt de uitslag van de alcoholtester altijd drie kwartier achter.

Hij is echter een stuk eleganter en minder opvallend dan een ouderwetse alcoholmeter.

Alcoholtester wint de hoofdprijs

De alcoholarmband heeft de eerste prijs van 200.000 dollar gewonnen in een wedstrijd die uitgeschreven was door het Amerikaanse National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism (NIAAA).

Deelnemers moesten een alcoholtester ontwikkelen die draagbaar, gebruiksvriendelijk, discreet en elegant ontworpen was.

Het NIAAA hoopt dat de uitvinding het makkelijker maakt om bijvoorbeeld ziekenhuispatiënten en proefpersonen in de gaten te houden en dat iedereen zelf een oogje op zijn alcoholinname zal

houden.

De nieuwe alcoholtester is nog een prototype, maar BACtrack verwacht eind 2016 een beperkt aantal armbanden op de markt te kunnen brengen.

De nieuwe draagbare alcoholtester werkt met een elektrochemische sensor. Deze sensor meet het alcohol(ethanol)gehalte in het zweet op je huid.

- 1 Leg uit aan welke twee voorwaarden zeker moet worden voldaan om een meting te kunnen doen met de nieuwe alcoholtester

De werktemperatuur van de sensor is lichaamstemperatuur.

Het blijkt dat de sensor bij metingen boven 40 °C een te lage waarde aangeeft.

- 2 Leg uit waardoor dat veroorzaakt kan worden.

In de sensor wordt de ethanol (alcohol) in het zweet aan de ene elektrode omgezet in ethanal.

- 3 Noteer de vergelijking van deze halfreactie in structuurformules.

Aan de andere elektrode reageert zuurstof uit de lucht tot waterstofperoxide (H_2O_2) met als medium ook zweet.

- 4 Noteer de vergelijking van de halfreactie van het redoxkoppel $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}_2$.
- 5 Leg uit welke van de halfreacties uit de antwoorden op vraag 3 en 4 aan de positieve pool van de elektrochemische cel optreedt.
- 6 Leg uit waardoor het zweet zorgt voor een gesloten stroomkring in de elektrochemische cel.

In het artikel staat “Een algoritme rekent de ethanolwaarde om naar het alcoholpromillage in je bloed”. Een dergelijke waarde kun je niet zo maar uit je duim zuigen. Men heeft bij proefpersonen na het drinken van alcohol gaschromatografiemetingen gedaan aan bloedmonsters en die vergeleken met gaschromatografiemetingen aan het zweet. Het zweet met ethanol werd verzameld door de draagbare alcoholtester

- 7 Leg uit hoe men uit een gaschromatogram de hoeveelheid van een stof kan bepalen.
- 8 Leg uit waarmee men bij het doen van beide soorten metingen rekening moest houden.

Aan de hand van de metingen heeft men het volgende lineaire verband afgeleid:

$$\text{Ethanolgehalte in bloed (g L}^{-1}\text{)} = 0,71 \times \text{ethanolgehalte in zweet (g L}^{-1}\text{)}$$

Alcohol en verkeer gaan niet samen. Voor bestuurders die korter dan 5 jaar hun rijbewijs hebben (beginnende bestuurders) geldt een limiet van 0,2 promille. Mannen bereiken dit percentage na het drinken van ongeveer een glas, vrouwen al bij minder dan een glas.

<https://www.alcoholinfo.nl/publiek/verkeer/wetgeving>

Een bloedalcoholgehalte van 0,2 promille betekent 0,2 g ethanol per L.

- 9 Bereken wat het alcoholgehalte in het zweet is bij een bloedalcoholgehalte van 0,2 promille.

Alcoholtest armband laat je promillage zien

- 1 Er moet zweet zijn, er moet goed contact met de huid zijn
- 2 Bij een hogere temperatuur zal ethanol uit zweet makkelijker verdampen
- 3 $C_2H_6O \rightarrow C_2H_4O + 2 H^+ + 2 e^-$

$$CH_3-CH_2-OH \longrightarrow CH_3-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-H + 2 H^+ + 2 e^-$$
- 4 $O_2 + 2 H_2O + 2 e^- \rightarrow H_2O_2 + 2 OH^-$ of $O_2 + 2 H^+ + 2 e^- \rightarrow H_2O_2$
- 5 Bij de positieve elektrode worden elektronen opgenomen door de deeltjes dus de halfreactie van zuurstof.
- 6 Zweet bevat opgeloste zouten. De ionen van de opgeloste zouten zorgen in het zweet voor het ladingtransport.
- 7 De hoeveelheid van de stof komt overeen met de oppervlakte onder de piek van de stof.
- 8 Goed contact met de huid en een werkt temperatuur van 37 °C (lichaamstemperatuur).
- 9 Ethanolgehalte in zweet = 0,2 / 0,71 = 0,28 g ethanol/L.

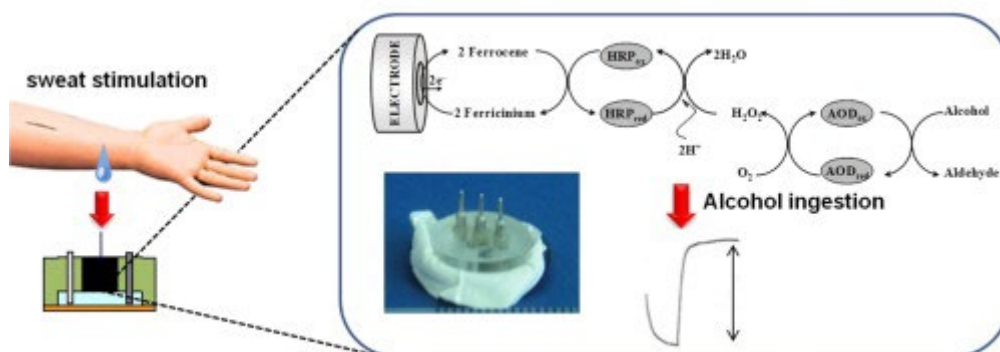
Zie ook opgave: 1610 08 Deze tattoo waarschuwt wanneer je dronken bent.

Artikel: <http://wibnet.nl/techniek/gadgets/alcoholtest-armband-laait-je-promillage-zien>

Video: De uitvinder legt uit hoe de alcoholtester werkt:

<https://www.youtube.com/watch?v=NP70ZNH-Tfq>

In de opgave is de ethanolbepaling vereenvoudigd. In onderstaande figuur staat het volledige meetsysteem van de sensor weergegeven.



Bron: Gamella M, 2014, A novel non-invasive electrochemical biosensing device for in situ determination of the alcohol content in blood by monitoring ethanol in sweat, *Analytica Chimica Acta*, 806, 1–7

DEZE TATTOO WAARSCHUWT WANNEER JE DRONKEN BENT

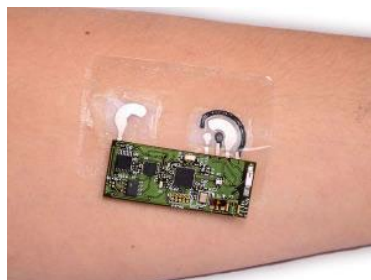
Klas	5 v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Elektrochemische cel,
Trefwoorden	Halfreacties, ethanol, Pruisisch blauw, waterstofperoxide
Vaardigheidsvraag	Informatieverwerkingsvraag

www.hln.be/, 3 augustus 2016

Deze tattoo waarschuwt wanneer je dronken bent

Door: Nina Dillen

Vergeet de alcoholtester, wetenschappers van de University of California werken aan een modieuzer middelje om te zien of je al dan niet boven je theewater bent. Door middel van een plaktattoo waar een minuscuul elektronisch plaatje aan kleeft, wordt het alcoholniveau in je zweet gemeten. Nog een wijntje of toch beter een water? De tattoo beslist.



© University of California, San Diego.

Het aantal ongevallen met dronken chauffeurs ligt nog steeds te hoog, en daar willen wetenschappers van de University of California, San Diego iets aan doen. Hun nieuwe uitvinding is dan ook gericht op cafégangers die willen kijken of ze nog zelf met de wagen naar huis kunnen, of cafébazen die twijfelen of ze een klant nog wel een biertje zouden geven.

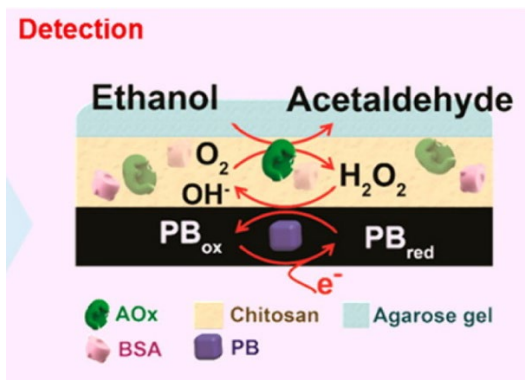
Aan de speciale plaktattoo kleeft een minuscuul elektronisch plaatje dat een heel klein beetje stroom afgeeft, waardoor je huid begint te zweten. Uit dat zweet meet dit plaatje dan je alcoholniveau. Die informatie wordt via Bluetooth doorgestuurd naar een app die je vertelt of het tijd is voor een watertje en om een taxi te bellen.

Om de kosten laag te houden worden de tattoos momenteel ontworpen voor eenmalig gebruik. Het onderzoek is nog aan de gang, en de tattoo werd voorlopig nog maar op 9 mensen getest. Al bleken die resultaten wel positief, het zal nog een tijdje duren voor we met zo'n fancy gadget op café kunnen.

De plaktattoo alcoholtester werkt via een elektrochemische sensor. Deze sensor meet het alcohol (ethanol)gehalte in het zweet op je huid.

- 1 Leg uit aan welke twee voorwaarden zeker moet worden voldaan om een meting te kunnen doen met de nieuwe alcoholtester

In figuur 1 staat weergegeven hoe de elektrochemische sensor werkt.



Figuur 1 (bron artikel)

Toelichting sensor figuur 1

De sensor is opgebouwd uit twee elektrochemische cellen, onderdeel A en B.

Onderdeel A

Aan de bovenste elektrode wordt ethanol omgezet in aceetaldehyde.

Zuurstof reageert hierbij aan de andere elektrode tot waterstofperoxide (H_2O_2) onder invloed van een enzym (AOx, alcoholoxidase)

Onderdeel B

Er bestaat een tweede systeem om te zorgen dat er een stroom gaat lopen waarmee een signaal kan worden afgegeven.

In onderdeel B reageert H_2O_2 naar OH^- . Aan de andere elektrode wordt Pruisisch blauw (PB_{ox}) omgezet in Pruisisch wit (PB_{red}).

Onderdeel A

- 2 Noteer de rationele naam en de structuurformule van aceetaldehyde. Maak hierbij gebruik van je Binasboek.

In onderdeel A van de sensor wordt de ethanol in het zweet aan de ene elektrode omgezet in aceetaldehyde.

- 3 Stel de vergelijking van deze halfreactie op in structuurformules.

Aan de andere elektrode reageert zuurstof tot waterstofperoxide (H_2O_2) met als medium ook zweet.

- 4 Noteer de vergelijking van de halfreactie van het redoxkoppel O_2/H_2O_2 .
- 5 Leg uit welke van de halfreacties uit de antwoorden op vraag 3 en 4 aan de positieve elektrode van onderdeel A cel optreedt.
- 6 Leg uit waardoor het zweet zorgt dat er een gesloten stroomkring in deze elektrochemische cel ontstaat.

Onderdeel B

In onderdeel B van de sensor reageert aan de ene elektrode H_2O_2 naar OH^- .

- 7 Noteer de vergelijking van deze halfreactie.

Aan de andere elektrode reageert Pruisisch blauw, $\text{Fe}^{\text{III}}_4(\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6)_3$, naar Pruisisch wit, $\text{K}_4[\text{Fe}^{\text{II}}_4(\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6)_3]$. De aanduiding Fe^{III} en Fe^{II} in de formules geeft aan dat je te maken hebt met respectievelijk Fe^{3+} en Fe^{2+} ionen.

- 8 Stel de vergelijking van deze halfreactie op.
- 9 Leg uit of deze halfreactie optreedt aan de positieve of negatieve elektrode van onderdeel B.

Zweet versus bloed

Het zweet levert dus de informatie over het alcoholgehalte in je bloed.

Het artikel zegt: "Die informatie wordt via Bluetooth doorgestuurd naar een app die je vertelt of het tijd is voor een watertje en om een taxi te bellen".

Alcohol en verkeer gaan niet samen. Voor bestuurders die korter dan 5 jaar hun rijbewijs hebben (beginnende bestuurders) geldt een limiet van 0,2 promille. Mannen bereiken dit percentage na het drinken van ongeveer een glas, vrouwen al bij minder dan een glas.

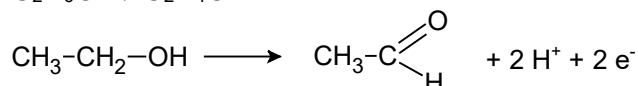
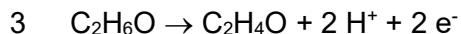
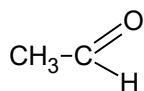
<https://www.alcoholinfo.nl/publiek/verkeer/wetgeving>

De gehalten waarover gesproken word, zijn uitgedrukt als de promillages van alcohol (ethanol) in het bloed.

- 10 Leg uit wat men moet doen om een verband te kunnen leggen tussen het promillage ethanol in je zweet en het promillage ethanol in je bloed.

Deze tattoo waarschuwt wanneer je dronken bent

- 1 Er moet zweet zijn, er moet goed contact met de huid zijn
- 2 Ethanal (Binas tabel 66A),

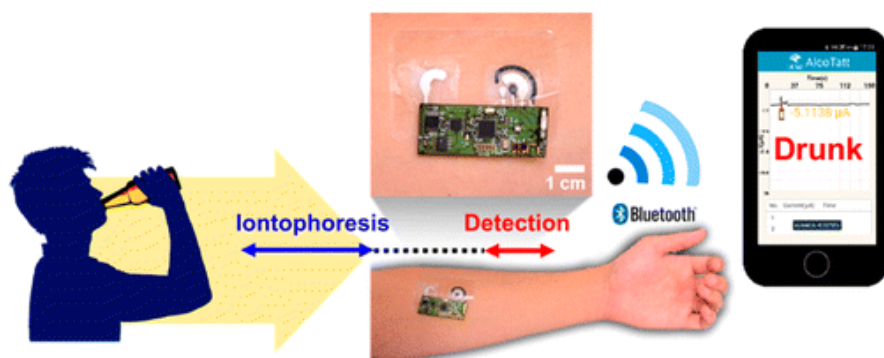


- 4 $\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{OH}^-$ (neutraal milieu) of $\text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$ (zuur milieu).
- 5 Bij de positieve elektrode worden elektronen opgenomen door de deeltjes afgegeven dus de halfreactie van zuurstof.
- 6 Zweet bevat opgeloste zouten. De ionen van de opgeloste zouten zorgen in het zweet voor het ladingtransport.
- 7 $\text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^-$
- 8 $(\text{Fe}^{\text{III}}_4(\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6)_3) + 4 \text{K}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow \text{K}_4[\text{Fe}^{\text{II}}_4(\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6)_3]$.
- 9 Er worden elektronen opgenomen door Pruisisch blauw dus de halfreactie treedt op aan de negatieve elektrode.
- 10 Men zal met een onderzoeksmethode na het drinken van alcohol door proefpersonen zowel het ethanolgehalte van bloed als van het zweet moeten bepalen. Hierbij moet men rekening houden met de tijd die nodig is voordat de ethanol na het nuttigen aantoonbaar is in het zweet. Uit het onderzoek kan men een wiskundig verband tussen de concentratie ethanol in het bloed en in het zweet vast stellen.

Zie ook opgave: 1610 07 Armband laat je promillage zien.

Artikel: <http://www.hln.be/hln/nl/33/Fit-Gezond/article/detail/2821124/2016/08/03/Deze-tattoo-waarschuwt-wanneer-je-dronken-bent.dhtml>

Video werking sensor: <http://pubs.acs.org/doi/suppl/10.1021/acssensors.6b00356>



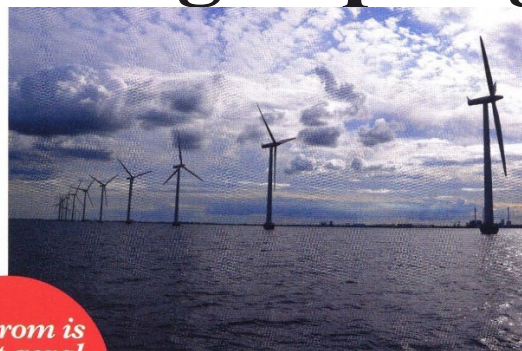
AMMONIAK ALS ENERGIEOPSLAG

Klas	5 v
Subdomein	Processen en reacties, energie
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Redoxreactie, vormingswarmte
Trefwoorden	Elektrochemie, brandstof, duurzaam, magnesiumhydride, halfreactie
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W, 6 mei 2016

Ammoniak als energieopslag

Is NH_3 het ideale molecuul om duurzaam geproduceerde waterstof in te bewaren? Energiebedrijf Nuon en de TU Delft vermoeden van wel.



Waarom is in dit geval 35 % rendement niet genoeg?'

Zeg maar hoe het anders moet', zegt Fokko Mulder. Als hoogleraar materialen voor geïntegreerde energiesystemen in Delft is hij medebedenker van een plan om ammoniak te produceren met de zonne- en windenergie die je 's zomers overhoudt. Je slaat het op als vloeistof en 's winters verstook je het in plaats van aardgas. Naast Nuons nieuwe Magnum-centrale in het Eemshavengebied zou over tien jaar een proefinstallatie kunnen staan, meldden de kranten eind maart. Dat in de reactievergelijkingen nergens CO_2 voorkomt, is zeker een voordeel.

Maar ammoniakfabrieken, dat zijn toch energievreters? Het probleem is dat je met grote hoeveelheden stroom, die je later pas nodig hebt, niet veel anders kunt dan water splitsen. En voor waterstofopslag zijn niet zoveel alternatieven, legt Mulder uit. 'Binden in de vorm van hydrides gebeurt wel, maar is altijd lastig gebleven. En lagetemperatuuroplossingen kosten ook veel energie.

Redelijk efficiënt

Mulder benadrukt dat je wel kunt discussiëren over rendementen, maar dat je zonder tijdelijke opslag überhaupt niet kunt overschakelen

op duurzame stroom. 'Men heeft de neiging om te klagen over de lage ketenefficiëntie van H_2 -opslag. Maar een automotor haalt maar 15 tot 20 % rendement en dat vindt iedereen dood-normaal.

Waarom is dan bij duurzame elektriciteitsopslag 35 % ineens niet genoeg meer?' Praktisch kun je het op meerdere manieren uitwerken, licht Mulder toe. 'Je kunt het helemaal elektrochemisch aanpakken, in een cel die qua lay-out niet veel verschilt met die van klassieke elektrolyse.

Aan de ene kant van een protonendoorlatend membraan splits je water en maak je zuurstof, aan de andere kant laat je die protonen reageren met stikstof uit de lucht. Zoiets is al vaker beschreven, al draait het alleen nog op labschaal.'

Naast ammoniak produceren zulke cellen ook vrij veel waterstof. 'We streven ernaar dat omlaag te krijgen. Maar je kunt het H_2 -overschot ook binnen de chemische industrie gebruiken, bijvoorbeeld om koolwaterstoffen te maken uit CO_2 . H_2 en NH_3 zijn trouwens gemakkelijk te scheiden, je hoeft alleen de ammoniak te laten condenseren.'

Je kunt de waterstof ook apart produceren en met stikstof laten reageren via het klassieke Haber-Boschproces. 'Op die manier is het veel sneller op te schalen', verwacht Mulder. En energetisch is het niet eens zo ongunstig volgens de Delftse hoogleraar: 'Wat men vaak in het hoofd heeft, is de efficiëntie van het proces zoals het nu verloopt. Daarbij maak je waterstof door fossiele brandstoffen te vergassen. Daar gaat een behoorlijk groot deel van het energieverbruik in zitten. Heb je eenmaal waterstof, dan gaat de omzetting in NH_3 , afhankelijk van de schaalgrootte, redelijk efficiënt.'

Brandt goed

Het plan krijgt mede vorm vanuit Power to Ammonia (P2A), een publiek-privaat project dat het Institute for Sustainable Process Technology (ISPT) begin dit jaar heeft gelanceerd. Het verkent nog meer ammoniakalternatieven, waaronder kleinschalige buffers bij losse windmolens en doorlevering aan kunstmestfabrieken.

Behalve de TU Delft en Nuon zijn onder meer Proton Ventures, ECN, OCI Nitrogen en de Universiteit Twente erbij betrokken. Die laatste onderzoekt hoe je gasturbines aanpast aan NH_3 . Op dat punt verwacht Mulder geen onoverkomelijke problemen. 'Eigenlijk is het helemaal geen slechte brandstof

Ammoniak gebruiken als brandstof, het lijkt een vreemd idee. In feite sla je waterstofmoleculen op door ze op te nemen in moleculen ammoniak. De waterstof moet daarvoor wel duurzaam geproduceerd worden.

- 1 Wat wordt bedoeld met 'duurzaam geproduceerd'?

Vastleggen waterstof

Waterstof kan met stikstof omgezet worden in ammoniak. Maar waterstof kan ook op een andere manier opgeslagen worden, bijvoorbeeld in de vorm van een metaalhydride. Waterstof binden in de vorm van hydrides is altijd lastig gebleven, volgens hoogleraar Fokko Mulder. In hydrides is het *negatieve* waterstofion aanwezig. Het waterstofgas wordt bijvoorbeeld omgezet met magnesium naar magnesiumhydride.

- 2 Leg uit welke formule de gevormde stof magnesiumhydride heeft.
- 3 Geef de reactievergelijking waarbij uit waterstof en magnesium de stof magnesiumhydride gevormd wordt.
- 4 Leg uit wat de fase van een metaalhydride zal zijn bij kamertemperatuur.

Het opslaan van waterstofgas levert problemen op. Het waterstof omzetten in óf een metaalhydride óf ammoniak levert een oplossing voor die problemen.

- 5 Licht toe welke oplossing dat is.

NH_3 maken via elektrochemie

Een alternatieve methode om ammoniak te produceren is via elektrochemie.

- 6 Geef de vergelijking van de halfreactie als stikstof met behulp van H^+ omgezet wordt in ammoniak.
- 7 Geef de vergelijking van de halfreactie aan de andere elektrode als water omgezet wordt in zuurstof en H^+ ionen.

Behalve ammoniak wordt er in de elektrochemische cel ook vrij veel waterstof geproduceerd.

- 8 Geef de vergelijking van de halfreactie waarbij waterstof geproduceerd wordt.

De gevormde waterstof en ammoniak zijn vrij eenvoudig van elkaar te scheiden, zegt het artikel.

9 Licht dit op microniveau toe.

Haber-Boschproces

Klassiek is de aanpak voor het produceren van ammoniak waarbij waterstof met stikstof reageert tot ammoniak via het Haber-Boschproces. Hierbij ontstaat een evenwicht.

10 Geef de vergelijking van deze evenwichtsreactie.

Een bezwaar lijkt dat ammoniakfabrieken worden beschouwd als energievreters.

11 Waarom is dat geen probleem voor het nieuwe elektrochemische proces?

Ammoniak brandt goed. Je moet wel de gasturbines aanpassen.

12 Geef de vergelijking van de verbranding van ammoniak waarbij stikstof en water ontstaan.

13 Laat via een berekening met vormingswarmten zien dat deze reactie energie oplevert.

14 Leg uit dat stikstof en water via de elektrolyse en vervolgens de verbranding van ammoniak een kringloop doorlopen.

Ammoniak als energieopslag

- 1 Duurzaam geproduceerd betekent dat bij de productie hernieuwbare energie gebruikt is.
- 2 Magnesium is 2+ geladen, hydride 1-, dus formule MgH_2 .
- 3 $\text{Mg} + \text{H}_2 \rightarrow \text{MgH}_2$.
- 4 magnesiumhydride is opgebouwd uit een positief ion en een negatief ion, het is dus een zout. Zouten zijn bij kamertemperatuur vast.
- 5 Waterstof is een gas en moet onder hoge druk bewaard worden, is moeilijk transporteerbaar. Verder is het ook erg brandbaar. Ammoniak is vloeibaar en een metaalhydride is een vaste stof. Dat betekent dat beide stoffen makkelijker opgeslagen en getransporteerd kunnen worden.
- 6 $\text{N}_2 + 6 \text{H}^+ + 6 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{NH}_3$.
- 7 $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$.
- 8 $2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$.
- 9 Ammoniakmoleculen kunnen onderling H-bruggen vormen, stikstofmoleculen niet. Dus heeft ammoniak een veel hoger kookpunt dan stikstof en kan door afkoelen de ammoniak vloeibaar gemaakt worden.
- 10 $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3$.
- 11 De energie die gebruikt wordt om ammoniak te produceren wordt gehaald uit de opgeslagen energie die op bepaalde tijden wel ontstaat maar dan niet nodig is. En in ammoniakfabrieken gaat veel energie zitten in de productie van waterstof en die is hier al geproduceerd terwijl de stikstof gasvormig blijft.
- 12 $4 \text{NH}_3 + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{N}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$.
- 13 $\Delta E = 6 \times -2,86 \cdot 10^5 - 4 \times -0,459 \cdot 10^5 = -15,32 \cdot 10^5 \text{ J per 4 mol NH}_3$, dus $-3,83 \cdot 10^5 \text{ J (mol NH}_3)^{-1}$.
- 14 Bij de elektrolyse worden water en stikstof omgezet in ammoniak en zuurstof, bij de verbranding vindt precies de omgekeerde reactie plaats.

MINDER NOX AAN DE UITLAAT

Klas	5 hv
Subdomein	Processen en reacties, energie
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen-reactieproducten, vormingswarmte
Trefwoorden	Milieueisen, DeNOx, SCR-KAT, ureum, CO ₂ , berekening
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

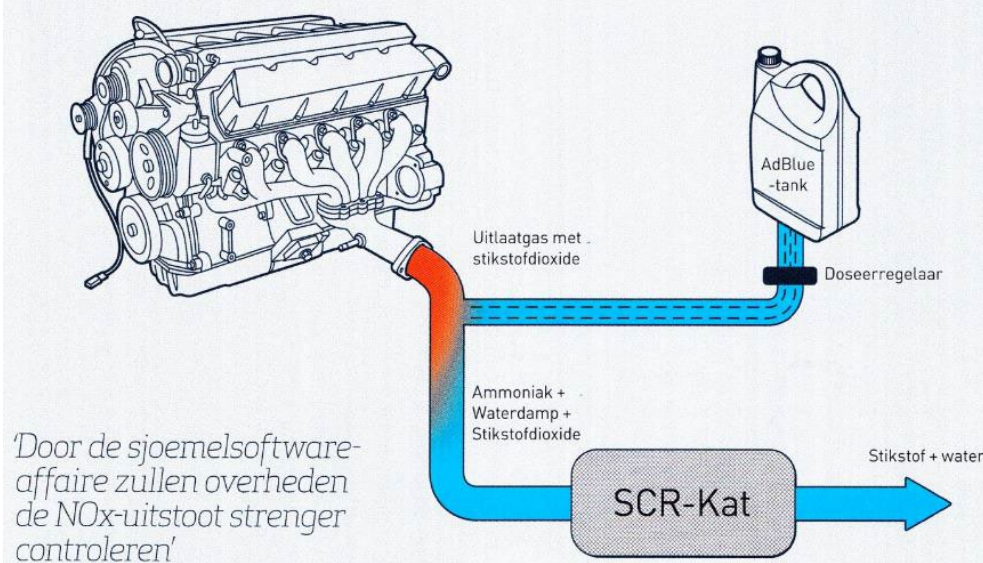
Chemie Magazine, juni 2016

**YARA MERKT GROEIENDE BELANGSTELLING
VOOR NOx-REDUCTIETECHNOLOGIE**

MINDER NOx AAN DE UITLAAT

Kunstmestproducent Yara investeerde de afgelopen vijf jaar honderden miljoenen euro's in nieuwe plants in Sluiskil, onder meer om aan de groeiende vraag naar vloeibare ureumoplossing te voldoen. De grootste klanten zijn oliemaatschappijen en distributeurs, maar ook de industrie toont steeds meer belangstelling voor zijn NOx-reductietechnologie. "Daarvoor maken wij klantspecifieke installaties."

ZO WERKT DE SCR-KAT



Ad Blue, een oplossing van ureum in water, wordt steeds vaker gebruikt om de NOx-uitstoot van dieselmotoren te reduceren. De stof ureum heeft de formule $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$.

- 1 Geef de structuurformule van ureum.
- 2 Leg op microschaal uit waarom ureum zo goed oplost in water.

Ureum wordt omgezet

Als de ureumoplossing in de hete uitlaatgassen van de dieselmotor wordt gespoten, reageert het ureum eerst met waterdamp tot koolstofdioxide en ammoniak.

3 Geef de reactievergelijking van deze omzetting van ureum.

In SCR-kat staat kat voor katalysator.

4 Wat mis je in de bovenstaande figuur die de werking van de SCR-kat (in het artikel) weergeeft?

5 Leg uit dat deze reactie endotherm verloopt.

6 Bereken de vormingswarmte van ureum als gegeven is dat de ΔE van de omzettingsreactie $+0,902 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ is.

Met behulp van de SCR-kat worden daarna ammoniak en NO_2 omgezet in stikstof en waterdamp.

7 Geef de reactievergelijking van deze omzetting.

Ureum in de glastuinbouw

De glastuinbouw maakte in de jaren negentig als een van de eerste sectoren gebruik van de ureumoplossing van Yara. De tuinders doen dit om de NO_x -uitstoot van gasmotoren te reduceren. De uitlaatgassen hiervan injecteren de bedrijven namelijk in de kassen omdat de gewassen sneller groeien door de CO_2 . NO_x is echter schadelijk voor de teelt door de verzurende werking.

Bron: Chemie Magazine, juni 2016

Glastuinders gebruiken de ureumoplossing AdBlue, om de NO_x -uitstoot van gasmotoren te verlagen. Zij gebruiken de uitlaatgassen als CO_2 -bron maar de eveneens aanwezige NO_x is schadelijk voor de teelt door zijn verzurende werking.

8 Waarom injecteren de glastuinders uitlaatgassen van hun gasmotoren in de kassen? Welke reactie bevorderen ze daarmee?

9 Geef de vergelijking van deze reactie.

NO_x is zelf geen zuur maar wordt in de bodem door bacteriën omgezet in salpeterzuur, HNO_3 .

10 Geef de reactievergelijking van de vorming van salpeterzuur uit NO_2 in een vochtige omgeving.

Ureum in de auto-industrie

Eind jaren negentig kreeg ook de automotive-industrie oog voor het product, weet Luc Coene, commercieel manager NOxCare Benelux van Yara Environmental Solutions.
(...)

Daarbij maken ze gebruik van AdBlue, de generieke naam van de ureum-oplossing die Yara onder de merknaam Air1 op de markt brengt. De AdBlue Wordt ingespoten in de uitlaatgassen, die daarna door een katalysator gaan.

(...)

Coene wijst erop dat 823.000 ton Air1 voor een NOxreductie van 411.000 ton zorgt.

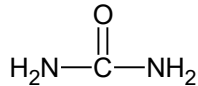
Bron: Chemie Magazine, juni 2016

Het gebruik van 823 000 ton Air1 zorgt voor een reductie van 411 000 ton NOx, zegt Luc Coene.

- 11 Laat via een berekening zien hoeveel ton ureum nodig is voor de reductie van 411 000 ton NOx. Neem aan dat alle NOx als NO₂ aanwezig is.
- 12 Bereken het massapercentage ureum in de oplossing Air1.
- 13 Leg uit aan welke voorwaarde voldaan moet zijn zodat “823.000 ton Air1 voor een NOxreductie van 411.000 ton zorgt.”

Minder NOx aan de uitlaat

1



2 Ureummoleculen kunnen door de aanwezigheid van NH-groepen H-bruggen vormen met watermoleculen.

3 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{NH}_3$.

4 Nergens wordt iets vermeld over koolstofdioxide.

5 Pas in de hete uitlaatgassen vindt de reactie plaats dus de reactie heeft warmte nodig: endotherm.

6 $\Delta E = +0,902 \cdot 10^5 = 1 \cdot -3,935 \cdot 10^5 + 2 \cdot -0,459 \cdot 10^5 - 1 \cdot X + -1 \cdot -2,42 \cdot 10^5$. Dus X = vormingswarmte ureum = $-3,335 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.

7 $6 \text{NO}_2 + 8 \text{NH}_3 \rightarrow 7 \text{N}_2 + 12 \text{H}_2\text{O}$.

8 De fotosynthesereactie.

9 $6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2$.

10 $3 \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{HNO}_3 + \text{NO}$.

11 $411\,000 \text{ ton NO}_2 = 411\,000/46,01 = 8933 \text{ tonmol}$. Deze hoeveelheid reageert met $8/6 \times 8933 = 11910 \text{ tonmol ammoniak}$. Hiervoor nodig $\frac{1}{2} \times 11910 = 5955 \text{ tonmol} = 5955 \times 60,06 = 358\,000 \text{ ton ureum}$.

12 $823\,000 \text{ ton ureumoplossing bevat } 358\,000 \text{ ton ureum}$. Massapercentage = $358000/823000 \times 100\% = 43,5\%$.

13 Bij het productieproces van Air1 moet geen NOx ontstaan.

SCHEIDSRECHTER GEEFT KERSTTINTJE AAN TOSS

Klas	5,6 v
Subdomein	Deeltjesmodellen, Energie
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Mesomerie, vormingswarmte
Trefwoorden	Grensstructuur, Lewisstructuur, oktetregel, energiediagram, reactiewarmte, activeringsenergie, explosie
Vaardigheidsvraag	Informatieverwerkingsvraag

www.metronieuws.nl, 28 december 2015

Scheidsrechter geeft kersttintje aan toss

door Remco Visser

Kerst of geen kerst, in veel landen ging de voetbalcompetitie tijdens de afgelopen feestdagen gewoon door. Al wist een Australische scheidsrechter toch wat kerstsfeer binnen de lijnen te brengen.



Bij aanvang van het duel tussen Sydney FC en Central Coast Mariners moest er namelijk wel even bepaald worden wie er mocht aftrappen. In plaats van de traditionele toss koos arbiter Benjamin Williams echter voor iets anders dan het doorsnee muntje. De twee aanvoerders, Alex Brosque en Nick Montgomery, mochten voor de gelegenheid met een zogenaamde Christmas Cracker bepalen wie de wedstrijd mocht beginnen.

Christmas crackers

Christmas crackers lijken op een soort kokertje in cadeaupapier. Je hebt ze in allerlei kleuren, met leuke printjes die te maken hebben met kerst en mooi versierd met strikjes of glitters.

Het lijkt op een grote toffee met in het midden de inhoud en met twee gedraaide uiteinden. Ze zien er dus uit als een klein cadeautje en maken je nieuwsgierig naar wat er inzit. Je maakt hem



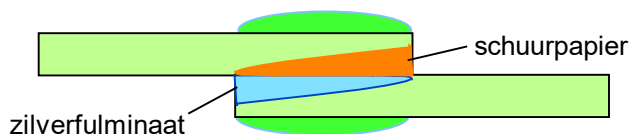
open door aan beide uiteinden zachtjes te trekken.



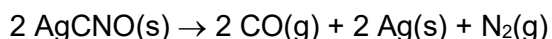
Hierna volgt een 'knal' en vliegt de inhoud van de cracker in het rond. In Nederland zijn ze nog niet zo heel bekend, maar in Engelssprekende landen wel!

Nu is de vraag niet alleen: wat zit er als verrassing in, maar ook: waardoor wordt de knal veroorzaakt?

De chemie van de christmascracker



De christmascracker is opgebouwd uit twee delen. Op de ene helft is de stof zilverfulminaat (met formule AgCNO) aangebracht en op de andere een stukje schuurpapier. Zilverfulminaat is een instabiele stof die door mechanische of thermische belasting explodeert. Als je aan de twee uiteinden van de cracker trekt, schuiven de twee delen over elkaar waardoor het zilverfulminaat ontleeft tot zilver, stikstof en koolstofmonoxide:



- 1 Leg uit dat de optredende reactie exotherm is.
- 2 Leg uit waardoor de knal bij de reactie veroorzaakt wordt.

De vormingsenergie van zilverfulminaat is $+ 1,80 \cdot 10^5 \text{ J/mol}$.

- 3 Laat met behulp van een berekening van de reactie energie zien dat de ontledingsreactie van zilverfulminaat inderdaad exotherm is.
- 4 Leg uit wat de functie van het schuurpapier is.
- 5 Teken het energiediagram van de reactie. Laat hierbij tevens goed uitkomen dat je met een instabiele stof te maken hebt. Leg uit hoe je dat kunt zien in het energiediagram.

Volgens de wetgeving in Nederland¹ mag een christmascracker maximaal 1,6 mg zilverfulminaat bevatten.

- 6 Bereken hoeveel energie bij de ontleding van 1,6 mg zilverfulminaat vrij komt.

Instabiliteit zilverfulminaat

In het fulminaat is het stikstofatoom het middelste atoom: CNO^- .

Een mogelijke structuurformule is: $[\text{C}\equiv\text{N}-\text{O}]^-$.

- 7 Teken de Lewisstructuurformule van $[\text{C}\equiv\text{N}-\text{O}]^-$.

Voor het fulminaat zijn drie andere grensstructuren mogelijk.

- 8 Teken deze andere Lewis grensstructuren. Let hierbij op de octetregel!
- 9 Bepaal voor elk van de grensstructuren de formele lading van elk atoom. Licht toe hoe je aan je antwoord komt. Geef deze lading bij elk atoom aan in de grensstructuur.

De grensstructuur die het kleinste aantal formele ladingen heeft, is de favoriete/belangrijkste grensstructuur.

10 Leg uit welke van de grensstructuren van het fulminaat de belangrijkste is.

Of een deeltje instabiel is (en de stof die eruit is opgebouwd makkelijk ontleedt), kun je bepalen door te kijken of de formele lading op een bepaald atoom in overeenstemming is met de elektronegativiteit van een atoom in relatie tot zijn buuratomen. Dit betekent dat als een atoom met een grotere elektronegativiteit dan het buuratom een lagere formele lading moet hebben dan het buuratom. Als dit het geval is leidt dit tot een grotere stabiliteit.

11 Leg uit of je voor grensstructuren van het fulminaat met de genoemde regel "formele lading- elektronegativiteit" kunt verklaren dat het fulminaat een instabiel ion is.

Isomeer

Zilverfulminaat kent ook een niet-explosief isomeer, zilbercyanaat (AgOCN). Aan de hand van deze beide verbindingen ontdekten Justus von Liebig en Friedrich Wöhler aan het begin van de 19e eeuw het concept isomerie.

In het cyanaat is het koolstofatoom het middelste atoom: (OCN^-).

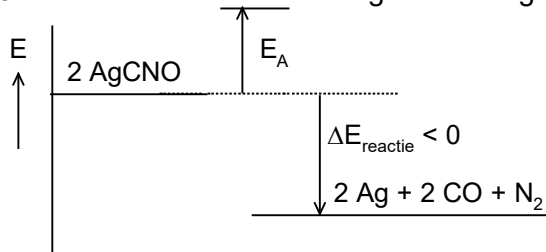
12 Leg aan de hand van de onderstaande stappen uit of het cyanaat een instabiel of een stabiel ion is:

- teken drie mogelijke realistische grensstructuren
- bepaal voor elk atoom in de drie grensstructuren de formele lading
- bepaal welke grensstructuur de belangrijkste is.
- leg uit met de regel "formele lading- elektronegativiteit" of het cyanaat een stabiel of instabiel ion is.

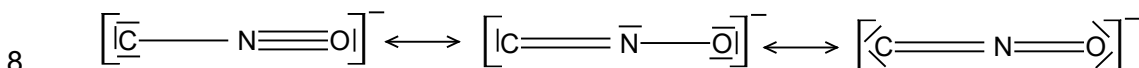
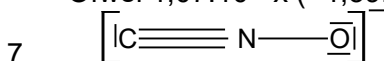
¹<http://wetten.overheid.nl/BWBR0027932/2016-01-02#BijlagelI>

Scheidsrechter geeft kerstintje aan toss

- 1 Bij een explosie komt energie vrij, dus exotherm.
- 2 Er ontstaat bij de ontleding snel veel gas waardoor een snelle drukopbouw plaatsvindt en de knal veroorzaakt.
- 3 $\Delta E_{\text{reactie}} = -2 \times 1,80 \cdot 10^5 - 2 \times -1,105 \cdot 10^5 = -1,39 \cdot 10^5 \text{ J}$ (per 2 mol AgCNO). Het teken van de reactie-energie is negatief, dus een exotherme reactie.
- 4 Het schuurpapier zorgt voor wrijving, waarbij warmte ontstaat. Deze energie is de activeringsenergie voor de ontleding van het zilverfulminaat.
- 5 Je hebt te maken met een lage activeringsenergie, wat (hier) wijst op een instabiele stof.



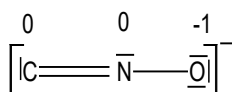
- 6 Molaire massa AgCNO = 107,9 + 12,01 + 16,00 + 14,01 = 149,9 g/mol.
 $1,6 \text{ mg AgCNO} \equiv 1,6 \cdot 10^{-3} / 149,9 = 1,07 \cdot 10^{-5} \text{ mol AgCNO}$.
 Ofwel $1,07 \cdot 10^{-5} \times (-1,39 \cdot 10^5 / 2) = -0,74 \text{ J}$.



9

		-1	+1	-1	-2	+1	0	0	0	-1	-3	+1	+1
		$\left[\text{C} \equiv \text{N} - \text{O} \right]^-$			$\left[\text{C} = \text{N} = \text{O} \right]^-$			$\left[\text{C} = \text{N} - \text{O} \right]^-$			$\left[\text{C} - \text{N} \equiv \text{O} \right]^-$		
Aantal eln		Aantal eln in structuur/form lading			Aantal eln in structuur/form lading			Aantal eln in structuur/form lading			Aantal eln in structuur/form lading		
C	4	5		-1	6		-2	4		0	7		-3
N	5	4		+1	4		+1	5		0	4		+1
O	6	7		-1	6		0	7		-1	5		+1

- 10 De onderstaande structuur is de belangrijkste omdat het aantal formele ladingen het kleinst is.



- 11 De elektronegativiteit van de atomen is: voor N: 3,0; voor O: 3,5 en voor C: 2,5. Dit betekent dat je voor N een negatievere formele lading verwacht dan voor het C atoom. en een minder negatieve lading in vergelijking met het O atoom.

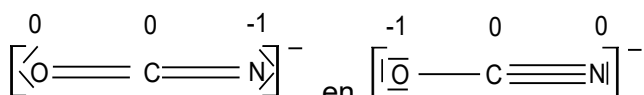
-1	+1	-1	-2	+1	0	0	0	-1	-3	+1	+1
$\left[\text{C} \equiv \text{N} - \text{O} \right]^-$			$\left[\text{C} = \text{N} = \text{O} \right]^-$			$\left[\text{C} = \text{N} - \text{O} \right]^-$			$\left[\text{C} - \text{N} \equiv \text{O} \right]^-$		
Vergelijk formele lading C en N niet in overeenstemming met de regel. Vergelijk N en O wel			Vergelijk formele lading C en N niet in overeenstemming met de regel. Vergelijk N en O wel.			Vergelijk formele lading C en N niet in overeenstemming met de regel. Vergelijk N en O wel.			Zowel vergelijk formele lading C en N als N en O niet in overeenstemming met de regel		

Voor drie van de vier structuren geldt dat de regel niet kan worden toegepast: leidt tot instabiliteit.

12

		$\left[\overset{+1}{\text{O}} \equiv \overset{0}{\text{C}} - \overset{-2}{\text{N}} \right]^-$	$\left[\overset{0}{\text{O}} = \overset{0}{\text{C}} = \overset{-1}{\text{N}} \right]^-$	$\left[\overset{-1}{\text{O}} - \overset{0}{\text{C}} \equiv \overset{0}{\text{N}} \right]^-$
		$\left[\overset{+1}{\text{O}} \equiv \overset{0}{\text{C}} - \overset{-2}{\text{N}} \right]^-$	$\left[\overset{0}{\text{O}} = \overset{0}{\text{C}} = \overset{-1}{\text{N}} \right]^-$	$\left[\overset{-1}{\text{O}} - \overset{0}{\text{C}} \equiv \overset{0}{\text{N}} \right]^-$
Aantal val-el	Aantal eln in structuur/form lading	Aantal eln in structuur/form lading	Aantal eln in structuur/form lading	Aantal eln in structuur/form lading
C 4	4 0	4 0	4 0	4 0
N 5	7 -2	6 -1	5 0	0
O 6	5 +1	6 0	7 -1	

- Beide onderstaande structuren zijn even belangrijk omdat ze beide het kleinste aantal ladingen hebben (de minste ladingscheiding).



(Indien men verschil in elektronegativiteit ook meeneemt is rechtse structuur de belangrijkste omdat O grotere elektronegativiteit heeft dan N)

- De elektronegativiteit van de atomen is: voor N: 3,0; voor O: 3,5 en voor C: 2,5. Dit betekent dat je voor N een negatievere formele lading verwacht dan voor het C atoom. En voor O een negatievere lading ten opzichte van C.

$\left[\overset{+1}{\text{O}} \equiv \overset{0}{\text{C}} - \overset{-2}{\text{N}} \right]^-$	$\left[\overset{0}{\text{O}} = \overset{0}{\text{C}} = \overset{-1}{\text{N}} \right]^-$	$\left[\overset{-1}{\text{O}} - \overset{0}{\text{C}} \equiv \overset{0}{\text{N}} \right]^-$
Vergelijk formele lading C en N wel in overeenstemming met de regel. Vergelijk C en O niet in overeenstemming	Vergelijk formele lading C en N wel in overeenstemming met de regel.	Vergelijk formele lading C en N wel in overeenstemming met de regel.

- Voor twee structuren gaat de regel op, dus is de structuur van het cyanaation stabielere dan die van het fulminaat.

Opmerking 1: in feite is het artikel alleen een contextuele aanleiding om aan de slag te gaan met fulminaten. Normaal gesproken treft u dit niet aan bij opgaven van Chemie Actueel. Mesomerie en grensstructuren komen in de actualiteit niet vaak aan bod. Daarom toch de keuze gemaakt om met dit artikel aan de slag te gaan

Opmerking 2: U kunt voor klas 4 alleen vraag 1 t/m 6 gebruiken.

Opmerking 3: U kunt in de vragen 9, 11 en 12 zelf eventueel een leeg schema invoegen zoals gebruikt in de antwoorden.

Opmerking 4: Christmascrackers zijn o.a. te koop bij: <http://www.christmascracker.nl/>. Ook in knalwten is zilverfulminaat aanwezig.

Artikel: <http://www.metronieuws.nl/xl/sport/2015/12/lol-voetbalteams-geven-kersttintje-aan-toss>