

HELIUM DOET HET MET NATRIUM

Klas	6 v
Subdomein	Deeltjesmodellen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Edelgassen, Lewisstructuur, structuur elektronenwolken
Trefwoorden	Helium, natrium, electrider
Vaardigheidsvraag	Informatie-begripsvraag

www.c2w.nl, 7 februari 2017

Helium doet het met natrium

Bij 113 gigapascal vormen natrium en helium een stabiele verbinding. En met zuurstof er bij is 15 GPa misschien al genoeg, schrijft een internationaal gezelschap in *Nature Chemistry*.

In het binnenste van een planeet haal je dat soort drukken gemakkelijk en kunnen zulke verbindingen gewoon bestaan, schrijft eennalaatste auteur Alex Boldyrev in een begeleidend persbericht. Maar onder mildere omstandigheden heeft het altijd zo onmogelijk geleken dat helium überhaupt ergens een stabiele verbinding mee zou kunnen vormen, dat het hem en zijn collega's twee jaar heeft gekost om de waarneming gepubliceerd te krijgen.

Nadat computersimulaties hadden voorspeld dat Na_2He moest kunnen bestaan, hebben ze het uitgeprobeerd door Na samen te persen tussen twee diamanten aambeelden, in een heliumatmosfeer, terwijl een laser het geheel verhitte. Röntgendiffractie liet zien dat het natrium boven de 113 GPa van structuur begon te veranderen, kennelijk doordat helium in het rooster werd opgenomen.

Een sterke verhoging van het smeltpunt was een extra indicatie dat een nieuw materiaal ontstond. Puur natrium smelt even voorbij 550 K, maar wat bij 140 GPa tussen de aambeelden zat was zelfs bij 1.500 K nog een vaste stof.

Uit de simulaties valt op te maken dat Na_2He een electrider moet zijn, met een kristalstructuur waarin losse valentie-elektronen voor anion spelen. Die structuur is kubisch, waarbij de door acht natriumkernen gevormde kubusjes afwisselend met een heliumatoom of met twee elektronen zijn gevuld.

De simulaties voorspellen tevens dat Na_2HeO al stabiel zou moeten zijn bij veel lagere drukken, in het gebied tussen 15 en 160 GPa. O^{2-} zou dan in het kristalrooster de plek van de elektronenparen overnemen. Maar of je dit ook experimenteel kunt bereiden, is de vraag.

bron: *Utah State University*

Een stabiele verbinding met helium? Dat lijkt mogelijk, blijkt uit onderzoek door Alex Boldyrev en collega's.

Alle chemische bindingen die ontstaan tussen deeltjes hebben te maken met de elektronen in de buitenste schillen van atomen.

- 1 Leg uit waarom je verwacht dat edelgasatomen geen bindingen aangaan met andere atoomsoorten.

Het is al langer bekend dat het edelgas xenon bij hogere druk oxides kan vormen. Het feit dat xenon makkelijker kan reageren dan helium kun je verklaren met de ionisatie-energie van deze twee atomen. De ionisatie-energie is de energie die nodig is om een atoom te ioniseren, ofwel een elektron uit het atoom los te trekken. De ionisatie-energie van helium is de grootste van alle elementen.

- 2 Leg uit waarom de ionisatie-energie van een xenonatoom veel lager is dan die van een heliumatoom.

Bij hoge temperatuur en druk kun je reacties afdwingen. Zo is er een ion gevonden, HeH^+ , dat alleen in geladen vorm stabiel is.

3 Teken de Lewisstructuur van het HeH^+ ion.

HeH^+ gedraagt zich als een zeer agressief zuur.

4 Leg uit waardoor het ion een zeer agressief zuur is.

Bij de verbinding Na_2He die nu gesynthetiseerd is, is sprake van een bijzondere structuur.

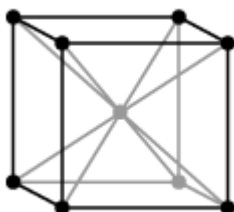
Metaalrooster

Vast natrium heeft een metaalrooster.

5 Beschrijf de bouw van het metaalrooster van natrium.

6 Leg uit waardoor natrium de stroom kan geleiden.

Wanneer je de structuur nauwkeuriger bekijkt, blijken de natriumdeeltjes te zijn geordend in een kubisch rooster (figuur 1).



Figuur 1 Metaalrooster van natrium

Op de hoekpunten en in het centrum bevinden zich de natriumdeeltjes. Deze kubus herhaalt zich in alle richtingen door het gehele kristal.

7 Bereken van hoeveel kubussen een natriumdeeltje op een hoekpunt in het rooster deel uitmaakt.

Na_2He

Wanneer je zuiver natrium in een helium-atmosfeer bij hoge temperatuur blootstelt aan een druk boven 113 GPa, ontstaat een stof die de stroom niet meer kan geleiden, doordat de valentie-elektronen worden gelokaliseerd. Ze komen dan voor in elektronenparen die aan een vaste plaats gebonden zijn. De kubische ordening van de natriumdeeltjes blijft wel bestaan.

8 Leg uit hoeveel van de kubussen dan gevuld zijn met elektronen.

Volgens het artikel is er een nieuw materiaal ontstaan, met de verhoudingsformule Na_2He .

9 Waaruit leiden de onderzoekers dit af?

Wanneer je het smeltpunt van natrium opzoekt in Binas, vind je 371 K. In het artikel staat 550 K genoemd als smeltpunt.

10 Hoe verklaar je dit?

In het artikel staat dat de structuur van Na_2He kubisch is, waarbij de middelpunten van de

kubussen afwisselend gevuld zijn met een elektronenpaar of met een heliumatoom.

- 11 Leg uit dat hier de verhoudingsformule Na_2He bij hoort.
- 12 Leg uit of Na_2He de stroom zal geleiden.
- 13 Leg uit of de elektronenstructuur van helium is aangetast.

Het artikel noemt de verbinding van Na_2He een *electride*. Dit soort stoffen behoort niet tot een stoffengroep die je kent.

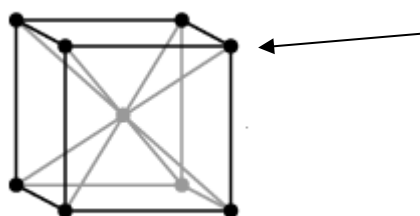
- 14 Stel vanuit de gegevens een definitie op voor een electride.

Volgens berekeningen zou een verbinding Na_2HeO ook stabiel moeten zijn bij een druk tussen 15 en 160 GPa.

- 15 Beschrijf de structuur die Na_2HeO dan zal bezitten.

Helium doet het met natrium

- 1 Edelgassen staan in groep 18 van het periodiek systeem. De atomen uit deze groep hebben in hun buitenste schil 8 elektronen, helium 2 elektronen. Dit is een zeer stabiele elektronenconfiguratie.
- 2 Een xenonatoom heeft dan wel een veel grotere positieve kernlading, maar de buitenste elektronen zitten in de vijfde schil en worden daardoor veel beter afgeschermd van de kernlading. Ook zitten de elektronen op een veel grotere afstand.
- 3 De Lewisstructuur is: $\text{He}-\text{H}^+$. (Er zijn in totaal $2 + 1 - 1 = 2$ elektronen.)
- 4 In het ion moet het heliumatoom zijn elektronen delen met een waterstofatoom. Wanneer het ion H^+ afstaat is het weer een gewoon He-atoom.
- 5 In het metaalrooster van natrium zitten de Na-ionen op een vaste plek. Ze zijn op een regelmatige wijze geordend.
- 6 Ieder natriumatoom heeft een valentie-elektron afgestaan dat vrij kan bewegen door het rooster heen.
- 7 Je kunt in één vlak vier kubussen tegen elkaar aan plaatsen met nog een vlak van vier kubussen erboven.



- Het natriumdeeltje dat met de pijl wordt aangegeven maakt dan deel uit van 8 kubussen.
- 8 Dan moet de helft van de kubussen een elektronenpaar bevatten. Ieder Na-atoom heeft 1 elektron afgestaan. Maar ieder Na-ion behoort tot 8 kubussen, dus is er per kubus $8 \times 1/8 = 1$ elektron. Wanneer de elektronen in paren gaan voorkomen, wordt de helft van het aantal kubussen met de paren gevuld.
 - 9 Het smeltpunt van natrium is onder de experimentele omstandigheden net iets boven 550 K. Wanneer het natrium heliumatomen opneemt in zijn rooster, ligt het smeltpunt ineens boven de 1500 K. Dan moet er een nieuwe stof zijn ontstaan.
 - 10 De 550 K uit het artikel hoort bij de omstandigheden uit het experiment. De druk wijkt behoorlijk af van de gewone druk. Het smeltpunt verandert daardoor.
 - 11 In iedere tweede kubus zit een heliumatoom. Twee kubussen vertegenwoordigen $2 \times 8 \times 1/8 = 2$ natriumatomen, dus Na_2He .
 - 12 Nee, want de elektronen zitten in paren gelokaliseerd in de helft van de kubussen. Ze kunnen niet meer vrij bewegen.
 - 13 Nee, want het He-atoom zit opgesloten in een kubus met 8 natriumatomen op de hoekpunten. Het is niet geladen.
 - 14 Bijvoorbeeld: een electrider is een bijzonder soort zout, waarbij het negatieve ion is vervangen door een elektronenpaar.
 - 15 Dan wordt het elektronenpaar uit Na_2He vervangen door een O^{2-} ion.

Opmerking:

Zie eventueel ook artikel: Helium gaat voor het eerst een verbinding aan met een ander element!; <http://dekennisvannu.nl/site/artikel/Doorbraak-Helium-gaat-voor-het-eerst-een-verbinding-aan-met-een-ander-element/8839>

EINDELIJK BESTAAT HET: METAALWATERSTOF

Klas	4 hv
Subdomein	Binding, structuur en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Roosters en bindingen
Trefwoorden	Molecuulrooster, ionrooster, metastabiël, waterstof, energiediagram
Vaardigheidsvraag	informatieverwerkingsvraag

NRC Handelsblad, 26 januari 2017

Eindelijk bestaat het: metaalwaterstof

Waterstof in metaalvorm zou wonderbaarlijke eigenschappen hebben. Nu het goedje gemaakt is, kan het eindelijk getest worden.

Door: Bruno van Wayenburg

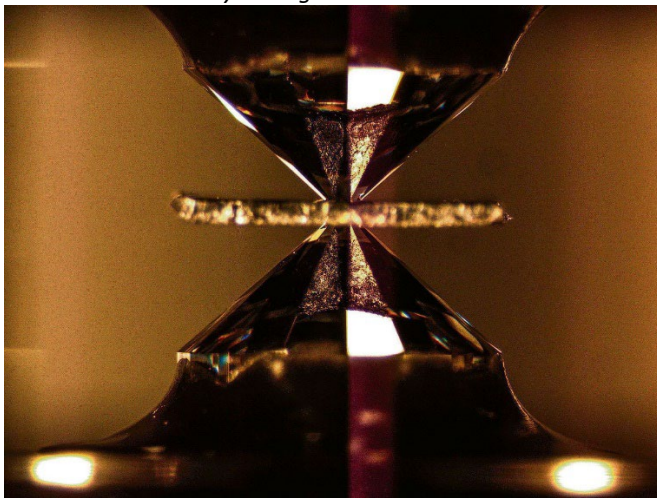


Foto Steve Jacobsen/Northwestern

Metallisch waterstof is een materiaal dat rechtstreeks afkomstig lijkt uit sciencefiction. Een revolutionaire raketbrandstof, een supergeleider bij kamertemperatuur, en het materiaal waaruit het binnenste van Jupiter en Saturnus bestaat.

In *Science* van deze vrijdag beschreven natuurkundigen Isaac Silvera en Ranga Dias van Harvard University dat ze dit materiaal voor het eerst gemaakt hebben. Ze deden het door een flintertje gewoon waterstof extreem samen te persen tot een druk van 4,95 miljoen atmosfeer.

„Dit is het dan eindelijk”, zegt Silvera aan de telefoon. Metallisch waterstof, een vorm van waterstof waarin de atomen en elektronen zich gedragen als in een metaal, is al in 1935 voorspeld door de theoretisch natuurkundigen Eugene Wigner en Hillard Huntington. Maar zij dachten dat de technologie om de benodigde drukken te halen nooit beschikbaar zou komen.

Isaac Silvera en een handvol concurrerende onderzoeksgroepen proberen het toch, sinds de jaren zeventig – de Amerikaan was destijds hoogleraar natuurkunde aan de Universiteit van Amsterdam.

En nu lijkt het dan gelukt, met dank aan de een zogeheten *diamond anvil*. Een hightech bankschroef, bestaand uit twee synthetische diamantjes met een smal, glad uiteinde. Daartussen komt het te onderzoeken monster, waarna de bankschroef aangedraaid wordt, letterlijk door aan een schroef te draaien.

Begin oktober 2016 voerden Silvera en Dias de druk op, op een schijfje waterstof van 0,01 millimeter breed en 0,001 millimeter dik. Tijdens het opvoeren van de druk veranderde het waterstof van transparant naar zwart, een fase van het materiaal die al eerder beschreven was. Maar bij 4,95 miljoen atmosfeer werd een nieuwe verandering zichtbaar. Silvera: „Toen we de schroef verder draaiden, veranderde het ineens van zwart in metalig glanzend. Het was in oktober, een heel opwindend moment. Je ziet het metaal echt glanzen.”

Op de foto's is dat minder goed te zien. De onderzoekers hebben ook reflecties gemeten, en die kloppen goed met een model voor het gedrag van elektronen in metalen. Voldoende bewijs, vindt Silvera, om de metaalwaterstoftrofee binnen te halen.

Daarmee is hij verschillende concurrerende onderzoeksgroepen te snel af. „Het is een heel competitief vakgebied”, zegt Silvera. Vorig jaar meldde Eugene Gregoryanz van de Universiteit van Edinburgh in *Nature Materials* dat zijn groep waterstof met metaalkenmerken gemaakt had, maar vakgenoten twijfelen daaraan.

Raketbrandstof

De ontdekking van metallisch waterstof belooft spectaculaire toepassingen. Russische natuurkundigen lieten in 1972 zien dat het waterstofmetaal, als het eenmaal gevormd is, misschien kan blijven bestaan als de druk wordt opgeheven.

„Als dat zo is, kun je het gebruiken als raketbrandstof”, zegt Silvera. Als metaalwaterstof omgezet wordt in gewoon waterstof, komt er twintig keer zo veel energie vrij als bij de verbranding van waterstof met zuurstof, de mix waarop de spaceshuttle werd aangedreven.

(...)

70 procent zeker

„Het is een heel interessant paper”, zegt Rinke Wijngaarden, natuurkundige bij de Vrije Universiteit in Amsterdam. In 1982 promoveerde hij bij Silvera, toen die aan de Universiteit van Amsterdam werkte. (.)

Het definitieve bewijs, zegt Wijngaarden, zou een meting zijn van de elektrische weerstand van het waterstof, liefst bij verschillende temperaturen. „Maar daarvoor moet je draadjes aansluiten op het monster, en ik weet zelf ook hoe lastig dat is.”

De metalige weerschijn, zegt Isaac Silvera, is een van de beste manieren om aan te tonen dat het waterstof overgegaan is van een molecuulvorm, waarbij de atomen in paartjes aan elkaar gekoppeld zijn, naar een metaalrooster, waarin alle atomen op dezelfde afstand zitten.

Anders dan in moleculen kunnen elektronen in een metaal zich vrij bewegen. Ze gaan op in een soort klotsend collectief dat ook wel de ‘elektronenzee’ heet. Daardoor geleiden metalen elektrische stroom, en hebben ze de karakteristieke spiegelende metaalglans.

Silvera en Dias werken inmiddels al aan vervolgmetingen. De belangrijkste vraag is of het materiaal inderdaad metallisch blijft als de druk eraf gaat. „Alles staat hier nog, beneden in het lab. Maar als je de druk terugschroeft, breken de diamanten vaak, en kun je je monster niet meer terugvinden. Dat doen we dus pas als we alle metingen hebben gedaan die we kunnen bedenken.”

De natuurkundigen Isaac Silvera en Ranga Dias van Harvard University claimen dat ze voor het eerst metaalwaterstof/metallisch waterstof hebben gemaakt.

- 1 Hoe hebben Silvera en Dias het metaal waterstof gemaakt?
- 2 Welke stofeigenschap van metalen gebruiken ze als bewijs voor hun claim?

- 3 Leg uit of andere onderzoekers de claim van Silvera en Dias steunen.
- 4 Welke stofeigenschap zou het bestaan van metaal waterstof verder onderbouwen? Licht je antwoord toe.
- 5 Zal het makkelijk zijn de stofeigenschap uit je antwoord op vraag 4 te meten? Licht je antwoord toe.

Silvera en Dias denken dus door hoge druk vanuit gasvormig waterstof het metaal waterstof gemaakt te hebben.

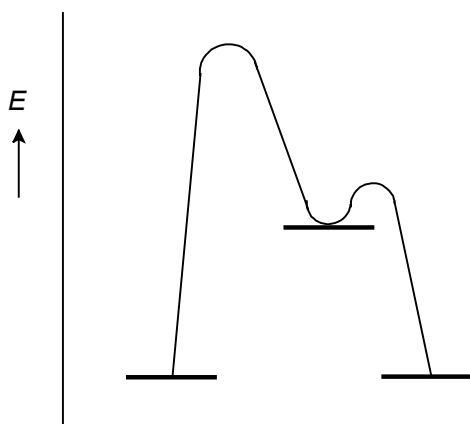
- 6 Vul de onderstaande tabel (op de antwoordbijlage) in.

	<i>Gasvormig waterstof</i>	<i>Metallisch waterstof</i>
<i>Soort deeltjes</i>		
<i>Binding tussen de deeltjes</i>		
<i>Kristalrooster</i>		
<i>Tekening kristalrooster</i>		

Het artikel zegt dat de belangrijkste vraag is of het materiaal inderdaad metaal blijft als de druk eraf gaat.

- 7 Waarom is die vraag zo belangrijk?

Als na de drukverlaging het metallisch waterstof aanwezig blijft, verkeert het metallisch waterstof in een zogenoemde metastabiele toestand.
In onderstaand energiediagram staan de overgangen tussen het gasvormige waterstof en metallisch waterstof aangegeven.



In het diagram ontbreekt een toelichting van de verschillende onderdelen.

De ontbrekende toelichting:

- A *gasvormig waterstof*
- B *metallisch waterstof*
- C *activeringsenergie overgang gasvormig waterstof naar metallisch waterstof*
- D *activeringsenergie overgang metallisch waterstof naar gasvormig waterstof*

- 8 Noteer in het diagram op het antwoordblad de letters A tot en met D op de juiste plaats.
- 9 Is de overgang van metallisch waterstof naar gasvormig waterstof een *endotherm/exotherm* proces?
- 10 Licht je antwoord op vraag 9 toe met een uitspraak in het artikel.

Als na de drukverlaging het metallisch waterstof aanwezig blijft, verkeert het metallisch waterstof in een zogenoemde metastabiele toestand.

- 11 Leg uit wat dit zegt over de activeringsenergie voor de overgang van metallisch waterstof naar gasvormig waterstof.

In het artikel staat: “nu het goedje gemaakt is, kan het eindelijk getest worden”.

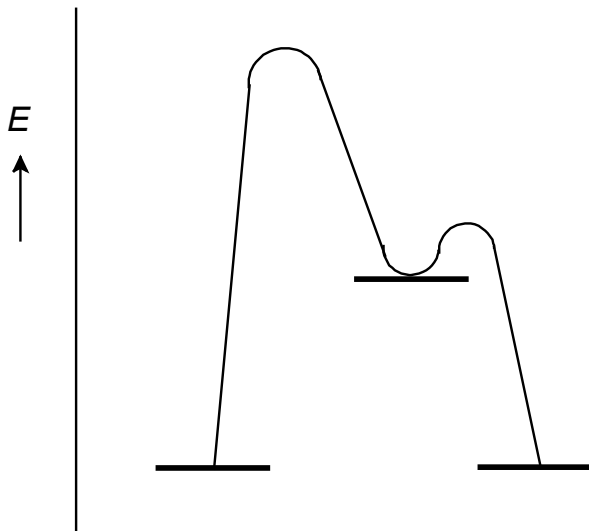
- 12 Leg uit of je verwacht dat er op korte termijn veel getest kan worden.

Antwoordbijlage

Vraag 6

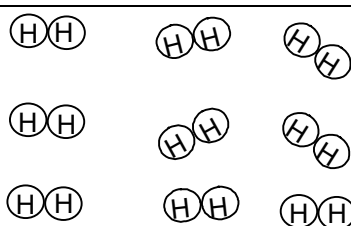
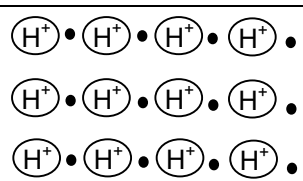
	<i>Gasvormig waterstof</i>	<i>Metallisch waterstof</i>
<i>Soort deeltjes</i>		
<i>Binding tussen de deeltjes</i>		
<i>Kristalrooster</i>		
<i>Tekening kristalrooster</i>		

Vraag 8

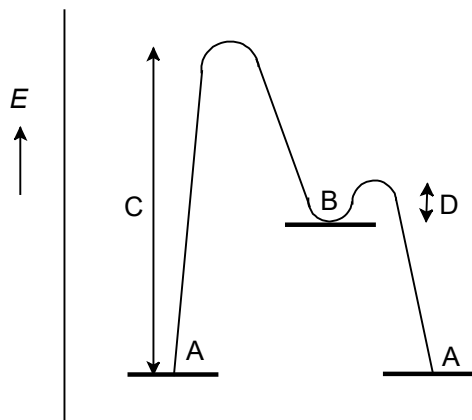


Eindelijk bestaat het: metaalwaterstof

- 1 Door waterstof tussen twee diamantjes te brengen en de druk op te voeren.
- 2 Dat het ontstane materiaal glanzend is.
- 3 Nee ze vinden het bewijs wat mager en het experiment is maar een keer uitgevoerd.
- 4 Elektrische weerstand/geleidbaarheid.
- 5 Het aansluiten van elektriciteitsdraadjes op het monster zal niet makkelijk zijn
- 6

	<i>Gasvormig waterstof</i>	<i>Metallisch waterstof</i>
<i>Soort deeltjes</i>	Moleculen H_2	H^+ ionen met er tussen elektronen
<i>Binding tussen de deeltjes</i>	Vanderwaalsbinding	Metaalbinding
<i>Kristalrooster</i>	Molecuulrooster	Metaalrooster
<i>Tekening kristalrooster</i>		

- 7 Dan zijn er geen toepassingen mogelijk
- 8



- 9 Exotherm
- 10 "Als metaalwaterstof omgezet wordt in gewoon waterstof, komt er twintig keer zo veel energie vrij"
- 11 Die is zo groot dat de energie niet geleverd kan worden uit de omgeving.
- 12 Nee want ze hebben bij dit experiment maar weinig materiaal gemaakt.

Uit artikel NRC Handelsblad

Voorspeld in 1935 Veel hogere druk nodig dan gedacht

1935 Natuurkundigen Eugene Wigner en Hillard Huntington berekenen dat waterstof metallisch wordt bij een druk van 250.000 atmosfeer. Die schatting bleek 20 keer te laag.

1968 Natuurkundige Neil Ashcroft van Cornell University berekent dat metallisch waterstof een supergeleider is, mogelijk zelfs bij kamertemperatuur.

1972 E. G. Brovman, Y. Kagan en A. Kholas, drie theoretisch natuurkundigen in de Sovjet-Unie, laten met berekeningen zien dat vloeibaar waterstof mogelijk 'metastabiel' is: als het eenmaal gevormd is, blijft het ook bestaan bij lagere drukken.

2011 Mikhail Eremets en Ivan Troyan van het Max Planck-Instituut voor Chemie in Mainz laten zien dat waterstof bij 2 miljoen atmosfeer overgaat in een nieuwe fase, fase IV.

2015 De groep van Eremets laat zien dat waterstofsulfide, een eenvoudig molecuul dat op waterstof lijkt, een hoge-temperatuur supergeleider is, die stroom geleidt zonder elektrische weerstand bij -70 graden Celsius.

2016 De groep van Eugene Gregoryanz van de Universiteit van Edinburgh publiceert in januari een waarneming van waterstof met metaalkenmerken, bij 3 miljoen atmosfeer. Maar andere onderzoekers kunnen de resultaten niet reproduceren. Zij betwijfelen sterk of er in Schotland echt metallisch waterstof gezien is.

Artikel:

<https://www.nrc.nl/nieuws/2017/01/26/eindelijk-bestaat-het-metaalwaterstof-6418849-a1543176>

Alternatieve bronnen

<http://www.volkskrant.nl/wetenschap/waterstof-in-de-bankschroef-lijkt-steeds-meer-op-metaal~a4219827/>

<https://www.bright.nl/nieuws/wetenschappers-veranderen-waterstof-metaal>

<https://www.scientias.nl/is-er-metaalwaterstof-gemaakt-wellicht/>

Opmerkingen

- In het artikel wordt naast elkaar metaalwaterstof en metallisch waterstof gebruikt. In de vragen wordt alleen *metallisch waterstof* gebruikt.

-Het metallisch waterstof blijkt verdwenen, dd 22 februari 2017:

<http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-4249462/World-s-piece-revolutionary-metal-goes-missing.html>

<http://www.sciencealert.com/the-world-s-only-metallic-hydrogen-sample-has-disappeared>

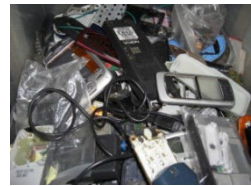
BOVENGRONDSE GOUDMIJN: JE OUDE MOBIELTJE RECYCLEN

Klas	3hv
Subdomein	Groene chemie
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Duurzaamheid
Trefwoorden	Mobieltje, edelmetalen, goud, reuse, recycle, duurzaamheid, milieu
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.simyo.nl, 9 februari 2017

Bovengrondse goudmijn: je oude mobieltje recycelen

Nederlanders kopen gemiddeld na 18 maanden een nieuwe mobiel. Steeds meer mensen laten hun oude toestel niet meer in een la liggen, maar laten hun telefoon recycelen. Dat is goed nieuws! Je smartphone is namelijk een bron van materialen als goud, zilver en platina. Bovendien is weggooien schadelijk voor het milieu. En waarom zou je je toestel laten verstoffen in de onderste ladekast, als je er geld voor krijgt om 'm te laten recycelen?



Schatkist in je broekzak

Zo'n 15 tot 30 miljoen afgedankte mobieltjes wachten in Nederland op een nieuwe kans. Stuk voor stuk zijn dit mini-schatkisten. Een mobiele telefoon bevat namelijk wel 40 verschillende mineralen. Per telefoon gaat het natuurlijk om kleine hoeveelheden. Neem je al deze telefoons bij elkaar, dan zijn het hele bergen. Uit een ton (dus 1000 kilo) dump telefoons kun je bijvoorbeeld 140 kilo koper, 3 kilo zilver, 300 gram goud en 3 gram platina halen.

Telefoon recycelen: alleen maar winnaars

Ooit gehoord van de term 'stadsmijnbouw'? Het is de letterlijke vertaling van 'urban mining', de Engelse bijnaam voor het recycelen van elektronica. Heel vrij zou je dit kunnen vertalen als 'een super goed idee'. Ga maar na wat de voordelen zijn van het recycelen van je oude mobiele telefoon:

- Je spaart het milieu. Maken we met zijn allen écht werk van telefoons recycelen, dan scheelt dit miljoenen kilo's uitstoot van CO₂. En met de bespaarde stroom kunnen de lampen branden van duizenden woningen.
- De afvalberg slinkt met honderdduizenden kilo's.
- De grondstoffen voor mobieltjes zijn schaars. Alleen als we flink aan het recycelen slaan, zorgen we ervoor dat we ook in de toekomst nog nieuwe telefoons kunnen kopen.
- Je oude gsm inleveren is een gouden greep voor je portemonnee.

Het recycelen van telefoons levert dus alleen maar winnaars op: jijzelf, het milieu, mensen die in de mijnen werken en toekomstige generaties.

Zo krijgt je telefoon een tweede leven

Stel, je gunt je oude mobiel een tweede leven door hem in te leveren. Wat gebeurt er dan met dat apparaatje, dat je door dik en dun heeft gesteund? Eerst buigt een expert zich erover om te kijken of hij nog (goed) functioneert. Zo ja, dan worden alle gegevens gewist, waarna hij een opknabbeurt krijgt en wordt verkocht als 'refurbished' (gerenoveerd). De overige mobieltjes worden gedemonteerd. Als het goed is gaat dat vrij makkelijk, aangezien fabrikanten van de Europese Unie al bij het ontwerpen en produceren rekening moeten houden met het recycelen. Eerst worden nog werkende onderdelen zoals de camera, speaker of batterij gestript, die kunnen worden gebruikt voor een ander apparaat. Dan gaat de telefoon door een soort verpulveraar. Magneten trekken vervolgens de metalen onderdelen uit de onderdelenstroom op de lopende band. Die zitten vooral in de batterij,

printplaat en simkaart, als mensen althans vergeten zijn om die eruit te halen. Ook al het plastic en rubber wordt er dan uit gefilterd. De stukken metaal en plastic worden vervolgens onder zeer hoge temperaturen omgesmolten tot nieuw materiaal. Bijna je hele telefoon kan worden hergebruikt, een klein restje niet. Van dat restje gaat een klein deel naar de stort, het meeste naar de verbrandingsoven. Door telefoonresten te verbranden wordt stroom opgewekt, of hitte voor de stadsverwarming. Na het verbranden blijft er een goedje over dat we 'slakken' noemen. Zelfs dat krijgt weer een fijn tweede leven, aangezien het wordt verwerkt in het asfalt van onze wegen.

Van telefoon tot trouwring

De recyclefabriek 'maakt' van je telefoon dus weer wat het ooit was: afzonderlijke materialen. Nadat de gerecyclede materialen uit de telefoonrecyclefabriek zijn verkocht, worden ze in andere fabrieken omgetoverd tot nieuwe producten. Telefoons natuurlijk, zo gebruikt Samsung bijvoorbeeld gerecyclede plastics voor zijn producten. Maar ook katalysators voor auto's, halfgeleiders voor computerchips en sieraden. Demonteer je 200 telefoons, dan heb je al genoeg goud voor een trouwring. Ook Olympische medailles worden ervan gemaakt. De medailles van de Winterspelen in Vancouver (2010) bestonden voor een minuscule deel uit oude gsm's. Japan wil de medailles voor de Spelen van 2020 zelfs helemaal maken van gerecyclede elektronica.

Stadsmijnbouw, urban mining, bovengrondse mijnbouw zijn drie termen die met recycling te maken hebben.

- 1 Verklaar waarom bij recycling voor deze termen gekozen is.

Mobieltjes bevatten zeer waardevolle grondstoffen. Een mobieltje bevat bijvoorbeeld de edelmetalen zilver, goud en platina. Daarnaast ook nog koper.

- 2 Leg uit waarom metalen in een mobieltje aanwezig zijn.
- 3 Leg uit waarom juist edelmetalen als zilver en goud gebruikt worden.
- 4 Bereken het massapercentage goud in een mobieltje.
- 5 Geef de symbolen van de vier metalen die in de 'Schatkist in je broekzak' worden genoemd.

Het recyclen van mobieltjes is goed voor het milieu. Zo neemt de uitstoot van koolstofdioxide sterk af en hoef je minder schaarse grondstoffen te winnen.

- 6 Leg uit waardoor de uitstoot van koolstofdioxide sterk afneemt als je alle mobieltjes gaat recyclen.
- 7 Geef in een stroomschema weer welke weg een ingeleverd mobieltje kan doorlopen.

In termen van hergebruik kun je spreken van 'reuse' en 'recycle'.

- 8 Leg uit waar in je stroomschema deze twee termen geplaatst kunnen worden.

De recyclefabriek 'maakt' van je ingeleverd mobieltje weer afzonderlijke materialen.

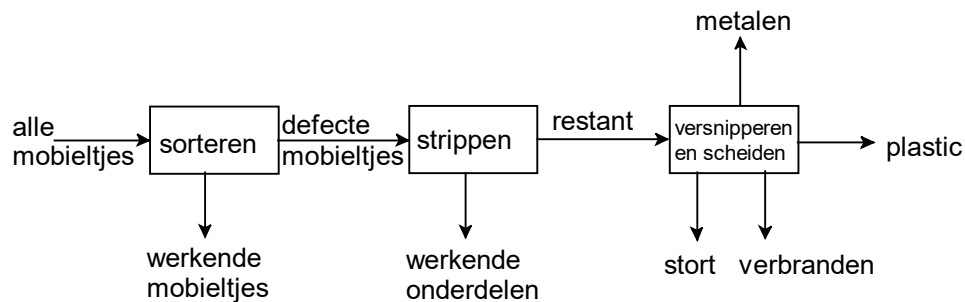
- 9 Waarom staat 'maakt' tussen aanhalingstekens?

Een gouden ring weegt gemiddeld zo'n 10 gram. Een gouden ring is 14 karaat goud. Goud van 24 karaat is zuiver goud.

- 10 Bereken aan de hand van gegevens in het artikel hoeveel een mobieltje gemiddeld weegt.

Bovengrondse goudmijn: je oude mobieltje recyclen

- 1 Het is recyclen van materialen die vooral door mensen in dicht bevolkte gebieden aangeleverd worden.
- 2 Metalen zijn goede geleiders van elektrische stroom.
- 3 Edelmetalen worden niet of nauwelijks aangetast.
- 4 1000 kg mobieltjes bevat 300 g = 0,300 kg goud. Massapercentage = $0,300/1000 \times 100\% = 0,03\%$.
- 5 Zilver: Ag, goud: Au, platina: Pt; koper: Cu.
- 6 Dan hoef je geen nieuwe grondstoffen te halen uit mijnen en daaruit weer metalen winnen. Hetzelfde geldt voor plastics die in mobieltjes gebruikt zijn..
- 7



- 8 Reuse bij: 'werkende mobieltjes'; recycle bij: 'strippen' en 'versnipperen en scheiden'.
- 9 Het is niet echt maken maar meer scheiden van de diverse materialen.
- 10 Een trouwring van 10 g bevat $14/24 \times 10 = 5,8$ g goud. Deze hoeveelheid goud zit in 200 mobieltjes. Als je 300 g goud wilt terugwinnen dan heb je $300/5,8 \times 200 = 10345$ mobieltjes nodig. Deze wegen samen $1000 \text{ kg} = 1.000.000 \text{ g}$. Dus per mobieltje dan een massa van $1.000.000/10345 = 97 \text{ g}$.

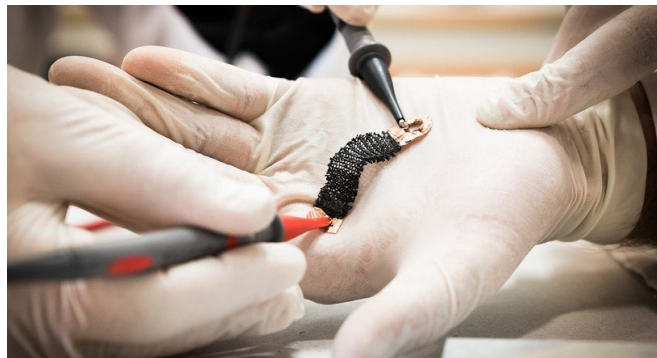
'SPIER' VAN TEXTIEL

Klas	5,6 v
Subdomein	Bindingen. Structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Bouw stof
Trefwoorden	Lewisstructuur, ladingtransport, polypyrrool, PPP, geleiding, cellulose, duurzaam
Vaardigheidsvraag	Informatieselectievraag

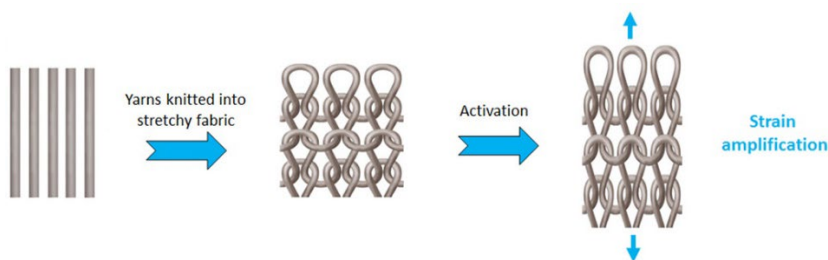
www.deingenieur.nl, 27 januari 2017

'Spier' van textiel

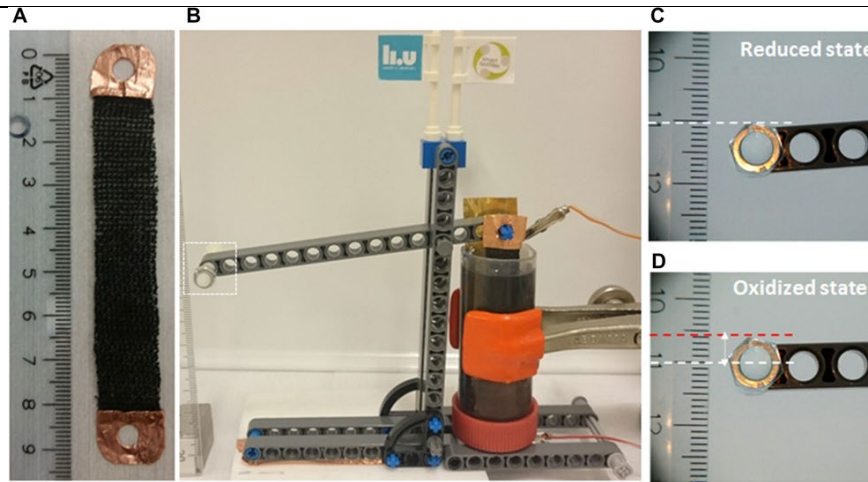
Zweedse onderzoekers hebben met weven en breien stukken textiel gemaakt die uitrekken als er een elektrische spanning op wordt gezet. Het textiel is gemaakt van cellulose, gecoat met een elektrisch geleidend polymeer. Het hightech textiel maakt op termijn zachtere, meer flexibele exoskeletten mogelijk om mensen meer spierkracht te geven.



Het nieuwe materiaal bestaat uit garen van cellulose (hetzelfde materiaal als in houtvezels) met een laagje van het polymeer polypyrrool. Dat polypyrrool is elektrisch geleidend en heeft een bijzondere eigenschap: als er een spanning op staat rekt het uit. Gaat de spanning eraf, dan krimpt het weer samen.



Onderzoekers van de Zweedse Högskolan i Borås verweefden de gecoate cellulose-draden tot breiwerkjes (zie figuur hierboven), zo melden ze in het tijdschrift *Science Advances*. Vervolgens zetten ze een spanning van 1 tot 2 V op dat stukje textiel. Als die stroom er weer afging, kromp het textiel ineen en leverde het kracht. Dat was een geringe hoeveelheid: 8 mN. Het was echter net genoeg om als demonstratie een lego-hefboom met een gewichtje van 2 g op te tillen.



Het textiel dat uitzet en krimpt kan het begin zijn voor een technologie die veel mensen kan helpen. Exoskeletten worden in Japan al gebruikt om mensen die het nodig hebben (ouderen die slecht ter been zijn of mensen die veel moeten tillen) een handje te helpen. Rigide, vaak metalen pakken zorgen ervoor dat de menselijke spieren nét wat meer kunnen tillen. De pakken zijn echter log en duur. Als een 'slim' textiel dezelfde ondersteuning kan leveren, worden exoskeletten mogelijk populairder.

Voordeel van de techniek is dat de cellulose-vezel massaal te produceren is, en de draden in fabrieks-weefgetouwen passen. Het opschalen is dus geen probleem. Nu moeten de onderzoekers nog een manier vinden om de geleverde kracht te vergroten. Mogelijk is de oplossing om de draden dichter op elkaar te breien.

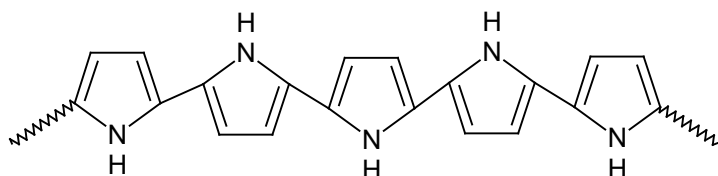


Beeldmateriaal A. Maziz et al., *Science Advances*, 2017

Zweedse onderzoekers hebben een stuk textiel gemaakt van een garen dat elektrisch geleidend is. Zet je er elektrische spanning op dan zet het textiel uit. Het bijzondere is dat het weer samentrekt als de elektrische spanning er weer af gaat. Het textiel is gemaakt van cellulose, die gemaakt is met behulp van bacteriën. Daarvan is garen gesponnen. Het garen is gecoat met het elektrisch geleidende polymeer, polypyrrool (PPy).

- 1 Leg uit waarom de Zweedse onderzoekers cellulose-vezels gebruiken.
- 2 Leg uit dat het gebruik van cellulosevezels duurzaam is.

In figuur 1 staat de structuurformule van een stukje van de polypyrroolketen getekend.

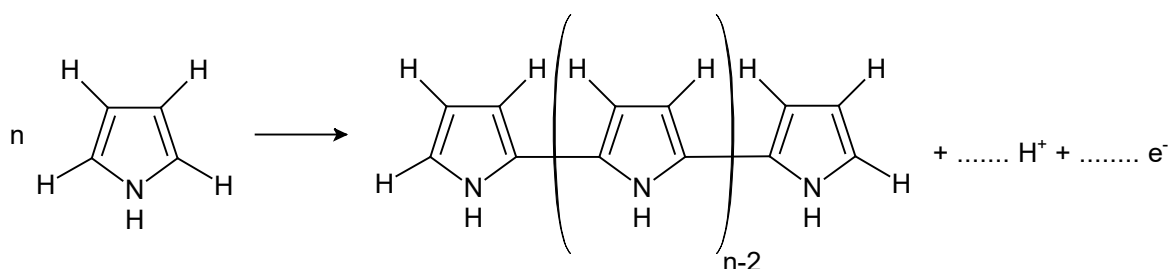


Figuur 1 Structuurformule polypyrrool.

- 3 Leg met behulp van begrippen op microniveau uit dat PPy hecht aan cellulose. Maak gebruik van tabel 67 F3 in Binas.

Polypyrrool

PPy wordt door de onderzoekers gemaakt uit pyrrool via een elektrochemische polymerisatiereactie in een organisch oplosmiddel en een geschikt zout. In figuur 2 staat de onvolledige halfreactie van de omzetting van pyrrool in PPy.

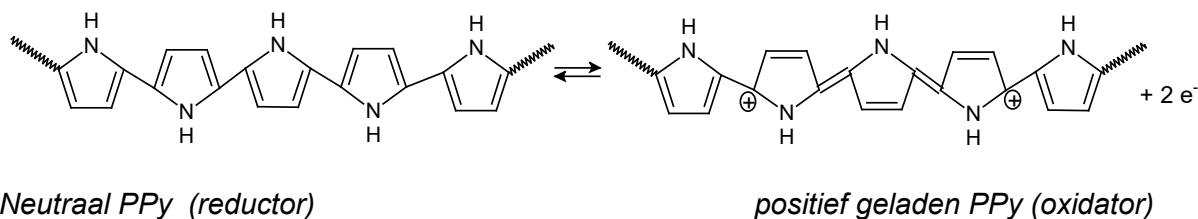


Figuur 2

- 4 Maak deze halfreactie kloppend op je antwoordblad (bijlage).

Geleidbaarheid

PPy is een geleidend polymeer. Dit betekent dat er ladingtransport langs de ketens mogelijk is. PPy kan elektronen afstaan waardoor PPy gedeeltelijk positief geladen wordt (figuur 3). Het negatieve ion van het aanwezige zout zorgt voor neutralisatie.



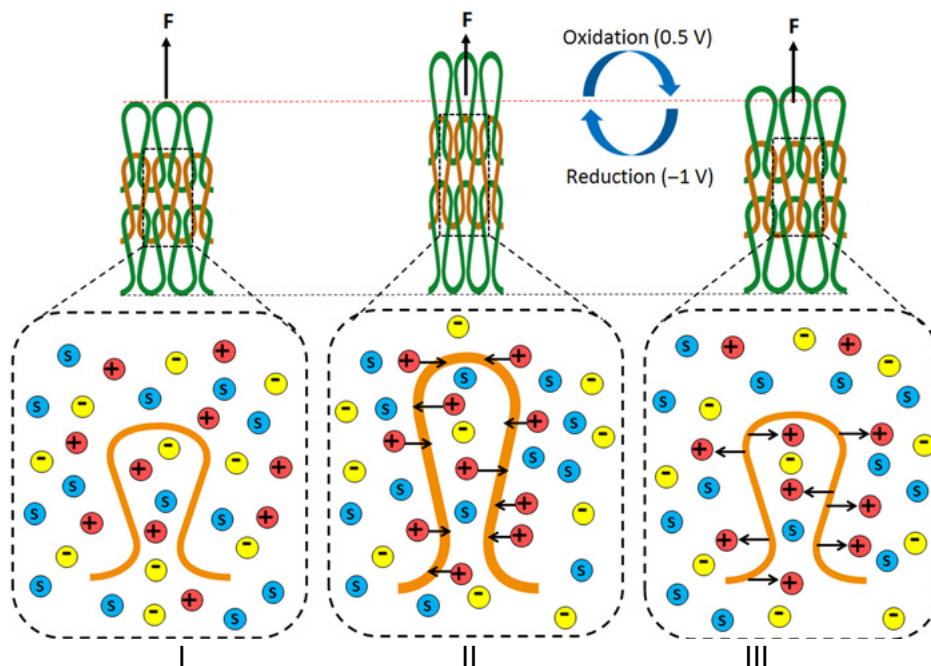
Figuur 3

- 5 Geef op je antwoordblad (bijlage) in de structuurformule met behulp van elektronenverplaatsingen aan hoe het ladingtransport plaatsvindt in de positief geladen PPy-keten.
- 6 Leg uit dat garen met het positief geladen PPy meer ruimte in zal nemen dan wanneer het neutraal PPy bevat.

Uitzetten en krimpen

De aanwezige lading in het polymeer blijkt niet de grootte van het uitzetten te verklaren. Men gaat ervan uit dat hiervoor mogelijk ook een rol is voor de oplosmiddelmoleculen, en de positieve en negatieve ionen van het elektrolyt.

In het artikel in *Science Advances* staat een tekening (figuur 4) om het uitzetten en krimpen van het textiel toe te lichten.



Toelichting tekening

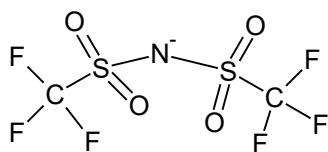
I: Het gebreide textiel wordt in een elektrolytoplossing gebracht met positieve (+) en negatieve (-) ionen en oplosmiddelmoleculen (S).

II → III, oxidatie: neutraal geladen PPy (reductor) wordt omgezet in positief geladen PPy (oxidator) waardoor positief geladen ionen de draad verlaten, waardoor de draad/het stukje textiel krimpt

Figuur 4 Bron Science Advance

7 Leg uit waarom de tekening in figuur 4 gezien micro-macro redeneren misleidend is.

In (de toelichting van) figuur 4 wordt alleen transport van positieve ionen in en uit de vezels aangegeven. Het elektrolyt dat de onderzoekers gebruiken is LiTFSI, dat opgebouwd is uit Li^+ ionen en TFSI $^-$ ionen (bis(trifluoromethaan)sulfonimide-ion, figuur 5).



Figuur 5 Structuurformule TFSI $^-$

Aangezien PPy positief geladen kan zijn, zou je verwachten dat negatieve ionen in en uit de vezels bewegen.

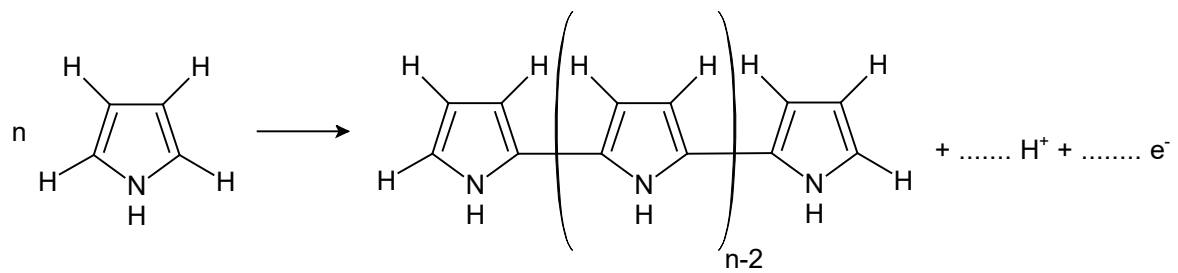
8 Geef een verklaring voor het feit dat er *geen* transport van negatieve ionen plaats vindt maar *wel* van positieve ionen.

De toepassing in een exoskelet is nu nog niet realiseerbaar: de onderzoekers moeten nog een manier vinden om de geleverde kracht te vergroten. De onderzoekers zullen daarnaast nog een ander probleem moeten aanpakken.

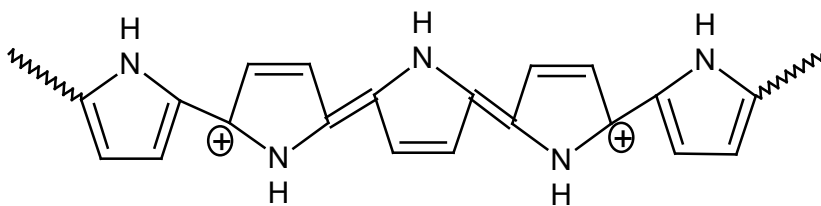
9 Leg uit welk probleem dat is.

Antwoordblad

Antwoord vraag 4

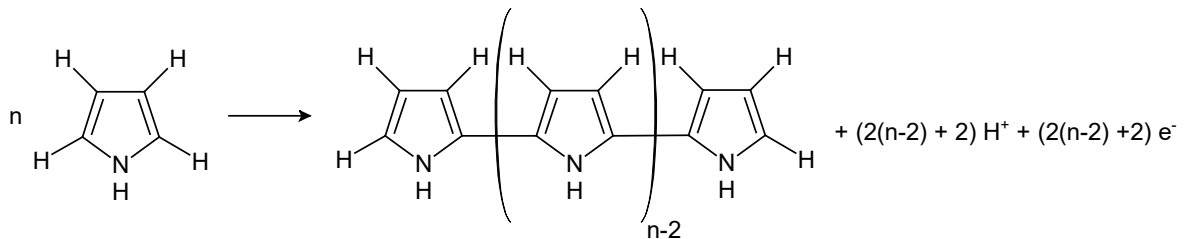


Antwoord vraag 5

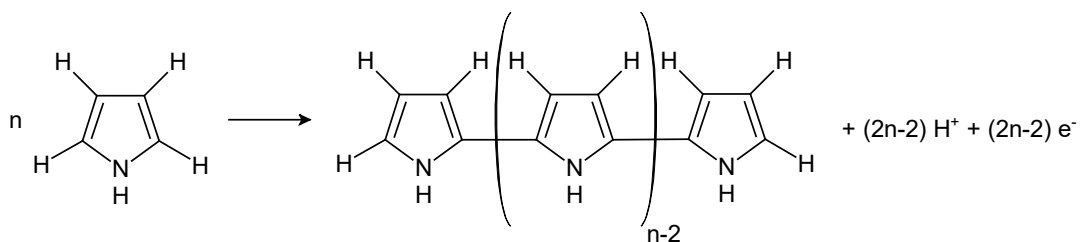


'Spier' van textiel

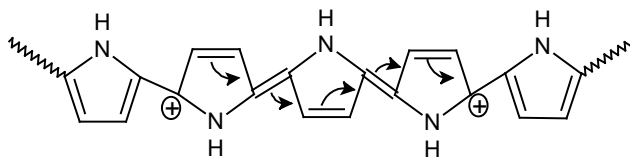
- 1 Het maakt zachtere, meer flexibele exoskeletten mogelijk.
- 2 De cellulose wordt door bacteriën gemaakt (en niet van fossiele grondstoffen).
- 3 De celluloseketen bevat OH-groepen. Polypyrrool heeft NH-groepen. Dat betekent dat er waterstofbruggen gevormd kunnen worden. Dit heeft hechting tot gevolg.
- 4



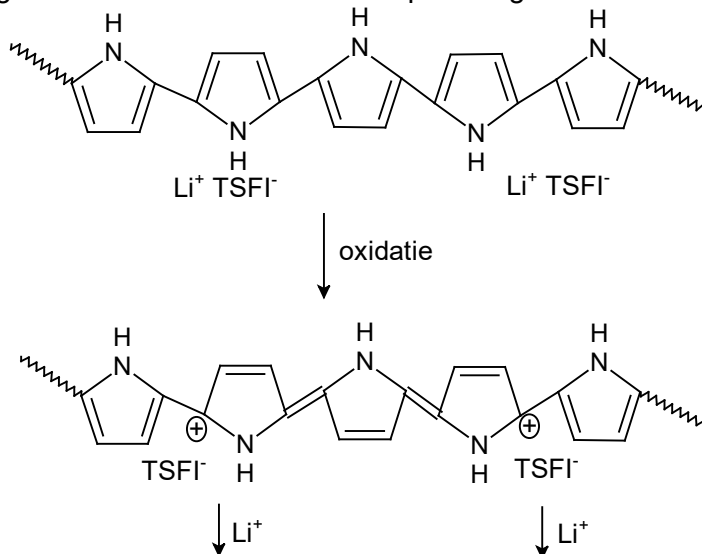
ofwel



5



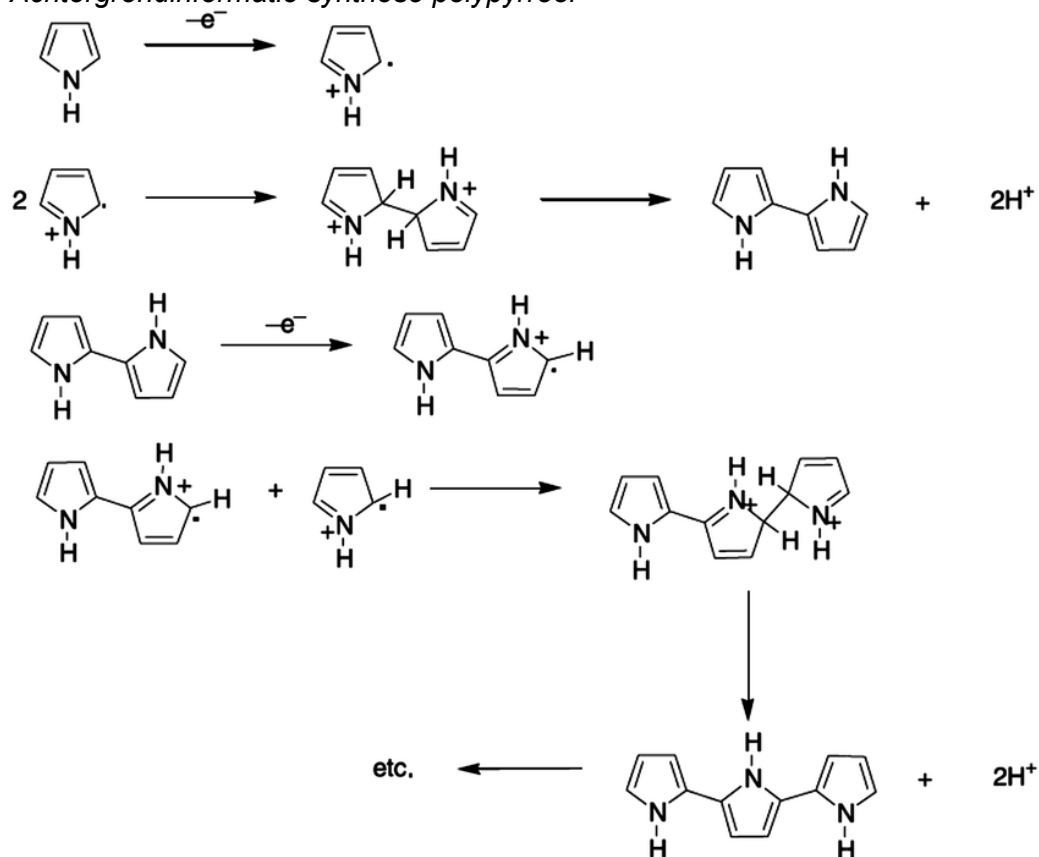
- 6 De positief geladen polymeerketens stoten elkaar af.
- 7 Men gebruikt niet hetzelfde niveau: de draad is op macroniveau weergegeven, de ionen en het oplosmiddel op microniveau.
- 8 In het neutrale PPy compenseren de Li^+ ionen en de TSFI^- ionen elkaar. Als je te maken hebt met positief geladen PPy zal bij elke pluslading in de polymeerketen een negatief geladen TSFI^- ion hechten. Het positief geladen Li^+ ion, gaat dan weg.



- 9 Men heeft de proef nu in een bekglas met een oplossing uitgevoerd. In een exoskelet kun je geen oplossing gebruiken. (Toelichting: Men denkt in de toekomst aan de inzet van ionische vloeistoffen.)

Artikel: <https://www.deingenieur.nl/artikel/spier-van-textiel>

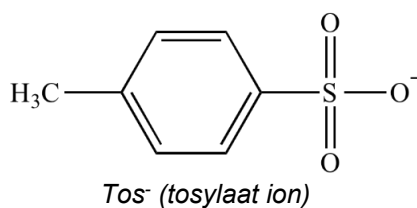
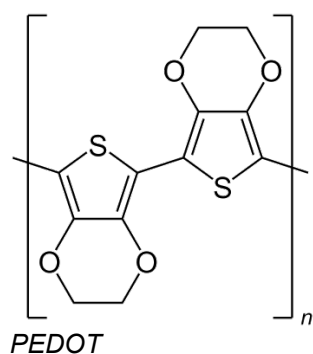
Achtergrondinformatie synthese polypyrrool

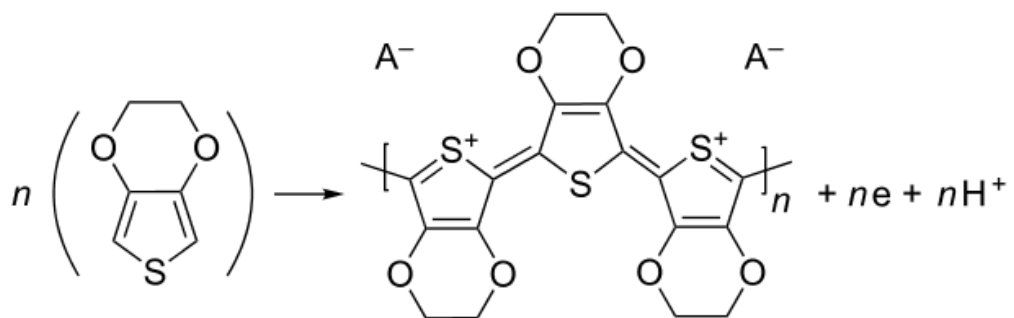


Opmerking

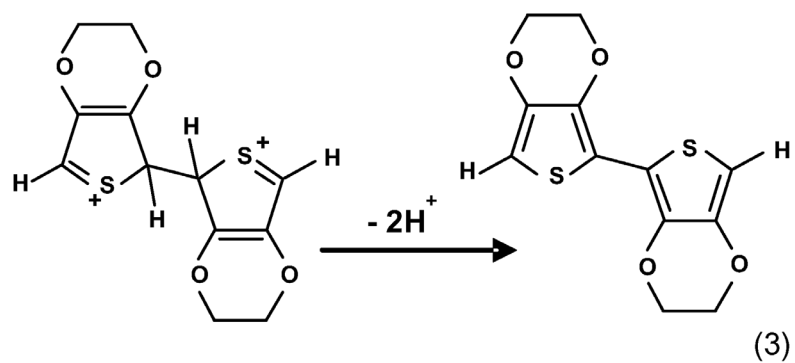
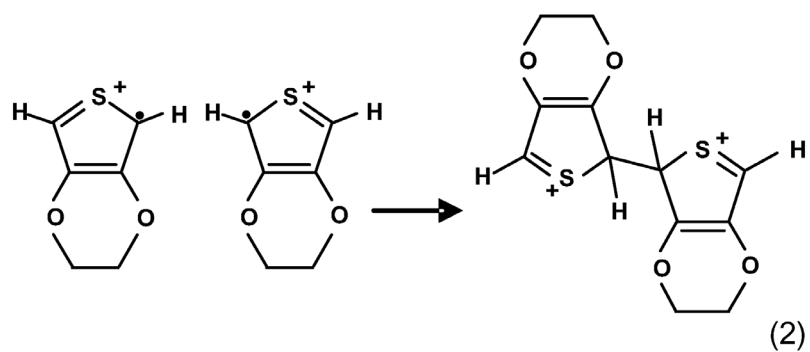
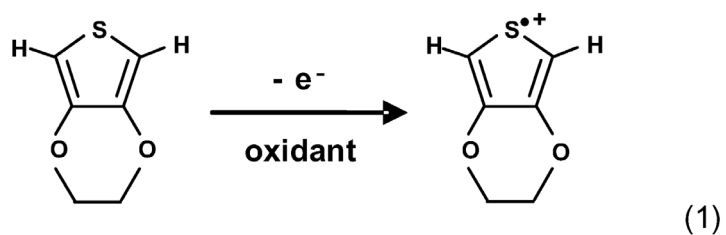
- 1 Opgave papieren batterij in het Eindexamen scheikunde pilot vwo 2011 tijdvak II
- 2 Uit artikel in het tijdschrift Science Advances (<http://advances.sciencemag.org/content/3/1/e1600327>) blijkt dat de cellulosevezels eerst gecoat worden met het geleidende polymeer PEDOT/Tos en vervolgens met PPy omdat de geleidbaarheid van PPy alleen niet hoog genoeg is. Aangezien het artikel uit de ingenieur hierover geen melding maakt, hebben we dit buiten de opgave gelaten. Een gecombineerde PPy/PEDOT laag heeft een 7 x zo grote geleidbaarheid als alleen PPy.

Informatie over PEDOT/Tos





Elektrochemische polymerisatie (A^- : Tos^-)



Vervolgens herhaling van de stappen zodat een polymeerketen ontstaat

Polymerisatie EDOT naar PEDOT

BIOPLASTIC OOGST GROTE DOORBRAAK

Klas	3hv
Subdomein	Duurzaamheid
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Uitspraken duurzaamheid
Trefwoorden	Bioplastics, aardolie, duurzaamheid, Avantium, milieu
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

De Gelderlander, 14 februari 2017

Bioplastic oogst grote doorbraak

De beursgang van het Nederlandse chemiebedrijf Avantium is een mijlpaal voor de ontwikkeling van bioplastics. Al staat de lage olieprijs echte massa-productie voorlopig nog in de weg.

Annemieke van Dongen/Amsterdam

Met een beursgang in Amsterdam en Brussel, later dit kwartaal, wil Avantium 100 miljoen euro ophalen. Het grootste deel daarvan wordt gebruikt voor de bouw van een nieuwe fabriek in de haven van Antwerpen, samen met het Duitse chemieconcern BASF, zo maakt de spin-off van Shell gisteren bekend.

Avantium heeft een technologie ontwikkeld waarmee plantaardige suiker kan worden omgezet in kunststoffen en chemicaliën. Bedrijven als Coca-Cola, Danone en verpakkingsbedrijf Alpla zien veel heil in die duurzame chemie. Zij hebben zich al eerder in het bedrijf ingekocht. Niet alleen omdat aan het plantaardige alternatief voor plastic verpakkingen geen aardolie meer te pas komt, verklaart Jacco van Haveren, programmanager biobased chemicals aan Wageningen Universiteit. „Ook kwalitatief is het een hoogwaardige vervanger voor bijvoorbeeld de petfles. Het vormt een betere barrière tegen zuurstof en koolzuur en is zeer goed recyclebaar.”

Broeikasgas

Bioplastics zijn te maken uit allerlei hernieuwbare materialen, zoals suikerbieten, graan en algen. Daardoor veroorzaakt de productie minder broeikasgassen dan kunststoffen op basis van aardolie - een grondstof die bovendien vroeg of laat op zal raken. Vaak zijn ze ook biologisch afbreekbaar. Geen wonder dat al jaren een glorieuze toekomst voor bioplastics wordt voorspeld. Toch is in de praktijk nog geen 1 procent van alle kunststoffen biobased, schat onderzoeker Robbert Kleerebezem, TU Delft, die bioplastics

Bioplastics hoeven niet duur te zijn. Met schaalvergroting zal de prijs zakken

- Robbert Kleerebezem (TU Delft)

ontwikkelt uit afvalwater. „De technologische voorsprong van honderd jaar van polyethyleen en polypropyleen haal je niet zomaar in. Bij die huidige lage olieprijs is het bovendien erg lastig om bioplastics te ontwikkelen die met traditionele kunststoffen kunnen concurreren.” Dat is een kwestie van tijd, verwacht Van Haveren. „Gezien de grondstoffen, die je steeds opnieuw kunt oogsten, hoeven bio-plastics niet duurder te zijn. Schaalvergroting zal de prijs doen zakken.” De nieuwe fabriek van Avantium en ASF is volgens hem nog altijd relatief kleinschalig: de productie bedraagt ongeveer een tiende van een gemiddelde petfabriek.

Kritiek

Bioplastics hebben ook een fundamentele keerzijde: moeten we wel verpakkingsmaterialen willen maken van producten die we zelf kunnen eten? Op biobrandstoffen hebben milieuorganisaties veel kritiek, omdat de productie ten koste gaat van schaarse landbouwgrond. Bioplastics zijn echter een heel ander verhaal, zegt Van Haveren. „Om auto's te laten rijden op biodiesel moet je enorme hoeveelheden granen opstoken. Om materialen te maken is veel minder biomassa nodig. Vergelijk het met papier, meubels en kleren die worden gemaakt uit natuurlijke materialen. Daar eten we ook niet minder om.” Daarbij zullen de bioplastics van de toekomst vaker gemaakt worden van restmaterialen, verwacht hij. „Nu worden voornamelijk eetbare delen, suikers, gebruikt. We kijken nu naar houtachtige delen en reststromen als bietenpulp. Niet alleen als component voor plastic, maar ook voor bijvoorbeeld fleecetruien, cosmetica, verf en wasmiddelen

Het maken van bioplastic wordt gerekend tot de duurzame chemie .

1 Wat versta je hier onder duurzaam?

Bedrijven als Coca-Cola en Danone hebben zich 'ingekocht' in het bedrijf Avantium.

2 Wat maakt het bedrijf Avantium?

3 Leg uit welke argumenten een bedrijf als Coca-Cola hebben doen besluiten om de PET fles te gaan vervangen door de fles die door Avantium ontwikkeld is.

Bioplastics zijn te maken uit allerlei hernieuwbare materialen.

4 Wat versta je onder hernieuwbare materialen?

5 Verklaar waarom de productie van bioplastics minder uitstoot van broeikasgassen geeft dan de productie van kunststoffen op basis van aardolie.

Bij de huidige lage olieprijs is het lastig om bioplastics te ontwikkelen die met traditionele kunststoffen als polyethyleen (= polyetheen) en polypropeen kunnen concurreren.

6 Licht dit toe.

7 Leg uit waarom men verwacht dat het slechts een kwestie van tijd is dat bioplastics hun achterstand op de traditionele kunststoffen hebben ingelopen.

Men vraagt zich wel af of we bioplastics moeten maken van producten die we ook kunnen eten. Wel is het zo dat steeds meer bioplastics gemaakt zullen gaan worden van restmaterialen.

8 Waarom verwacht men niet zo'n groot probleem als bioplastics gemaakt worden van bijvoorbeeld suikerbieten?

9 Welke grondstoffen worden genoemd die uit restmaterialen bestaan?

Men onderscheidt verschillende 'generaties' biograndstoffen.

10 Hoe noemen we de generatie biobrandstoffen die gewonnen worden uit suikerbieten en de generatie die uit restmaterialen gewonnen worden?

Bioplastic oogst grote doorbraak

- 1 Dat je gebruikt maakt van grondstoffen die steeds weer geoogst kunnen worden.
- 2 Kunststoffen en chemicaliën uit plantaardige suiker.
- 3 Het is beter voor het milieu en de biofles vormt een betere barrière tegen zuurstof en koolstofdioxide en is zeer goed recyclebaar.
- 4 Materialen die de natuur op korte termijn weer nieuw aanmaakt.
- 5 Voor de productie van kunststoffen uit aardolie moet de aardolie eerst gedestilleerd worden. Daarna moet de naftafractie gekraakt worden om alkenen te produceren. Pas dan kunnen er kunststoffen van geproduceerd worden. Beide processen, destilleren en kraken, kosten veel energie dus veroorzaken ze veel uitstoot van koolstofdioxide. Bij de bereiding van bioplastics is veel minder energie nodig.
- 6 Het produceren van bioplastics kost meer omdat de grondstoffen voor de productie ervan duurder zijn dan de (in prijs gedaalde) aardolie.
- 7 Als de productie grootschaliger wordt, zal het goedkoper worden om bioplastics te produceren. Bovendien zal aardolie veel duurder worden omdat deze schaarser wordt.
- 8 Men vergelijkt het met de productie van al bestaande materialen uit de natuur zoals papier, meubels en kleren die niet geleid hebben tot een mindere productie van voedsel.
- 9 Houtachtige grondstoffen en bietenpulp.
- 10 Suikerbieten: eerste generatie biobrandstoffen. Houtachtige grondstoffen en bietenpulp: tweede generatie biobrandstoffen.

DUITSE TIENERS IN TUINHUISJE DOOD DOOR KOOLMONOXIDE

Klas	3 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Verbrandingen
Trefwoorden	Kachel, CO, koolstofmonoxide, onvolledige verbranding
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

De Gelderlander, 31 januari 2017

Duitse tieners in tuinhuisje dood door koolmonoxide

De zes tieners die eergisteren in het Duitse Arnstein dood werden aangetroffen in een tuinhuisje, zijn overleden door koolmonoxidevergiftiging. Dat heeft de politie in het Duitse Würzburg vandaag bekendgemaakt na sectie op de lichamen.

Het vermoeden bestond al dat een kapotte kachel de tieners van 18 en 19 jaar fataal werd, maar de autoriteiten waren daar niet zeker van. Wel werd een geweldsmisdrijf uitgesloten door de politie.

De zes, die uit de regio's Main-Spessart en Schweinfurt komen, werden zondagmiddag in het tuinhuisje gevonden door de vader van twee van de jongeren. Hij ging bij het huisje kijken nadat hij geen contact meer kreeg met zijn kinderen. De man belde direct de hulpdiensten, maar die konden niks meer voor het zestel doen.

Koolmonoxide wordt ook wel de stille moordenaar genoemd.

1 Licht deze uitspraak toe.

Door sectie op de lichamen is het vermoeden van koolstofmonoxidevergiftiging bevestigd. Koolstofmonoxide, CO, bindt zich namelijk aan hemoglobine, Hb, in het bloed. Dat doen zuurstof en koolstofdioxide ook $\text{Hb-O}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Hb-CO}_2 + \text{O}_2$. Bij zuurstof en koolstofdioxide is de reactie met hemoglobine echter ook omkeerbaar: $\text{Hb-CO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{Hb-O}_2 + \text{CO}_2$.

- 2 Leg uit waar in het lichaam zich zuurstof bindt aan hemoglobine.
- 3 Welke reactie treedt daarbij op? Geef de vergelijking.
- 4 Leg uit waar zich koolstofdioxide bindt aan hemoglobine.
- 5 Geef ook hierbij aan welke reactie daarbij verloopt door de vergelijking te geven.
- 6 Wat zal het grote verschil zijn tussen het binden aan hemoglobine van zuurstof en koolstofdioxide enerzijds en het binden van koolstofmonoxide anderzijds?

Een kapotte kachel is de tieners fataal geworden.

- 7 Leg uit wat in dit verband bedoeld wordt met "een kapotte kachel".
- 8 Leg uit dat de vorming van koolstofmonoxide zowel bij de verbranding van aardgas, butaan als ook stookolie kan ontstaan.
- 9 Geef de reactievergelijking van de volledige verbranding en van de onvolledige verbranding van methaan.
- 10 Leg aan de hand van de reactievergelijkingen uit dat bij de onvolledige verbranding minder zuurstof verbruikt wordt.

Duitse tieners in tuinhuisje dood door koolmonoxide

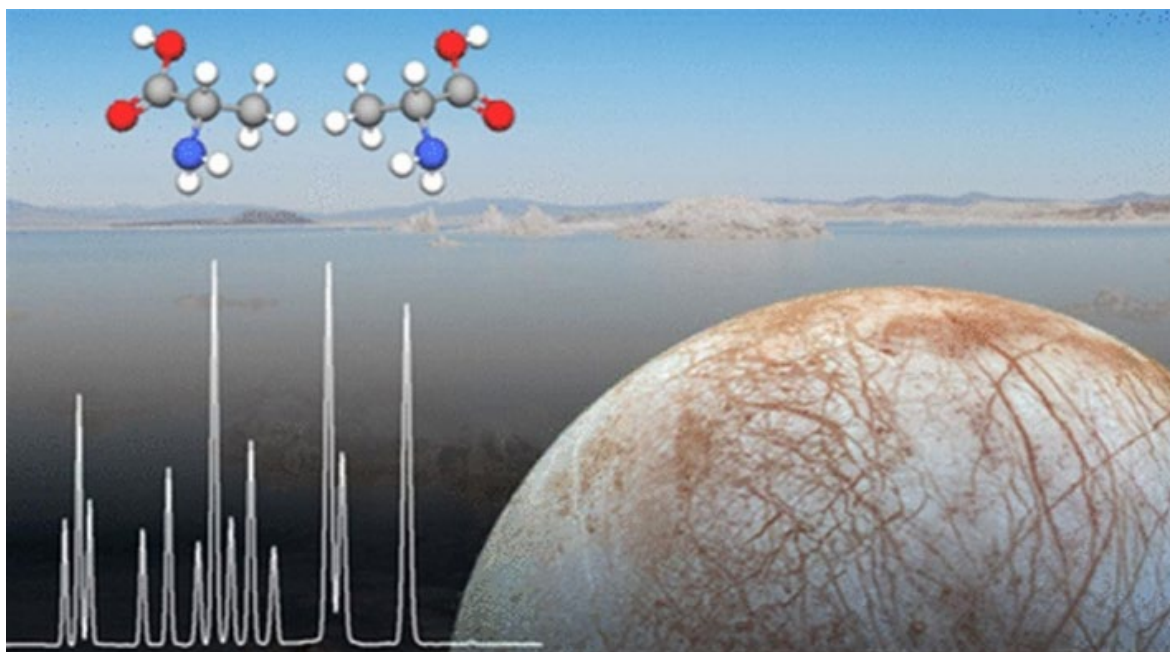
- 1 Het is een kleurloos en reukloos gas. Je merkt dus niet dat je het binnenkrijgt.
- 2 In de longen want daar is de zuurstofconcentratie hoog.
- 3 $\text{Hb} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Hb-O}_2$ (of: $\text{Hb-CO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{Hb-O}_2 + \text{CO}_2$)
- 4 In de cellen want daar is juist de koolstofdioxideconcentratie hoog.
- 5 $\text{Hb} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Hb-CO}_2$ (of: $\text{Hb-O}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Hb-CO}_2 + \text{O}_2$)
- 6 Zuurstof en koolstofdioxide kunnen makkelijk vrijgemaakt worden van hemoglobine, koolmonoxide juist niet.
- 7 Er zal iets mis zijn geweest met de aanvoer van de lucht. Te weinig lucht betekent dat de brandstof niet volledig kan verbranden en er kan CO ontstaan..
- 8 Ze bevatten alle drie koolstof als element.
- 9 Volledige verbranding: $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$.
Onvolledige verbranding: $2 \text{CH}_4 + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO} + 4 \text{H}_2\text{O}$.
- 10 Volledige verbranding: per molecuul CH_4 heb je 2 moleculen O_2 nodig dus per 2 moleculen CH_4 heb je 4 moleculen O_2 nodig.
Onvolledige verbranding: per 2 moleculen CH_4 heb je 3 moleculen O_2 nodig.

BUITENAARDS GEVOELIGE CAPILLAIRE ELEKTROFORESE

Klas	5,6v
Subdomein	Deeltjesmodellen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Structuur-isomerie
Trefwoorden	Capillaire elektroforese, aminozuren, spiegelbeeld, scheiding
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.c2w.nl, 30 januari 2017

Buitenaards gevoelige capillaire elektroforese



Capillaire elektroforese kan de kans verhogen dat we ooit sporen van leven aantreffen op andere planeten. Nog nooit kon je namelijk zulke kleine hoeveelheden chirale aminozuren opsporen, claimden onderzoekers van NASA's Jet Propulsion Lab onlangs in *Analytical Chemistry*.

Het idee is dan dat *life as we know it* alleen kan functioneren als van alle deelnemende aminozuren maar één spiegelbeeldvorm voorhanden is - anders krijg je problemen met de 3D-structuren van de eiwitten die er uit worden opgebouwd. Vind je dus wél aminozuren maar is het een 'racemische' mix van beide spiegelbeelden, dan hebben die aminozuren hoogstwaarschijnlijk niets met leven te maken. Vind je maar één spiegelbeeld, dan kan er nog steeds van alles aan de hand zijn maar is leven wél een van de mogelijkheden.

Probleem is dat op een planeet als Mars zulk leven, als het er ooit geweest is, allang weer weg is. Als er aminozuren zijn, dan zijn het er heel weinig. Een traditionele combinatie van gaschromatograaf en massaspectrometer in Marslanders is eigenlijk niet geschikt voor het detecteren van polaire organische moleculen zoals aminozuren - met de nodige monstervoorbewerking kán het wel maar echt gevoelig en betrouwbaar wordt het nooit.

Peter Willis en collega's presenteren nu twee analyseprotocollen waarmee je in totaal 17 aminozuren uit elkaar kunt houden met capillaire elektroforese: zeven paar spiegelbeelden (alanine, asparagine, glutaminezuur, histidine, leucine, serine en valine) en drie waarvan geen spiegelbeelden bestaan: glycine, beta-alanine en gamma-aminoboterzuur (die laatste twee komen niet voor in

Aardse eiwitten). Het ene protocol scheidt daarbij de neutrale aminozuren, het andere de aminozuren die nadrukkelijk zuur reageren.

Ze hebben het uitgeprobeerd met water uit Mono Lake, dat qua zoutgehalte een beetje lijkt op opgeloste Marsbodem. Het werkte. De detectiegrens lag bij 5 nanomol voor de neutrale aminozuren en 500 nanomol voor de zure.

Willis noemt zijn lijstje van 17 de Signature17-standaard. Hij wijkt iets af van de zogeheten Mars7-standaard, een lijstje stoffen die vaak worden teruggevonden in meteorieten, maar groot is het verschil niet.

De volgende stap is om capillaire elektroforese dusdanig te miniaturiseren en te automatiseren dat je het daadwerkelijk kunt meegeven met een onbemande ruimtesonde. Aan zo'n 'microchip-elektroforese met lasergeïnduceerde fluorescentiedetectie (ME-LIF) wordt al gewerkt - Willis heeft er alvast de naam Chemical Laptop voor bedacht.

Blijft natuurlijk de kans dat - verrassing!!! - in het heelal alleen *life but not as we know it* voorkomt...

bron: JPL, Analytical Chemistry

Leven zoals op aarde voorkomt, is alleen mogelijk als van alle deelnemende aminozuren slechts één spiegelbeeld aanwezig is. Vind je een racemische mix dan is leven zoals op aarde niet mogelijk.

- 1 Wat versta je onder een racemische mix?

Het aminozuur alanine heeft een molecuul dat spiegelbeeldisomerie vertoont.

- 2 Leg aan de hand van Binas tabel 67H1 uit dat alanine een spiegelbeeldisomeer kent.

Het aantonen van zeer lage concentraties aminozuren op een planeet als Mars is met de combinatie van gaschromatografie en massaspectrometrie (GC-MS) niet goed mogelijk.

- 3 Leg uit waarom de combinatie GC-MS niet bruikbaar is voor het aantonen van aminozuren op Mars.

Capillaire elektroforese (CE) is de naam van een analytisch-chemische scheidingstechniek, waarbij een te scheiden mengsel onder invloed van een elektrisch veld door een capillair geleid wordt.

Elektroforese ligt ten grondslag aan de scheiding van stoffen bij CE. Een belangrijk begrip is de *elektroforetische mobiliteit*: de snelheid waarmee een geladen deeltje door een vloeistof kan bewegen onder invloed van een elektrisch veld. Deze hangt af van de lading, de grootte en de vorm van het deeltje, en van de viscositeit van de vloeistof. Het elektrische veld bepaalt de snelheid waarmee elektroforese plaatsvindt. Een elektrisch veld is een voltageverschil over een bepaalde afstand, en kan bij CE dus ingesteld worden door het voltage te veranderen of de lengte van het capillair te variëren.

Bron: Wikipedia

Capillaire elektroforese is een techniek die wel gebruikt kan worden om zeer kleine hoeveelheden aminozuren aan te tonen. De aan te tonen deeltjes moeten dan wel geladen zijn.

- 4 Leg uit dat aminozuren geladen deeltjes kunnen zijn.

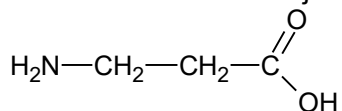
- 5 Leg uit hoe je van een neutraal aminozuurmolecuul een positief en hoe een negatief deeltje kunt maken.

De minimale hoeveelheid die aangetoond kan worden is voor neutrale aminozuren zoals alanine 5 nanomol.

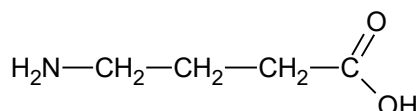
- 6 Reken uit hoeveel g alanine daarmee overeenkomt.

Er worden ook twee aminozuren genoemd die niet voorkomen in 'aardse' eiwitten: beta-alanine en gamma-aminoboterzuur.

De structuurformules zijn:



beta-alanine

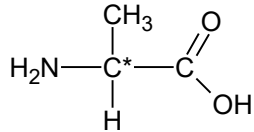


gamma-aminoboterzuur

- 7 Geef de systematische namen van deze beide aminozuren.
- 8 Leg uit dat beide aminozuren geen spiegelbeeldisomeer hebben.
- 9 Waar slaan de voorvoegsels 'beta' en 'gamma' op bij deze aminozuren? Hint: kijk goed aan welk C-atoom de aminogroep in alanine zit. Alanine zou je ook alfa-alanine kunnen noemen.
- 10 Welke stap(pen) moet(en) nog worden genomen om capillaire elektroforese apparatuur aan een ruimtesonde mee te kunnen geven?

Buitenaards gevoelige capillaire elektroforese

- 1 Dat er van beide spiegelbeeldisomeren elk 50% aanwezig is.
- 2 Alanine heeft een asymmetrisch centrum; de tweede C heeft 4 verschillende groepen.



- 3 GC-MS kan alleen gebruikt worden als er een redelijke hoeveelheid van de te onderzoeken stof aanwezig is. Bij hele kleine hoeveelheden lukt dat niet.
- 4 Amino-zuren hebben zowel een zuurgroep als een basische groep die een H^+ kunnen afstaan of opnemen waardoor een geladen deeltje ontstaat.
- 5 Amino-zuren hebben een $-\text{COOH}$ groep en een $-\text{NH}_2$ groep. Als de zuurgroep in basisch milieu komt, staat het zijn H^+ af en wordt negatief geladen. Als de aminogroep in zuur milieu terecht komt, neemt het een H^+ op en wordt positief geladen.
- 6 $5 \text{ nanomol} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ mol} = 5 \cdot 10^{-9} \times 89,096 = 4 \cdot 10^{-7} \text{ g alanine}$.
- 7 Beta-alanine: 3-aminopropaanzuur; gamma-aminoboterzuur: 4-aminobutaanzuur.
- 8 Ze hebben geen asymmetrisch centrum / geen asymmetrisch C-atoom.
- 9 Beta en gamma geven aan aan welk C-atoom, geteld vanaf de zuurgroep, de aminogroep zit. Beta is het 2^e C-atoom, gamma is het 3^e C-atoom.
- 10 Miniaturiseren en automatiseren.

RIJDEN OP WHISKYAFVAL

Klas	4 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Organische reacties
Trefwoorden	Whisky, glucose, fermentatie, biobrandstof, ethanol, butanol, aceton
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.c2w.nl, 6 februari 2017

Rijden op whiskyafval

Het Ierse bedrijf Celtic Renewables bouwt een demonstratiefabriek voor de microbiële productie van biobutanol. Het afval van stokerijen transformeert zo in duurzame biobrandstof.



‘Voor whiskybereiding zijn drie ingrediënten nodig, namelijk gerst, gist en water. Maar slechts 10 % daarvan eindigt in de fles. De rest is afval’, vertelt Martin Tangney, directeur van Biofuel Research Center van de Edinburgh Napier University. In Schotland gaat dat jaarlijks om 750.000 ton graanresten en 2 miljard liter vloeibaar afval uit de destillatieketel. Het vloeibare residu heeft geen waarde en gaat of de zee in of wordt over het land uitgegoten. ‘Die oplossing past niet meer in deze tijd.’

Fermentatie

Tangney zoekt een andere weg en wil met zijn start-up Celtic Renewables de overgebleven suikers vrijmaken en omzetten in biobutanol. Hiervoor haalt de microbioloog een klassiek microbiële proces uit de kast: de ABE-fermentatie. Onder strikt zuurstofvrije condities kunnen bacteriën van het geslacht *Clostridium* een breed spectrum aan koolstofbronnen, zoals glucose, xylose en arabinose, omzetten in aceton, butanol en ethanol (ABE). In de Tweede Wereldoorlog was dit de manier om op grote schaal aceton te produceren voor de fabricage van explosieven. De opkomst van de petrochemie deed deze industrietaak de das om, mede door de hoge grondstofprijzen van suikerhoudende gewassen. Tangney: ‘De grondstof nam circa 70 à 90 % van de totale productiekosten in. Dat probleem hebben we in één klap opgelost door de twee afvalstromen van de whiskystokerijen te gebruiken.’

Biobutanol biedt veel voordelen boven bio-ethanol. Het is makkelijk te transporteren, op te slaan en te mengen met benzine in de bestaande infrastructuur. Bovendien heeft het min of meer dezelfde energiewaarde als benzine. Tangney: ‘Wettelijk mag je sinds 2009 biobutanol tot 16 % bijmengen, maar je kunt je tank er ook mee volgooien, zonder dat je de motor hoeft aan te passen.’

Bij Celtic Renewables draait het om het fermentatieproces. Je kent dit proces van de fermentatie van suikers, zoals glucose, waarbij ethanol en koolstofdioxide ontstaan.

1 Geef de reactievergelijking (gebruik molecuulformules) van dit fermentatieproces.

Maar fermentatie is meer. In het artikel spreekt men van ABE-fermentatie (met bacteriën van het geslacht *Clostridium*).

2 Waar staat de afkorting ABE voor?

Met behulp van ABE-fermentatie wordt een mengsel van producten gevormd waaronder butanol en aceton.

- 3 Geef de reactievergelijking, in molecuulformules, waarbij uit glucose butanol gevormd wordt.
- 4 Geef de systematische naam van aceton.
- 5 Geef de reactievergelijking waarbij uit xylose, $C_5H_{10}O_5$, aceton gevormd wordt. Bij dit proces ontstaat ook waterstof. Maak gebruik van molecuulformules.

De fermentatieproducten zijn organische stoffen.

- 6 Geef de structuurformules van de moleculen van de drie gevormde fermentatieproducten.
- 7 Hoe kun je een mengsel van de drie fermentatieproducten van elkaar scheiden? Licht je antwoord toe.

Butanol kan goed als autobrandstof dienst doen. Het heeft zelfs voordelen ten opzichte van het toevoegen van ethanol aan benzine.

- 8 Welke eigenschappen van butanol maken het tot een prima autobrandstof?
- 9 Leg op microniveau uit waardoor butanol qua eigenschappen meer lijkt op benzine dan ethanol.

Butanol en ethanol worden beide genoemd als biobrandstoffen.

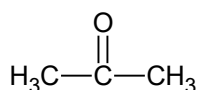
- 10 Licht de toevoeging 'bio' toe.

Het bedrijf Celtic Renewables bouwt een demonstratiefabriek. Dat wil zeggen: een fabriek op kleine schaal.

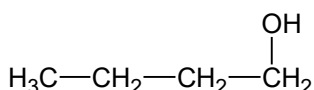
- 11 Waarom bouwt men een fabriek op kleine schaal? Er zijn toch grondstoffen genoeg.

Rijden op whiskyafval

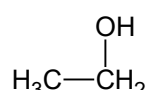
- 1 $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$. Of $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_6O + 2 CO_2$.
- 2 ABE staat voor aceton-butanol-ethanol.
- 3 $C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_4H_9OH + 2 CO_2 + H_2O$. Of $C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_4H_{10}O + 2 CO_2 + H_2O$
- 4 Aceton: propanon.
- 5 $C_5H_{10}O_5 \rightarrow CH_3COCH_3 + 2 CO_2 + 2 H_2$. Of $C_5H_{10}O_5 \rightarrow C_3H_6O + 2 CO_2 + 2 H_2$
- 6



aceton



butanol



ethanol

- 7 Via destillatie: ze hebben een vrij groot verschil in kookpunt. Aceton: kookpunt is 329 K; ethanol: kookpunt is 351 K; butanol: kookpunt is 391 K.
- 8 Het is een vloeistof dus makkelijk te vervoeren, in elke verhouding mengbaar met benzine, verbrandingswarmte vergelijkbaar met benzine.
- 9 Butanolmoleculen hebben een iets langere koolwaterstof'staart' waardoor ze meer lijken op de moleculen in benzine die uit koolwaterstofketens bestaan. Ethanol heeft een korte koolwaterstofstaart.
Of: Butanolmoleculen bevatten per molecuul meer C en H dan ethanolmoleculen en lijken daarom meer op de moleculen in benzine.
- 10 Het is gevormd uit graan(resten) dus uit een (plantaardige) hernieuwbare grondstof.
- 11 Bij een demonstratiefabriek kan men onderzoeken of deze werkt zoals bedoeld en eventueel gemakkelijk veranderingen/verbeteringen aanbrengen. Een grotere fabriek kan daarna gebouwd worden.

DEZE NANOBALLEN MAKEN KUNSTMEST OVERBODIG

Klas	4 hv
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Roosters; oplosbaarheid; micro-macro
Trefwoorden	Nanoballetjes; kunstmest; ureum; hydroxyapatiet
Vaardigheidsvraag	Informatie-begripsvraag

www.nemokennislink.nl, 27 januari 2017

Deze nanoballen maken milieuvervuilende kunstmest overbodig

Met kleine nanoballen vol stikstof hoopt nanotechnoloog Nilwala Kottegoda de huidige kunstmest te vervangen. De bollen zijn een stuk minder schadelijk voor het milieu dan de huidige kunstmest en lijken de opbrengst ook nog eens te verhogen.

door Renée Moezelaar

In veel derdewereldlanden zijn boeren afhankelijk van grote hoeveelheden kunstmest om de voedselproductie op peil te houden. Met name de stof ureum wordt veel gebruikt, want deze verbinding geeft de planten de stikstof die ze nodig hebben tijdens de groei. Helaas breken enzymen in de grond meer dan de helft van de ureum weer af tot ammoniak, wat vervolgens via het regenwater de bodem verontreinigt. Daarom bedachten Nilwala Kottegoda en haar collega's van het *Sri Lanka Institute of Nanotechnology* een alternatieve manier om de planten te bemesten: met nanodeeltjes.

Te veel tegelijk

Kottegoda kende al nanodeeltjes die langzaam medicijnen afgeven in het lichaam en bedacht dat ze dat principe ook voor het mestprobleem kon gebruiken. "Als er te veel ureum moleculen tegelijk in de grond terechtkomen, nemen de planten ze op een gegeven moment niet meer op. Met onze nanodeeltjes laten we de moleculen langzaam los en dit schaadt het milieu minder." Voor deze nieuwe toepassing kozen de nanotechnologen voor hydroxyapatiet, een mineraal dat in een iets andere vorm ook voorkomt in dierlijke botten. "Hydroxyapatiet vormt deeltjes met ontzettend veel deuken en gaten. Hierdoor krijgt het nanodeeltje een heel groot oppervlakte, en kun je er veel ureum moleculen aan binden." Bovendien bevat hydroxylapatiet fosfor – een andere voedingsstof die planten nodig hebben om te groeien.

De onderzoekers lieten de twee grondstoffen van hydroxyapatiet – fosforzuur en calciumhydroxide – in een pot roeren samen met de ureum en kregen zo snel de gewenste deeltjes in handen. "De bindingen tussen ureum en het nanodeeltje laten heel langzaam weer los, zeker als bijvoorbeeld water wordt toegevoegd."

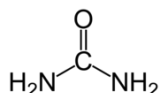
Meer opbrengst

Uit de testen in het lab bleken de deeltjes wel een week lang gelijkmatig de ureum vrij te laten. Optimistisch over dit resultaat besloten de onderzoekers hun nanodeeltjes op de boerderij uit te proberen. Ook daar werkten ze goed: de opbrengst van het veld met nanodeeltjes was hoger dan het veld met kunstmest of het veld zonder extra voedingsstoffen. "En deze opbrengst haalden we zelfs met maar de halve hoeveelheid nano kunstmest ten opzichte van de gewone kunstmest."

De nanobollen zijn dus eigenlijk een nieuw soort kunstmest, maar dan een die het milieu niet lijkt te schaden. Tijdens de testen vonden de onderzoekers namelijk geen slechte resultaten of schadelijke effecten voor de planten en de rest van het milieu. Kottegoda heeft er vertrouwen in dat boeren wereldwijd haar nanodeeltjes uiteindelijk gaan gebruiken: “Het is niet alleen minder belastend voor het milieu, maar ook nog eens goedkoper. En we hebben al aangetoond dat het werkt voor rijst, thee en groente. Volgens mij kan iedereen het gebruiken.”

Bemesten met ureum wordt in veel derdewereldlanden toegepast om te zorgen dat er ‘stikstof’ in de bodem komt.

Ureum kan in grote hoeveelheden gemaakt worden door ammoniak en koolstofdioxide bij een hoge druk met elkaar te laten reageren. Ureum heeft de volgende structuurformule:



1 Geef de vergelijking voor deze reactie.

In de bodem moet het ureum eerst omgezet worden in nitraationen, voordat de plant de ‘stikstof’ kan opnemen. Het ureum wordt door bacteriën eerst omgezet in NH_4^+ ionen, en deze vervolgens in NO_3^- ionen. Dit duurt minimaal twee weken. In alle vormen kan de kunstmest in het grondwater verdwijnen.

2 Leg uit dat de pH van het grondwater bepaalt of er veel ammoniak vrijkomt als ureum omgezet is in ammoniumionen.

Ureum lost erg goed op in het grondwater. Maar de ammonium- en nitraationen spoelen ook uit de bodem weg bij regen.

3 Leg op microniveau uit waardoor ureum zo goed oplost in water.

Hydroxyapatiet is een dubbelzout. Het bevat zowel calcium- als fosfaat- en hydroxideionen en heeft als formule $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$.

4 Welk type rooster heeft hydroxyapatiet?

Hydroxyapatiet wordt gemaakt door fosforzuur, H_3PO_4 en een oplossing van calciumhydroxide met elkaar te mengen.

5 Geef de vergelijking van deze reactie.

6 Leg uit wat voor type reactie dit is.

De bemestende nanobolletjes worden gemaakt ureum toe te voegen. Het ureum adsorbeert aan de buitenkant van het hydroxyapatiet.

7 Leg uit hoe men ervoor kan zorgen dat het oppervlak van het hydroxyapatiet groot is.

Ureum is een moleculaire stof, terwijl hydroxyapatiet een zout is. Toch worden de ureummoleculen op een stabiele wijze geadsorbeerd aan hydroxyapatiet.

8 Leg uit hoe dit mogelijk is.

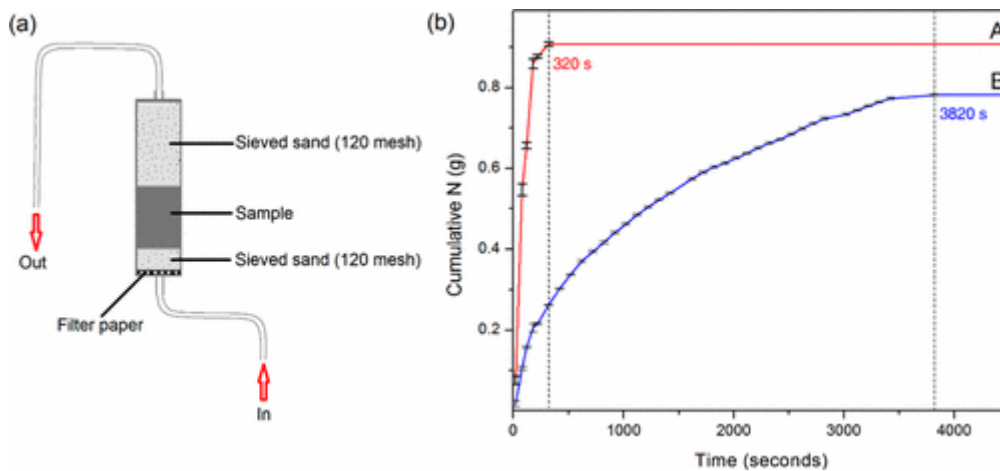
Bij de testen in de bodem werden de opbrengsten van drie velden vergeleken:

- zonder ureum
- met ureum

- met nanobolletjes met ureum.

- 9 Leg uit waarom voor een eerlijk onderzoek het veld met de nanobolletje met ureum vergeleken moest worden met zowel het veld zonder ureum als het veld met gewoon ureum.
- 10 Noem drie voordelen van het gebruik van nanobolletjes van hydroxyapatiet met ureum.

Bij het onderzoek dat is verricht heeft men de snelheid van het uitspoelen van het 'stikstof' naar het grondwater gemeten. Men liet een constante stroom water langs de kunstmest stromen om zware regen te simuleren. Na iedere 20 seconden nam men een monster en werd de hoeveelheid 'stikstof' gemeten (figuur 1). De rode lijn geeft het gedrag van gewoon ureum weer, de blauwe lijn de nanobolletjes met kunstmest.



Figuur 1 uitspoeling van 'stikstof'

- 11 Beredeneer met behulp van de grafiek hoeveel langer er 'stikstof' in de bodem blijft zitten bij gebruik van de nanobolletjes vergeleken met het gebruik van gewoon ureum.

Deze nanoballen maken kunstmest overbodig

- 1 $2 \text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 2 Bij een hogere pH reageert de base uit het grondwater met al het NH_4^+ dat er ontstaat. Dit kan ontsnappen als NH_3 en wordt niet meer omgezet in nitraationen.
- 3 Een ureummolecuul kan veel H-bruggen vormen met H_2O moleculen. Er zijn vier N-H bindingen en één C=O binding. Deze kunnen allemaal H-bruggen met de O-H groepen van watermoleculen.
- 4 Het is een zout, dus een ionrooster met ionbindingen.
- 5 $10 \text{Ca}^{2+} + 20 \text{OH}^- + 6 \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2 + 18 \text{H}_2\text{O}$
- 6 Dit is een zuur-base reactie met OH^- als base en H_3PO_4 als zuur.
- 7 Er moet goed geroerd worden om ervoor te zorgen dat de kristallen klein en onregelmatig blijven.
- 8 Er ontstaan ion-dipoolkrachten tussen ureummoleculen en de ionen in het rooster.
- 9 Aangezien je niet weet wat de opbrengst zonder kunstmest is en ook niet met gewone ureum, moet je deze meenemen om het eerlijk te kunnen vergelijken.
- 10 Je hebt minder kunstmest nodig.
Dan is de opbrengst toch nog hoger.
En je krijgt vanuit het hydroxyapatiet het element fosfor mee, dat ook een element is dat planten nodig hebben.
- 11 Bij gewoon ureum gaat de lijn na 320 s horizontaal lopen. Bij nanobolletjes met ureum gebeurt dit pas na 3820 s. Het duurt dus $3820/320 = 11,9$ keer zo lang voor alle stikstof uit het monster is gespoeld.

Artikel: <https://www.nemokennislink.nl/publicaties/deze-nanoballen-maken-milieuvervuilende-kunstmest-overbodig>

Opmerking: vraag 11 gaat verder dan het artikel. U kunt deze vraag ook weglaten.

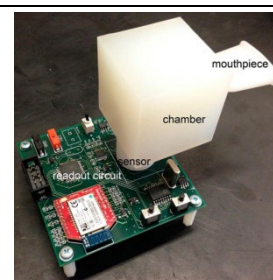
SENSOR RUKT GRIEP

Klas	5hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen-reactieproducten
Trefwoorden	Sensor, griep, biomarker, isopreen, wolfraamoxide, nanokristallen, hexagonaal
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.c2w.nl, 1 februari 2017

Sensor ruikt griep

In de VS is een ademsensor ontwikkeld die aangeeft of je echt griep hebt als je je grieperig voelt. In feite is het een combinatie van drie sensoren die reageren op respectievelijk ammoniak, stikstofmonoxide en isopreen. Elk afzonderlijk zijn dat geen biomarkers voor influenza; zo is NO beter bekend als indicator voor astma. Maar de combinatie van die drie schijnt wel karakteristiek te zijn.



NH_3 en NO worden wel vaker gemeten en daar bestonden dus al goede microsensoren voor. De sensor voor isopreen (C_5H_8 , een bouwsteen voor synthetische rubber) is echter nieuw. Hij is gebaseerd op een film van hexagonale nanokristallen van wolfraamoxide (h-WO_3) die je bereidt door eerst $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ met zoutzuur om te zetten in $\text{H}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en dat vervolgens bij 300°C te dehydrateren. Die bereidingswijze is essentieel omdat WO_3 meerdere kristalstructuren kent en de hexagonale vorm daarvan de meest exotische is, en bovendien instabiel. Maar alleen hexagonale kristallen reageren tamelijk selectief op isopreen wanneer je ze tot 350°C opwarmt.

bron: University of Texas

Mensen noemen een flinke verkoudheid vaak 'griep' maar 'echte' griep (influenza) is toch heel iets anders. Met de ademsensor kan het onderscheid worden gemaakt. De ontwikkelde sensor is in feite een combinatie van drie sensoren.

- 1 Wat meten deze sensoren?
- 2 Waarom is een combinatie noodzakelijk om tot een diagnose te komen?

De stof Isopreen heeft als systematische naam 2-methylbuta-1,3-dieen (zie Binas tabel 66A).

- 3 Geef de structuurformule voor isopreen.
- 4 Waar wordt isopreen onder andere voor gebruikt?

De aantonningsreactie voor isopreen is gebaseerd op een interactie tussen isopreen en h-WO_3 .

- 5 Wat geeft de letter h aan in h-WO_3 ? Gebruik Binas tabel 67D.

De kristallen van h-WO_3 worden bereid uit het gehydrateerde zout $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

- 6 Geef aan uit welke twee ionen het gehydrateerde zout is opgebouwd.
- 7 Wat zegt de term gehydrateerd?

Het gehydrateerde zout wordt met zoutzuur omgezet in $\text{H}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

- 8 Leg uit dat zoutzuur weergegeven kan worden als $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$. Raadpleeg Binas tabel 66A.
- 9 Geef de reactie van deze omzetting in een vergelijking weer.

Daarna wordt WO_3 gevormd door het ontstane hydraat te verhitten.

- 10 Geef de reactievergelijking van deze dehydratatie.
- 11 Leg uit of deze reactie exotherm of endotherm is.

De gevormde kristallen h-WO_3 zijn instabiel en ook een beetje exotisch, zegt het artikel.

- 12 Waarom zijn toch de h-WO_3 kristallen nodig?

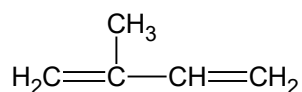
In het artikel kom je beschrijvingen tegen op micro-, meso- en macroniveau.

- 13 Geef met voorbeelden aan wanneer gesproken wordt over micro-, wanneer over meso- en wanneer over macroniveau.

Sensor ruikt griep

- 1 Er wordt gemeten of er NH_3 , NO en C_5H_8 in uitademlucht aanwezig is..
- 2 Alleen als alle drie de stoffen waargenomen worden, is met enige zekerheid een uitspraak over griep mogelijk.

3



- 4 Isopreen is onder andere een grondstof voor het maken van synthetische rubber.
- 5 De letter h staat voor hexagonaal en geeft een bepaalde stapeling in het kristal aan.
- 6 Uit Na^+ en WO_4^{2-} ionen.
- 7 Dat er kristalwater in het rooster aanwezig is.
- 8 Zoutzuur is een HCl -oplossing en omdat HCl een sterk zuur is, is het volledig in ionen gesplitst.
- 9 $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 2 \text{Na}^+$.
- 10 $\text{H}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{WO}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$.
- 11 Je moet verhitten, er is dus warmte nodig: endotherm.
- 12 Alleen deze kristalvorm van WO_3 reageert selectief op isopreen.
- 13 Microniveau: C_5H_8 is een bouwsteen voor synthetisch rubber.
Mesoniveau: nanokristallen h- WO_3 .
Macroniveau: sensoren die reageren op respectievelijk ammoniak, stikstofmonoxide en isopreen.

VIJFTIG JAAR MELAMINE

Klas	5hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Polymeren
Trefwoorden	Melamine, ureum, industrie, DSM. OCI Nitrogen, thermoharder
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Chemisch Magazine, januari 2017

VIJFTIG JAAR MELAMINE

Op 7 januari was het vijftig jaar geleden dat DSM zijn eerste batch melamine produceerde op basis van ureum. Melamine wordt in de houtverwerkende industrie gebruikt en kent vele toepassingen in interieur en design. Met grofweg één doel: het verduurzamen van (hout)producten.



De Lounge Chair van Charles & Ray Eames

In 1967 opende DSM zijn eerste melaminefabriek, vlakbij de bestaande fabriek voor ureum, dat als grondstof diende. Uitbreidingen volgden. Maar omdat de vraag achterbleef bij de verwachtingen en de prijzen begin jaren negentig onder druk stonden vanwege concurrentie uit Europa en Azië, werd de fabriek in 1994 verplaatst naar Indonesië. In Geleen werkte het bedrijf intussen aan een efficiëntere technologie: *Shortened Liquid Phase* (SLP), waarbij melamine onder hoge druk wordt geproduceerd.

Eind 2002 werd er op basis van deze technologie de fabriek Melaf-4 gebouwd. In 2010 gingen DSM Melamine en DSM Agro na een overname verder als OCI Nitrogen. Inmiddels produceert dit bedrijf jaarlijks 200.000 ton melamine en is daarmee een wereldspeler.

Architecten, interieur- en productontwerpers maken al sinds het midden van de vorige eeuw gebruik van melamine. Voorbeelden zijn de vintage dressoirs van Pastoe en de Lounge Chair van Charles & Ray Eames, die er dankzij melamine nog steeds uitzien als nieuw en lang meegaan.

Melamine kent vele toepassingen die helpen oppervlaktes krasvast, slijtvast of waterbestendig te maken. Het verduurzaamt houtproducten en wordt gebruikt in harsen, coatings en lakken, bijvoorbeeld voor de auto-industrie en voor brandwerende toepassingen in meubels en matrassen.

De stof melamine heeft enkele eigenschappen die interessant zijn voor architecten, interieur- en productontwerpers.

- 1 Welke eigenschappen zijn dat?
- 2 Leg uit of het eigenschappen zijn die betrekking hebben op micro- of macroniveau.

Een ureummolecuul heeft als formule $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$.

- 3 Geef de structuurformule van het ureummolecuul.

Melamine

Melamine (IUPAC-naam: 1,3,5-triazine-2,4,6-triamine) is een organische verbinding met als brutoformule $\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6$. Het is een meerwaardige organische base die vooral wordt gebruikt in kunstharsen, die soms ook – foutief – met de term *melamine* worden aangeduid. Melamine bestaat structureel gezien uit een aromatische ring van 3 koolstof- en 3 stikstofatomen, met op de koolstofatomen amino-groepen gesubstitueerd. Melamine is het cyclisch trimeer van cyaanamide.

De meeste producenten van melamine gebruiken tegenwoordig ureum als grondstof. De productie van melamine geschiedt door een thermische condensatiereactie:



Het melamine wordt verder gezuiverd van nevenproducten door wassen in water, omkristallisatie, centrifugeren en drogen. Hierbij ontstaat een grote hoeveelheid verontreinigd afvalwater (melamine is slechts weinig oplosbaar in water).

Melamine wordt vooral gebruikt als basisgrondstof voor melamine-harsen en coatings. Door een reactie met aldehyden (gewoonlijk formaldehyde) worden thermohardende kunststoffen geproduceerd.

Bron: Wikipedia

Het melaminemolecuul heeft als brutoformule $\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6$.

- 4 Leid uit de tekst in combinatie met de molecuulformule de structuurformule van melamine af.
- 5 Voldoet de structuur aan de covalentieregels? Licht je antwoord toe.

DSM Melamine ging na overname verder als het bedrijf OCI Nitrogen. De laatste produceert jaarlijks 200 000 ton melamine.

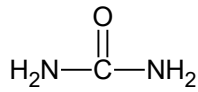
- 6 Bereken hoeveel ton ureum daarvoor nodig is.

Melamine wordt gezuiverd door een vorm van omkristallisatie.

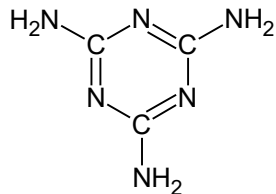
- 7 Leg uit waarom daardoor veel afvalwater ontstaat.
- 8 Leg op microschaal uit dat het gegeven dat melamine niet zo goed oplost in water eigenlijk een beetje vreemd is.
- 9 Wat voor een soort structuur ontstaat bij de reactie van melamine met formaldehyde? Licht je antwoord toe.

Vijftig jaar melamine

- 1 Het helpt oppervlakten krasvast, slijtvast of waterbestendig te maken.
- 2 Het gaat over stoffeigenschappen dus macroniveau.
- 3



4



- 5 Ja, covalentie van H is 1, van C is 4 en van O is 2.
- 6 $200\,000 \text{ ton melamine} = 200\,000 / 126,14 = 1586 \text{ tonmol}$. 1 mol melamine is gevormd uit 3 mol ureum, dus nodig $3 \times 1586 = 4757 \text{ tonmol ureum}$. Dus dan nodig $4757 \times 60,06 = 290\,000 \text{ ton ureum}$.
- 7 Melamine lost slecht op in water dus je zult heel veel water nodig te hebben om alle melamine opgelost te krijgen.
- 8 Melaminemoleculen hebben drie NH_2 -groepen en drie N-atomen die met watermoleculen H-bruggen kunnen vormen.
- 9 Er ontstaat een netwerkstructuur want er wordt een thermoharder gevormd.

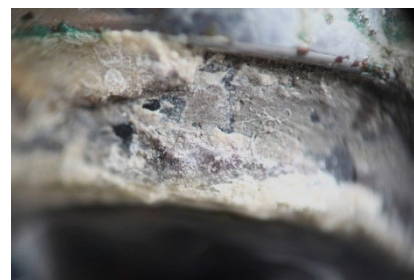
KALKAANSLAG VANGT ZWARE METALEN

Klas	5hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Zuur-base; beginstoffen-reactieproducten
Trefwoorden	Kalk, zware metalen, nikkelionen, oplosbaarheid, elektrolyse, milieu
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.c2w.nl, 12 januari 2017

Kalkaanslag vangt zware metalen

Zware metalen zijn simpel en goedkoop uit water te halen door ze in te sluiten in kalkaanslag. Met nikkelionen werkt het alvast, schrijven Charlotte Carré en collega's van de Université de la Nouvelle-Calédonie in *Environmental Chemistry Letters*.



De Fransen (want Nieuw-Calédonië is een Frans overzees gebiedsdeel ten oosten van Australië) noemen het *calcareous electrochemical precipitation*.

In wezen is het een variatie op kathodische bescherming. Hang twee elektroden in oppervlaktewater, leg er een potentiaalverschil over aan en je krijgt vanzelf kalkaanslag op de kathode. Die wordt daardoor beschermd tegen corrosie. De samenstelling van de 'kalk' hangt af van de ionen in het water: CaCO_3 ligt voor de hand maar bij het zeewater dat de Fransen gebruikten blijkt het een mengsel van CaCO_3 (in de vorm van aragoniet) en $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (bruciet) te zijn, in de verhouding één op één.

En als je nikkelchloride toevoegt aan het water, blijkt Ni^{2+} ook in de kalk te gaan zitten. Met Ramanspectrometrie is vastgesteld dat het neerslaat in de vorm van $\text{Ni}(\text{OH})_2$, wat niet echt verrassend is. Onder de SEM-elektronenmicroscopie konden de Fransen zien dat het hydroxide onder een laagje aragoniet komt te zitten en dus niet meer weg kan.

Het gaat niet hard: na een week was een kwart van de nikkelionen neergeslagen. Maar er is maar heel weinig elektriciteit voor nodig en voor de elektrodes kun je goedkoop gegalvaniseerd staal draad gebruiken. Volgens Carré kun je die draad, en het nikkel, eventueel zelfs nog recyclen door de spanning om te polen en zo de kalklaag weer op te lossen.

bron: Springer

Opgeloste 'zware metalen' wil men vaak uit afvalwater verwijderen.

Een nieuw proces hiervoor wordt beschreven door Charlotte Carré en collega's in *Environmental Chemistry Letters*.

Het proces lijkt een variatie op 'kathodische bescherming'. Er worden twee elektroden in het afvalwater gehangen en daartussen wordt een potentiaalverschil aangebracht.

- 1 Wat voor type proces treedt dan op?
- 2 Geef de halfreacties die aan de elektroden plaatsvinden.
- 3 Leg uit aan welke elektrode, positief of negatief, de kalk gevormd wordt.

In aanwezigheid van calciumionen en magnesiumionen worden er CaCO_3 en $\text{Mg}(\text{OH})_2$ gevormd. In oppervlaktewater is altijd naast de calcium- en magnesiumionen ook HCO_3^- als ion aanwezig.

- 4 Geef de reactievergelijking waarbij calciumcarbonaat ontstaat.
- 5 Geef ook de reactievergelijking waarbij magnesiumhydroxide ontstaat.
- 6 Leg uit waarom er geen $\text{Ca}(\text{OH})_2$ maar CaCO_3 ontstaat.
- 7 Leg uit waarom het bij magnesiumionen net andersom gaat.

Bij het onderzoek lukte het om op deze manier nikkellionen uit vervuild oppervlaktewater te verwijderen. De nikkellionen vormden daarbij nikkeldhydroxide dat als vaste stof in de kalk ging zitten.

- 8 Geef ook hiervan de optredende reactievergelijking.
- 9 Leg uit dat met behulp van deze methode zware metalen als nikkel verwijderd worden.

Niet alleen kun je zware metaal-ionen, zoals nikkellionen, verwijderen. Het nieuwe proces biedt ook de mogelijkheid voor recycling: door de elektroden om te polen kun je het gevormde kalk weer 'oplossen'.

- 10 Leg aan de hand van reactievergelijkingen uit hoe dit 'oplossen' plaatsvindt.

Kalkaanslag vangt zware metalen

- 1 Elektrolyseproces.
- 2 Positieve elektrode: $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$.
Negatieve elektrode: $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$.
- 3 Aan de negatieve elektrode want daar ontstaat een basisch milieu.
- 4 $\text{Ca}^{2+} + \text{HCO}_3^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.
- 5 $\text{Mg}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2$.
- 6 Calciumcarbonaat is veel slechter oplosbaar dan calciumhydroxide en slaat dus eerder neer.
- 7 De oplosbaarheid van magnesiumhydroxide zal veel lager zijn dan van magnesiumcarbonaat (zie Binas tabel 46).
- 8 $\text{Ni}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2$.
- 9 Het gevormde nikkelhydroxide wordt helemaal ingekapseld door het calciumcarbonaat.
- 10 Het gevormde CaCO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$ en $\text{Ni}(\text{OH})_2$ reageert dan met H^+ -ionen die bij de elektrolyse gevormd worden.
Reacties: Positieve elektrode: $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$.
Daarna: $\text{CaCO}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{HCO}_3^-$.
En: $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}$. En: $\text{Ni}(\text{OH})_2 + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Ni}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}$.

VLAMVERTRAGERS HOUDEN VUUR IN BEDWANG

Klas	5v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Verbrandingen; Polymeren
Trefwoorden	Verbranding, brand, brandvertrager, milieu
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.c2w.nl, 6 februari 2017

Vlamvertragers houden vuur in bedwang

Kunststoffen en vlamvertragers zijn een twee-eenheid, maar nu de ooit zo populaire organobroomverbindingen in de ban gaan, zoeken chemici en kunststoffabrikanten naar duurzamere alternatieven, met polymere vlamvertragers voorop.

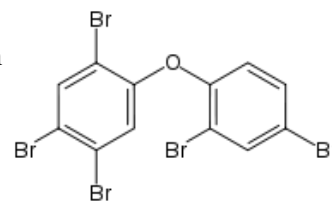


Zuiver polyester en polyamide zijn eersteklas brandstoffen, maar vlamvertragers zorgen ervoor dat het vuur niet snel om zich heen kan grijpen. Zonder zulke wettelijk verplichte toevoegingen zou een flecevest, mobieltje of auto-interieur in een oogwenk in vlammen opgaan. Brandvertragers verhogen de verbrandingstemperatuur, zorgen voor verkoling van het oppervlak of vangen in de gasfase radicalen af. Dat remt verbrandingsprocessen en geeft minuten extra tijd om te blussen of te vluchten.

Kunststofproducenten voegen daarom 5 tot 40 % vlamvertragers toe. In de beginjaren van de kunststofindustrie waren dat vooral organobroomverbindingen. Die werken goed, zijn relatief goedkoop en makkelijk te verwerken in veel verschillende kunststoffen. Maar broom bevattende vlamvertragers zitten in het verdachtenbankje, vooral polybroomdifenylethers (PBDE's).

Richtlijnen

'Al in de jaren tachtig en negentig troffen onderzoekers PBDE's aan in walvissen en moedermelk', zegt Pim Leonards, milieuchemicus en hoogleraar bij de afdeling environment & health van de VU. Hij was projectleider van ENFIRO, een Europees onderzoek dat de tussen



penta-BDE

en 2012 alternatieve vlamvertragers onderzocht. 'Van penta-BDE's werd als eerste duidelijk dat ze goed oplossen in vet, erg moeilijk afbreken en dus accumuleren in organismen. Ze bleken bovendien nogal toxisch.'

Verwerking van penta-BDE is in Europa en VS inmiddels gestopt. De EU heeft begin 2016 een voorstel gedaan om het gebruik van deca-DBE drastisch in te perken.

Polymere vlamvertragers

'Het voordeel van polymere vlamvertragers is dat ze niet uit het kunststof kunnen migreren, zoals laagmoleculaire vlamvertragers', zegt Lens. Die verschuiving blijkt volgens hem ook uit de opkomst van gebromeerde polymeren. 'Toch blijft er bij die vorm een nadeel bestaan. Bij verbranding van gehalogeneerde vlamvertragers kan nog steeds giftige rook ontstaan met waterstofbromide en zoutzuur. Ook kunnen zich bij verbranding bij lage temperaturen gebromeerde dioxines vormen.'

Nieuwe milieuregels en wensen van kunststofverwerkers hebben het gebruik van vlamvertragers de afgelopen 10 jaar radicaal veranderd. In 2007 was ruim 40 % van toegepaste vlamvertragers een organobroomverbinding, in 2013 was dit minder dan 20 %. Organofosforvlamvertragers zijn in opkomst, ook het aandeel gechloreerde vlamvertragers en antimoonoxide is gestegen. Verder blijft de minerale vlamvertrager aluminiumtrihydraat onverminderd belangrijk met een marktaandeel van 35 %.

Het artikel vermeldt: "Brandvertragers verhogen de verbrandingstemperatuur, zorgen voor verkoling van het oppervlak of vangen in de gasfase radicalen af."

- 1 Welke drie voorwaarden zijn er om een brand te laten verlopen?
- 2 Leg uit hoe verhoging van de verbrandingstemperatuur leidt tot brandvertraging.
- 3 Wat voor type reactie treedt op bij verkoling van het oppervlak?
- 4 Hoe kan verkoling leiden tot brandvertraging?

PDBE's

Organobroomverbindingen zijn prima brandvertragers. Polybroomdifenylethers, PBDE's, zijn daar voorbeelden van. Een mogelijke verbinding is penta-BDE. Penta-BDE wordt niet meer toegepast in de VS en Europa.

- 5 Beschrijf de bouw van organobroomverbindingen.
- 6 Leg uit dat penta-BDE meerdere isomeren kent.
- 7 Leg uit waarom penta-BDE goed oplost in vet.
- 8 Leg uit waardoor het gehalte penta-BDE in vet van dieren steeds maar toeneemt.

Het gebruik van een andere PBDE, deca-BDE, is in de EU sinds 2016 drastisch ingeperkt.

- 9 Geef de structuurformule van deca-BDE.

PBDE's worden gemaakt door organische verbindingen met broom te laten reageren. Om waterstofatomen in een benzeenring te vervangen door broomatoemen laat men de organische verbinding reageren met broom in aanwezigheid van aluminiumbromide als katalysator.

- 10 Geef de reactie waarbij difenylether met broom reageert tot mono-BDE in structuurformules weer.
- 11 Wat voor type reactie is daarbij opgetreden? Licht je antwoord toe.

Aluminiumtrihydraat

Het marktaandeel van de minerale vlamvertrager aluminiumtrihydraat, $\text{Al}(\text{OH})_3$, is met een marktaandeel van 35% nog steeds erg hoog.

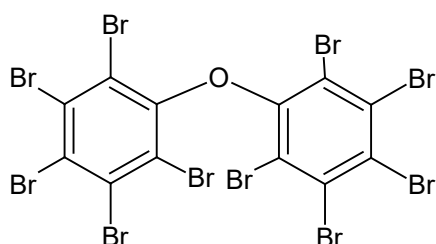
- 12 Geef de juiste chemische naam voor aluminiumtrihydraat.

Bij verhitting wordt aluminiumtrihydraat omgezet in aluminiumoxide en waterdamp.

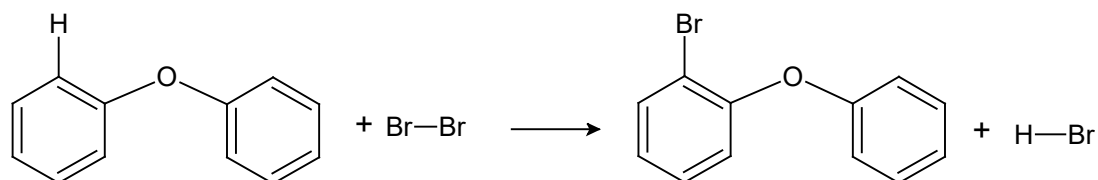
- 13 Geef de reactievergelijking die daarbij optreedt.
- 14 Bereken de reactie-energie van deze reactie. Gegeven: de vormingswarmte van aluminiumtrihydraat is $-1499 \text{ kJ mol}^{-1}$.
- 15 Leg uit waarom aluminiumtrihydraat als vlamvertrager dienst kan doen.

Brandvertragers houden vuur in bedwang

- 1 Je hebt een brandstof nodig, zuurstof en een voldoende hoge temperatuur.
- 2 Dat betekent dat er pas brand ontstaat als die hogere temperatuur bereikt is. Het zal dus langer duren voordat brand ontstaat.
- 3 Verkoling treedt op bij ontleding van een koolstofverbinding.
- 4 De ontleding kost energie dus de temperatuur zal bij verkoling minder snel stijgen. Het zal dus langer duren voordat de ontbrandingstemperatuur bereikt is.
- 5 Het zijn organische stoffen waarbij in het molecuul waterstofatomen vervangen zijn door broomatomen.
- 6 De broomatomen kunnen op meerdere manieren over de benzeenringen verdeeld zijn, bijvoorbeeld alle vijf de broomatomen aan één benzeenring.
- 7 Het molecuul heeft een structuur die ervoor zorgt dat het een hydrofobe stof is.
- 8 Het wordt niet afgebroken dus het wordt alleen maar steeds meer.
- 9



10



- 11 Het is een substitutiereactie want je vervangt een waterstofatoom door een broomatoom.
- 12 Aluminiumhydroxide.
- 13 $2 \text{ Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3 \text{ H}_2\text{O}$.
- 14 $\Delta E = -1676 + (3 \times -242) - (2 \times -1499) = +596 \text{ kJ}$.
- 15 Het ontleden van aluminiumtrihydraat kost veel energie zodat de temperatuur niet te snel kan stijgen.