

BIOBASED SMARTPHONE

Klas	5,6 v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Organische reacties, polymerisatie
Trefwoorden	Bioplastic, biobased, hydrolyse, ringvorming, recyclebaar
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

www.agro-chemie.nl, 15 juli 2015

SHARP BRENGT BIOBASED SMARTPHONE OP DE MARKT



Het Japanse elektronicabedrijf Sharp brengt half juli een biobased smartphone op de markt. Het scherm van bioplastic is ontwikkeld door Mitsubishi Chemical Corporation.

Dat schrijft *Il Bioeconomista*. Volgens Mitsubishi zijn traditionele plastics vaak alleen transparant en niet bestand tegen breuken, of juist andersom. Daarom gebruiken veel smartphonefabrikanten voor het scherm glas in plaats van plastic.

Het biobased scherm van de Sharp-telefoon is gemaakt van DURABIO, een biobased plastic van plantaardige isosorbide. Het materiaal is goed bestand tegen schokken, hoge temperaturen en weersinvloeden. Daarnaast is het uitermate geschikt voor toepassing in een smartphone, omdat de transparantie van het plastic groot is en het niet optisch vervormt. (...)

De biobased smartphone heeft een scherm van het plastic DURABIO.

- 1 Noem drie voordelen van DURABIO ten opzichte van traditionele plastics gekeken naar het gebruik bij smartphones.

In het artikel staan de begrippen biobased en bioplastic.

- 2 Licht deze twee termen toe.
- 3 Leg uit waarom men bioplastics ontwikkelt.

Isosorbide

Het plantaardige isosorbide wordt in drie stappen gemaakt uit zetmeel.

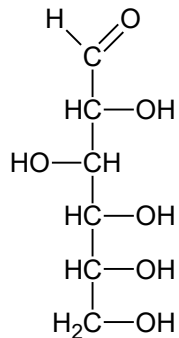
Stap 1: Zetmeel (amylase) wordt door hydrolyse (reactie met water) omgezet in glucose

Stap 2: Glucose wordt omgezet in sorbitol

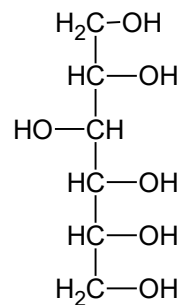
Stap 3: Sorbitol reageert tot isosorbide onder afsplitsing van water

4 Geef voor stap 1 de reactievergelijking in molecuulformules.

Glucose kan in de ringvorm bestaan of in de lineaire, open vorm (figuur 1).



Figuur 1 Lineaire vorm van glucose

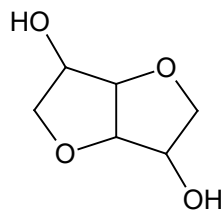


Figuur 2 Sorbitol

In stap 2 wordt glucose omgezet in sorbitol (figuur 2).

5 Welke stof is nodig in stap 2 om sorbitol te vormen uitgaande van de lineaire, open vorm van glucose?

In stap 3 reageren de eindstandige OH groepen in sorbitol elk met een andere OH groep waardoor ringsluiting optreedt en isosorbide gevormd wordt.



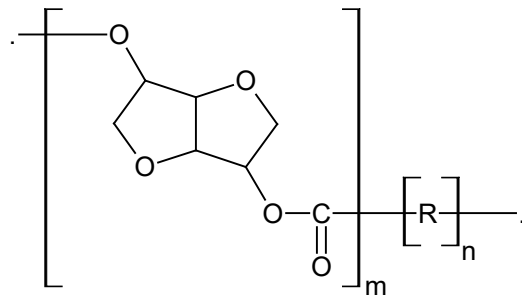
Figuur 3 Isosorbide

6 Leg in een tekening en in woorden uit welke twee andere OH groepen bij de ringvormingen tot isosorbide betrokken zijn als je uitgaat van sorbitol.

7 Welke stof komt bij de reactie van stap 3 vrij?

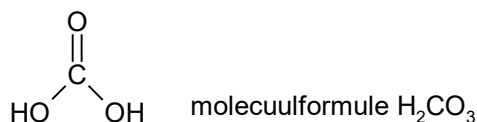
DURABIO

Het polymeer in het materiaal Durabio heeft als structuurformule van de keten:



Figuur 4 Structuurformule DURABIO

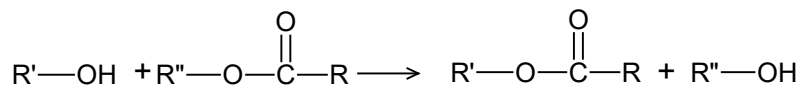
Je hebt hier te maken met een copolymeer. Men maakt eerst poly-isorbide (het ketendeel links) door isosorbide met een andere stof te laten reageren. Kijkend naar de structuurformule zou dat theoretisch een stof met een molecuul zoals in figuur 5 kunnen zijn.



Figuur 5

8 Leg uit waarom deze stof niet gebruikt kan worden.

Men maakt daarom gebruik van een omestering:



Figuur 6 Algemene reactievergelijking van een omestering

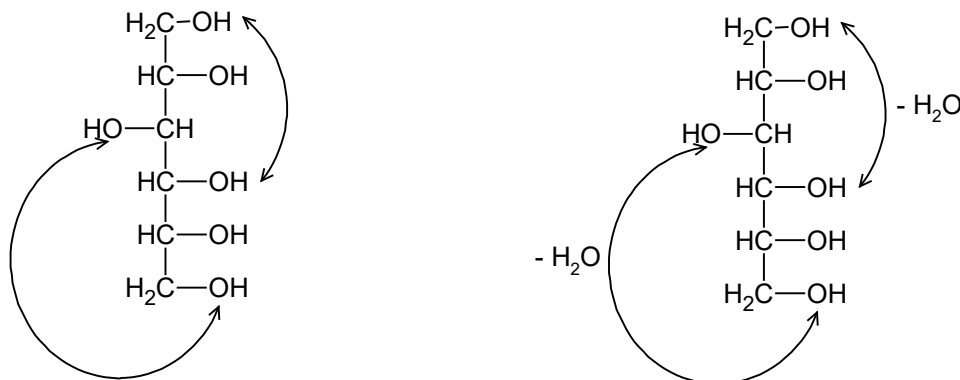
9 Teken de structuurformule van moleculen waarmee men isosorbide moet laten reageren om poly-isosorbide te krijgen. Maak hierbij gebruik van een soortgelijke schrijfwijze als gebruikt in figuur 6.

Uit gegevens van de producent blijkt dat DURABIO niet bio-afbreekbaar is.

- 10 Leg uit waarom dat bij de toepassing van DURABIO in een smartphone geen probleem is.
- 11 Leg uit waarom het wel belangrijk is dat DURABIO recyclebaar is.
- 12 Leg uit of DURABIO recyclebaar is.

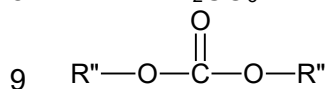
Biobased smartphone

- 1 Schokbestendig, transparant en geen optische vervorming.
- 2 De term 'biobased' zegt iets over de oorsprong van het materiaal. Met 'biobased' worden materialen bedoeld die gemaakt zijn van hernieuwbare grondstoffen. Bioplastic is de naam die gegeven wordt aan een plastic dat gemaakt wordt uit natuurlijke producten, biomassa. (Een bioplastic kan biodegradeerbaar zijn, maar is dat niet per definitie.)
- 3 De fossiele grondstoffen waar men de "traditionele plastics" van maakt, raken op.
- 4 $(C_6H_{10}O_5)_n + n H_2O \rightarrow n C_6H_{12}O_6$
- 5 Waterstof, H_2 .
- 6



Bij de ringsluiting splitst water af. In beide ringen zitten vier C-atomen en de twee ringen hebben twee gemeenschappelijke C-atomen.

- 7 Water, H_2O .
- 8 De stof H_2CO_3 bestaat in werkelijkheid niet, is een schrijfwijze voor $H_2O + CO_2$.



- 9
- 10 Smartphones zullen niet in de natuur terecht komen, maar gerecycled worden.
- 11 In smartphones zitten veel stoffen (o.a. metalen) die zeldzaam, duur zijn. Smartphones worden gerecycled en hoe meer stoffen uit smartphones herbruikbaar zijn hoe beter.
- 12 Ja, het is een lineair polymeer, dus een thermoplast. Deze zijn recyclebaar.

Artikel:

<http://www.agro-chemie.nl/nieuws/sharp-brengt-biobased-smartphone-op-de-markt/>

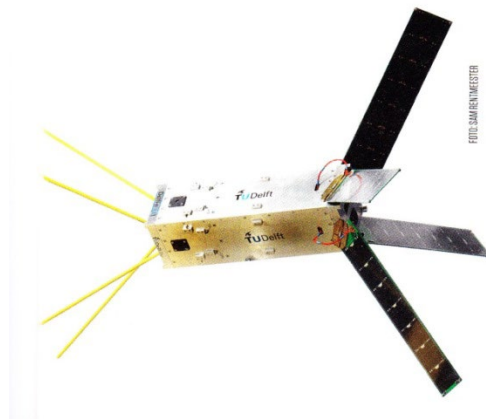
IJSKLONTJES

Klas	3 v, 4 hv
Subdomein	Deeltjesmodellen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Micro en macro
Trefwoorden	IJs, sublimeren, nano, satelliet
Vaardigheidsvraag	informatiebegripsvraag

Delft Integraal, juli 2015

IJsklontjes

De zeer giftige raketbrandstof hydrazine heeft zijn beste tijd gehad. Tenminste, als het aan Angelo Cervone en Barry Zandbergen van de sectie space systems engineering (Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek) ligt. Zij bedachten een voortstuwingssysteem dat werkt op ijs. Ze beschrijven hun uitvinding, die vooral interessant zou zijn voor de mobiliteit van nanosatellieten, in een recente publicatie in *Acta Astronautica*. Eenmaal in de ruimte sublimeert het ijs. De waterdampmoleculen die daarbij ontstaan, botsen tegen een hete plaat, schieten als gevolg met hoge snelheid weg uit de nanosatelliet en zorgen zo voor enkele milli-Newton aan voortstuwing. Dat is voldoende om nanosatellieten aan te sturen als ze eenmaal in een baan om de aarde draaien.



Het lijkt vreemd: water als 'brandstof'. Water zou hydrazine, $N_2H_4(l)$, als raketbrandstof kunnen vervangen.

1 Beschrijf hoe water als 'raketbrandstof' werkt..

Er wordt in het artikel gesproken over sublimeren.

2 Wat is sublimeren?

Soms wordt in het artikel op macroniveau en dan weer op microniveau gesproken.

3 Geef van elk een voorbeeld uit het artikel.

De aanduiding 'waterdampmoleculen' is een veel gemaakte fout.

4 Leg uit wat er fout is aan deze beschrijving.

De voortstuwing van de bedachte raket is geen chemisch maar een fysisch proces.

5 Licht dit toe.

Je zou ook kunnen spreken van actie en reactie.

6 Leg dit uit.

De benaming nanosatelliet zegt iets over de grootte van de satelliet.

7 Licht dit toe.

De kracht die ontwikkeld wordt is slechts enkele mN groot.

8 Waarom is dit voldoende om de nanosatelliet in de ruimte aan te sturen?

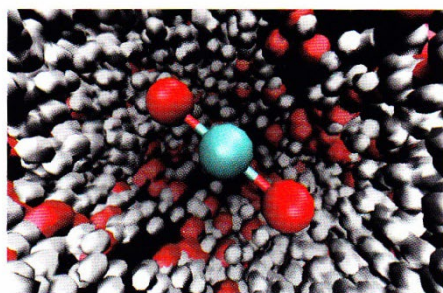
IJsklontjes

- 1 IJs laat men sublimeren en daarna botsen de watermoleculen tegen een hete plaat en schieten daardoor met hoge snelheid weg. Hierdoor ontstaat een reactiekracht van enkele mN.
- 2 Sublimeren is de fase-overgang van vast naar gas.
- 3 Macro: in de ruimte sublimeert het ijs. Micro: de moleculen botsen tegen de hete plaat.
- 4 Waterdamp is de stofbeschrijving dus macroniveau, moleculen is deeltjesniveau dus microniveau. Moleculen hebben geen fase, de stof wel.
- 5 Er vinden geen reacties plaats maar alleen botsingen waardoor een kracht ontwikkeld wordt.
- 6 De actie van het botsen van de watermoleculen tegen de hete plaat geeft als reactie een kracht van enkele mN.
- 7 Nano is de aanduiding voor heel klein, bij nanometer = 10^{-9} m.
- 8 De satelliet is zo klein dat al een kleine kracht voldoende is. Bovendien is in de ruimte nauwelijks weerstand omdat het er vrijwel vacuüm is.

KOOLZUUR IN BEELD

Klas	5 v
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Lewisstructuren, bindingstype
Trefwoorden	Lewisstructuur, zuurbase, hydrofoob, vanderwaalsbinding
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W, 21 augustus 2015



CO₂ boort zich het water in.

KOOLZUUR IN BEELD

Met röntgenabsorptiespectrometrie en theoretische modellen hebben Berkeley-onderzoekers voor het eerst de reactie tussen CO₂ in H₂O in beeld weten te krijgen, meldden ze onlangs in *Chemical Physics Letters*. Daartoe keerden ze het razendsnelle oplosgebeuren, waarbij het in eerste instantie gevormde H₂CO₃ binnen 26 milliseconden weer uiteenvalt

in H⁺ en HCO₃⁻, in feite om. Met een *liquid microjet*-techniek mengden ze een HCO₃⁻-oplossing met een veel sterker zuur, zodat er weer CO₂ ontstond, en bliezen het mengsel door de röntgenbundel van Berkeley's Advanced Light Source.

In combinatie met simulaties op een supercomputer leiden de röntgenbeelden tot bijgaand beeld. CO₂ is sterk hydrofoob; gemiddeld vormen de zuurstofkernen maar 0,56 waterstofbrug per CO₂-molecuul. Dat boort zo als het ware een tunnel in het omringende water. Vervolgens komt het C-atoom vanaf een afstandje (minimaal 2,67 Å) tot een zwakke interactie met één watermolecuul, zodat je toch nog je koolzuur krijgt. Auteur Rich Saykally hoopt zo helder te krijgen hoe CO₂ in de oceanen oplost en welke factoren het tempo beïnvloeden. Voor klimaatmodellen is die input cruciaal. (AD) |

De snelle reactie tussen CO₂ en H₂O is met een röntgentechniek onderzocht. Koolstofdioxide lost in water op en vormt daarbij in eerste instantie koolzuur, H₂CO₃.

- 1 Geef de vergelijking van de reactie die daarbij verloopt.
- 2 Teken de Lewisstructuur van het koolzuurmolecuul.

Binnen 26 milliseconden valt het koolzuurmolecuul uiteen in H⁺ en HCO₃⁻. Dit uiteenvallen vindt plaats omdat daardoor een stabielere situatie ontstaat.

- 3 Teken de Lewisstructuur van het HCO₃⁻ ion.
- 4 Waardoor is het waterstofcarbonaat ion veel stabielere dan het koolzuurmolecuul?

Wetenschappers volgden het omgekeerde proces waarbij aan een waterstofcarbonaatoplossing een sterk zure oplossing werd toegevoegd.

- 5 Geef de reactievergelijking die daarbij optreedt.

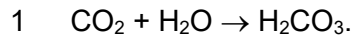
Koolstofdioxide is sterk hydrofoob.

- 6 Wat geef je met deze term aan?

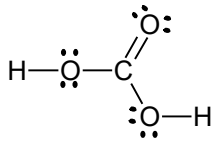
Koolstofdioxide 'boort' als het ware een tunnel in het water, zegt het artikel

- 7 Hoe ontstaat daarbij dan koolzuur?
- 8 Leg uit aan de hand van Binas tabel 40A dat deze binding geen atoombinding kan zijn.
- 9 Leg uit tot welk type binding je de genoemde 'zwakke interactie' kunt rekenen.
- 10 Wat hoopt Rich Saykally met zijn onderzoek te bereiken?

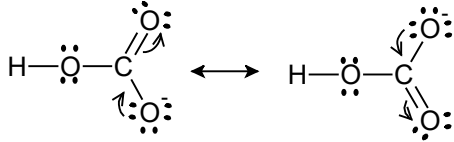
Koolzuur in beeld



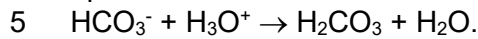
2



3



4 Het waterstofcarbonaat ion kent meerdere grensstructuren waardoor stabilisatie optreedt.



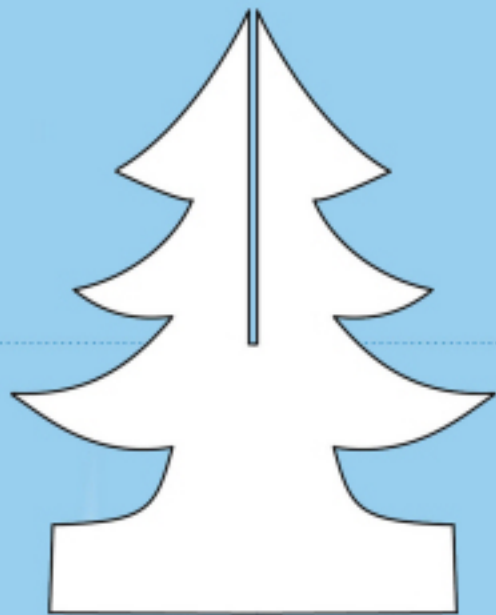
6 Hydrofoob is watervrezend, dus niet goed oplosbaar in water.

7 Er vormt zich dan een zwakke binding van het koolstofatoom met één watermolecuul.

8 Bij een atoombinding is de straal $77 \cdot 10^{-12}$ m, veel kleiner dan de genoemde afstand van $2,67 \text{ \AA}$ ($= 267 \cdot 10^{-12}$ m).

9 Deze afstand lijkt meer op een zeer zwakke vanderwaalsbinding. De vanderwaalsstraal is namelijk $185 \cdot 10^{-12}$ m.

10 Helder te krijgen hoe en hoe snel koolstofdioxide in de oceanen oplost.



MAGISCHE KERSTBOOM

Versie 1

<i>Klas</i>	3-6 hv
<i>Subdomein</i>	Onderzoeken
<i>Vaardigheid</i>	Processen en reacties
<i>Specificaties</i>	Onderzoeksvraag, werkplan, conclusie
<i>Trefwoorden</i>	Kristalvorming, verdampen, kristallisatie, Pruisisch blauw, blauwsel, natriumchloride
<i>Vaardigheidsvraag</i>	Werkplanvraag

Versie 2

<i>Klas</i>	4-6 hv
<i>Subdomein</i>	Processen en reacties
<i>Vaardigheid</i>	Onderzoeken
<i>Specificaties</i>	Oplossen, kristalliseren
<i>Trefwoorden</i>	Kristalvorming, verdampen, Pruisisch blauw, blauwsel, natriumchloride
<i>Vaardigheidsvraag</i>	Probleemstellingsvraag

Magische kerstboom



De GrowMagic Christmas tree is een kerstboom die binnen 12 uur groeit. Een fenomeen dat u gezien moet hebben. De kerstboom wordt geleverd in een luxe verpakking met uitgebreide handleiding.

Door een uniek kristallisatieproces van papier en een speciale vloeistof groeit deze -in eerste instantie papieren- boom binnen 12 uur uit tot een prachtige kerstboom. Een uniek cadeau voor zowel volwassenen als kinderen.

Slechts enkele uren na het toevoegen van de meegeleverde magische vloeistof begint de kerstboom te groeien. Geniet van het magische groeiproces en het prachtige eindresultaat

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



Versie 1

Demonstratie magisch groeiende “kerstboom”

In een petrischaal wordt een vloeistofmengsel gegoten. Midden in de petrischaal met het vloeistofmengsel wordt een papieren conus geplaatst als model voor een kerstboom. Het geheel blijft een paar dagen staan. Bekijk regelmatig de opstelling.

Video

Bekijk het groeien van de kristallen bij een magische kerstboom via:

<https://www.youtube.com/watch?v=jM5VDeHNKvE>

en/of

<https://www.youtube.com/watch?v=RVXsK1TLbcl>

Inleiding

De magische kerstboom ontstaat als je een papieren boom of een conus in een speciale vloeistof zet. Naast mooie donkergroene bomen kun je ook witte en bont gekleurde bomen laten groeien. Als een (voedings)kleurstof aan de ‘takken’ van de boom is toegevoegd, zit de boom na verloop van tijd (uren) vol met kristallen die gekleurd zijn.

Het geheim van de magische kerstboom zit in de oplossing waarin de boom geplaatst wordt. Uit literatuur blijkt dat in de oplossing keukenzout, water, ammonia en ‘blauwsel’ aanwezig zijn.

BLAUWSEL **Optische witmaker**

Sommige kledingstoffen krijgen na verloop van tijd een grauwe kleur, omdat de kleur blauw uit het kleurenspectrum verdwijnt. Blauwsel moet dit herstellen. Het bevat een blauwe (verf)stof of pigment dat het gele deel van het kleurenspectrum absorbeert. Hierdoor lijkt kleding witter.

Bron: <http://www.was-tips.be/index.php/wassen/hulpmiddelen/88-blauwsel>

Het mengsel dat bij de demonstratie is gebruikt:

	Natriumchloride	Water	Ammonia	Blauwsel suspensie
Mengsel	20 mL	40 mL	20 mL	20 mL

De magische boom roept een aantal vragen op. Wat is de rol van de verschillende stoffen? Welke ingrediënten zijn van belang voor het ontstaan van een mooie boom? Wat beïnvloedt de groeisnelheid van de kristallen?

Onderzoeksopdracht

- Formuleer zelf een onderzoeksvraag.
- Stel een werkplan op en laat dit bekijken.
- Voer je werkplan uit. Leg je resultaten op foto's vast.

Verslaglegging

Kies zelf uit een van de twee onderstaande mogelijkheden:

- Maak als verslag van je onderzoek een poster.
- Maak als verslag van je onderzoek een powerpoint met daarin foto's/filmpjes.

Versie 2

De magische kerstboom ontstaat als je een papieren boom of conus in een speciale vloeistof zet. Naast mooie donkergroene bomen kun je ook witte en bont gekleurde bomen laten groeien. Als een (voedings)kleurstof aan de punten van takken van de boom is toegevoegd, zit de boom na verloop van tijd (uren) vol met kristallen die gekleurd zijn.

Video

Bekijk het groeien van de kristallen bij een magische kerstboom via:

<https://www.youtube.com/watch?v=jM5VDeHNKvE>

en/of

<https://www.youtube.com/watch?v=RVXsK1TLbcl>

Het geheim van de magische kerstboom zit in de oplossing waarin de boom geplaatst wordt. Uit literatuur blijkt dat in de oplossing keukenzout, water, ammonia en blauwsel aanwezig is.

BLAUWSEL **Optische witmaker**

Sommige kledingstoffen krijgen na verloop van tijd een grauwe kleur, omdat de kleur blauw uit het kleurenspectrum verdwijnt. Blauwsel moet dit herstellen. Het bevat een blauwe (verf)stof of pigment dat het gele deel van het kleurenspectrum absorbeert. Hierdoor oogt de met blauwsel gewassen kleding witter.

Bron: <http://www.was-tips.be/index.php/wassen/hulpmiddelen/88-blauwsel>

In dit project ga je eerst zelf een “kerstboom” laten groeien. Daarvoor moet je zelf eerst “blauwsel” maken. Daarna ga je aan de slag met de vragen: Wat is de rol van de verschillende stoffen? Welke ingrediënten zijn van belang voor het ontstaan van een mooie boom?

Opdracht 1: Maken van het “blauwsel”

In Amerika kun je nog flesjes blauwsel kopen, hier in Nederland niet meer. Daarom ga je eerst zelf blauwsel maken: een *suspensie van Pruisisch blauw*.

De precieze samenstelling van het commerciële blauwsel is niet bekend. Waarschijnlijk is het een suspensie van de stof Pruisisch blauw in water. Pruisisch blauw is een zout met als formule $\text{Fe}_4(\text{Fe}(\text{CN})_6)_3$, het rooster bevat zowel Fe^{2+} als Fe^{3+} ionen: $\text{Fe}^{3+}_4[\text{Fe}^{2+}(\text{CN})_6]_3$ ofwel $\text{Fe}^{3+}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$. Dit zout is eenvoudig te maken door een oplossing van ijzer(III)chloride te mengen met een oplossing van kaliumhexacyanoferraat(II) (geel bloedloogzout). Er ontstaat hierbij een diepblauw neerslag van de stof Pruisisch blauw.

Benodigdheden

- 50 mL ijzer(III)chloride hexahydraat oplossing ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 7,5 g/100 mL)
- 50 mL kaliumhexacyanoferraat(II) oplossing (geel bloedloogzout, $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$, 3,0 g/100 mL)
- maatcilinders: 2x 50 mL
- 1 erlenmeyer: 250 mL

Uitvoering

- Meet met een maatcilinder 50 mL ijzer(III)chloride hexahydraat oplossing af en breng die over in een erlenmeyer van 250 mL.

- Meet met een andere maatcilinder 50 mL kaliumhexacyanoferraat(II) oplossing af. Voeg deze oplossing toe aan de erlenmeyer met ijzer(III)chloride hexahydraat oplossing.
- Schud de inhoud van de erlenmeyer goed zodat er een suspensie ontstaat.

Opdracht 2, een magische “kerstboom” laten groeien

Benodigdheden

- natriumchloride
- ammonia ongeveer 10%
- suspensie Pruisisch blauw
- demiwater
- 4 maatcilinders: 25 mL (3x), 50 of 100 mL (1x)
- 1 bekerglas, 250 mL
- 1 roerstaaf
- 1 petrischaal (ongeveer 15-20 cm Ø, in ieder geval groter dan de diameter van de gebruikte conus)
- rond filtreerpapier (ongeveer 15-20 cm Ø, niet te dun papier, bijvoorbeeld Whatman 597 240 mm diameter, <http://www.capitolscientific.com/Whatman-10311820-Grade-597-Cellulose-Qualitative-Filter-Paper-Diameter-24cm-Pore-Size-4-7m-P>)
- paperclip
- schaar
- eventueel vergrootglas

Uitvoering:

- Knip een stuk rond filtreerpapier middendoor, zodat je twee gelijke helften hebt. Maak van één helft een conus waarbij het halfronde gedeelte de onderzijde vormt zoals in figuur 1. Zet de conus aan de onderzijde vast met een paperclip. In figuur zie je op ongeveer 1-1,5 cm hoogte een potloodstreep staan. (Het is geen probleem als in de top van de conus een gat blijft.)



Figuur 1 Conus van filtreerpapier

- Maak het volgende mengsel in het bekerglas van 250 mL. Meet de hoeveelheden af met een maatcilinder. Roer het mengsel met een roerstaaf. (Soms lost het natriumchloride niet volledig op.)

	Natriumchloride*	Water	Ammonia	Blauwsel suspensie**
Mengsel	20 mL	40 mL	20 mL	20 mL

* Vast natriumchloride ook afmeten in een maatcilinder.

** Zorg dat je weer een goede suspensie hebt door te roeren/zwenken voor je de hoeveelheid afmeet

- Giet het mengsel in een petrischaal. Zorg dat het vloeistofniveau niet hoger is dan 1-1,5 cm.
- Zet de petrischaal met het mengsel op een rustige plek (trekvrije) waar deze 3 dagen kan blijven staan.

- Zet de papieren conus in het midden van het mengsel in de petrischaal. Zorg dat de conus de randen van de petrischaal niet raakt.
- Observeer gedurende 3 dagen de veranderingen. Maak regelmatig foto's en noteer het tijdstip waarop je de foto's maakt.

Opdracht 3 Welke ingrediënten zijn van belang?

Benodigdheden

- natriumchloride
- ammonia, ongeveer 10%
- suspensie Pruisisch blauw
- demiwater
- 4 maatcilinders: 25 mL (3x), 50 of 100 mL (1x)
- 4 x bekeerglas, 250 mL
- 1 roerstaaf
- 4 petrischalen (ongeveer 15-20 cm Ø)
- 3 x rond filterpapier (ongeveer 15-20 cm Ø, niet te dun papier)
- paperclip
- schaar

Uitvoering

Voer de proef in opdracht 2 nogmaals uit, doe dat voor de onderstaande mengsels A t/m D. Neem foto's op ongeveer dezelfde momenten als bij opdracht 2

	Natriumchloride*	Water	Ammonia	Blauwsel Suspensie**
Mengsel A	33 mL	67 mL	--	--
Mengsel B	25 mL	50 mL	25 mL	--
Mengsel C	25 mL	50 mL	--	25 mL
Mengsel D	--	50 mL	25 mL	25 mL
Mengsel opdracht 2	20 mL	40 mL	20 mL	20 mL

* Vast natriumchloride afmeten in een maatcilinder.

** Zorg dat je weer een goede suspensie hebt door te roeren/zwenken voor je de hoeveelheid afmeet

Resultaten en conclusie

Verwerk je resultaten (met de foto's) in een poster of een PowerPoint presentatie en formuleer de conclusie op de onderzoeksvraag: welke ingrediënten zijn van belang?

Magische kerstboom

Inhoudsopgave

- Tips
- Achtergrond
- Besteladressen magische kerstbomen
- Knipvoorbeeld kerstboom
- Tips
- Mogelijke onderzoeksvragen versie 1
- Resultaten Versie 2
- Conclusies
- Bronnen
- Benodigdheden
 - Opdracht 1
 - Opdracht 2
 - Opdracht 3

Tips

- * U kunt ook huishoudammonia (ongeveer 5 %) gebruiken. Dit heeft wel invloed op de duur van de vorming/groei van de kristallen.
- * U kunt conussen maken van kleiner filterpapier. U kunt dan ook volstaan met een kleinere hoeveelheid mengsel.
- * In plaats van met filterpapier kunt u ook werken met papier van witte koffiefilters. Wel opletten dat het stevig genoeg is om staande te blijven tijdens de groei. Andere soorten “zuigend papier”, sommige kartons kunt u ook gebruiken. Test wel eerst!
- * U kunt ook werken met een kerstboom i.p.v. met een conus. Zie na ‘besteladressen’ voor een knipvoorbeeld.
- * In het artikel waarop de proef is gebaseerd, spreekt men van volumedelen voor alle ingrediënten. Er is daarom gekozen om ook vast natriumchloride af te meten met een maatcilinder.

Achtergrond

- De vloeistof trekt door capillaire werking omhoog in het papier. Verder speelt verdampen van het oplosmiddel en kristalvorming een rol.
- Ammonia verhoogt de verdampingssnelheid.
- Bij het werken met een kerstboom zal aan de punten van de takken sneller verdamping plaats vinden (en dus kristalgroei optreden) doordat de lucht die er langs beweegt er makkelijker bij kan,
- Een optische witmaker of opwitter is een fluorescerende chemische stof en wordt gebruikt om materialen witter te laten lijken. Het effect van een opwitter is dat straling uit het onzichtbare ultraviolette deel van het spectrum wordt omgezet in zichtbaar blauw licht. Hierdoor wordt de kleur van het materiaal minder geel en wordt de totale hoeveelheid teruggestraald licht verhoogd. Een blauwe toon in wit geeft een gevoel van verhoging van de witheid. Vroeger had men bijvoorbeeld zakjes blauwsel, zoals Reckitt blauw. Dit bevatte onder andere Pruisisch blauw. Tegenwoordig gebruikt men andere stoffen.

Het “wollige”/vlokkige karakter van de kristallen:

- Op <http://www.3rd1000.com/labs/crystals.htm> staat:
“Addition of ammonia, a base, and salt does not change the colour of the bluing solution, but the crystals that grow are white. It is suspected that during the evaporation of solvent and resulting crystallization there is probably a reduction of the Prussian blue forming white $K_2Fe^{+2}Fe^{+2}(CN)_6$ where additional K^+ ions would fill the crystal lattice due to the openings left by reduction of Fe^{+3} to Fe^{+2} . Since there are a few additional potassium ions in solution, the lattice is probably filled by the Na^+ ions from the salt forming $KNaFe^{+2}Fe^{+2}(CN)_6$ which should

also be white in color. This potassium compound is known as Everitt's salt (Thomas Everitt, 1835)."

- Uit artikel David A. Katz., 2005, MAGIC® TREE1, An Explanation:

www.chymist.com/Magic%20tree.pdf:

"Since salt crystals grow in a cubic habit and tend to be hard, it is suspected that the fluffy white crystals that form are composed of ammonium chloride and the KNaFeIIFeII(CN)_6 . The ammonia would form ammonium chloride with the chloride ions from the salt. Ammonium salts tend to form fluffy white (flowering) crystals. There are two factors that determine crystal formation: (1) the unit cell or basic building block that the compound takes and (2) the habit or how the unit cells arrange themselves as the crystal grows. (Think of unit cells as blocks containing atoms in a specific arrangement and think of the habit as the different ways the blocks could be stacked in piles ranging from a cube to a tower to a pyramid. That applies to a single crystal, these are multiple crystals growing together.)

Besteladressen magisch groeiende kerstboom

(onderstaande sites zijn gecontroleerd op 15 november 2015)

- http://www.growmagic.nl/nl_nl/webshop/EAN871777490151/growmagic/growmagic-christmas-tree

- http://www.funkadowinkel.nl/contents/nl/p686_magische-boom.html

- Opmerking: te koop zijn ook magische sneeuwpoppen, konijnen en papegaaien.



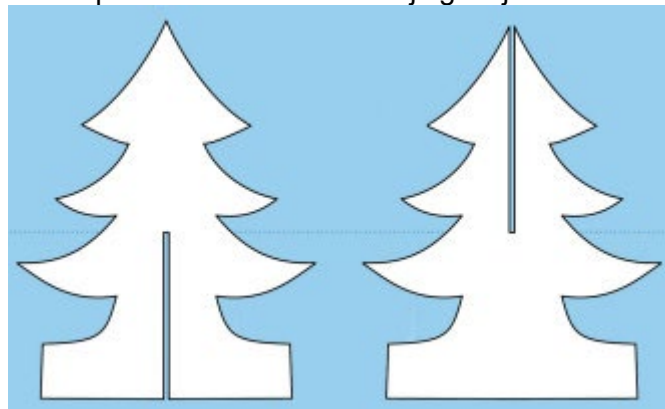
(Door toevoeging van (voedings)kleurstoffen (zie bij het konijn de roze uiteinden) ontstaan de kleuren.)

http://www.ultragadgets.nl/contents/nl/p1445_Magisch_groeiende_vogels.html

http://www.funkadowinkel.nl/contents/nl/p986_Magisch_groeiende_vogels.html

Knipvoorbeeld boom

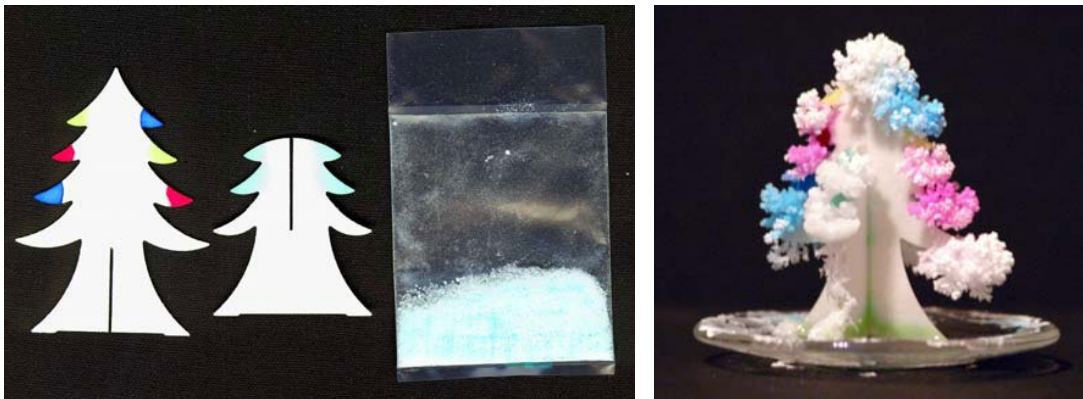
Mocht u liever met een kerstboom (laten) werken: op <http://www.chf.de/benzolring/2014/12-01.html> staat een knipvoorbeeld van een kerstboom (en een alternatief recept). De pdf met het knipvoorbeeld zit ook als bijlage bij de e-mail van Chemie Aktueel van november 2015.



Bij een hoogte van 7 cm van deze boom heeft u ongeveer 10 mL van het mengsel nodig. Gebruik een kleine petrischaal. Eventueel de kerstboom met een saté prikker in de kern stutten.

Tips

- Zet de opstelling(en) neer in een goed geventileerde ruimte i.v.m. de ammonia. (Wel zorgen dat er niet te veel wind waait/er grote trek is)
- De kristallen vallen er makkelijk af bij een stootje. Dus de opstelling laten staan op vaste plaats.
- Eerste kristalvorming eventueel bekijken met een vergrootglas.
- Gebruik voedingskleurstoffen. U kunt op de punten van de boom voedingskleurstoffen aan brengen (te koop bij bijvoorbeeld toko of zaak met bakproducten). U krijgt dan een gekleurde boom. Ook kunt u stiften met wateroplosbare kleurstoffen gebruiken.



Bron: David A. Katz., 2005, *MAGIC® TREE, An Explanation:*
www.chymist.com/Magic%20tree.pdf

- Bij het gebruik van een kerstboom kunt u nog letten op welke takken de eerste kristallen zich vormen. Katz meldt: op de op een na laagste takken. Waarschijnlijk omdat de onderste takken te dicht in de buurt zijn van een vochtige omgeving (de petrischaal), waardoor de verdampingssnelheid verlaagt.

Mogelijke onderzoeksvragen versie 1

- * Welke ingrediënten zijn van belang voor het ontstaan van een mooie boom?
- * Wat zijn de minimale hoeveelheden om mooie kristallen aan de boom te laten groeien.
- * Kun je ook andere zouten gebruiken i.p.v. natriumchloride?
- * Kun je de kristallen hergebruiken om opnieuw een boom te laten groeien? (Wel water er aan toe voegen)
- * Er kan onderzoek gedaan worden naar de vormingssnelheid of groeisnelheid van de kristallen en naar het uiterlijk van de kristallen.
Factoren kunnen zijn:
 - concentratie van de zoutoplossing
 - concentratie van ammonia
 - "concentratie" van Pruisisch blauw
 - temperatuur van het mengsel
 - omgevingstemperatuur
 - luchtvochtigheid
 - luchtventilatie rond de opstelling
 - soort en dikte papier
 - zuigkracht papier
 - vorm van de "boom" (puntige takken)

- kleurstoffen (voeding, indicatoren, uit toverstiften)

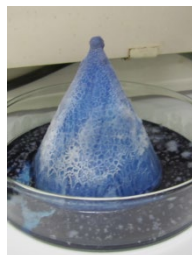
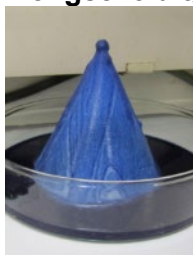
-

* Heeft de manier van aanbrengen van het mengsel invloed op de groei van de kristallen?

Als mengsel 3 van boven over de conus wordt uitgegoten, gebeurt er weinig (zie onder kopje resultaten)

	Zout	Water	Ammonia	Blauwsel Mrs. Stewards Liquid Bluing
Mengsel 3 uitgegoten over conus	25 mL	50 mL	--	25 mL

Mengsel 3 uitgegoten over de conus



Er vormt zich een dikke koek van kleine zoutkristallen op de conus.

* De vormingstijd van de kristallen is sterk afhankelijk van de temperatuur en de vochtigheidsgraad. Onder een warme lamp ontstaan de eerste kristallen al na 15 min. Op een warme droge dag na 1-2 uur. Op een koude, regenachtige dag na 4 uur.

* Is er verschil in snelheid van kristalvorming aan de zon/schaduwkant van een kerstboom?

* Kun je de kristallen ook laten groeien op een sponsachtig of poreus materiaal?

Resultaten Versie 2

Met dank aan Bas van Genabeek voor het uitvoeren en de verslaglegging van de experimenten

Met Pruisisch blauw

De eerste foto (links) is gemaakt direct na het plaatsen van de conus in het mengsel, de tweede (midden) na 1 dag en de derde (rechts) na 3 dagen.

	Zout	Water	Ammonia	Blauwsel suspensie
Mengsel opdracht 2	20 mL	40 mL	20 mL	20 mL



Vrijwel direct na de toevoeging van ammonia verkleurt het Pruisisch blauw naar een bruin, vlokkelig neerslag. Net als bij mengsel 4 (zie hieronder bij de resultaten met "Mrs. Stewards Liquid Bluing") begint zich binnen een dag een vlokkelig/wollige

zoutafzetting te vormen op de top van de conus. Na 2 dagen is al het water verdampt en is de volledige conus en een gedeelte van de petrischaal bedekt met een volumineuze laag zout.

Met blauwsel (Mrs. Stewards Liquid Bluing)

De proeven zijn uitgevoerd met *Mrs. Stewards Liquid Bluing*. Aangezien dit blauwsel in Nederland niet te koop is, kunt u onderstaande proeven uitvoeren met de zelf gemaakte suspensie van Pruisisch blauw.

	Zout	Water	Ammonia	Blauwsel Mrs. Stewards Liquid Bluing
Mengsel 1	33 mL	67 mL	--	--
Mengsel 2	25 mL	50 mL	25 mL	--
Mengsel 3	25 mL	50 mL	--	25 mL
Mengsel 4*	20 mL	40 mL	20 mL	20 mL
Mengsel 5	--	50 mL	25 mL	25 mL

* Mengsel 4 is gelijk aan de proef met het mengsel van Pruisisch blauw

Voor elke mengsel zijn foto's gemaakt. De eerste (link) direct na het plaatsen van de conus in het mengsel, de tweede (midden) na 1 dag en de derde (rechts) na 3 dagen.

Mengsel 1



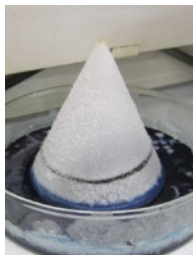
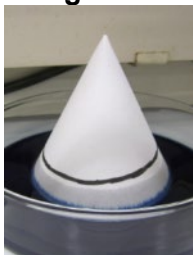
Er blijft een harde zoutkorst van kleine zoutkristallen achter op de conus en in de petrischaal

Mengsel 2



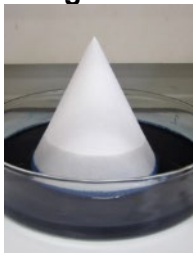
Opnieuw blijft een harde zoutkorst achter. Er blijft minder zout achter in de petrischaal dan bij mengsel 1. Ook zijn zoutkristallen in de petrischaal groter.

Mengsel 3



Er zet zich meer zout af op de conus dan bij mengsel 1 of 2. Het blauwsel blijft achter in de petrischaal.

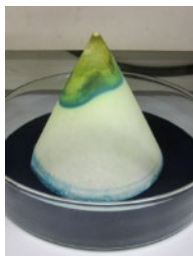
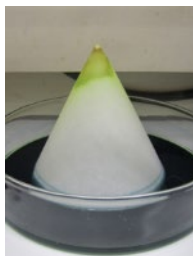
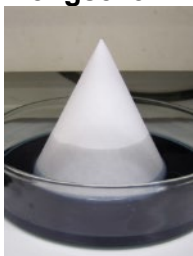
Mengsel 4



Het blauwsel verkleurt binnen een paar uur naar een bruin, vlokkig neerslag. Binnen een dag beginnen zich vlokke zoutafzettingen te vormen op de top van de conus. Na 3 dagen is de volledige conus en een gedeelte van de petrischaal bedekt met een volumineuze laag zout.

Deze resultaten komen overeen met die van de proef met de suspensie van Pruisisch blauw.

Mengsel 5



De conus wordt licht blauw/groen door blauwsel dat door capillaire werking omhoog wordt gezogen. Er is geen afzetting van vaste stoffen.

Conclusies

Zoals verwacht, ontstaat er alleen een "zoutafzetting" als er zout in het gebruikte mengsel zit (bij mengsel 5 gebeurt immers niets). Alleen zout is echter niet genoeg om grote zoutkristallen te krijgen (mengsel 1). Ook de toevoeging van ammonia (mengsel 2) of blauwsel (mengsel 3) geeft geen grote zoutafzetting. Bij mengsel 3 neemt de zoutafzetting echter wel iets toe. Als echter een mengsel van zout met zowel ammonia als blauwsel wordt gebruikt, ontstaat binnen 1 dag een zware vlokke/wollige zoutafzetting op de conus. Bovendien verandert de kleur van het blauwsel.

Bronnen:

- <http://mrsstewart.com/magic-salt-crystal-garden/>, zie daar o.a. de pdf
- Gettys, N, 2000, How Does Your Garden Grow? Investigating the "Magic Salt Crystal Garden", *J. Chem. Educ.*, 2000, 77 (5), p 624A
- David A. Katz., 2005, MAGIC® TREE1, An Explanation: www.chymist.com/Magic%20tree.pdf
- <http://www.chf.de/benzolring/2014/12-01.html>

Benodigdheden

Voor de **demonstratie** van versie 1 voert u opdracht 1 en 2 van versie 2 uit.

Opdracht 1: Pruisisch blauw suspensie

- 50 mL ijzer(III)chloride hexahydraat oplossing (7,5 g/100 mL)
- 50 mL kaliumhexacyanoferraat(II) oplossing (geel bloedloogzout), (3,0 g/100 mL)
- maatcilinders: 25 of 50 mL
- erlenmeyer: 250 mL

Opdracht 2 Een magische boom laten groeien

- natriumchloride
- ammonia ongeveer 10%
- suspensie Pruisisch blauw
- demiwater
- 4 maatcilinders: 25 mL (3x), 50 of 100 mL (1x)
- 1 bekersglas, 250 mL
- 1 roerstaaf
- 1 petrischaal (ongeveer 15-20 cm Ø, in ieder geval groter dan de diameter van de gebruikte conus)
- rond filtreerpapier (ongeveer 15-20 cm Ø, niet te dun papier, bijvoorbeeld Whatman 597 240 mm diameter, <http://www.capitolscientific.com/Whatman-10311820-Grade-597-Cellulose-Qualitative-Filter-Paper-Diameter-24cm-Pore-Size-4-7m-P>)
- paperclip
- schaar
- eventueel vergrootglas

Opdracht 3 Welke ingrediënten zijn van belang?

Benodigdheden

- natriumchloride
- ammonia, ongeveer 10%
- suspensie Pruisisch blauw
- demiwater
- 4 maatcilinders: 25 mL (3x), 50 of 100 mL (1x)
- 4 x bekersglas, 250 mL
- 1 roerstaaf
- 4 petrischalen (ongeveer 15-20 cm Ø)
- 3 x rond filtreerpapier (ongeveer 15-20 cm Ø, niet te dun papier, (ongeveer 15-20 cm Ø, niet te dun papier, bijvoorbeeld Whatman 597 240 mm diameter, <http://www.capitolscientific.com/Whatman-10311820-Grade-597-Cellulose-Qualitative-Filter-Paper-Diameter-24cm-Pore-Size-4-7m-P>)
- paperclip
- schaar

SHELL GEEFT TOE: NIET GOED OPGELET

Versie I Shell geeft toe: niet goed opgelet

<i>Klas</i>	4 h/v
<i>Subdomein</i>	Industriële processen
<i>Vaardigheid</i>	Informatie
<i>Specificaties</i>	Veiligheid proces, productie, reactiekinetiek
<i>Trefwoorden</i>	Explosie, koolstofverbindingen, katalysator, veiligheidseisen
<i>Vaardigheidsvraag</i>	Informatie-begripsvraag

Versie II Shell geeft toe: niet goed opgelet

<i>Klas</i>	5 h/v
<i>Subdomein</i>	Industriële processen
<i>Vaardigheid</i>	Informatie
<i>Specificaties</i>	Veiligheid proces, productie, reactiekinetiek
<i>Trefwoorden</i>	Reactiemechanisme, reactor, katalysator
<i>Vaardigheidsvraag</i>	Informatie-begripsvraag

Versie III Wat voorafging

<i>Klas</i>	4,5 v
<i>Subdomein</i>	Chemische processen
<i>Vaardigheid</i>	Informatie
<i>Specificaties</i>	Organische chemie
<i>Trefwoorden</i>	Ethylbenzeen, propaan, styreen, propyleenoxide, MSPO, explosie
<i>Vaardigheidsvraag</i>	Informatiebegripsvraag

www.c2w.nl, 16 juni 2015

Shell geeft toe: niet goed opgelet

Explosie MSPO-2 in Moerdijk gevolg van over het hoofd gezien risico

Shell Moerdijk heeft excuses aangeboden voor de explosie in de MSPO-2 fabriek, een jaar geleden. Bij eerdere aanpassingen aan het productieproces is niet goed opgelet, zo valt op te maken uit een zeldzaam openhartig persbericht.



De herbouw van de fabriek is nog in volle gang. (Copyright: Shell)

De explosie op 3 juni 2014, die de installatie grotendeels verwoestte, werd veroorzaakt door een onverwachte reactie tijdens het opstarten van de fabriek. De verse katalysator werd dan altijd gespoeld met warm ethylbenzeen, een van de grondstoffen voor het MSPO-proces dat styreen en propyleenoxide oplevert. Er ging iets mis, waardoor druk en temperatuur van de reactor zo snel opliepen dat er geen redden meer aan was. De schade was dusdanig dat de fabriek waarschijnlijk

pas begin volgend jaar weer in bedrijf komt.

Bij het ontwerp van de fabriek was ooit onderzocht of onder de heersende omstandigheden een reactie kon optreden. Het antwoord was nee. 'We zijn er altijd vanuit gegaan dat ethylbenzeen niet met onze katalysator kon reageren', aldus Shell, waarmee wel zal worden bedoeld dat het niet op zijn ééntje reageert.

Maar in de tussentijd zijn enkele veranderingen in de installatie en de procescondities doorgevoerd, en bij de bijbehorende risicobeoordelingen is zo'n mogelijke reactie 'niet meegenomen of ontdekt'. Achteraf concludeert het bedrijf "dat kan worden gesteld dat de opwarmstap opnieuw had moeten worden beoordeeld, bijvoorbeeld bij de selectie van een nieuwe katalysator. Gebleken is dat de nieuwe katalysator reactiever was dan de daarvoor gebruikte katalysator. Dit heeft onder de gewijzigde omstandigheden het incident mogelijk gemaakt. Met de eerder gebruikte katalysator had het incident niet kunnen plaatsvinden."

Met de aantekening dat concurrenten er óók van kunnen leren: wellicht hebben die dezelfde denkfout gemaakt en zitten ze nu dus op een tijdbom.

Shell Moerdijk werkt nu aan verbeterde opstartprocedures, én herziene manier waarop die procedures worden aangepast, beoordeeld en goedgekeurd als er in de toekomst weer iets aan het proces verandert. Ook wordt gestudeerd op een betere manier om de risico's van chemische reacties te beoordelen (*reactive hazard assessment*).

Tot slot is 'een veranderingsteam opgezet dat zich richt op een meer gestroomlijnde organisatie met extra focus, ook op het gebied van veiligheid en de manier waarop we werken.'

In de tussentijd wordt in elk geval niet meer gespoeld met ethylbenzeen maar met stikstof, waarvan je zéker weet dat het nergens mee reageert.

Versie I

Een van de grondstoffen in de MSPO-fabriek is ethylbenzeen.

- 1 Teken de structuurformule van ethylbenzeen.

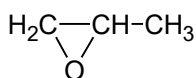
Een van de producten is styreen.

- 2 Zoek de systematische naam van styreen op en teken de structuurformule.
- 3 Leg met behulp van gegevens uit het artikel uit of de reactie die optrad bij het opstarten een endotherme of een exotherme reactie was.
- 4 Wat is de functie van een katalysator?

In het artikel staat: '*We zijn er altijd vanuit gegaan dat ethylbenzeen niet met onze katalysator kon reageren*', aldus Shell, waarmee wel zal worden bedoeld dat het niet op zijn ééntje reageert.'

- 5 Leg uit waarom deze reactie niet eerder ook al was opgetreden.
- 6 Leg uit wat er bedoeld wordt met de zinsnede: '..... dat het niet op zijn ééntje reageert.'

De MSPO-2 fabriek maakt styreen en propyleenoxide uit propeen en ethylbenzeen. De structuurformule van propyleenoxide is:



- 7 Leg uit dat het logisch lijkt om de katalysator op te warmen met behulp van ethylbenzeen.

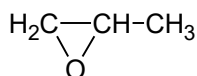
Bij de explosie verbrandde het ethylbenzeen.

- 8 Geef de reactievergelijking in molecuulformules voor de volledige verbranding van ethylbenzeen.
 - 9 Leg uit waarom Shell bij dit proces voortaan stikstof gebruikt in plaats van ethylbenzeen.
 - 10 Leg uit waarom er meer dan de vier genoemde stoffen bij dit proces betrokken moeten zijn
- Shell had verzuimd om bij het vernieuwen van de katalysator een bepaald onderzoek te doen.
- 11 Welk onderzoek was dit?
 - 12 Leg uit dat zulk soort onderzoek altijd wél noodzakelijk is.

Versie II

In de MSPO fabriek worden de stoffen styreen en propenoxide gemaakt. Het styreen wordt gebruikt als monomeer voor polystyreen. Propenoxide wordt gebruikt om propyleenglycol te maken, dat wereldwijd voorkomt in cosmetica, voedsel en geneesmiddelen.

De structuurformule van propenoxide is:



- 1 Teken de structuurformules van ethylbenzeen en styreen.

De reactie verloopt in enkele stappen:

Stap 1: Eerst reageert ethylbenzeen met zuurstof tot ethylbenzeenhydroperoxide. In het ethylbenzeenhydroperoxide zijn de twee zuurstofatomen terechtgekomen tussen het C-atoom van de ethylgroep die gebonden is aan de benzeenring en het eraan gebonden H-atoom.

Stap 2: Daarna reageert de ethylbenzeenhydroperoxide onder invloed van de katalysator met propen tot propenoxide en 1-fenylethaan-1-ol. Er ontstaat als bijproduct methylfenylketon. Methylfenylketon behoort tot de groep der ketonen.

In een aparte stap kan het methylfenylketon met behulp van een andere katalysator worden omgezet in 1-fenylethaan-1-ol.

Stap 3: Uiteindelijk wordt het 1-fenylethaan-1-ol omgezet in het monomeer styreen.

- 2 Geef de reactievergelijkingen van stap 1 en 2 in structuurformules weer.
- 3 Teken de structuurformule van methylfenylketon.
- 4 Leg uit welk type reactie er moet optreden om 1-fenylethaan-1-ol te maken uitgaande van methylfenylketon.

De explosie heeft plaatsgevonden in de unit van het bedrijf waar het methylfenylketon wordt omgezet in 1-fenylethaan-1-ol. De reactor waar het gebeurde is een zogenoemde trickle-bed reactor. In een dergelijke reactor wordt van bovenaf een gas - in dit geval waterstofgas - en een vloeistof - in dit geval methylfenylketon (MFK) - over katalysatorkorrels gespreid. Het is

belangrijk dat de katalysatorkorrels worden bevochtigd, omdat de warmteafvoer bij de exotherme reactie beter door een vloeistof dan door een gas wordt gerealiseerd.

- 5 Leg uit waarom een vloeistof beter in staat is om de ontstane warmte af te voeren dan een gas.
- 6 Geef een reden waarom het gas en de vloeistof gespreeid worden over de katalysatorkorrels.

Bij de omzetting van methylfenylketon naar 1-fenylethaan-1-ol is de eerst stap de reactie tussen de katalysator en waterstofgas. Vervolgens reageert de geactiveerde katalysator met het MFK tot het eindproduct en de katalysator keert terug in zijn uitgangsvorm.

Na verloop van tijd worden de katalysatorkorrels minder werkzaam en moeten worden vervangen door nieuwe. Dit gebeurt slechts eens in de drie tot vier jaar. De reactor moet daarna weer worden opgestart. Dit gebeurde met stikstofgas en warm ethylbenzeen.

In het artikel staat: *'In de tussentijd wordt in elk geval niet meer gespoeld met ethylbenzeen maar met stikstof, waarvan je zeker weet dat het nergens mee reageert.'*

Deze laatste zin klopt niet helemaal.

- 7 Geef aan wat hier beter geschreven had kunnen worden.

Met de nieuwe katalysator ging er bij het opstarten iets grondig mis, waardoor de reactor explodeerde.

- 8 Leg uit wat er volgens het artikel uit C2W mis ging.
- 9 Leg uit hoe het mogelijk was dat dit kon gebeuren.

Bij het opstarten ging nog meer mis dan hetgeen in het artikel is genoemd. Er werd te weinig ethylbenzeen en stikstof per uur toegevoegd. Hierdoor werden de katalysatorkorrels niet voldoende benat en ontstonden er zogenoemde hotspots in de katalysatorkorrels. Er ontstond een run-away reactie. Dat is de vakterm voor een exotherme reactie die op hol slaat.

- 10 Leg uit dat de reactie die op gang kwam een exotherme reactie moet zijn geweest.
- 11 Leg uit hoe er vervolgens een run-away reactie kon ontstaan.

WAT VOORAFGING

Chemie Magazine, juli/augustus 2015

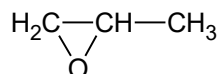
WAT VOORAFGING

In de Shell-fabrieken MSPO-1 en MSPO-2 in Moerdijk produceren circa 250 werknemers propyleenoxide en styreen op basis van ethylbenzeen, lucht en propaan. De MSPO-2, die in 1999 operationeel is geworden, heeft een capaciteit van circa 550 kiloton styreenmono-mer per jaar en 250 kiloton propaanoxide per jaar en is een van de grootste ter wereld. Op de avond van 3 juni 2014 raakte deze fabriek zwaar beschadigd door een explosie in de reactor. Het incident vond plaats tijdens het opstarten na een onderhoudsbeurt. Shell bericht medio juni dit jaar over de oorzaak: de katalysator, een hulpstof voor het productieproces, is opgewarmd met warm ethylbenzeen. Hierdoor stegen temperatuur en druk in 23 seconden tot een onhoudbaar niveau en ontstond een niet te controleren, zichzelf versterkende chemische reactie. Slechts twee werknemers raakten lichtgewond, hoewel brokstukken van de reactor tot 800 meter verderop zijn gevonden. Shell stelt dat 'Moerdijk' in de loop der tijd een nieuwe katalysator in gebruik heeft genomen zonder dat het concern de reacties van ethylbenzeen met deze katalysator, die reactiever is dan de vorige, heeft onderzocht. Het bedrijf verklaart op basis van eigen onderzoek dat de opwarmstap opnieuw had moeten worden beoordeeld. De veranderde samenstelling van de katalysator heeft bijgedragen aan het incident, aldus Shell.

De MSPO-2 fabriek produceert stoffen zoals propyleenoxide en styreen. Die stoffen worden gevormd uit ethylbenzeen, propaan en lucht.

- 1 Geef de structuurformules van ethylbenzeen en propaan.
- 2 Geef de structuurformule van styreen. Gebruik Binas tabel 66A.

De structuur van propyleenoxide is



- 3 Geef de reactievergelijking van de omzetting van propaan in propyleenoxide in structuurformules weer.
- 4 Geef ook de reactievergelijking van de omzetting van ethylbenzeen in styreen in structuurformules weer. Er ontstaat ook water bij deze reactie.

Bij het opstarten na een onderhoudsbeurt ging het mis. Bij het opstarten werd de gebruikte katalysator opgewarmd met warm ethylbenzeen.

- 5 Wat is de functie van een katalysator in een proces?
- 6 Waarom zal de katalysator opgewarmd worden?

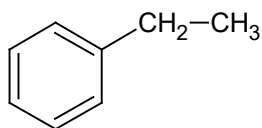
De temperatuur en druk stegen in 23 seconden naar een "onhoudbaar niveau".

- 7 Hoe noem je 'een niet te controleren, zichzelf versterkende chemische reactie' ook wel?
- 8 Leg uit dat het een exotherme reactie moet zijn geweest.
- 9 Wat ging er fout en waarom ging het fout?

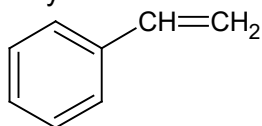
Shell geeft toe: niet goed opgelet

Versie 1

1



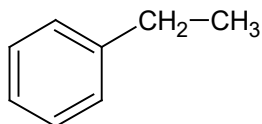
2 Fenyletheen



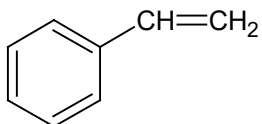
- 3 De druk en de temperatuur liepen zo snel op dat er geen redding aan was. Dit moet een exotherme reactie geweest zijn, die veel warmte produceerde, zodat de reactie steeds sneller ging.
- 4 Een katalysator beïnvloedt de snelheid van een bepaalde reactie. De katalysator wordt wel gebruikt, maar niet verbruikt.
- 5 De katalysator was aangepast. De vorige katalysator vertoonde deze reactie niet.
- 6 De katalysator moet natuurlijk wel reageren met een stof om de reactie sneller te laten verlopen. Maar de katalysator reageerde niet met ethylbenzeen alleen.
- 7 Op die manier had je meteen al twee van de stoffen die nodig zijn in de reactor.
- 8 $2 \text{ C}_8\text{H}_{10} + 21 \text{ O}_2 \rightarrow 16 \text{ CO}_2 + 10 \text{ H}_2\text{O}$
- 9 Stikstof reageert met geen enkele stof onder deze omstandigheden en kan dus goed gebruikt worden om de katalysator op te warmen.
- 10 Het O-atoom uit het propeenoxide moet ergens vandaan komen. Er zal dus nog een stof nodig zijn.
- 11 Ze hebben nagelaten om te onderzoeken of de nieuwe katalysator onder die omstandigheden bij de opwarmfase zou reageren met het ethylbenzeen.
- 12 Zodra er iets wordt veranderd aan een productieproces is het nodig om al het veiligheidsonderzoek opnieuw te doen om te voorkomen dat dit soort ongelukken gebeuren.

Versie II

1

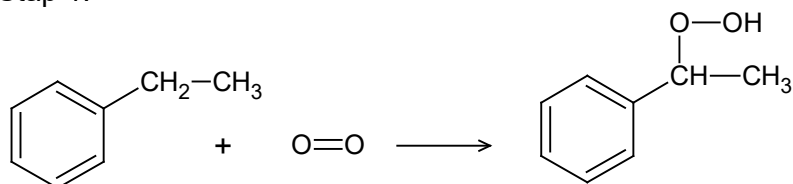


ethylbenzeen

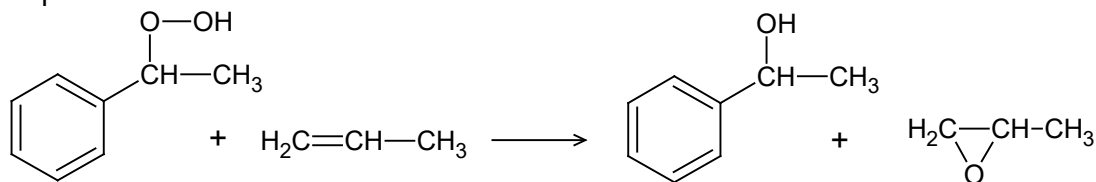


styreen, fenyletheen

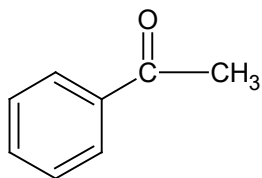
2 Stap 1:



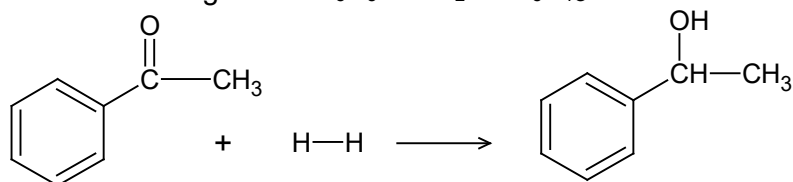
Stap 2:



3



4 Een additie volgens: $C_8H_8O + H_2 \rightarrow C_8H_{10}O$



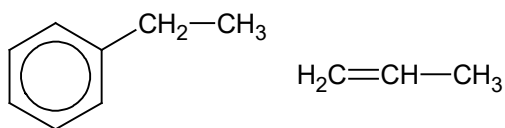
- 5 De soortelijke warmte van een gas is veel kleiner dan van een vloeistof. Een gas kan dus veel minder warmte opnemen.
- 6 De katalysator moet goed benat worden met de vloeistof. Maar het waterstof en het MFK moeten ook goed gemengd worden omdat ze met elkaar én met de katalysator moeten kunnen reageren.
- 7 Men blijft opwarmen met stikstof, omdat daar niets mee kan gebeuren. Als vloeistof wordt een andere vloeistof gebruikt, die niet kan reageren met de nieuwe katalysator.
- 8 Er ontstond een onverwachte reactie tussen ethylbenzeen en de katalysator.
- 9 Bij het in gebruik nemen van de nieuwe katalysator was niet onderzocht of de katalysator kon reageren met het ethylbenzeen.
- 10 Het moet een exotherme reactie geweest zijn, omdat de reactie steeds meer warmte produceerde, er ontstonden hotspots in de katalysatorkorrels.
- 11 Bij een exotherme reactie, die meer warmte gaat produceren dan het koelsysteem kan afvoeren, wordt het reactiemengsel steeds heter en gaat nóg heftiger reageren". Het gevolg is dat de reactie "op hol slaat". Met een ontploffing als meest voor de hand liggende gevolg.

Opmerkingen

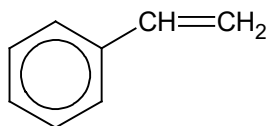
- In versie 2 hebben de vragen 5,6 en 10,11 geen directe relatie met het artikel, maar zijn een uitbreiding. U kunt ze eventueel weg laten.
- Zie ook artikel uit opgave 'Wat voorafging' (CA 1511).

Versie 3: Wat voorafging

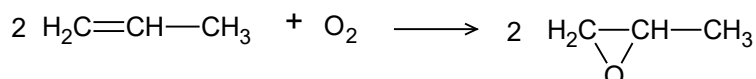
1



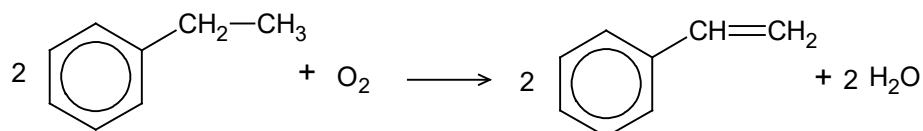
2



3



4



5 Een katalysator versnelt een reactie (zonder daarbij verbruikt te worden).

6 Dan zal de reactie nog sneller kunnen verlopen. De katalysator kan dan nog beter zijn functie uitvoeren als reactieversneller.

7 Een explosie.

8 De temperatuur steeg zeer snel dus moet er warmte vrijgekomen zijn.

9 De gebruikte katalysator gaf aanleiding tot een niet gewenste reactie van ethylbenzeen die uit de hand liep. Er was niet getest of de nieuwe katalysator wellicht niet-gewenste reacties zou veroorzaken.

Opmerking

Uit de opgave "Shell geeft toe, niet goed opgelet"(CA 1511) blijkt dat het proces complexer is dan in vraag 3 en 4 gevraagd wordt in deze opgave 'Wat voorafging'.

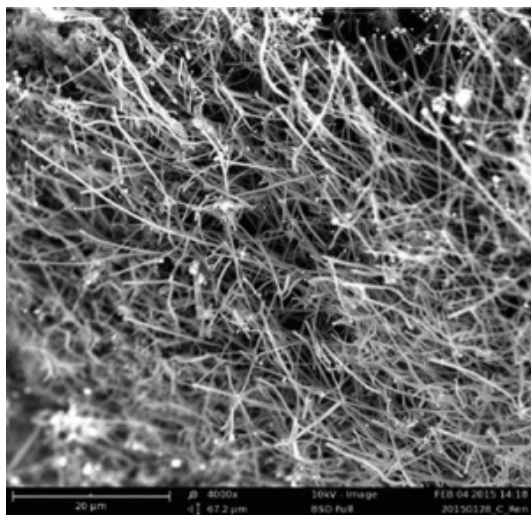
WETENSCHAPPERS TRANSFORMEREN CO₂ IN KOOLSTOFVEZELS

Klas	3 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen-reactieproducten
Trefwoorden	Reactievergelijkingen, elektrolyse
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag, argumentenvraag,

<http://www.scientias.nl/>, 20 augustus 2015

Wetenschappers transformeren CO₂ in koolstofvezels

Tim Kraaijvanger



Zo zien de koolstofvezels op de elektrodes er van dichtbij uit.

Onderzoekers hebben een wapen gevonden in de strijd tegen klimaatverandering. Zij gebruikten een nieuwe methode om koolstof uit de lucht te halen en er vervolgens zuurstof en koolstofvezels van te maken.

Om koolstof uit de lucht te halen, is gesmolten lithiumcarbonaat nodig met opgeloste lithiumoxide. Lithiumoxide bindt met koolstofdioxide in de lucht en vormt lithiumcarbonaat. Wanneer de onderzoekers het goedje een stroomschok geeft, ontstaat er zuurstof, koolstof (dat wordt afgezet op de elektrodes) en lithiumoxide. Lithiumoxide kan gebruikt worden om meer koolstofdioxide te vangen, terwijl de koolstofvezels op de elektrodes verzameld kunnen worden.

Op dit moment is er veel vraag naar koolstofvezels. Helaas is het vrij duur om deze vezels te produceren. De nieuwe methode kan de kostprijs van koolstofvezels verlagen en helpt daarbij ook mee aan het verlagen van de hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer van de aarde.

10% van de Sahara

Hoe groot moet een lithiumcarbonaatbad zijn? De onderzoekers berekenen dat wanneer het bad tien keer kleiner is dan de Sahara, dat de hoeveelheid CO₂ in de atmosfeer binnen tien jaar lager is dan voor de Industriële Revolutie. Klinkt goed, maar laten we niet vergeten dat tien procent van de Sahara nog steeds twaalf keer het oppervlak van Nederland. Wie heeft er

zin om zo'n gigantisch bassin te bouwen?

Koolstofvezel is hét materiaal van de toekomst

Misschien wel de bedrijven die koolstofvezels nodig hebben. Als de bouw van zo'n bassin qua prijs lager uitvalt dan de (lange termijn) productie van koolstofvezels, dan kan het aantrekkelijk zijn om een lithiumcarbonaatzwembad te bouwen. Je moet er immers rekening mee houden dat koolstofvezels in de toekomst staal, aluminium en zelfs beton kan vervangen.

Wetenschappers hebben weer een nieuwe methode bedacht om koolstofdioxide uit de lucht te halen.

- 1 Leg uit waarom men op zoek is naar methodes om koolstofdioxide uit de lucht te halen.
- 2 Leg uit welk voordeel de nieuwe methode ook heeft naast het uit de lucht halen van koolstofdioxide.
- 3 Geef een reden waarom het voordeel uit vraag 2 nog meer gunstig.

De schrijver van het artikel maakt een paar fouten in zijn artikel:

- hij gebruikt de formule CO₂
- hij schrijft twee keer in een zin "koolstof" ('Om koolstof uit de lucht te halen').

- 4 Noteer de formule die hij gebruikt op de chemisch juiste manier.
- 5 Leg uit welk woord in de zin hoort te staan in plaats van 'koolstof'.

In de nieuwe methode reageert koolstofdioxide uit de lucht met lithiumoxide (Li₂O) tot lithiumcarbonaat (Li₂CO₃).

- 6 Geef de reactievergelijking.

Onder invloed van elektrische stroom reageert het lithiumcarbonaat vervolgens tot koolstof, zuurstof en lithiumoxide.

- 7 Geef de naam van het proces waarbij men elektrische stroom gebruikt om stoffen te laten reageren.
- 8 Wat voor type reactie treedt hier op?
- 9 Geef de reactievergelijking van dit proces.
- 10 Wat is een bijkomend voordeel van het totale proces als je de reactievergelijkingen uit je antwoorden op vraag 5 en 7 bekijkt.

In het artikel staat dat je een bad ter grootte van 10 % van de Sahara met lithiumcarbonaat nodig hebt om het koolstofdioxidegehalte in de atmosfeer terug te brengen naar het niveau van voor de industriële revolutie. Nu is een dergelijk groot bad niet erg handig.

- 11 Leg uit welk economisch nadeel er ook aan zit als je alle koolstofdioxide in een keer weg wilt werken

Op de site van *Kijk Magazine* staat ook een artikel over de nieuwe methode. De kop van dat artikel luidt 'Broeikasgas om te zetten naar auto-onderdelen'.

(<http://www.kijkmagazine.nl/nieuws/broeikasgas-om-te-zetten-naar-auto-onderdelen/>).

Deze kop is aansprekender dan de kop van het artikel van *Scientias*.

- 12 Leg uit wat het verschil is tussen de kop van het artikel van *Scientias* en van *Kijk Magazine*.

Wetenschappers transformeren CO₂ in koolstofvezels

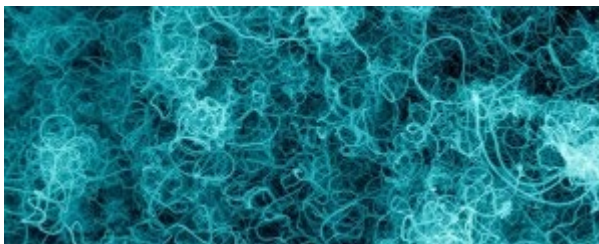
- 1 Koolstofdioxide in de atmosfeer zorgt voor een versterkt broeikaseffect.
- 2 Men maakt ook koolstofvezels.
- 3 Koolstofvezels zijn nu nog duur. Ze worden dan goedkoper en kunnen dus meer worden toegepast.
- 4 CO₂
- 5 Koolstofdioxide
- 6 $\text{Li}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Li}_2\text{CO}_3$
- 7 Elektrolyse.
- 8 Ontledingsreactie.
- 9 $\text{Li}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Li}_2\text{O} + \text{C} + \text{O}_2$
- 10 Het Li₂O dat je in de eerste reactie gebruikt, krijg je in de tweede weer terug. Je kunt het daardoor opnieuw gebruiken.
- 11 Je kunt het Li₂O niet hergebruiken. Het kost dus veel meer geld.
- 12 Het artikel van *Scientias* heeft een meer wetenschappelijke getinte titel, terwijl het artikel uit *Kijk Magazine* meer populair is.

Artikel uit *Kijk Magazine*:

Bron: <http://www.kijkmagazine.nl/nieuws/broeikasgas-om-te-zetten-naar-auto-onderdelen/>

Broeikasgas om te zetten naar auto-onderdelen?

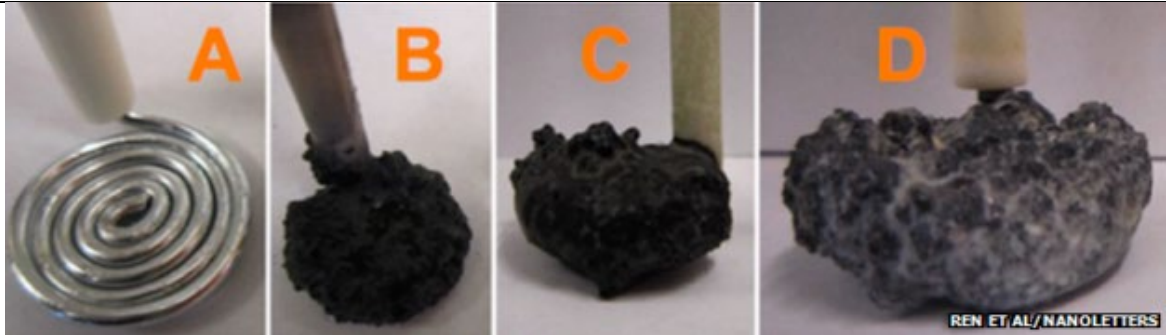
20 augustus 2015, door NJ



Het is onderzoekers gelukt om atmosferische koolstofdioxide op te vangen en te veranderen in nuttige nanovezels.

Door koolstofdioxide met een speciale opstelling uit de lucht te plukken, zijn Amerikaanse wetenschappers er in geslaagd om koolstofnanovezels te maken – stoffen die worden gebruikt om onderdelen te maken voor onder andere vliegtuigen, fitnessapparaten en sportauto's. Deze vinding zou de productiekosten van het dure materiaal omlaag brengen en de opwarming van de aarde bestrijden.

De opstelling bestaat uit twee elektrodes geplaatst in een bad met gesmolten lithiumcarbonaat dat is verhit tot 750 graden Celsius. Het lithium gaat een reactie aan met koolstofdioxide uit de lucht, waardoor het broeikasgas oplost in het vat. Een elektrisch stroompje, opgewekt door zonne-energie, kan er vervolgens voor zorgen dat er geleidelijk een klomp koolstofnanovezels ontstaat rondom de elektrodes:



Hoofdonderzoeker Stuart Licht vertelde op de bijeenkomst van de American Chemical Society dat een grootschalige inzet van zijn vinding niet alleen voor goedkopere nanovezelproductie zou zorgen, maar ook de hoeveelheid broeikasgas binnen tien jaar terug zou dringen tot het gehalte dat vóór de industriële revolutie in onze atmosfeer hing.

Iets te optimistisch, luidt het antwoord van veel onderzoekers op deze bewering en er heerst een 'eerst zien, dan geloven'-sfeertje. Velen van hen waren wel onder de indruk dat het Licht überhaupt was gelukt om nanovezels op deze simpele manier te produceren, maar ze noemen dit slechts de eerste stap. Er moeten nog heel wat hindernissen worden overwonnen.

Bron: Nano Letters, New Scientist

CO₂ IS NIET VIES

Klas	3,4 hv
Subdomein	Chemische processen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Koolstofdioxidekringloop
Trefwoorden	Koolstofdioxide, broeikaseffect, fotosynthese, ppm, percentage
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

NRC Handelsblad, 1 augustus 2015

We kunnen rustig door ademen, want CO₂ is niet vies, beste planeetredders



Niet schrikken: de opinie van Paternotte en Bosman (27/7) is gegrond op waandenkbeelden. CO₂ is namelijk helemaal niet 'vies'. CO₂ is een essentieel gas voor plantengroei. In onze kassen in het Westland heeft de atmosfeer meer dan twee keer zoveel CO₂ als in de buitenlucht om de groei te bevorderen. Mensen kunnen daar prima de hele dag in werken.

Onze kolencentrales zijn voorzien van scrubbers die alle NO_x en SO₂ verwijderen, zodat alleen schone stoom en schone CO₂ in het uitlaatgas voorkomen. Aardgas verbrandt vanzelf al helemaal schoon en olie wordt niet gebruikt voor elektriciteitsopwekking. CO₂ is zeker geen luchtvervuiling.

Waar is het Paternotte en Bosman dan om te doen? Ze vinden kennelijk dat wij geen CO₂ meer mogen produceren. Ik zal maar niet zeggen dat we dan niet mogen ademen; ze hebben zich kennelijk aangesloten bij de 'planeetredders'.

De eerste vraag is of de planeet wel gered moet worden en de tweede is of de mens dat wel kan.

Als in Nederland alle fossiele centrales worden stilgezet, zal de temperatuur, zoals berekend door de klimaatmodellen, in 2100 niet verder dalen dan 0,01 graden Celsius. Uit de levenscyclus van windmolens blijkt dat ze bij kleine hoeveelheden nauwelijks fossiele brandstof besparen.

En als je veel windmolens hebt – zoals Duitsland – neemt de CO₂-uitstoot zelfs toe. Voor zonnepanelen geldt hetzelfde. Er is best iets te zeggen voor een nieuw energiesysteem dat niet afhankelijk is van fossiele brandstoffen, hoewel die nog in geen honderden jaren op zullen raken. Het zou dan veel beter zijn om al het geld dat zinloos wordt kwijt aan de huidige 'hernieuwbare' energie te besteden aan zo'n energiesysteem. Op dit moment is de enige optie kernenergie.

Albert Stienstra, Lelystad

Over koolstofdioxide in de atmosfeer wordt nog steeds veel gediscussieerd. Albert Stienstra reageert op een eerder artikel in NRC Handelsblad. Volgens hem is koolstofdioxide helemaal niet 'vies'. Het is essentieel voor de plantengroei.

- 1 Hoe heet het proces waarbij koolstofdioxide door planten wordt vastgelegd?
- 2 Geef de reactievergelijking van dit proces.

Om de groei te bevorderen bevatten kassen in de glastuinbouw in het Westland een meer dan tweemaal zo hoog percentage koolstofdioxide als in de atmosfeer. Mensen kunnen daar prima in werken. Volgens Binas tabel 97A (kolom II) is de TGG-waarde (tijd gemiddelde gehalte) van koolstofdioxide 9000 ppm.

- 3 Leg aan de hand van de TGG-waarde van koolstofdioxide uit dat het geen probleem is om in deze kassen te werken.

Koolstofdioxide maakt deel uit van de koolstofkringloop. Het volumepercentage koolstofdioxide in de atmosfeer is in de loop van de jaren gestegen van 0,03 % naar 0,04%.

- 4 Leg uit dat dit verhoudingsgewijs een grote toename is.
- 5 Hoe komt het dat het percentage gestegen is?

De heer Stienstra belicht slechts één kant van het probleem, nl het wel of niet 'vies' zijn van koolstofdioxide.

- 6 Waardoor schetst hij een positief beeld van koolstofdioxide?
- 7 Welk probleem bespreekt hij helemaal niet?

CO₂ is niet vies

- 1 Fotosynthese.
- 2 $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$.
- 3 Het volumepercentage koolstofdioxide in de atmosfeer is 0,04%. In de kassen 0,08%.
Dus per m³ lucht zit dan 800 cm³ koolstofdioxide. 9000 ppm is in volume 9000 cm³ per m³.
- 4 Toename van 0,01% ten opzichte van 0,03%: $0,01/0,03 \times 100\% = 33\%$ toename.
- 5 Er worden heel veel fossiele brandstoffen verbrand. De koolstof hiervan zat nog niet in de kringloop.
- 6 Met het benadrukken van de rol van koolstofdioxide voor de plantengroei.
- 7 Het probleem van het versterkte broeikaseffect.

GROENE STROOM OVER

Klas	5 hv
Subdomein	Chemische processen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Organische reacties
Trefwoorden	Synthesegas, groene energie, energiedrager, waterstof, ammoniak, ethanol, methanol
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W, 5 juni 2015

GROENE STROOM OVER

Hoe kun je 'overtollige' groene energie zo nuttig mogelijk inzetten voor de industrie en dagelijks gebruik? Het antwoord ligt wellicht in de elektro-synthese van energiedragers.

Door Reneé Moezelaar

INERT MOLECUUL

Elektrolyse heeft een hoge efficiëntie van rond de 70 %, dus lijkt waterstof een voor de hand liggende keuze. Er zitten echter wel wat haken en ogen aan waterstofopslag. "Want waar laat je de waterstof?", vraagt Fokko Mulder.

Hoogleraar materialen voor energieopslag en -conversie aan de TU Delft, zich af. "Een gas kun je moeilijk opslaan. We werken aan een oplossing, maar het blijft weerbarstige materie."

Mulder richt zijn onderzoek daarom liever op ammoniak. "Dat kun je vloeibaar maken, makkelijk opslaan en het heeft een heel hoge energie dichtheid, ongeveer de helft van diesel." De energie dichtheid van vloeibare ammoniak is bovendien ongeveer twee keer zo groot als die van vloeibare waterstof.

Helaas is elektrolyse van ammoniak niet makkelijk. Een van de basis ingrediënten, stikstof, kun je gewoon uit de lucht halen, maar dit inerte molecuul reageert lastig. "Je kunt op twee manieren ammoniak maken via elektrolyse", legt Mulder uit. "Maak eerst elektrochemisch waterstof en bind dat met thermische reacties aan stikstof, of zet direct water en stikstof elektrochemisch om in ammoniak

DELICAAT EVENWICHT

Elektrochemici zijn behalve in ammoniak ook geïnteresseerd in koolstofhoudende moleculen.

Ethanol lijkt een goede kandidaat. Het is vloeibaar en makkelijk op te slaan, met een energiedichtheid die vergelijkbaar is met ammoniak. Je kunt het maken vanuit synthesegas (een mengsel van H_2 en CO), maar efficiënter is wellicht om koolstofdioxide te reduceren. In de praktijk blijkt dit echter nog niet zo makkelijk. "Tijdens de reductie met een koperelektrode die wij testen ontstaat voornamelijk ethyleen", vertelt Marc Koper, hoogleraar fundamentele oppervlaktechemie aan de Universiteit Leiden. "En met elektroden van andere metalen gaat het niet beter." Maar in de VS lukte het al wel. Onderzoekers aan Stanford krijgen een opbrengst van 57 % ethanol, maar om dit te bereiken zetten ze de koolstofdioxide wel eerst om in koolstof-monoxide. "Ze gebruiken een koperelektrode die ze eerst sterk oxideren en dan weer reduceren", legt Koper uit.

ENZYMEN

De Vlaamse onderzoeksinstituut VITO onderzoekt ondertussen het kleine broertje van ethanol: methanol.

Weliswaar is methanol giftiger is dan ethanol, maar je kunt het even makkelijk opslaan. Deepak Pant, biotechnologisch onderzoeker bij VITO, gebruikt enzymen om methanol te maken in drie stappen. "Met de enzymen formiaat dehydrogenase, formaldehyde dehydrogenase en alcohol dehydrogenase gaan we van koolstofdioxide via mierenzuur en formaldehyde naar methanol."

Pant vindt methanol interessanter dan bijvoorbeeld ethanol of ammoniak. "Methanol kun je direct gebruiken in allerlei chemische processen. Je kunt het bijvoorbeeld omzetten in dimethylether."

Daarnaast is het wat betreft energiedichtheid gelijk aan ethanol.

Wie teveel aan elektriciteit opwekt 'heeft daar niks aan'. Dat geldt vooral voor 'groene' energie.

- 1 Noem twee voorbeelden van 'groene' energie.

Overtollige groene elektrische energie kan opgeslagen worden in energiedragers zoals waterstof, ammoniak, ethanol en methanol.

- 2 Wat is het verschil tussen een energiebron en een energiedrager?
- 3 Hoe kun je met behulp van elektrische energie waterstofgas produceren?
- 4 Geef de reactievergelijking van dit proces.
- 5 Welk nadeel heeft waterstofgas als energiedrager?

Ammoniak als energiedrager is een alternatief voor waterstof. Maar ook ammoniak heeft een minpunt.

- 6 Welke minpunt is dat?

Om ammoniak te maken is een combinatie nodig van een elektrochemisch proces en een fysisch proces. Maar ook rechtstreekse elektrochemische omzetting is mogelijk.

- 7 Wat wordt bedoeld met een elektrochemisch proces en wat met een fysisch proces?

Ook ethanol kan dienst doen als energiedrager. Het kan vrij eenvoudig gemaakt worden uit synthesesgas.

- 8 Geef de reactievergelijking van de vorming van ethanol uit synthesesgas.

Een efficiëntere methode lijkt het reduceren van koolstofdioxide. Tijdens de reductie van koolstofdioxide ontstaat echter voornamelijk ethyleen (etheen). Bij de reductie reageert koolstofdioxide met waterstof.

- 9 Geef de vergelijking van de reactie waarbij etheen ontstaat en nog één andere stof.

Onderzoekers in de VS lukte het wel om op deze manier ethyleen (etheen) te bereiden. Zij zetten echter koolstofdioxide eerst om in koolstofmono-oxide. Hiertoe gebruiken ze een koperelektrode die eerst geoxideerd en daarna gereduceerd wordt (= omgezet wordt in koper).

- 10 Geef de reactievergelijking voor de vorming van koolstofmono-oxide.
- 11 Geef de reactievergelijking van het proces waarbij ethanol ontstaat.

Het Belgische VITO doet het weer anders: ze gebruiken methanol als energiedrager. Hiervoor wordt de weg van koolstofdioxide via mierenzuur en formaldehyde naar methanol gevolgd. In al deze stappen reageert waterstof.

- 12 Zoek in Binas de rationele namen op van mierenzuur en formaldehyde en noteer deze.
- 13 Geef de reactievergelijkingen van de omzettingen van
 - koolstofdioxide in mierenzuur,
 - mierenzuur in formaldehyde en
 - formaldehyde in methanol.
- 14 Wat is het voordeel van methanol als energiedrager?

Groene stroom over

- 1 Zonne-energie, windenergie, getijdenenergie,
- 2 Energiebron wordt gevonden en gewonnen uit de bodem, of 'komt voorbij' zoals wind, zon en (stromend) water. Energiedrager wordt gemaakt door er energie in op te slaan.
- 3 Elektrolyse van water.
- 4 $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$.
- 5 Het opslaan van het zeer brandbare gas is een groot probleem.
- 6 Het elektrochemisch maken is erg moeilijk vanwege het inerte karakter van stikstof.
- 7 Elektrochemisch: er wordt gebruik gemaakt van een elektrische stroom om nieuwe stoffen te maken. Fysisch: er wordt gebruik gemaakt van verschil in stofeigenschappen.
- 8 $2 \text{CO} + 4 \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$.
- 9 $2 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + 4 \text{H}_2\text{O}$.
- 10 $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$.
- 11 $2 \text{CO} + 4 \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$.
- 12 Mierenzuur = methaanzuur; formaldehyde = methanal.
- 13 $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{HCOOH}$.
 $\text{HCOOH} + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O}$.
 $\text{H}_2\text{CO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$.
- 14 Je kunt het direct gebruiken in allerlei chemische processen.

IJSLANDSE CO₂ RECYCLER GAAT DE INDUSTRIËLE MARKT OP

Klas	4 hv
Subdomein	Energie
Vaardigheid	Redeneren met betrekking tot duurzaamheid
Specificaties	Brandstoffen, duurzaamheid, elektrische energie, emissies
Trefwoorden	CO ₂ ; recyclen; duurzaamheid;
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

<http://www.duurzaambedrijfsleven.nl/>, 27 juli 2015



IJslandse CO₂ recycler gaat de industriële markt op

Het IJslandse bedrijf Carbon Recycling heeft net een deal gesloten met engineeringpartij Cofely Fabricom. De bedrijven gaan duurzame methanol installaties plaatsen bij industriële klanten.

Carbon Recycling International (CRI) heeft een technologie ontwikkeld om uit afgevangen CO₂ en duurzaam geproduceerde waterstof methanol te maken. Deze synthetische methanol kan worden bijgemengd in benzine, en dient als grondstof voor de productie van diesel en chemicaliën.

Cofely Fabricom gaat het concept samen met CRI aanbieden aan partijen in de industrie. Staalproducenten, energiebedrijven en andere partijen die veel CO₂ -uitstoten, kunnen met de IJslandse technologie rookgassen filteren en opwaarderen tot hernieuwbare methanol. (....)

Carbon Recycling International

CRI heeft in IJsland sinds 2012 een proeffabriek die met duurzame elektriciteit CO₂ uit aardwarmtebronnen gebruikt om methanol te produceren. De productiecapaciteit van deze pilotfabriek is verhoogd naar recent 4.000 ton per jaar.

De Chinese autofabrikant Geely, eigenaar van het Zweedse Volvo, stak begin juli 2015 ruim € 45 mln in CRI. Geely wil onder andere taxi's op methanol laten rijden.

In het artikel wordt gesproken over duurzaam geproduceerde waterstof.

1 Wat wordt er bedoeld met duurzaam geproduceerde waterstof?

Ook spreekt men van synthetische methanol.

- 2 Leg uit wat men hiermee bedoelt.
- 3 Geef de vergelijking voor de reactie waarbij methanol en een andere stof ontstaan uit CO₂ en waterstofgas.
- 4 Leg uit waarom het nuttig is dat CO₂ wordt gerecycled

Men wil de methanol gebruiken om er benzine en diesel mee te maken. Benzine en diesel bevatten veel van dezelfde soort verbindingen. Toch is er een belangrijk verschil tussen benzine en diesel.

- 5 Uit welke type verbindingen bestaan benzine en diesel?
- 6 Leg op microniveau uit wat het verschil is tussen benzine en diesel.

Cofely en CRI gaan het concept aanbieden aan energiebedrijven en staalproducenten.

- 7 Leg uit hoe het komt dat conventionele energiebedrijven zoveel CO₂ produceren.

Geothermische centrale op IJsland

In een elektriciteitscentrale wordt altijd warmte omgezet in electriciteit. Bij een geothermische centrale wordt warmte uit de aardbodem gebruikt. IJsland heeft veel vulkanen, boven- en ondergronds. Met de ondergrondse warmte wordt elektriciteit geproduceerd.

- 8 Leg uit waarom bij de productie van elektriciteit op deze wijze geen koolstofdioxide gevormd wordt.

Toch kent ook IJsland koolstofdioxide-uitstoot. Het koolstofdioxidegas ontstaat bij de ontleding van heet gesteente dat gedeeltelijk uit calciumcarbonaat bestaat. Het CO₂ komt vrij in de atmosfeer doordat het naar de oppervlakte mee komt met het warme water.

- 9 Geef de vergelijking van de ontleding van calciumcarbonaat.

Een groot voordeel van het gebruik van de IJslandse koolstofdioxide ten opzichte van de koolstofdioxide die wordt uitgestoten door conventionele energiecentrales is dat er geen scheiding van rookgassen hoeft plaats te vinden.

- 10 Leg uit hoe dit komt.

IJslandse CO₂ recycler gaat de industriële markt op

- 1 De waterstof wordt geproduceerd met duurzaam opgewekte elektriciteit, d.w.z. elektriciteit die geproduceerd is met behulp van hernieuwbare grondstoffen of met zon, wind of (stromend) water.
- 2 Methanol komt niet (in grote hoeveelheden) in de natuur voor. Dat moet dus geproduceerd worden.
- 3 $\text{CO}_2 + 3 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$
- 4 Koolstofdioxidegas is een broeikasgas dat door de grote hoeveelheden die worden uitgestoten, de aarde doet opwarmen. Met klimaatveranderingen tot gevolg. Dus koolstofdioxide recycleren doet de hoeveelheid afnemen én het versterkte broeikaseffect afnemen.
- 5 Benzine en diesel bestaan uit koolwaterstoffen.
- 6 In diesel zijn de moleculen van de koolwaterstoffen langer en minder vertakt dan de moleculen in benzine.
- 7 In conventionele centrales wordt steenkool of aardgas verstoekt. Bij de verbranding hiervan ontstaat koolstofdioxide.
- 8 De warmte is al aanwezig (uit de grond!) om elektriciteit te produceren. Het is dus niet nodig om nog kolen of aardgas te verbranden.
- 9 $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$
- 10 De uitlaatgassen van een conventionele centrale bevatten in ieder geval grote hoeveelheden stikstofgas. Ook zitten er verontreinigende gassen als SO₂ en NO_x in. Die moeten allemaal van het koolstofdioxidegas gescheiden worden. Bij de geothermische centrale komt in principe alleen heet water en koolstofdioxide uit de grond.

Artikel:

<http://www.duurzaambedrijfsleven.nl/chemie/7447/ijslandse-co2-recycler-gaat-de-industriele-markt-op>

MOF ZIFT ACETYLEEN

Klas	5 hv
Subdomein	Chemische processen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Organische chemie
Trefwoorden	MOF, etheen, acetyleen, kraken, polymeer
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Versie I

C2W, 3 juli 2015

MOF ZIFT ACETYLEEN

Met hulp uit Amsterdam is een *metal organic framework* (MOF) bedacht dat etheen ontdoet van de 1 % acetyleen die altijd ontstaat bij het 'kraken' van aardoliecomponenten. Acetyleen vergiftigt de katalysatoren waarmee je etheen polymeriseert; 40 ppm geldt als aanvaardbaar maximum. De rest moet je óf alsnog hydrogeneren tot etheen, op een dure palladiumkatalysator, óf selectief extraheren met heel veel oplosmiddel. Als alternatief denkt Banglin Chen, van de University of Texas, aan een MOF waarin acetyleen wél blijft hangen en etheen niet. In 2011 presenteerde hij er een die het moest hebben van de zeeffunctie, maar

om C_2H_4 fysiek tegen te houden, werden de poriën ook voor C_2H_2 aan de nauwe kant. Vervolgens probeerde hij C_2H_2 chemisch te adsorberen aan de metaalcomponent, maar dat werkte niet specifiek genoeg. In *Nature Communications* komt hij nu met een compromis, met dank aan UvA-hoogleraar Rajamani Krishna voor de computersimulaties. UTSA-100a, opgebouwd uit Cu^{2+} en 5-(5-amino-1H-tetrazol-1-yl)-1,3-benzeendicarbonzuur, zeef een beetje én bindt C_2H_2 een enigszins dankzij de NH_2 -groepen. Chen noemt het nog lang niet perfect, maar beter dan alle eerdere pogingen. (AD)

Bij het kraken van de naftafractie, een van de aardoliecomponenten, ontstaat zowel het gewenste etheen als het niet gewenste acetyleen.

- 1 Wat is kraken?
- 2 Geef de structuurformules van etheen en acetyleen.

De gevormde etheen laat men vaak polymeriseren waarbij de aanwezigheid van acetyleen hinderlijk kan zijn.

- 3 Teken de structuurformule van een stuk uit het midden van een polyetheenketen.

Maximaal mag er 40 ppm acetyleen aanwezig zijn bij het polymerisatieproces.

- 4 Welk probleem ontstaat als er meer dan 40 ppm acetyleen aanwezig is?
- 5 Wat geeft de eenheid ppm aan?

In het artikel worden twee methoden genoemd om het gehalte acetyleen te verlagen: hydrogeneren of selectief extraheren.

- 6 Geef de reactievergelijking in structuurformules van de hydrogenering van acetyleen tot etheen.
- 7 Wat voor proces is extractie?
- 8 Noem zowel voor het gebruik van hydrogeneren als voor selectief extraheren een nadeel.

Momenteel wordt er onderzoek verricht naar het verwijderen van acetyleen, door gebruik te maken van een MOF.

9 Waar staat de afkorting MOF voor?

10 Waarop berust de 'zeeffunctie' van een MOF?

De onderzoeker Banglin Chen denkt aan een MOF waarin acetyleen wél blijft hangen en ethene niet.

11 Voldoet de in 2011 gepresenteerde MOF hieraan?

Banglin Chen heeft een nieuw product bedacht: UTSA-100a.

12 Door welke twee functies lijkt dit een redelijk alternatief?

MOF zift acetyleen

- 1 Kraken is het breken van grote koolwaterstofmoleculen in kleinere moleculen.
- 2 $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$ $\text{HC}\equiv\text{CH}$
- 3 $\cdot\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\cdot$
- 4 Acetyleen vergiftigt dan de gebruikte katalysator.
- 5 ppm is een afkorting van parts per million, het aantal deeltjes per miljoen deeltjes.
- 6 $\text{HC}\equiv\text{CH} + \text{H}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$
- 7 Extractie is een scheidingsmethode die berust op verschil in oplosbaarheid.
- 8 Hydrogenering: je hebt een dure palladiumkatalysator nodig. Extractie: je hebt heel veel oplosmiddel nodig.
- 9 MOF staat voor Metal Organic Framework.
- 10 Op het feit dat MOF's een structuur met zeer kleine poriën vormen.
- 11 Nee, juist andersom! Het artikel zegt: "... om C_2H_4 fysiek tegen te houden, werden de poriën ook voor C_2H_2 aan de nauwe kant."
- 12 Het zeeft een beetje en bindt acetyleen enigszins dankzij de amino groepen (NH_2 groepen).

<http://www.duurzaambedrijfsleven.nl>, 9 juni 2015

Hoe een MOF de plasticproductie energieuwer maakt



Door: Thijs ten Brinck

Onderzoek aan de University of Texas, in samenwerking met de Universiteit van Amsterdam, maakt het zuiveren van etheen voor de productie van verschillende plastics efficiënter.

Het gas etheen is de belangrijkste bouwstof voor de meest gangbare soorten plastic. De industrie maakt etheen meestal, maar niet altijd, uit aardolie. De productie gaat gepaard met de vorming van een kleine hoeveelheid acetyleen. Dit ongewenste bijproduct tast de apparatuur aan en heeft zo negatieve gevolgen voor de verdere verwerking van etheen tot plastic.

Met een *metal-organic-framework* (MOF) heeft onderzoeker Banglin Chen een efficiënte methode gevonden om de acetyleen-vervuiling sterk te reduceren. De MOF bestaat uit koperatomen, gekoppeld door complexe koolwaterstofverbindingen.

De regelmatige structuur die zo ontstaat, onttrekt de acetyleen uit het mengsel van etheen en acetyleen tot een acceptabel laag niveau. De MOF werkt daarbij als moleculaire zeef en als medium waaraan het ongewenste acetyleen blijft plakken.

Het onderzoek is gepubliceerd in het wetenschappelijk tijdschrift *Nature Communications*. Professor Rajamani Krishna, verbonden aan de Universiteit van Amsterdam, hielp Chen met verschillende computersimulaties.

Metal-organic-frameworks

De ontwikkelde MOF is een alternatief voor twee gangbare zuiveringsmethoden die enerzijds gebruik maken van grote volumes oplosmiddel, of anderzijds van het dure edelmetaal palladium. Chen zegt dat de MOF voor industriële toepassing nog wel geoptimaliseerd moet worden.

Metal-organic-frameworks zijn sterk in opmars in verschillende takken van de chemie. De materialen, die een zeer regelmatige roosterstructuur hebben, zijn onder andere bruikbaar als katalysator, opslagmedium voor gassen of zoals hier om verschillende gassen energie-efficiënt van elkaar te scheiden. (...)

Bij verkleinen van de moleculen in nafta, een aardoliefractie, ontstaat zowel het gewenste etheen als het niet gewenste acetyleen.

- 1 Geef de naam van het proces waarmee van grote koolwaterstofmoleculen er kleinere moleculen worden gemaakt.
- 2 Geef de structuurformules van etheen en acetyleen. Zie Binas tabel 66A.

De gevormde etheen kan men onder andere polymeriseren waarbij de aanwezigheid van acetyleen hinderlijk kan zijn.

- 3 Teken de structuurformule van een stuk uit het midden van een polyetheenketen.
- 4 Wat is het gevolg als er een kleine hoeveelheid acetyleen aanwezig is?

Er zijn momenteel twee gangbare zuiveringsmethoden om het gehalte acetyleen te verlagen: hydrogeneren of selectief extraheren. In het artikel staan deze termen niet genoemd maar wel een verwijzing ernaar.

- 5 Neem de stukjes tekst uit het artikel over die de verwijzing aangeven voor de processen hydrogeneren en extraheren. Noteer je antwoord als volgt
Hydrogeneren:
Extraheren:
- 6 Geef de reactievergelijking in structuurformules van de hydrogenering van acetyleen tot etheen.
- 7 Leg uit wat voor proces extractie is.
- 8 Noem zowel voor het gebruik van hydrogeneren als voor selectief extraheren een nadeel.

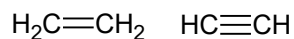
Momenteel wordt er onderzoek verricht naar het verwijderen van acetyleen, door gebruik te maken van een MOF.

- 9 Waar staat de afkorting MOF voor?
- 10 Op welke manier kan een MOF werken?
- 11 Leg uit of binnenkort plastic producten op de markt komen die gemaakt zijn van polyetheen dat via de methode van Chen is gezuiverd.

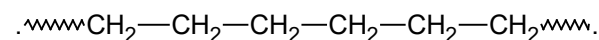
Hoe een MOF de plasticproductie energiezuiniger maakt

1 Kraken is het breken van grote koolwaterstofmoleculen in kleinere moleculen.

2



3

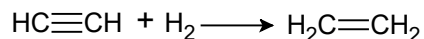


4 Acetyleen tast de apparatuur aan en heeft zo negatieve gevolgen voor de verdere verwerking van etheen tot plastic.

5 Hydrogeneren: *het dure edelmetaal palladium*.

Extractie: *gebruik maken van grote volumes oplosmiddel*.

6



7 Extractie is een scheidingsmethode die berust op verschil in oplosbaarheid.

8 Bij het hydrogeneren het gebruik van het dure palladium. Bij de extractie het gebruik van grote volumes oplosmiddel..

9 MOF staat voor Metal Organic Framework.

10 Als moleculaire zeef en als medium waaraan het ongewenste acetyleen blijft plakken.

11 Nee, want het proces moet voor industriële toepassing nog geoptimaliseerd worden.