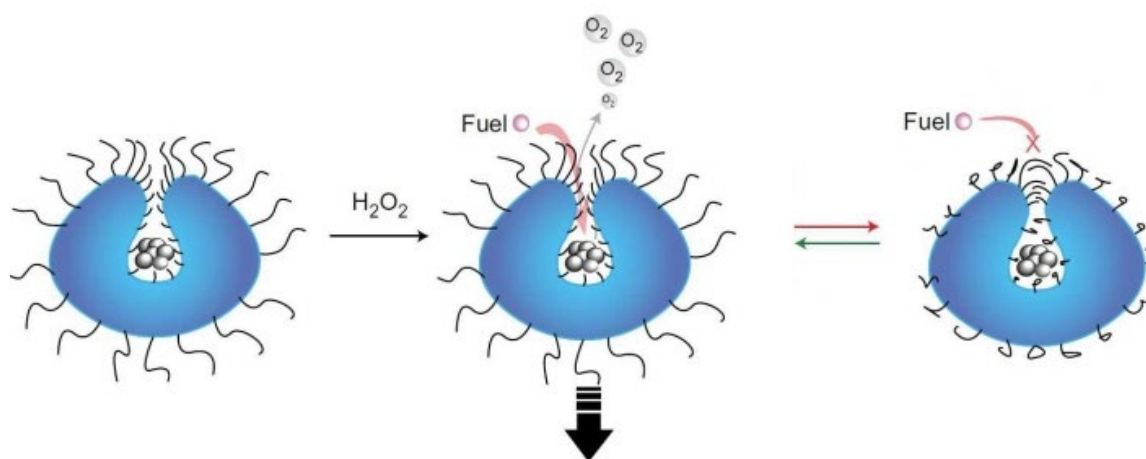


NANORAKET MET REM

Klas	5,6 v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Polymeren
Trefwoorden	Nanoraket, PNIPAM, hydrofiel, hydrofoob, medicijn, waterstofperoxide, koorts, Lewisstructuur, reactiemechanisme
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W, 20 januari 2017

Nanoraket met rem



In Nijmegen zijn nanomotortjes bedacht die stoppen zodra de temperatuur boven een bepaalde waarde komt. Daarmee zijn het de eerste in hun soort met fatsoenlijke remmen, schrijven Daniela Wilson en collega's in *Nature Chemistry*.

Ze borduren voort op een motorontwerp uit 2012. Het is geen moleculaire motor zoals die van Ben Feringa, maar een wat groter supramoleculair model dat werkt als een soort raketje. Het ziet er uit als een kommetje, met wanden die zich vormen door zelfassemblage van polymeerketens. Het hele proces is afgekeken van de fosfolipiden in natuurlijke celmembranen, en de kommetjes worden dan ook vergeleken met ingeklapte bloedcellen oftewel stomatocyten.

Binnenin stop je een platina-nanodeeltje. Aan het water, waarin het raketje moet bewegen, voeg je waterstofperoxide toe. Dat dringt het kommetje binnen, waarna het platina de ontleding katalyseert. Een van de producten is gasvormige zuurstof, dat via de opening ontsnapt en het raketje de andere kant op duwt.

Tot nu toe kon je de snelheid alleen regelen via de waterstofperoxideconcentratie, maar Wilson en collega's hebben iets beters bedacht. Via *atom transfer radical polymerization* (ATRA) zetten ze zeer nauw gedefinieerde borstelhaartjes op het oppervlak van de stomatocyten. Die haartjes bestaan uit poly-N-isopropylacrylamide (PNIPAM), en die stof is temperatuurgevoelig: beneden een bepaalde temperatuur (ergens rond de 35 °C) staan de haartjes stijf op het oppervlak, boven die temperatuur worden ze slap.

Boven die temperatuur gaan bovendien de hydrofobe eigenschappen van PNIPAM de hydrofiële eigenschappen overheersen. In een waterige oplossing betekent dit dat de slappe polymeerketens elkaar opzoeken. De opening van de stomatocyten raakt hierdoor fysiek verstopt, er kan geen waterstofperoxide meer naar binnen en het raketje valt stil.

In Nijmegen hopen ze zulke nanoraketjes ooit te kunnen gebruiken voor het transport van geneesmiddelen in het menselijk lichaam. Voorlopig zijn ze daar nog lang niet voor geschikt, maar het nu gepresenteerde remsysteem lijkt er op zich wel bruikbaar voor.

bron: Nature Chemistry

Geneesmiddelen zouden ooit door het lichaam getransporteerd kunnen worden met behulp van nanoraketjes. De voortstuwing van de nanoraketjes is het gevolg van de uitstoot van zuurstof. Deze zuurstof ontstaat door ontleding van waterstofperoxide. Daarbij ontstaat ook water.

- 1 Geef de reactievergelijking voor de ontleding van waterstofperoxide.
- 2 Hoe komt het dat in het kommetje de ontleding veel sneller plaatsvindt dan erbuiten?
- 3 Leg uit dat hierdoor het kommetje in beweging gebracht wordt.

De snelheid van het nanoraketje was tot nu toe alleen te regelen via de waterstofperoxide-concentratie.

- 4 Leg uit hoe je dat moest doen.

Remmen door middel van de temperatuur

De onderzoekers in Nijmegen hebben borstelhaartjes op het oppervlak van het raketje aangebracht om de snelheid van de raketjes te regelen.

- 5 Door welke eigenschap van de aangebrachte “haartjes” konden ze invloed uitoefenen?

Op een bepaald moment remt het raketje af tot een snelheid nul.

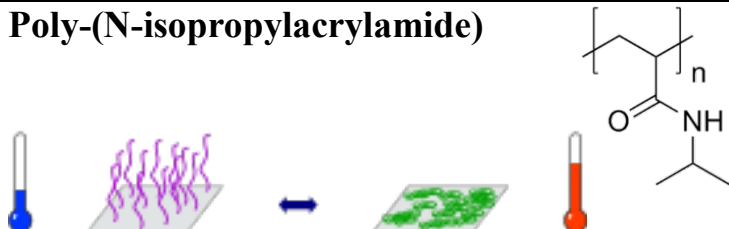
- 6 Wanneer gaat het raketje afremmen?
- 7 Leg uit hoe het komt dat het raketje dan gaat afremmen.

Er wordt gesproken over hydrofiel en hydrofoob.

- 8 Wat geven deze termen aan?
- 9 Leg uit of je met de termen hydrofiel en hydrofoob op microniveau of op macroniveau bezig bent.
- 10 Leg uit waarom de onderzoekers als toepassing denken aan geneesmiddelentransport in het menselijk lichaam.

Thermoresponsief gedrag

Poly-(N-isopropylacrylamide)



Schema van het thermoresponsief gedrag van PNIPAM.

Links: de LCST, uitgerekte polymeerketens in oplossing; rechts: opgekruld en ineengekrompen.

Poly-(N-isopropylacrylamide) of **PNIPAM** is een thermoresponsief polymeer, wat betekent dat de eigenschappen van het polymeer snel en reversibel veranderen bij een temperatuursverandering.

PNIPAM heeft een zogenaamde LCST (Lower Critical Solution Temperature of onderste kritische oplossingstemperatuur): onder deze temperatuur is het in water oplosbaar en erboven niet. Onder de LCST vormt het water/PNIPAM-systeem dus één fase, en erboven twee. PNIPAM bevat hydrofobe en hydrofiele groepen. Onder de LCST overheerst het hydrofiele karakter: de polymeerketens zijn uitgerekt en er zijn waterstofbruggen tussen watermoleculen en de hydrofiele groepen in de polymeerketens. Boven de LCST worden de waterstofbruggen verbroken en gedragen de polymeerketens zich hydrofoob. Ze gaan opkrullen en het polymeer slaat uit het oplosmiddel neer.

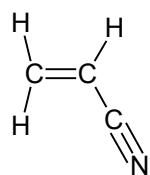
De LCST van PNIPAM is ongeveer 32°C. Door andere co-monomeren in PNIPAM in te bouwen, of door toevoeging van zouten of oppervlakte-actieve stoffen kan die temperatuur beïnvloed worden. Hydrofobe monomeren zullen de LCST verlagen, terwijl hydrofiele monomeren de LCST helpen verhogen; organische zuren als co-monoomeer maken de microgel bovendien ook pH-responsief.

Synthese

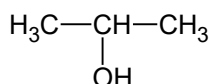
Het monomeer van PNIPAM is N-isopropylacrylamide, dat wordt geproduceerd door de reactie van acrylonitril met isopropylalcohol.

Bron: Wikipedia

De stof N-isopropylacrylamide ontstaat door de reactie van acrylonitril met isopropylalcohol.



acrylonitril

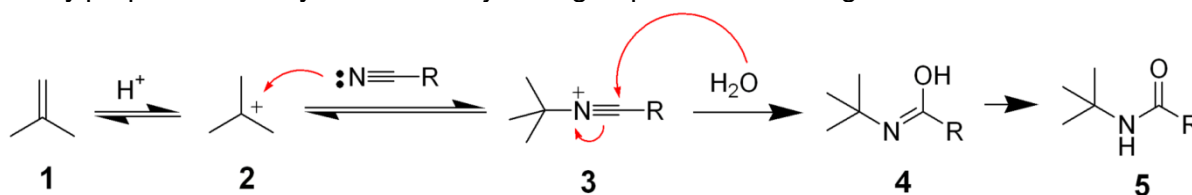


isopropylalcohol

11 Geef de systematische naam voor isopropylalcohol.

12 Teken de structuurformule van het monomeer N-isopropylacrylamide.

De synthese van N-isopropylacrylamide vindt plaats via de zogenaamde Ritterreactie. In onderstaande reeks reacties is de Ritterreactie weergegeven voor de reactie van methylpropeen met acrylonitril waarbij de R-groep de C=C binding is.



13 Geef het mechanisme van de Ritterreactie op dezelfde manier weer als niet methylpropeen maar isopropylalcohol gebruikt wordt.

Een mechanisme zoals hierboven weergegeven wordt, is een schematische weergave.

14 Beschrijf met behulp van Lewisstructuren het mechanisme van de Ritterreactie tussen acrylonitril en isopropylalcohol.

15 Leg uit dat het H⁺ deeltje in de reeks reacties als katalysator optreedt.

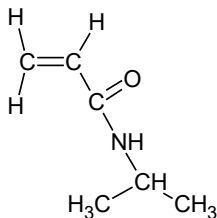
Het polymeer poly-N-isopropylacrylamide heeft een hydrofobe en een hydrofiele kant.

- 16 Geef aan welk deel hydrofiel en welk deel hydrofoob is.
- 17 Welk extra type binding ontstaat bij het hydrofiele kant van het polymeer? Licht toe.

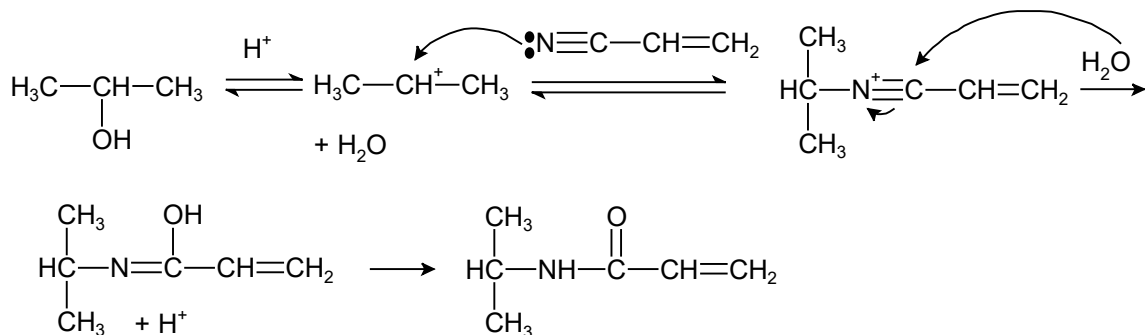
Nanoraketje met rem

- 1 $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$.
- 2 In het kommetje zit platina dat als katalysator functioneert.
- 3 Het kommetje stoot zuurstofgas uit. Op deze actie volgt een reactie: het kommetje beweegt de andere kant op.
- 4 Sneller: hogere concentratie, dus snellere zuurstofproductie. Langzamer: lagere concentratie, dus langzamere zuurstofproductie.
- 5 Door hun temperatuurgevoeligheid staan de haartjes stijf of worden ze slap.
- 6 Als de temperatuur gaat stijgen tot 35°C of hoger.
- 7 Bij de hogere temperatuur gaan de haartjes/de polymere uitstekels platliggen en klitten waardoor er geen waterstofperoxide meer door de opening naar binnen kan stromen. Dit gedrag wordt veroorzaakt doordat er geen H-bruggen meer met water gevormd kunnen worden. Het hydrofobe karakter overheerst dan.
- 8 Hydrofiel: mengt goed met water; hydrofoob mengt slecht met water.
- 9 Het geeft een stofeigenschap aan dus op macroniveau.
- 10 Het afremmen gebeurt rond 35° dus als er koorts optreedt. Dan ben je precies op de plek waar er een probleem is.
- 11 Propaan-2-ol.

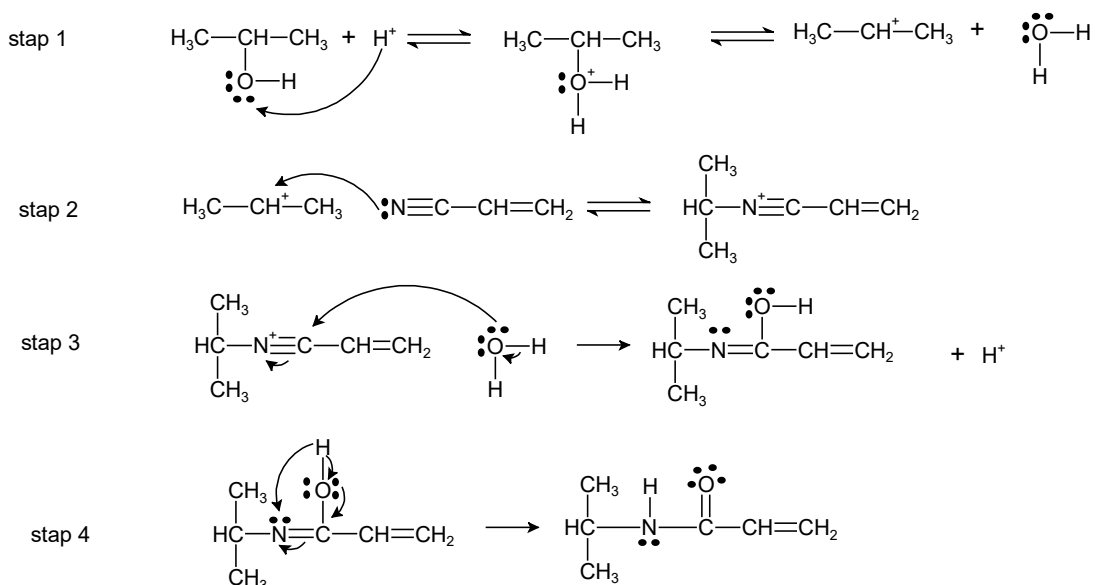
12



13



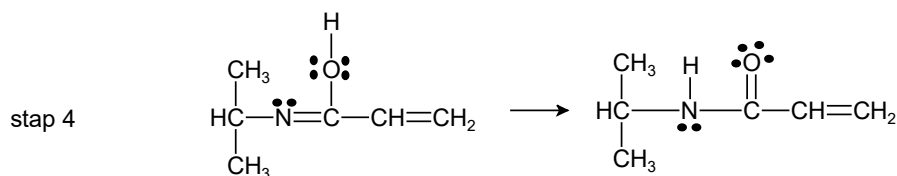
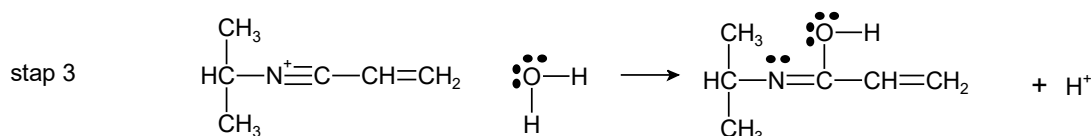
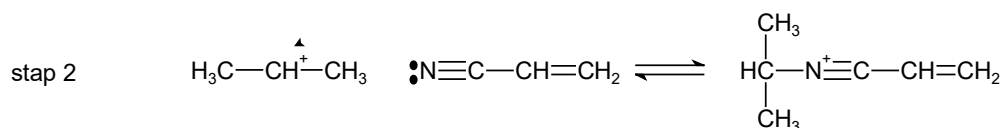
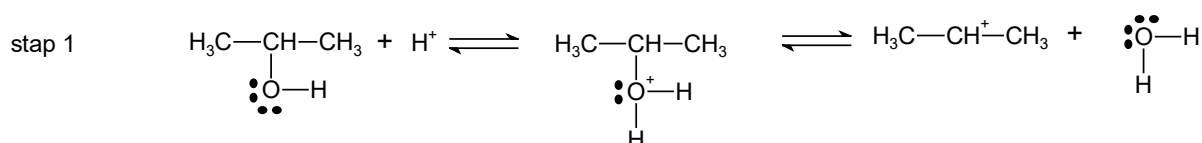
14



- 15 In de eerste stap wordt H^+ opgenomen maar bij de reactie met water komt die H^+ weer vrij: wel gebruikt maar niet verbruikt.
- 16 Hydrofiel: de $C=O$ groep en de NH -groep. Hydrofoob: de rest van het molecuul.
- 17 H-bruggen tussen de H-atomen van de NH -groep en de O-atomen van water en de $C=O$ groep met de H-atomen van water.

Opmerkingen

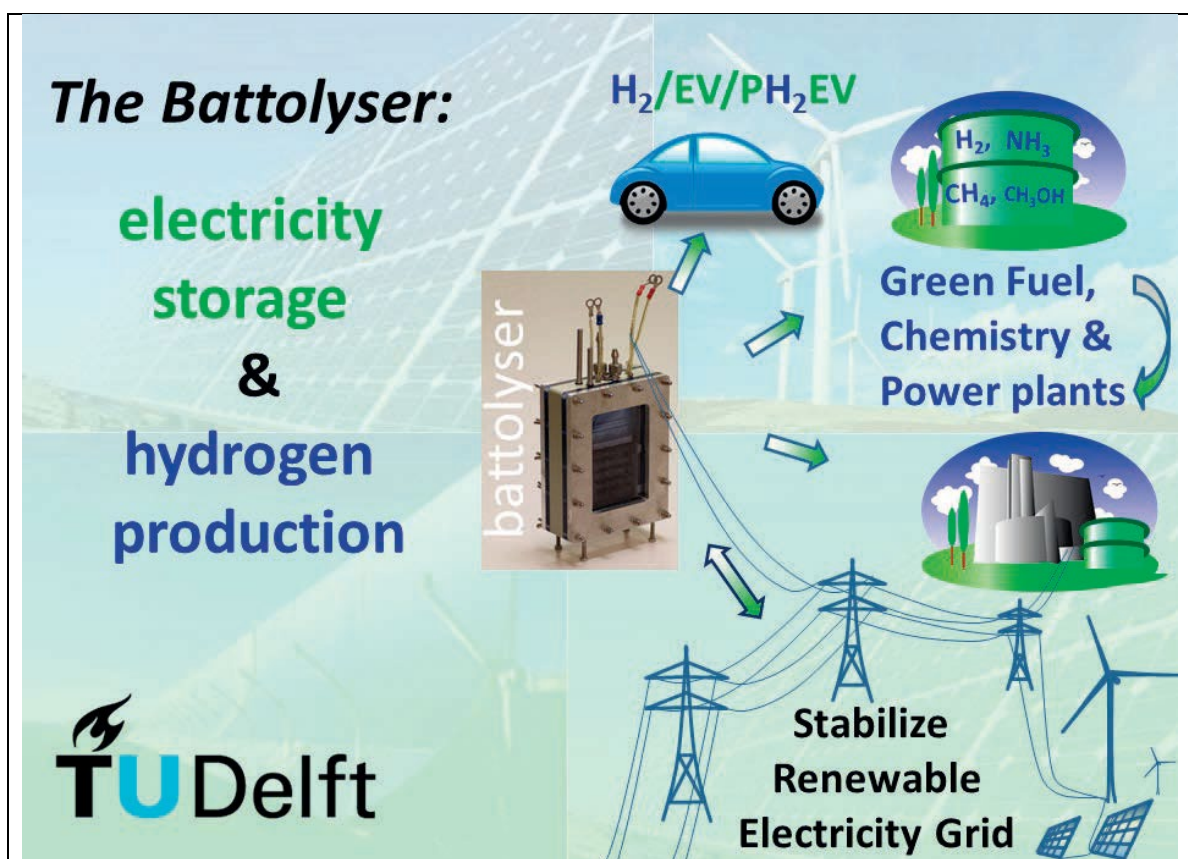
- De opgave is tot en met vraag 10 ook geschikt voor klas 4.
- Mocht u in plaats van opgave 13 de stappen willen geven en naar de elektronenverplaatsingen vragen, dan kunt u in de tekst/bijlage onderstaande figuur opnemen.



ELEKTRICITEITSOPSLAG EN WATERSTOFPRODUCTIE INEEN

Klas	5,6 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Halfreacties, batterijen
Trefwoorden	Duurzame energie, waterstof, elektrolyse, opladen
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Chemie Magazine, januari 2017



ELEKTRICITEITOPSLAG EN WATERSTOFPRODUCTIE INEEN

Onderzoekers van de TU Delft hebben een geïntegreerd batterij-elektrolyse-apparaat geproduceerd. Deze 'battolyser' kan als een batterij elektriciteit opslaan of leveren én kan door elektrolyse water splitsen in zuurstof en waterstof, te gebruiken als brandstof of grondstof voor de chemische industrie.

Omdat elektriciteit uit wind en zon niet op elk gewenst moment opgewekt wordt, is er grote behoefte aan opslag, zowel voor de korte termijn (dag en nacht) als voor de lange termijn (weken of seizoenen). Voor de korte termijn is opslag in batterijen het beste, terwijl voor langere termijnen opslag in kunstmatig geproduceerde brandstoffen, zoals waterstof, het meest geschikt is. "Elektriciteit en waterstof zijn altijd beschouwd als twee gescheiden en zelfs concurrerende oplossingen voor energieopslag", zegt onderzoeksleider professor Fokko Mulder. "Met de 'battolyser' hebben we nu een apparaat dat elektriciteit kan opslaan en leveren als een batterij. En wanneer de batterij vol is vanzelf water gaat splitsen in waterstof en zuurstof door elektrolyse. Door de combinatie van batterij-technologie met elektrolyse bereiken we een totale efficiëntie tot 90 procent. De battolyser blijkt bovendien stabiel, als batterij en als elektrolyser, ook bij lang en intensief laden, ontladen en waterstofproductie." De battolyser is gebaseerd op de nikkel-ijzerbatterij, ooit vooral door Edison gepromoot.

Robuuste batterij

"Het is een erg robuuste batterij", aldus Mulder. "Exemplaren van toen doen het nog steeds. De basismaterialen zijn bovendien goedkoop en overal verkrijgbaar." Tijdens het opladen vormen de elektrodes twee materialen: NiOOH en gereduceerd Fe. Deze materialen staan bekend als katalysator voor de chemische reactie die waterstof en zuurstof oplevert. De elektrodes maken daarmee in geladen toestand de elektrolyse van water mogelijk. Dat deze batterij tijdens het laden ook waterstofgas produceert, werd volgens Mulder altijd als nadeel gezien.

Dit was ook een van de redenen dat andere

batterijtypes succesvoller werden. "Omdat de batterijwereld en de waterstofwereld (solar fuels) met elkaar concurreren en maar weinig van elkaar leren, heeft er nooit iemand geprobeerd de twee te combineren. Terwijl we zowel batterijopslag als brandstoffen nodig hebben." Mulder bouwde daarom samen met student Bernhard Weninger een eerste prototype ter grootte van een stoeptegels. "Het werkte direct. Zodra de batterij vol begon te raken, begon hij waterstof te produceren."

Staat nooit stil

Uniek aan de nikkel-ijzercombinatie is dat elektriciteitsopslag en waterstofproductie ook heel efficiënt gebeuren. Dit apparaat past daarom goed bij de variatie in stroom-aanbod en prijzen. "Is er veel stroom en is de prijs laag, slaan we op; is er nog meer goedkope stroom, maken we waterstof. Is er te weinig stroom en de prijs dus hoog, leveren we stroom terug." De battolyser staat daarmee nooit stil en levert twee functies voor de prijs van één. Het waterstofgas kan (later) gebruikt worden als brandstof in brandstofcellen of gascentrales en/of als grondstof voor de chemische industrie, bijvoorbeeld voor de productie van ammoniak. De volgende stap is onderzoek naar verdere efficiëntieverbetering en schaalvergroting tot de grootte van een zeecontainer. Technologiestichting STW heeft het onderzoeksprogramma gehonoreerd en verschillende bedrijven investeren in het onderzoek. De schaalvergroting, die over anderhalf jaar gereed en getest moet zijn, moet bewijzen dat de techniek ook past op de schaal van de stroomproductie van een forse windmolen. •

Onderzoekers van de TU Delft hebben een geïntegreerd batterij-elektrolyse-apparaat geproduceerd, de battolyser.

1 Verklaar de naam *battolyser*.

Volgens het artikel kun je elektriciteit op twee manieren opslaan, voor de korte en de lange termijn.

2 Leg uit welke twee manieren dit zijn.

De nieuwe batterij is gebaseerd op de nikkel-ijzerbatterij die al door Edison (1901) werd gepromoot. Volgens Kennislink wordt deze sinds ongeveer 1970 bijna niet meer gebruikt, omdat de oplaadtijden erg lang zijn. In de vernieuwde versie van 2017 bestaan de elektroden uit ijzer(II)hydroxide en nikkelhydroxide, die bevestigd zijn op koolstofnanobuisjes, die voor

de geleiding zorgen. Hierdoor kan de verplaatsing van de elektronen veel sneller verlopen. Bij oplading ontstaan ijzer en NiOOH . Het elektrolyt heeft een pH die hoger is dan 7.

3 Geef de halfreacties die optreden bij het opladen van de batterij.

De stoffen die bij het opladen op de elektroden ontstaan, hebben een bijkomend voordeel.

4 Welk voordeel is dit?

Wanneer de batterij helemaal opgeladen is, treedt er bij verder opladen een elektrolyse op.

5 Geef de halfreacties aan de elektroden voor deze reactie.

De battolyser moet dus behalve elektronen ook stoffen kunnen aanvoeren en afvoeren.

6 Teken een schema voor de battolyser waarin je deze 'stof'-stromen aangeeft.

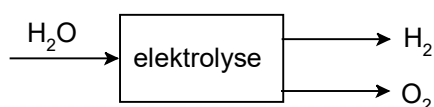
In het plaatje boven het artikel staan schematisch de toepassingen van de battolyzer aangegeven.

7 Verwerk deze toepassingen in een kort artikel waarin de volgende zaken aan de orde komen:

- de functies van de battolyser
- de voordelen van de battolyser
- de voordelen van de te gebruiken grondstoffen van de elektroden
- de voordelen voor de duurzaamheid

Elektriciteitsopslag en waterstofproductie ineen

- 1 Het stukje batto komt van batterij, stroomopslag/stroomleverancier. Het stukje lyser komt van elektrolyse, vanwege de elektrolyse van water.
- 2 Je kunt elektriciteit opslaan in batterijen. Dit volstaat voor de korte termijn. Voor de lange termijn kun je beter de opgewekte elektriciteit gebruiken om water te elektrolyseren in waterstof en zuurstof. Het waterstof kun je dan later in brandstofcellen of als brandstof energie laten leveren.
- 3 $\text{Fe}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s}) + 2 \text{OH}^-$
 $\text{Ni}(\text{OH})_2(\text{s}) + \text{OH}^- \rightarrow \text{NiOOH}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^-$
- 4 Deze stoffen kunnen als katalysator dienen voor de elektrolyse van water.
- 5 $2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2 \text{OH}^-$
 $2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$
- 6



- 7 **Funcities:**
 - opslaan van elektriciteit
 - leveren van elektriciteit
 - elektrolyse van water**Voordelen:**
 - in één apparaat al deze funcities
 - goed voor duurzame energie**Grondstoffen van de elektroden:**
 - goedkoop en in grote hoeveelheden voorradig
 - ze dienen ook als katalysator voor de elektrolyse**Voordelen voor de duurzaamheid:**
 - duurzame energie
 - geen verspilling van energie
 - grondstoffen, die in grote hoeveelheden voorradig zijn
 - waterstof voor de bereiding van diverse chemicaliën.

Artikel Kennislink: Comeback van de Edison batterij:

<https://www.nemokennislink.nl/publicaties/comeback-van-de-edison-batterij>

GROTE VAART VANAF 2020 OP ZWAVELARME BRANDSTOF

Klas	3 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Brandstoffen
Trefwoorden	Stookolie, zwavelgehalte, milieu, scheepvaart
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Shell Venster, januari 2017

38

GROTE VAART VANAF 2020 OP ZWAVELARME BRANDSTOF

De grote, internationale scheepvaart gaat de uitstoot van zwavel beperken. Vanaf 2020 moet wereldwijde standaard voor het zwavelgehalte in stookolie naar 0,5 procent. Dat heeft het Marine Environment Protection Committee van de International Maritime Organization (IMO) eind oktober vastgesteld.

De maatregel heeft vergaande consequenties. Momenteel mag de scheepvaart nog stookolie met een zwavelgehalte van maximaal 3,5 procent gebruiken. Wel zijn er vaargebieden waar een veel lager zwavelgehalte is toegestaan. De IMO-maatregel moet een einde maken aan die verschillen.

Die overzichtelijkheid heeft wel een prijs. Zwavelarme stookolie is veel duurder en brandstof maakt naar schatting al gauw veertig procent uit van de totale, operationele kosten van bijvoorbeeld een containerschip. Bij scheepseigenaren heerst wel de vrees dat raffinaderijen niet in staat zullen zijn in 2020 al voldoende laagzwavelige scheepsbrandstof te leveren.

De grote, internationale scheepvaart gaat de uitstoot van zwavel beperken.

- 1 In welke vorm stoten zeeschepen de zwavel uit? Licht je antwoord toe.
- 2 Bereken hoeveel kg zwavel de uitstoot minder wordt per ton stookolie als zwavelarme brandstof gebruikt gaan worden.

De uitstoot van zwavel ontstaat bij verbranding van zwavelbevattende stookolie.

- 3 Welke reactieproducten ontstaan bij de verbranding van zwavelbevattende stookolie?
- 4 Leg uit welke milieuproblemen ontstaan door de uitstoot van die reactieproducten.

Voor scheepseigenaren die in 2020 over moeten gaan op zwavelarme stookolie treden er enkele problemen op.

- 5 Welke twee problemen worden er genoemd?

Het ene probleem kunnen ze zelf oplossen, het andere probleem niet.

- 6 Leg uit hoe ze het ene probleem wel kunnen oplossen maar dat ze voor het tweede probleem afhankelijk zijn van anderen.

Grote vaart vanaf 2020 op zwavelarme brandstof

- 1 De stookolie wordt in de scheepsmotor verbrand. Als zwavel verbrand wordt, ontstaat zwaveldioxide.
- 2 Het gehalte moet teruggebracht worden van 3,5% naar 0,5%, dus een reductie van 3,0%. Per ton stookolie (= 1000 kg) dan een reductie van $1000 \times 3,0/100 = 30$ kg zwavel.
- 3 Stookolie is een mengsel van koolwaterstoffen, dus ontstaan bij volledige verbranding koolstofdioxide en water(damp). Daarnaast ook zwaveldioxide. (Verder waarschijnlijk veel NO_x doordat de verbranding met luchtstikstof gebeurt.)
- 4 Koolstofdioxide: zorgt voor een versterkt broeikaseffect waardoor gemiddelde temperatuur op aarde gaat stijgen met als gevolg o.a. hogere zeespiegels. Zwaveldioxide (en NO_x): zorgt voor verzuring van het milieu.
- 5 De prijs van de stookolie zal flink stijgen en dat maakt voor containerschepen dat de kosten van vervoer flink zullen stijgen.
Het tweede probleem is dat de scheepseigenaren vrezen dat de raffinaderijen in 2020 nog niet voldoende zwavelarme brandstof kunnen leveren.
- 6 De prijs van stookolie kunnen ze doorberekenen in de kostprijs van het vervoer.
De hoeveelheid zwavelarme stookolie: die komt van de raffinaderijen en daar hebben de reders geen invloed op.

RESTSTROOM VAN KERSTBOMEN GEBRUIKEN VOOR DUURZAAM PLASTIC

Klas	5,6 v
Subdomein	Deeltjesmodellen, Reactiekinetiek, Vakmethodes en veiligheid
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Structuurisomerie, Reactiemechanisme, Massaspectrometrie
Trefwoorden	Pineen, nopinon, crypton, fragmention, PLA, PCL, caprolactone, ozonolyse, elektronenverplaatsing
Vaardigheidsvraag	Informatieselectievraag

www.duurzaambedrijfsleven.nl, 6 januari 2017

Reststroom van kerstbomen gebruiken voor duurzaam plastic



Kunnen we hernieuwbaar plastic maken van bomen in plaats van aardolie?

Door: Fitria Jelyta

Een chemische stof afkomstig uit afgedankte kerstbomen blijkt een duurzaam alternatief te zijn voor het produceren van bio-afbreekbaar plastic. Deze stof zou het gebruik van olie in het productieproces van plastic kunnen vervangen.

Dat blijkt uit onderzoek van wetenschappers uit de Britse University of Bath. In dit onderzoek hebben de wetenschappers de organische verbinding pineen gebruikt, die onder andere voorkomt in dennenharsen. Pineen maakt deel uit van de terpeenfamilie en zorgt ervoor dat dennenbomen een 'kerstgeur' met zich meedragen.

Duurzaam plastic

De wetenschappers zien mogelijkheden om pineen te gebruiken als duurzaam alternatief voor caprolacton, een polymeer dat wordt gebruikt om afbreekbare polyesters als polymelkzuur (PLA), gemaakt van bijvoorbeeld suikerriet, flexibel te maken. De combinatie van caprolacton en PLA levert bio-afbreekbaar plastic op. Caprolacton wordt

echter gemaakt van ruwe olie, waardoor de productie van het plastic niet volledig hernieuwbaar is, stellen de onderzoekers.

Biobased chemie

“Dit onderzoek maakt deel uit van een breed project dat zich richt op het gebruik van biobased chemicaliën, zoals pineen, als duurzame basismaterialen en vervangers van petrochemicaliën om verschillende bruikbare producten te maken”, zegt Matthew Davidson, directeur van het Centre for Sustainable Chemical Technologies (CSCT) van de University of Bath, in een persbericht.

“Door deze duurzame alternatieven te gebruiken, verminderen wij onze afhankelijkheid van fossiele brandstoffen en bieden wij een hernieuwbare grondstof die de potentie heeft om een revolutie in de chemische industrie teweeg te brengen.”

Reststroom

Het onderzoek heeft echter niet tot doel om afgedankte kerstbomen te recycleren tot plastic. Door de stof pineen uit oude kerstbomen te halen of uit de reststromen van de papierindustrie, zeggen de wetenschappers het productieproces van bioplastic verder te kunnen verduurzamen.

In de huidige situatie wordt pineen gebruikt als grondstof in onder andere de parfumindustrie en wordt het gehaald uit dennenbomenplantages. Het gebruik van reststromen uit de papierindustrie kan het productieproces daarom efficiënter en milieuvriendelijker laten verlopen, aldus de wetenschappers.

In een vervolgonderzoek verwachten de wetenschappers meer toepassingen te vinden om de duurzame grondstof te verwerken. Zo kan pineen worden gebruikt om voedselverpakkingen te maken of zelfs om medische implantaten te ontwikkelen.

Het onderzoek van wetenschappers van de Britse University of Bath richt zich op kerstbomen. Zij willen deze na afdanken niet meer verbranden maar gebruiken om er chemicaliën uit te halen, die dan dus duurzaam geproduceerd zijn.

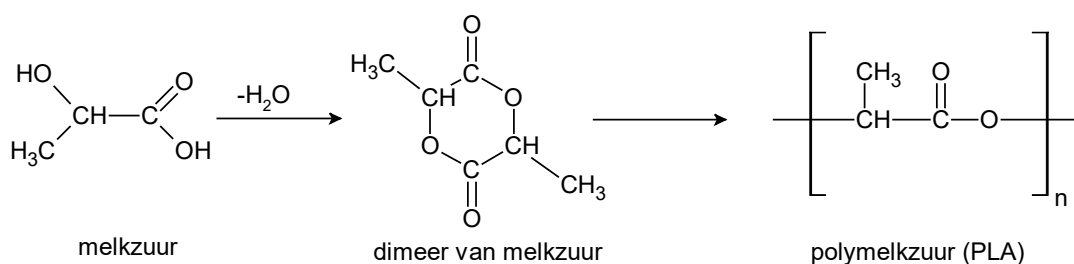
- 1 Leg uit waarom de auteur in het artikel het begrip duurzaam gebruikt.
- 2 Leg uit waardoor de stof pineen ook aanwezig zal zijn in de afvalstromen van de papierindustrie.

De wetenschappers willen pineen gaan gebruiken voor de productie van caprolacton

- 3 Waarvoor wordt caprolacton volgens het artikel toegepast?

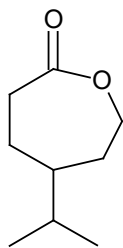
Polymeer

De polyester polymelkzuur (PLA) wordt uit melkzuur gemaakt via het dimeer van melkzuur, zie figuur 1.



Figuur 1.

In figuur 2 staat de structuurformule van het caprolacton dat de onderzoekers van de Britse University of Bath hebben gebruikt.



4-isopropylcaprolacton

Figuur 2

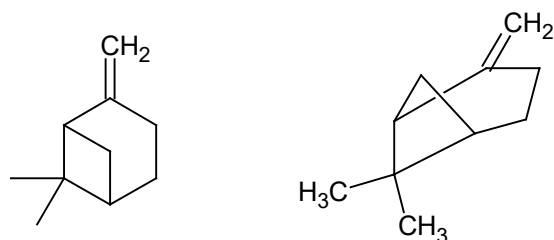
De polymerisatie van 4-isopropylcaprolacton levert de polyester polycaprolacton (PCL).

- 4 Teken de algemene structuurformule van de polymeerketen van PCL.
- 5 Leg uit waardoor de keten van PCL voor meer flexibiliteit van het polymeer zorgt in vergelijking met de keten van PLA.
- 6 Waardoor is zowel een keten van PLA polymeer als een keten van PCL afbreekbaar?

Synthese caprolacton

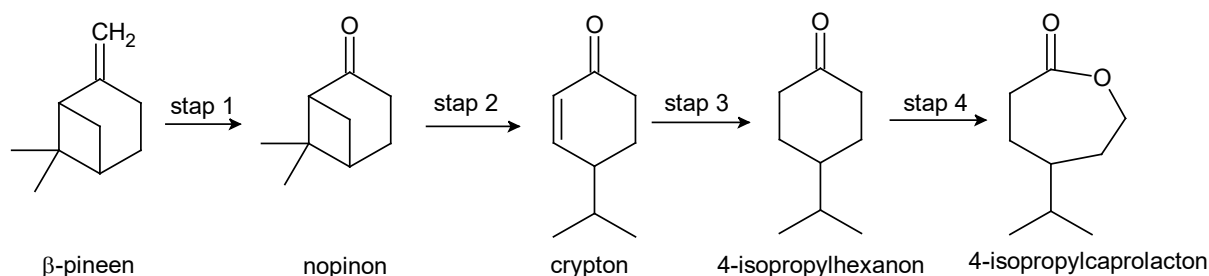
In een artikel in het tijdschrift Polymer Chemistry hebben de wetenschappers uit Bath hun onderzoek gepubliceerd.

Zij hebben β -pineen gebruikt als uitgangsstof om de benodigde caprolacton te maken. In figuur 3 staan de structuurformules van β -pineen twee-en driedimensionaal.



Figuur 3 (Ruimtelijke) structuurformule van β -pineen

In figuur 4 staat hun syntheseroute van caprolacton uit β -pineen weer gegeven.



Figuur 4

Met de stof 4-isopropylcaprolacton is nu de polymeer PCL te maken.

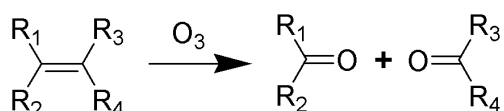
- 7 Geef een argument vóór en een argument tegen het gebruik van deze 'route' voor de bereiding van PCL.

- 8 Geef voor elk van de structuren in figuur 4 in onderstaande tabel aan of cis-trans isomerie optreedt. Omcirkel het juiste woord.
- 9 Geef voor elk van de structuren in figuur 4 aan of een asymmetrisch C atoom aanwezig is. Omcirkel het juiste woord in onderstaande tabel.

	Cis-trans isomerie	Asymmetrisch C atoom
β-pineen	Ja/nee	Ja/nee
Nopinon	Ja/nee	Ja/nee
Crypton	Ja/nee	Ja/nee
4-isopropylhexanon	Ja/nee	Ja/nee

Synthese Stap 1

De eerste stap is een reactie met ozon (O_3), de zogenoemde ozonolyse. Ozonolyse is een chemische reactie waarbij een C=C binding wordt gesplitst onder invloed van ozon en C=O bindingen (carbonylgroepen) gevormd worden. Figuur 5 geeft het algemene reactieschema van de ozonolyse weer.



Figuur 5

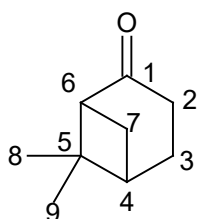
- 10 Geef de structuurformule en de naam van het product dat naast nopinon in stap 1 gevormd wordt.

Synthese Stap 2

Bij de omzetting van nopinon naar crypton treedt isomerisatie op.

- 11 Leg uit dat nopinon en crypton isomeren zijn van elkaar.

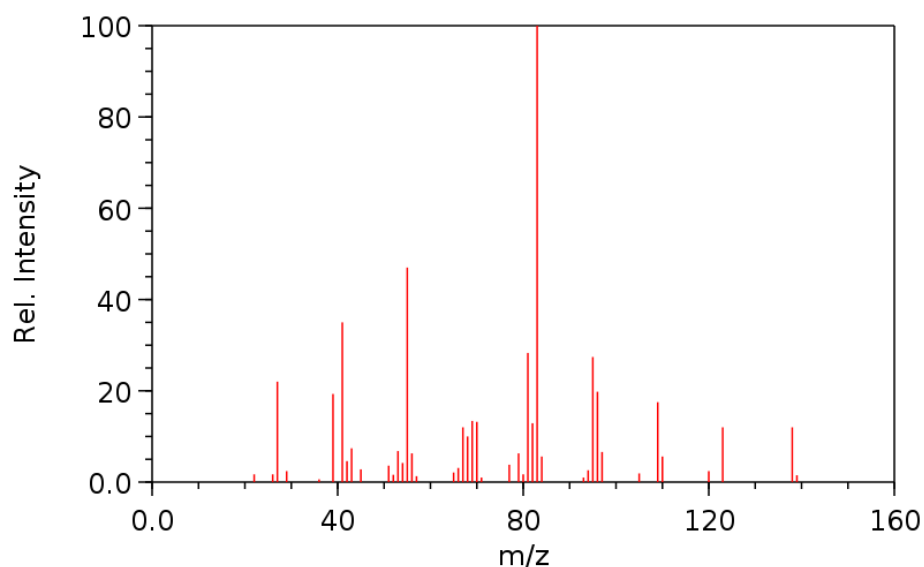
In figuur 6 staat de structuurformule van nopinon getekend met alle koolstofatomen genummerd.



Figuur 6

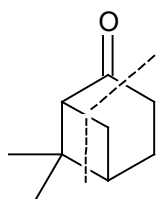
- 12 Leg uit welke C-C binding in de structuurformule van crypton niet meer aanwezig is ten opzichte van de structuurformule van nopinon. Gebruik in je uitleg onder andere structuurformule van crypton (bijlage) waarin je de nummers bij de koolstofatomen zet, zodat ze overeenkomen met de nummers uit nopinon.

Om er zeker van te zijn dat nopinon omgezet wordt in crypton hebben de onderzoekers massaspectra gemaakt. In figuur 7 staat het massaspectrum van nopinon.

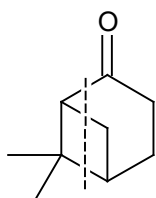


Figuur 7 Massaspectrum nopinon

In figuur 8A en 8B staan mogelijke breuklijnen (stippellijnen) in de structuurformule van nopinon aangegeven.



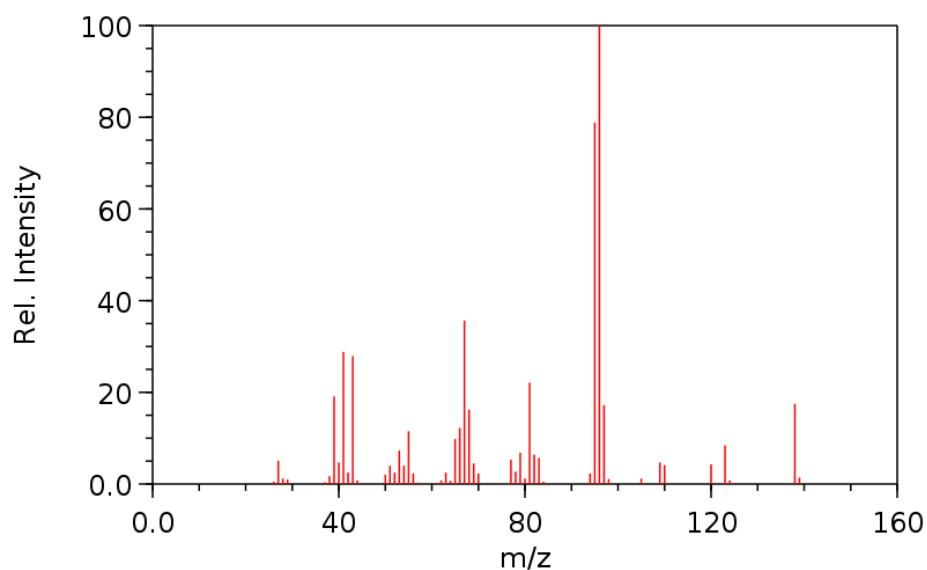
Figuur 8A



Figuur 8B

- 13 Leg uit dat beide mogelijkheden in figuur 8A en 8B een verklaring geven voor de piek met $m/z = 83$. Geef in je uitleg tevens de 'molecuulformule' van het fragmentation.
- 14 Leg uit dat beide mogelijkheden in figuur 8A en 8B een verklaring geven voor de piek met $m/z = 55$. Geef in je uitleg tevens de 'molecuulformule' van het fragmentation.

Van een van de reactieproducten is ook een massaspectrum gemaakt, figuur 9. De onderzoekers vermoeden dat het product crypton is.



Figuur 9 Massaspectrum van één product stap 2

De twee hoogste pieken in het massaspectrum in figuur 9 hebben de waarde $m/z = 96$ en $m/z = 95$.

- 15 Leg aan de hand van een fragmentatielij/breuklijn in de structuurformule van crypton uit dat de piek met $m/z = 95$ verklaard kan worden.

Een fragmentatie waarbij de $C=O$ groep betrokken is, zou de verklaring kunnen zijn om de piek met $m/z = 96$ te verklaren.

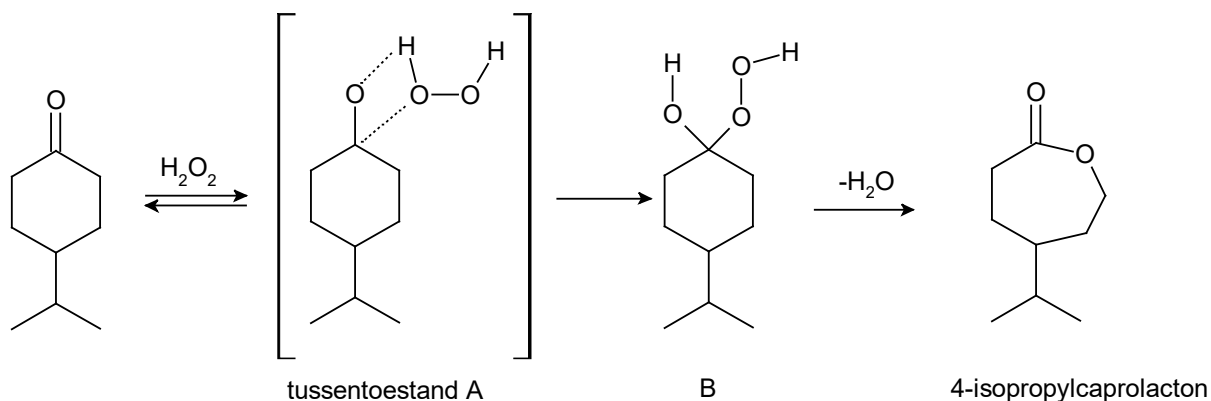
- 16 Leg aan de hand van een fragmentatielij/breuklijn in de structuurformule van crypton uit hoe de piek met $m/z = 96$ verklaard kan worden.

Synthese stap 3

- 17 Geef de naam van de stof waarmee de stof crypton moet reageren zodat de stof 4-isopropylhexanon ontstaat.
18 Wat voor type reactie treedt hier op?

Synthese stap 4

4-isopropylhexanon kan bijvoorbeeld met waterstofperoxide reageren tot 4-isopropylcaprolactam. In figuur 10 staat het proces weergegeven.

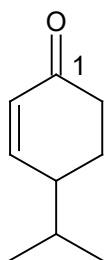


Figuur 10

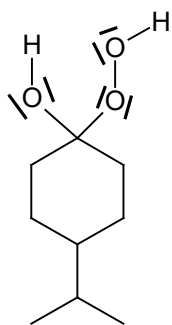
- 19 Geef op je antwoordblad met behulp van elektronenverplaatsingen aan hoe uit structuurformule B de structuurformule van 4-isopropylcaprolactam ontstaat.

Bijlagen

Antwoord 12

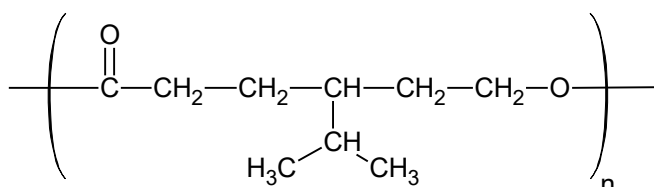


Antwoord 19



Reststroom van kerstbomen gebruiken voor duurzaam plastic

- 1 Duurzaam: ontwikkeling die aansluit op de behoeften van het heden zonder het vermogen van toekomstige generaties om in hun eigen behoeften te voorzien in gevaar te brengen. Hier worden grondstoffen voor andere producten gehaald uit bomen die hernieuwbaar zijn op kortere termijn dan olie etc.
- 2 Papier wordt gemaakt van bomen, waarin pineen aanwezig is.
- 3 Voor het flexibel maken van de polyester polymelkzuur.
- 4

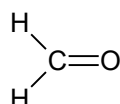


- 5 Tussen de estergroepen is in een PCL-keten een langer koolwaterstofstuk (5 C's) aanwezig dan in een PLA-keten. Dit stuk zorgt voor meer beweeglijkheid van het polymeermolecuul.
- 6 De estergroep in de PLA- en PCL-keten kan met water reageren (hydrolyse), waardoor de keten uiteenvalt.
- 7 Vóór: er wordt een duurzame grondstof gebruikt.
Tegen: De route is bewerkelijk en daardoor waarschijnlijk kostbaar.

8/9

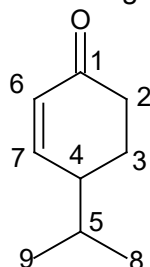
	Cis-trans isomerie	Asymmetrisch C atoom
β -pineen	Ja/nee	Ja/nee
Nopinon	Ja/nee	Ja/nee
Cryptone	Ja/nee	Ja/nee
4-isopropylhexanon	Ja/nee	Ja/nee

10

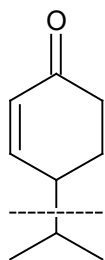


methanal

- 11 Voor beide structuurformules geldt dezelfde molecuulformule: $C_9H_{14}O$.
- 12 De binding C_6-C_5 is vervallen.

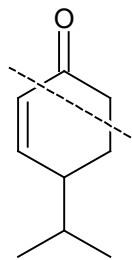


- 13 De moleculaire massa van nopinon, $C_9H_{14}O$, is 138. Fragmentatie in beide figuren geeft een fragmentation $C_5H_7O^+$, hiervoor geldt $m/z = 83$.
- 14 Als van nopinon een neutraal gedeelte afsplitst van $m = 83$ blijft er een gedeelte over van $m/z = 55$. Dit is steeds het andere gedeelte van nopinon als het neutrale fragment $C_5H_7O\bullet$ is afgesplitst. De formule van het fragmentation is $C_4H_7^+$
- 15 Voor de moleculaire ion piek van crypton geldt dus $m/z = 138$. Dat betekent dat bij de piek met $m/z = 95$ een neutraal fragment met een massa van $138-95 = 43$ is afgesplitst. Dit duidt op een neutraal C_3H_7 fragment.



levert $C_6H_7O^+$ met $m/z = 95$. (En ook $C_3H_7^+$ met $m/z = 43$)

- 16 Voor de moleculaire ion piek van crypton geldt dus $m/z = 138$. Dat betekent dat bij de piek met $m/z = 96$ een neutraal fragment met een massa van $138 - 96 = 42$ is afgesplitst. Dit duidt op een neutraal C_2H_2O fragment.

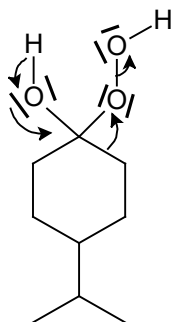


levert $C_7H_{11}^{2+}$ met $m/z = 96$. (En ook $C_2H_2O^+$ met $m/z = 42$)

- 17 Waterstof

- 18 Additie

- 19

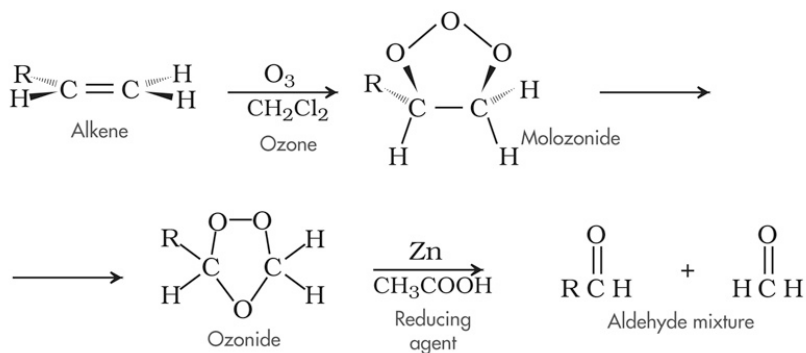


Opmerking: u kunt de opgave minder diepgang geven door na vraag 7 te stoppen.

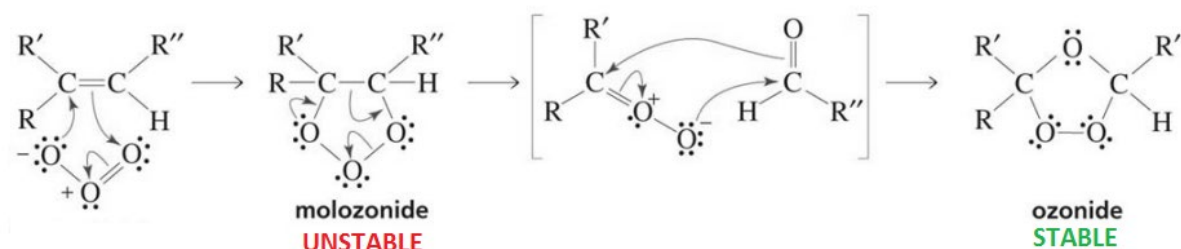
Artikel: <http://www.duurzaambedrijfsleven.nl/circulaire-economie/20189/reststroom-van-kerstbomen-gebruiken-voor-duurzaam-plastic>

Artikel Polymer Chemistry: H. Quilter, 2017, Polymerisation of a terpene-derived lactone: a bio-based alternative to ϵ -caprolactone, Polym. Chem., 8, 833-837

Ozonolyse van C=C binding



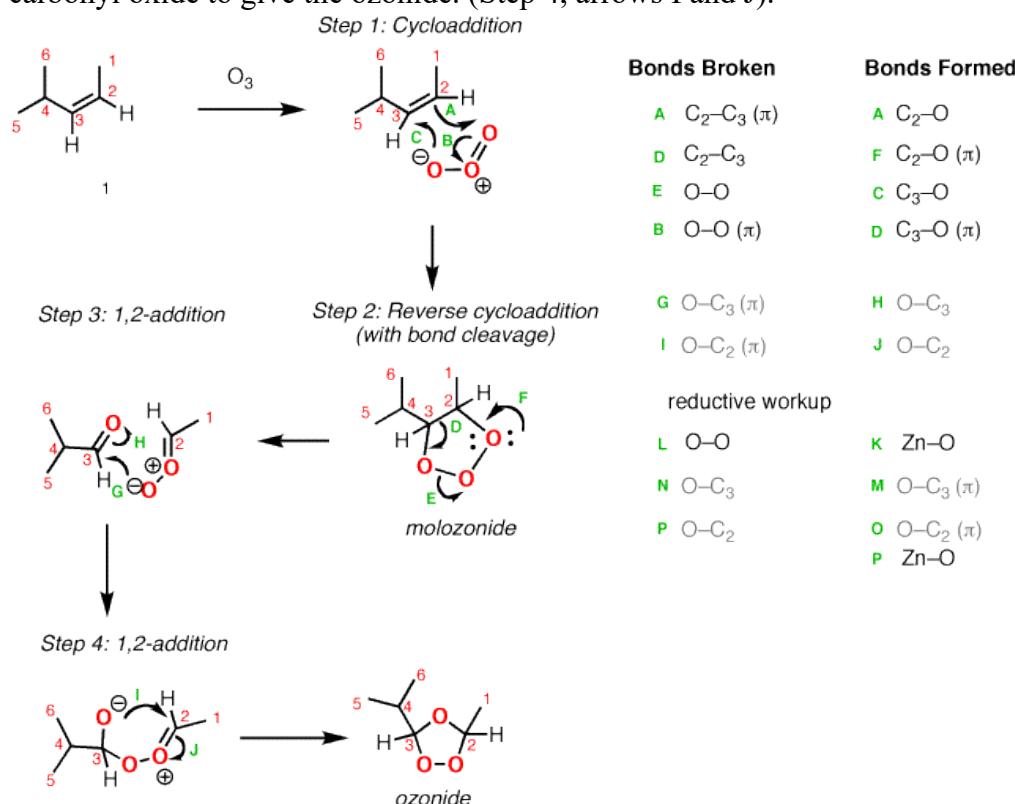
Elektronenverplaatsingen:



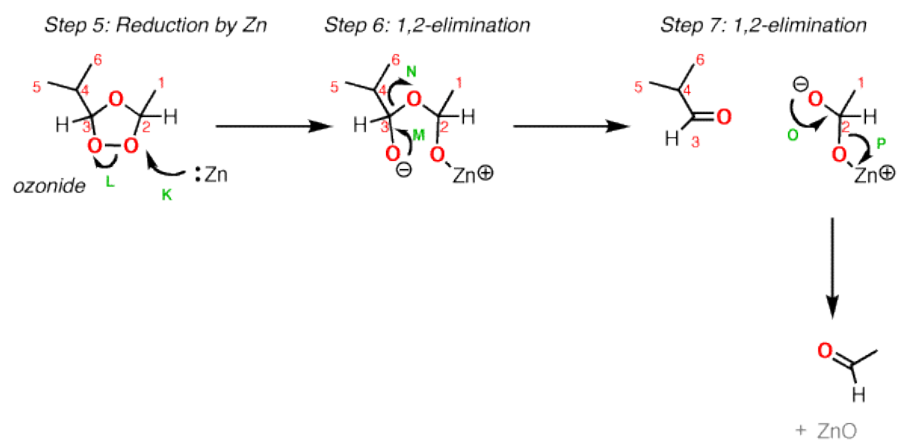
In detail

Bron: <http://staging.masterorganicchemistry.com/reaction-guide/oxidative-cleavage-of-alkenes-using-ozone-o3-to-ketones-and-aldehydes-reductive-workup/>

Mechanism: The first step of the reaction is a cycloaddition of ozone with the alkene (Step 1, arrows A, B, and C). The second step is a *reverse* cycloaddition, resulting in cleavage of the carbon-carbon single bond (Step 2, arrows D, E and F). The oxygen of the carbonyl oxide then performs a 1,2-addition on the other carbonyl (Step 3, arrows G and H) giving a negatively charged oxygen that performs a 1,2-addition on the carbonyl carbon of the carbonyl oxide to give the ozonide. (Step 4, arrows I and J).



For **reductive workup** the mechanism is generally not considered so important for the purposes of Org 1/ Org 2, but here it is! In the reduction step, zinc attacks one of the oxygens of the ozonide, breaking the weak O-O bond (Step 5, arrows K and L). The resulting anion then performs a 1,2-elimination (Step 6, arrows M and N) to give one of the fragments, followed by a second 1,2-elimination (Step 7, arrows O and P).



ANORGANISCH ZWITSERS ZAKMES ZUIVERT WATER

Klas	4hv
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Toepassing zout
Trefwoorden	Oplosmiddel, lipofiel, hydrofoob, ionische vloeistof
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.c2w.nl, 17 januari 2017

Anorganisch Zwitsers zakmes zuivert water

Met ionische vloeistoffen op een drager kun je een materiaal maken dat organische, anorganische én microbiële vervuiling uit oppervlaktewater haalt. Veel handiger dan een reeks losse filters, schrijven Carsten Streb en collega's van de universiteit van Ulm in *Angewandte Chemie*.



Streb en promovendus Sven Herrmann, die met zijn proefschrift de Carl-Roth-Förderpreis 2017 voor slimme labvossen verdiende, spreken van POM-SILPs, wat staat voor *Polyoxometalate-Supported Ionic Liquid Phases*. Het polyoxometalaat (POM), een cluster van een groot aantal metaal- en zuurstofionen, is daarbij het negatieve ion van de ionische vloeistof. Als positief tegenion dient tetra-*n*-alkylammonium. Deze combinatie vormt een stabiele, lipofiele, hydrofobe en totaal niet in water oplosbare film op de poreuze silica (SiO₂), die dient als drager (*support*).

Om precies te zijn bestond de ionische vloeistof in deze publicatie uit $\alpha[\text{SiW}_{11}\text{O}_{39}]^{8-}$ en $(\text{n-C}_7\text{H}_{15})_4\text{N}^+$, maar ongetwijfeld zijn andere combinaties te bedenken die ook werken.

Het gebruikte polyoxometalaat, een Kegginstructuur waaraan een paar atomen ontbreken, heeft van nature een aanzuigende werking op diverse 'zware' metaalionen die het gat kunnen vullen, zoals Pb²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺, Cr³⁺ en Co²⁺. Tetra-*n*-alkylammonium vertoont antimicrobiële activiteit, al bleek er tijdens de experimenten nog redelijk veel leven doorheen te glippen. Dankzij het lipofiele karakter van de ionische vloeistof worden organische bestanddelen geadsorbeerd, wat met succes is uitgetoetst met een blauwe tritylkleurstof uit de textielindustrie. En tot slot absorbeert SiO₂ op zijn minst UO₂²⁻-ionen, en vermoedelijk ook andere radionucliden.

Of deze filtratievariant van het Zwitserse zakmes uiteindelijk echt beter gaat werken dan losse filters, valt nog te bezien. Maar het idee is leuk.

bron: *Angewandte Chemie*

Aan de Universiteit van Ulm (Duitsland) werd een ionische vloeistof ontwikkeld die je als een veelzijdige schoonmaker van oppervlaktewater kunt inzetten.

- 1 Beschrijf de schoonmaker die men ontwikkeld heeft.
- 2 Wat kan er met die veelzijdige schoonmaker allemaal opgeruimd worden?

In de tekst worden zowel beschrijvingen op microniveau als op macroniveau gegeven zonder de termen micro- en macroniveau te gebruiken.

- 3 Geef tenminste drie voorbeelden uit de tekst van een beschrijving op microniveau.
- 4 Geef ook een voorbeeld uit de tekst van een beschrijving op macroniveau.

De ionische vloeistof bevat de ionen $\alpha[\text{SiW}_{11}\text{O}_{39}]^{8-}$ en $(n\text{-C}_7\text{H}_{15})_4\text{N}^+$.

- 5 Wat is het verschil tussen een 'normaal' zout en een zout van een ionische vloeistof?
- 6 Geef de verhoudingsformule van het zout van deze ionische vloeistof.

Het negatieve polyoxometalaat-cluster (POM) is een van de beide ionen in de ionische vloeistof.

- 7 Leg uit hoe POM metaalionen van zware metalen kan opnemen.
- 8 Welke functie hebben de positieve ionen?

De combinatie van beide ionen vormt een lipofiele, hydrofobe en een totaal niet in water oplosbare film op de poreuze silica drager.

- 9 Wat geeft de term 'lipofiel' aan?
- 10 Geef commentaar op de zinsnede '*hydrofobe en totaal niet in water oplosbare film*'.
- 11 Leg uit of de zinsnede een beschrijving op micro- of macroniveau is.

Een titel moet boeien maar heeft niet altijd met het beschrevene in de tekst te maken.

- 12 Welke overeenkomst zie je tussen een Zwitsers zakmes en de gebruikte methode om vervuilingen uit oppervlaktewater te halen?

Anorganisch Zwitsers zakmes zuivert water

- 1 Een ionische vloeistof bestaande uit $q[\text{SiW}_{11}\text{O}_{39}]^{8-}$ en $(\text{n-C}_7\text{H}_{15})_4\text{N}^+$ die als een film op een drager van SiO_2 aangebracht is.
- 2 Ionen van zware metalen, microbiële verontreinigingen en organische verbindingen.
- 3 is daarbij het negatieve ion.....
Als positief tegenion dient
Een Kegginstructuur waaraan een paar atomen ontbreken...
....aanzuigende werking op diverse 'zware' metaalionen....
En tot slot absorbeert SiO_2 op zijn minst UO_2^{2-} - ionen.
- 4 Deze combinatie vormt een stabiele, lipofiele, hydrofobe en totaal niet in water oplosbare film.
wat met succes is uitgeprobeerd met een blauwe tritylkleurstof uit de textielindustrie.
- 5 Een normaal zout is vast bij kamertemperatuur terwijl een ionische vloeistof dan nog vloeibaar is.
- 6 $[\text{SiW}_{11}\text{O}_{39}]^{8-} [(\text{n-C}_7\text{H}_{15})_4\text{N}^+]_8$.
- 7 POM bevat enkele 'gaten' doordat het enkele atomen mist. Deze gaten worden heel makkelijk door ionen van zware metalen opgevuld. Zo verwijder je dan die metaalionen uit het oppervlaktewater.
- 8 De positieve ionen hebben de eigenschap om microbiële verontreinigingen vast te houden alhoewel dat nog niet optimaal verloopt.
- 9 Lipofiel geeft aan dat het goed mengt met vetten en oliën.
- 10 Dat is twee keer hetzelfde: hydrofoob wil juist zeggen dat het slecht oplosbaar is in water als oplosmiddel.
- 11 Macroniveau: er wordt een stofeigenschap beschreven.
- 12 Met een Zwitsers zakmes kun je heel veel verschillende handelingen uitvoeren. Met de nieuwe methode kun je heel veel verschillende verontreinigingen in een keer verwijderen.

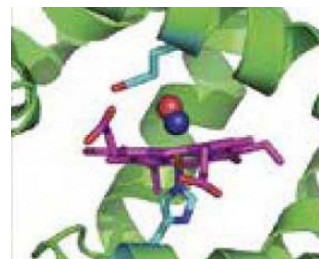
TEGENGIF TEGEN KOLENDAMP

Klas	4 hv
Subdomein	Evenwichten
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Aflopende reactie, omkeerbare reactie, evenwicht
Trefwoorden	Hb, kolendamp, CO-vergiftiging, Nbg, verschuiving evenwicht
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.c2w.nl, 8 december 2016

Tegengif tegen kolendamp

Science Translational Medicine presenteert het eerste tegengif tegen koolstofmonoxidevergiftiging. Het gemuteerde eiwit verdrijft dit gas 1.200 keer sneller uit hemoglobine dan frisse lucht voor elkaar krijgt, schrijven Mark Gladwin en collega's van de universiteit van Pittsburgh.



Zoals bekend is koolstofmonoxide vooral dodelijk omdat het beter aan het hemoglobine in het bloed bindt dan zuurstof. Slachtoffers gaan dood wegens acuut zuurstofgebrek in diverse weefsels. CO uit het bloed wegconcurreren met 100% O₂ in plaats van lucht, desnoods onder verhoogde druk, is nu nog de enige remedie - en vaak komt die te laat.

Het nu gepresenteerde tegengif is een eiwit dat CO nog veel beter bindt dan hemoglobine (Hb). Het is gebaseerd op neuroglobine (Ngb), net als hemoglobine een heemeiwit met een ijzer-porfyrinecomplex als kern. Het verschil is dat de ijzernucleus bij Ngb tussen twee histidinebouwstenen in zit geklemd, terwijl er bij Hb maar één zo'n histidine tegenaan zit.

Natuurlijk Ngb bindt daardoor geen CO en vermoedelijk ook geen O₂. Het heeft een beschermende werking in onder meer de hersenen maar hoe dat precies werkt, is nog onduidelijk.

Om dat proces nader te onderzoeken maakten Gladwin en collega's gemuteerde Ngb's waarin één van beide histidines is vervangen door een aminozuur dat de ijzernucleus niet bindt. En zulke varianten blijken zowel O₂ als CO wél uiterst efficiënt te binden.

Het beste voldoet tot nu toe Ngb-H64Q-CCC, dat glutamine bevat in plaats van histidine en waarin bovendien drie cysteïnes op het eiwitoppervlak zijn vervangen door iets anders. Met dit middel lukte het om van acht muizen, die een dodelijke dosis CO kregen, er zeven in leven te houden. Het lijkt er op dat het daadwerkelijk hemoglobine ontdoet van CO, zodat dat eiwit weer gewoon zuurstof kan gaan transporteren. Vervolgens vind je het in de urine terug, met CO en al.

Hoe lang het gaat duren om er een medicijn voor mensen van te maken, blijft onduidelijk.

bron: *University of Pittsburgh*

Koolstofmono-oxide is een sluipmoordenaar.

- 1 Waarom wordt koolstofmono-oxide een sluipmoordenaar genoemd?
- 2 Wanneer ontstaat er koolstofmono-oxide?

Normaal heerst er in je bloed een evenwicht tussen opname en afgifte van zuurstof en koolstofdioxide aan hemoglobine: $\text{Hb-O}_2 + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{Hb-CO}_2 + \text{O}_2$.

- 3 Leg uit dat in de cellen dit evenwicht sterk rechts ligt en in de longen juist sterk links.
- 4 Hoe zorgt koolstofmono-oxide ervoor dat er onvoldoende zuurstof in de weefsels terecht komt?
- 5 Leg uit dat de behandeling met zuivere zuurstof het CO uit het bloed kan wegconcurreren.

Wetenschappers hebben mogelijk een andere methode gevonden om CO-vergiftiging te bestrijden. Hiertoe gebruiken ze aangepast Ngb.

- 6 Leg uit waardoor Ngb geen CO of O₂ kan binden.
- 7 Leg uit waardoor Ngb na die aanpassing wel CO en O₂ kan binden.

Door gebruik te maken van aangepast Ngb is er concurrentie tussen Hb en Ngb.

- 8 Hoe kun je dit in een evenwichtsreactievergelijking weergeven?
- 9 Leg uit dat hierdoor Hb weer beschikbaar komt voor zuurstoftransport.

Verschillende aangepaste Ngb's zijn inmiddels onderzocht op hun werkzaamheid.

- 10 Hoe werd vastgesteld dat ze CO gebonden hadden?

Tegengif tegen kolendamp

- 1 Koolstofmono-oxide is een kleurloos en reukloos gas dat bij inademing wel dodelijk is.
- 2 Koolstofmono-oxide ontstaat bij onvolledige verbranding van brandstoffen die koolstof als element bevatten.
- 3 In de cellen ontstaat koolstofdioxide ten gevolge van verbranding, dus Hb-O₂ verdwijnt en Hb-CO₂ wordt gevormd. In de longen is een hoge concentratie zuurstof waardoor koolstofdioxide weer verdreven wordt uit Hb-CO₂ en Hb-O₂ ontstaat.
- 4 CO bindt aan Hb maar blijft in tegenstelling tot koolstofdioxide vastzitten aan Hb. Dus er zijn onvoldoende vrije Hb-deeltjes om zuurstof te transporteren.
- 5 Door toevoeging van zuivere zuurstof laat je het evenwicht verschuiven / de reactie omkeren omdat de zuurstofconcentratie heel hoog is.
Evenwicht $\text{Hb-CO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{Hb-O}_2 + \text{CO}$ ligt dan door zeer hoge O₂-concentratie rechts.
- 6 Natuurlijk Nbg heeft op de bindingplaats twee histidinegroepen zitten waardoor de opening voor CO te klein is en geen binding mogelijk is.
- 7 Door één histidine te vervangen door glutamine is de opening groot genoeg om CO te laten binden.
- 8 $\text{Hb-CO} + \text{Ngb} \rightleftharpoons \text{Hb} + \text{Ngb-CO}$.
- 9 Dit evenwicht ligt sterk rechts want er is gegeven dat het gemuteerde eiwit CO 1200x sneller uit Hb verwijdt.
- 10 De stof werd in de urine teruggevonden 'met CO en al'.

ZELFHELEND KUNSTBOT VAN NANODEELTJES

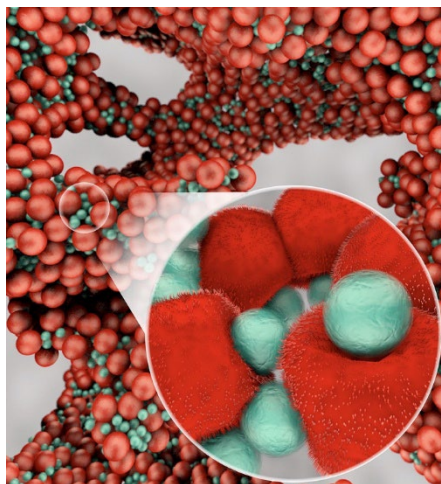
Klas	4,5 hv
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Roosters en bindingen
Trefwoorden	Waterstofbruggen, ionbinding, atoombinding, hardheid, gelatine, silica
Vaardigheidsvraag	Informatieselectievraag

www.c2w.nl, 10 januari 2017

Zelfhelend kunstbot van nanodeeltjes

Arjen Dijkgraaf

Meng silica- en gelatine-nanodeeltjes en je krijgt een colloïdale composietgel die tegelijk zelfherstellend en mechanisch stevig is. Het zou wel eens een prima uitgangspunt kunnen zijn voor kunstmatig botweefsel, blijkt uit een Nijmeegse publicatie in Advanced Materials.



Volgens laatste auteur Sander Leeuwenburgh, van de vakgroep biomaterialen van het Radboudumc, zou je zulk kunstbot zelfs via injecties op zijn plek kunnen brengen. Als je het door een nauwe injectienaald perst, wordt het dankzij de hoge afschuifkrachten redelijk vloeibaar. Zodra het die naald uit is, ‘herstelt’ de vaste, harde colloïdstructuur zichzelf binnen een paar seconden.

Leeuwenburgh, promovendus Mani Diba en collega’s van Harvard en Dalian University of Technology creëerden de gel uit zachte gelatinedeeltjes van gemiddeld 400 nm diameter, en harde silicadeeltjes van 80 nm. Die suspendeer je in een NaOH-oplossing met een pH van rond de 11. Vervolgens laat je die pH langzaam dalen.

Bij pH 8 passeer je het iso-elektrische punt van gelatine. De lading van die deeltjes klappt dan om van negatief naar positief terwijl die van de silica negatief blijft. Pas dan gaan de deeltjes elkaar dus aantrekken, en starten ze een zelfassemblageproces. Wanneer de onderlinge aantrekking voldoende sterk is, krijg je daarbij geen massieve klomp maar een soort netwerk van slieten.

Zoals gezegd is dat netwerk zelfherstellend. Als er onder mechanische belasting beschadiging optreedt, dan herstelt het materiaal zichzelf wanneer de belasting weer wegvalt. De eerste paar keer zie je zelfs dat het netwerk sterker wordt dan het was: kennelijk herstellen eerdere fouten in het zelfassemblageproces dan zichzelf, en werk je langzaam naar de energetisch ideale structuur toe.

Voorlopig is het nog een modelsysteem maar Leeuwenburgh en collega’s denken al heel nadrukkelijk aan toepassingen. Gezien hun achtergrond bij de afdeling Tandheelkunde ligt botherstel dan voor de hand, als vervanging voor echt botweefsel dat je elders uit de patiënt ‘oogst’. Je zou dan de ingrediënten van de gel zo moeten wijzigen dat ze binden aan het resterende bot.

Leeuwenburgh denkt trouwens ook al aan 3D-printen van de composietgel. ‘Daar gaan we binnenkort in de VS onderzoek naar doen.’

bron: Radboudumc

Kunstbot aanbrengen met een injectiespuit? Bij de vakgroep Biomaterialen in Nijmegen wordt daar aan gewerkt.

Sander van Leeuwenburgh en collega-onderzoekers hebben uit silica- en gelatine nanodeeltjes een composietgel gemaakt, die tegelijk zelfherstellend en mechanisch stevig is.

1 Wat is een composiet?

Gelatine

Een mogelijk stukje uit de eiwitketen van gelatine is -Ala-Gly-Pro-Arg-Gly-Glu-.

- 2 Tot welke groep stoffen behoort gelatine?
- 3 Teken de structuurformule van de eiwitketen -Ala-Gly-Pro-Arg-Gly-Glu-.
- 4 Leg op microniveau uit waardoor de stof gelatine zacht is.

Bij een pH > 8 is de lading van gelatinedeeltjes in een oplossing negatief, zegt het artikel.

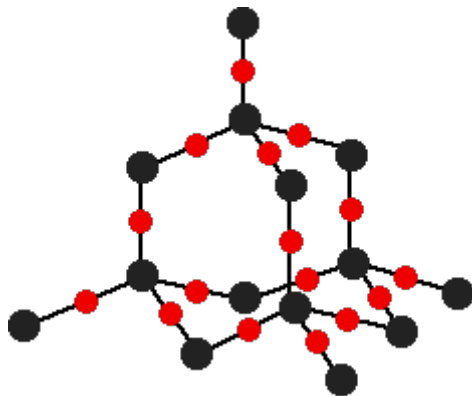
- 5 Leg uit waardoor de negatieve lading veroorzaakt wordt. Onderbouw je uitleg met de tekening van (een stukje van) de structuurformule waarin de negatieve lading aanwezig is.

Als de pH daalt, verandert de lading van de gelatinedeeltjes naar positief.

- 6 Leg uit waardoor de positieve lading veroorzaakt wordt. Onderbouw je uitleg met de tekening van (een stukje van) de structuurformule waarin de positieve lading aanwezig is.

Silica

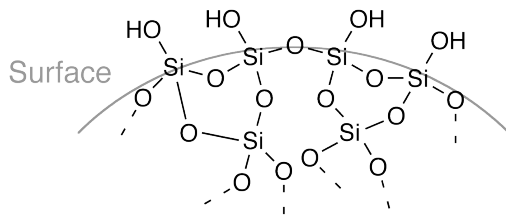
Silica (molecuulformule $(\text{SiO}_2)_n$) heeft een structuur als diamant. In figuur 1 staat een stukje van de bouw van silica weergegeven. De grote bolletjes stellen de siliciumatomen atomen voor en de kleinere de zuurstofatomen.



Figuur 1

- 7 Leg op microniveau uit waardoor silica hard is.

De structuur aan het oppervlak van silica staat afgebeeld in figuur 2. Silica reageert in water als een zuur.



Figuur 2

- 8 Leg uit waardoor silica een negatieve lading heeft bij een pH van 11. Gebruik in je uitleg onder andere een tekening van de structuur van het oppervlak waarin de negatieve lading zichtbaar is.

Netwerk

Beneden pH = 8 krijgen gelatinedeeltjes een positieve lading terwijl de silicadeeltjes nog een negatieve lading hebben. Er ontstaat een netwerk van slierten als de onderlinge aantrekkingskracht voldoende is.

- 9 Geef in een schematische tekening dit netwerk weer. Geef de verschillende deeltjes en de lading duidelijk aan.
- 10 Leg uit welk type binding in het netwerk tussen de gelatinedeeltjes en silicadeeltjes aanwezig is.

In het artikel staat dat de composietgel mechanisch sterk is.

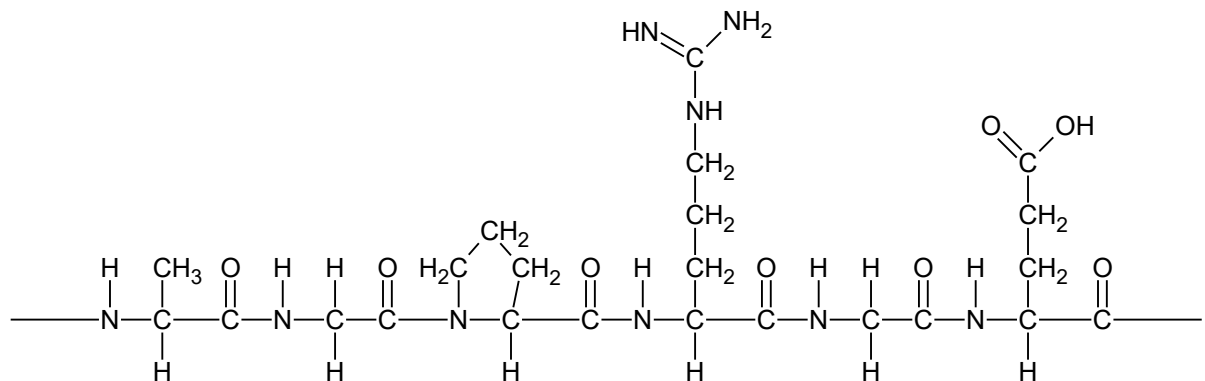
- 11 Leg uit waarom men voor de gel de term composiet gebruikt.
- 12 Leg uit waarom je van een gel kunt spreken.
- 13 Verklaar waardoor de composietgel mechanisch sterk is.

Het netwerk/de composietgel is zelfherstellend.

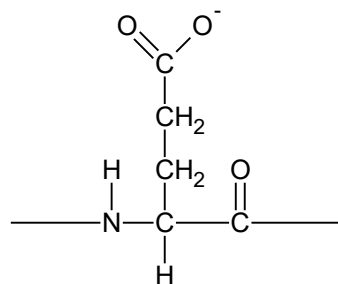
- 14 Licht deze uitspraak op microniveau toe.
- 15 Geef je reactie op de titel van het artikel.

Zelfhelend kunstbot van nanodeeltjes

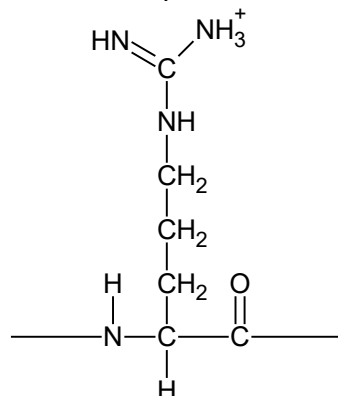
- 1 Een composiet is een samengesteld materiaal/ opgebouwd uit verschillende componenten/materialen. Een composiet is meestal sterker dan de afzonderlijke materialen.
- 2 Eiwitten, polypeptiden
- 3



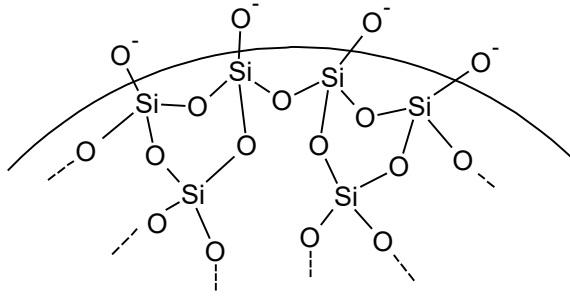
- 4 Gelatine is opgebouwd uit eiwitketens die via waterstofbruggen, tussen de -NH₂ en -COOH groepen, de ketens aan elkaar binden. Deze waterstofbruggen kunnen door verwarming of door externe krachten makkelijk verbroken worden.
- 5 Het aminozuur glutaminezuur (Glu) heeft in de zijketen een -COOH groep. In basisch milieu zal die een H⁺ af staan waardoor een negatieve lading ontstaat.



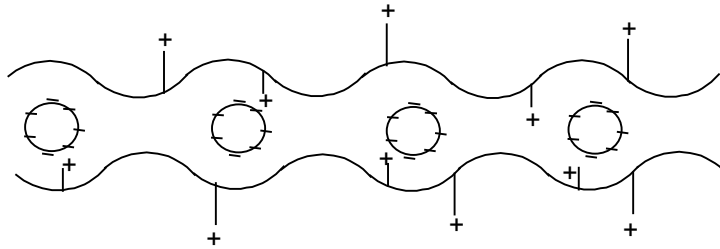
- 6 Het aminozuur arginine (Arg) heeft in de zijketen een -NH₂ groep. Bij een lagere pH zal die een H⁺ opnemen waardoor een positieve lading ontstaat.



- 7 Silica heeft, zoals diamant, een atoomrooster. Tussen alle atomen (in drie richtingen) zijn sterke atoombindingen aanwezig. Dit verklaart de hardheid.
- 8 De OH groepen aan het oppervlak van de silicadeeltjes splitsen een H⁺ af.



9



Ketens: gelatine; bolletjes: silica

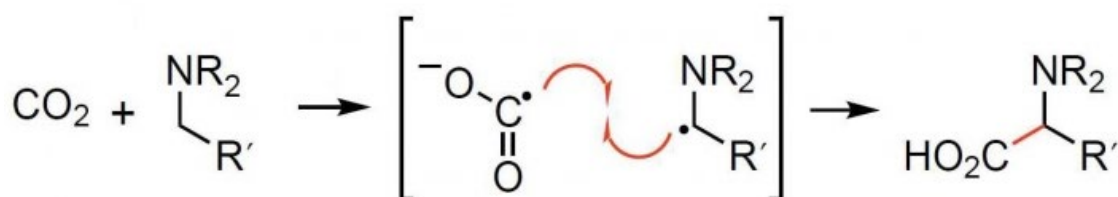
- 10 Aantrekking tussen positieve en negatieve lading: ionbinding.
- 11 Een composiet is een materiaal dat is opgebouwd uit verschillende componenten. Er zijn vezels en een matrix die de vezels samen houdt. De gelatinedeeltjes zijn hier de "vezels" en de silicabolletjes de matrix.
- 12 Gel: gecrosslinkte ketens met ruimte ertussen. Tussen de eiwitketens zijn normaal gesproken lege ruimtes aanwezig. De silicabolletjes fungeren hierin als crosslinks.
- 13 De ionbinding is een sterke binding.
- 14 In principe kunnen de eiwitketens en de silicabolletjes ten opzichte van elkaar verschuiven. Hiervoor zullen de oorspronkelijke ionbindingen moeten vervallen, maar er komen nieuwe voor in de plaats.
- 15 De onderzoekers hebben deze composietgel gemaakt en denken dat het een uitgangspunt kan zijn voor kunstmatig botweefsel. De titel gaat al van dat feit uit.

Artikel: <http://www.c2w.nl/nieuws/zelfhelend-kunstbot-van-nanodeeltjes/item18749>

ORGANICI MAKEN AMINOZUREN VAN KOOLSTOFDIOXIDE

Klas	5,6 v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Organische reacties
Trefwoorden	Aminozuur, koolstofdioxide, radicaal, mechanisme, fotoredoxkatalysator, Lewisstructuur
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.c2w.nl, 4 januari 2017

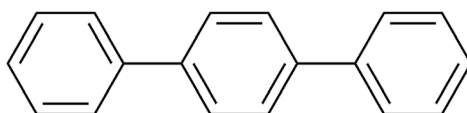


Organici maken aminozuren van koolstofdioxide

Aan het MIT is een continuproces bedacht dat koolstofdioxide omzet in aminozuren via fotoredoxkatalyse, met uv-licht als energiebron. Waarbij die aminozuren minder belangrijk zijn dan het feit dat aan de reactie maar één elektron te pas komt, zo valt te lezen in *Nature Chemistry*.

Dat elektron maakt van het vrijwel inerte CO₂ een reactief CO₂⁻-radicaal. Chemisch gezien ligt die aanpak voor de hand maar in de praktijk is de benodigde reductiepotentiaal dermate hoog dat je het niet redt met de gebruikelijke fotoredoxkatalysatoren, zoals organoruthenium- en iridiumverbindingen. Vandaar dat verreweg de meeste pogingen om CO₂ met iets anders te laten reageren, worden gebaseerd op andere mechanismes waaraan twee elektronen te pas komen.

Met *para*-terfenyl, een puur organische fotoredoxkatalysator, blijkt je de reductiepotentiaal echter wél ruim te kunnen halen. Eerder is al aangetoond dat je CO₂ hiermee kunt omzetten in mierenzuur, en Timothy Jamison en collega's laten nu zien dat je het ook kunt laten reageren met een amine zodat je een α-aminozuur krijgt.



Para-terfenyl

Ze hebben er meteen maar een 'continuous flow'-reactie van gemaakt, waarbij een oplossing van het amine en het terfenyl in N,N-dimethylformamide (DMF) door een spiraalvormige glazen buis stroomt waar een uv-bron boven hangt. Bij de ingang spuit je er gasvormig CO₂ in.

Om te beginnen probeerde Jamison het uit met een hele reeks tertiaire amines. Dat bleek verrassend goed te werken. Om een vrij aminozuur te maken heb je een primair amine nodig; dat lukt niet rechtstreeks maar je kunt wél een tertiair amine gebruiken dat zich achteraf gemakkelijk in een primair amine laat omzetten.

Een toepassing van dit principe vinden die ook commercieel interessant is, wordt de volgende uitdaging.

bron: Nature Chemistry

Het MIT in de Verenigde Staten is een centrum voor nieuwe ontwikkelingen in de natuurwetenschappen.

De omzetting van koolstofdioxide in aminozuren die aan het MIT bedacht werd, is om twee redenen een belangrijke reactie.

1 Welke twee redenen zijn dat?

Bij de reactie tussen het amine en koolstofdioxide neemt in de eerste stap het vrijwel inerte koolstofdioxide een elektron op. Hierbij speelt een niet-gebruikelijke fotoredoxkatalysator een rol.

2 Wat wordt bedoeld met 'vrijwel inerte koolstofdioxide'?

3 Verklaar de naam fotoredoxkatalysator.

4 Leg uit waar het elektron vandaan komt voor de vorming van het CO_2^- - radicaal ($\text{CO}_2^{\bullet-}$).

5 Teken de Lewisstructuur van het gevormde CO_2^- - radicaal ($\text{CO}_2^{\bullet-}$).

Volgens de tekening bovenaan het artikel gebeurt er ook iets met het amine.

6 Leg uit wat er met het amine gebeurt voordat koppeling met het CO_2^- - radicaal plaatsvindt.

7 Welke stap vindt daarna plaats?

8 En welke stap zorgt ervoor dat er een zuurgroep ontstaat?

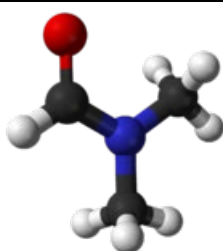
9 Leg uit dat de fotoredoxkatalysator weer dezelfde structuur terug krijgt als in het begin.

De rechtstreekse vorming van een vrij aminozuur vraagt om een primair amine. Je kunt wel een tertiair amine gebruiken, dat laat zich achteraf gemakkelijk in een primair amine omzetten.

10 Wat versta je onder een primair en een tertiair amine?

De onderzoekers noemen het reactieproduct een α -aminozuur. Uit α -aminozuren zijn onder andere eiwitten opgebouwd.

11 Wat geeft het voorvoegsel alfa aan?



Dimethylformamide of **DMF** (IUPAC-naam: **N,N-dimethylformamide**) is een kleurloze vloeistof, mengbaar met water en een groot aantal organische oplosmiddelen. Zuivere DMF is geurloos terwijl gedegradeerde DMF vaak een vislucht heeft vanwege onzuiverheden van dimethylamine. Het is een veelgebruikt oplosmiddel in chemische reacties.

Bron: Wikipedia

Bij de ontwikkelde 'continuous flow' reactie maakt men gebruik van een oplossing van het amine en de katalysator in het oplosmiddel N,N-dimethylformamide.

- 12 Waarom zal voor DMF als oplosmiddel gekozen zijn en niet voor water?
- 13 Leg op microschaal uit waarom op macroschaal DMF en water goed mengen.

Na het inspuiten van de gasvormige CO₂ loopt het reactiemengsel door een glazen buis en wordt het door een UV-bron beschenen.

- 14 Hoe verloopt het reactieproces in de glazen buis.
- 15 Wat staat het gebruik van deze reactie nog in de weg?

Organici maken aminozuren van koolstofdioxide

- 1 Het is een reactie waar maar één elektron aan te pas komt.
Met deze reactie kan CO₂ nuttig worden gebruikt.
- 2 Dat koolstofdioxide een stof is die vrijwel nergens mee reageert.
- 3 Fotoredoxkatalysator: *Foto* = gebruik van lichtenergie. *Redox* = elektronenoverdracht.
Katalysator = stof die de reactie sneller laat verlopen zonder zelf verbruikt te worden.
- 4 Het elektron zal (tijdelijk) geleverd worden door de fotoredoxkatalysator als licht met voldoende energie ingestraald wordt.
- 5 $\text{<O}=\text{C}-\text{O}^{\ominus}$.
- 6 Uit de C-H binding van het C-atoom wordt één elektron vrijgemaakt.
- 7 Er vindt een koppeling plaats tussen het C-atoom van het amine met het C-atoom van het koolstofdioxide.
- 8 Het overgebleven H-atoom van de verbroken C-H binding bindt zich aan het zuurstofatoom met de negatieve lading waarbij een elektron vrijkomt.
- 9 Het vrijkomende elektron wordt weer opgenomen door de fotoredoxkatalysator.
- 10 Primair amine: het N-atoom zit slechts aan één C-atoom vast. Tertiair amine: het N-atoom zit aan drie C-atomen vast.
- 11 Geteld vanaf de carboxylgroep zit de aminogroep vast aan het eerste C-atoom.
- 12 In een organisch oplosmiddel lossen de organische stoffen en dus ook de fotoredoxkatalysator goed op, in water lang niet alle organische stoffen.
- 13 DMF-moleculen en watermoleculen kunnen onderling H-bruggen vormen.
- 14 Terwijl het mengsel van de reactanten en de katalysator door de glazen buis stroomt, wordt het beschenen door een UV-lichtbron. Dit activeert de katalysator waardoor de reactie verloopt.
- 15 Er is nog geen commercieel interessante toepassing gevonden.

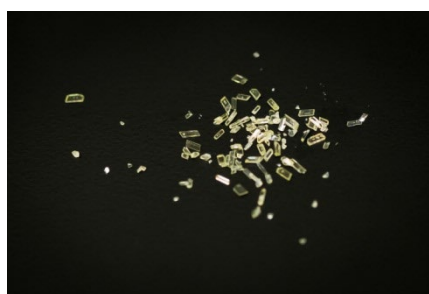
KRISTAL ZUIGT KOOLSTOFDIOXIDE

Klas	4,5 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen-reactieproducten
Trefwoorden	Kristal, koolstofdioxide, zout, PyBIG, guanidine, pyridine, milieu
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.c2w.nl, 10 januari 2017

Kristal zuigt koolstofdioxide

Angewandte Chemie presenteert een guanidineverbinding die uitkristalliseert bij contact met koolstofdioxide. Op die manier kun je dat broeikasgas uit de atmosfeer verwijderen, claimen onderzoekers van Oak Ridge National Laboratory in de VS.



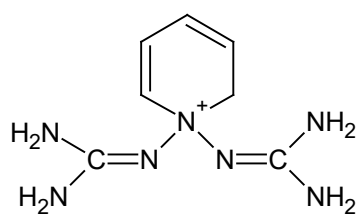
PyBIG bestaat uit pyridine met aan beide kanten van de N een guanidinegroep. Radu Custelcean en collega's hoopten eigenlijk dat het zou uitkristalliseren in combinatie met sulfaat-, chromaat- of fosfaationen, en dat ze er dus afvalwater mee zouden kunnen zuiveren. Maar PyBIG bleek ook kristallen te vormen in schoon water dat blootstond aan de buitenlucht.

Röntgendiffractie-analyse leerde dat de kristallen carbonaationen (CO_3^{2-}) bevatten, die zich vormen wanneer CO_2 uit de lucht oplost in het water. Waterstofbruggen houden carbonaat en guanidine bij elkaar, zowel direct als indirect via watermoleculen die eveneens opgesloten raken in het kristal.

Bij kamertemperatuur zijn de kristallen vrijwel onoplosbaar, en ze worden groot genoeg om ze moeiteloos uit het water te kunnen filteren. Om vervolgens de CO_2 er weer uit te krijgen verwarm je ze tot 80 à 120 °C; de kristallen lossen op, het gas kun je opvangen en het PyBIG is klaar voor hergebruik. Dat kost uiteraard energie maar volgens Custelcean valt het verbruik alleszins mee, zeker als je het vergelijkt met eerder ontwikkelde CO_2 -absorptiemiddelen waarvan de regeneratietemperaturen vele malen hoger lagen. Je zou voor het verwarmen zelfs zonne-energie kunnen gebruiken zodat het niet leidt tot extra CO_2 -uitstoot.

bron: Oak Ridge National Lab

Onderzoekers hoopten met de stof PyBIG afvalwater te kunnen zuiveren. De structuurformule van PyBIG is:



Ze hoopten dat het PyBIG zou uitkristalliseren met sulfaat-, chromaat- of fosfaationen.

1 Leg uit wat voor type stof zou ontstaan bij dat uitkristalliseren.

2 Leg uit dat je met PyBIG afvalwater zou kunnen reinigen.

Er bleken echter ook kristallen te ontstaan als PyBIG in schoon water werd blootgesteld aan lucht. Er bleken dan carbonaationen gevormd te zijn nadat koolstofdioxide opgelost was vanuit de lucht.

3 Leg uit hoe carbonaationen kunnen ontstaan uit koolstofdioxide dat opgelost is in water met PyBIG.

4 Beschrijf het kristal dat dan kan ontstaan.

“Waterstofbruggen houden carbonaationen en guanidine bij elkaar”, zegt het artikel.

5 Leg uit dat guanidine gemakkelijk H-bruggen kan vormen.

De gevormde kristallen bleken vrijwel onoplosbaar in water bij kamertemperatuur. Voor het afscheiden werd aan filtreren gedacht.

6 Op welk principe berust filtreren?

7 Leg uit dat het vrijwel onoplosbaar zijn van de kristallen niet voldoende is om een dergelijke stof via filtratie af te scheiden van het water.

Bij verwarmen van de kristallen tot 80 à 120 °C gingen de zoutkristallen weer oplossen en daarbij werd het koolstofdioxide weer afgegeven.

8 Leg uit dat oplossen niet de juiste beschrijving van het proces kan zijn.

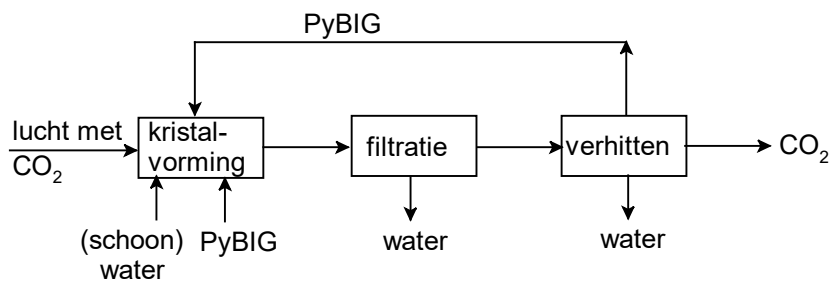
9 Hoe kan het dat de zoutkristallen ook water vrijmaken bij verhitting?

10 Beschrijf de reactie die dan optreedt en waarbij het koolstofdioxide weer vrijkomt.

11 Maak een blokschema van het totale proces.

Kristal zuigt koolstofdioxide

- 1 Een zout met PyBIG als positief ion.
- 2 PyBIG vormt een onoplosbaar zout met sulfaat-, chromaat- of fosfaationen. Dit zout kan dan afgescheiden worden van het afvalwater.
- 3 Opgelost koolstofdioxide (koolzuur) reageert als zuur deeltje met de basische groepen van PyBIG. Hierbij staat koolzuur zijn H^+ ionen af en ontstaan carbonaationen.
- 4 Een kristal dat opgebouwd is uit positieve PyBIG-ionen en negatieve carbonaationen.
- 5 Guanidinemoleculen bevatten verschillende NH-groepen die met bijvoorbeeld watermoleculen H-bruggen kunnen vormen.
- 6 Filtreren berust op verschil in deeltjesgrootte.
- 7 Bij filtratie moeten de vaste deeltjes door het filter tegengehouden worden. Dus de grootte van de kristallen speelt ook een rol.
- 8 Oplossen betekent dat je een oplosmiddel toevoegt waarin de betreffende stof oplost. Bij het hier bedoelde proces komt kristalwater vrij, waarin de bestanddelen oplossen.
- 9 In het rooster van het zout zit kristalwater opgesloten dat bij verhitting vrijkomt.
- 10 Het water reageert met carbonaationen tot koolzuur dat uiteenvalt in water en koolstofdioxide.
- 11



BIOCORROSIE BEDREIGT WASMACHINE

Klas	4 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Redoxreactie
Trefwoorden	Biocorrosie, wasmiddel, enzymen, wasmachine, bleekmiddel, biofilm, milieu
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.c2w.nl, 23 januari 2017

Biocorrosie bedreigt wasmachine



Veranderde wasgewoontes, in combinatie met het toegenomen gebruik van vloeibaar wasmiddel, maken wasmachines defect.

Wasmachine-eigenaren van wie het apparaat rare geluiden maakt en de binnentrommel niet meer recht in de buitentrommel hangt, krijgen de laatste tijd stevast van hun monteur te horen: ‘U gebruikt zeker vloeibaar wasmiddel?’ De reparateur constateert in deze gevallen dat het trommelkruis, dat achter op de trommel vastzit en de trommel met de riemschijf en de lagers verbindt, deels of helemaal is afgebroken. De machine is economisch total loss.

Vetluis

Consumenten die in het afgelopen jaar een nieuwe wasmachine kochten, kregen ook het advies waspoeder te gebruiken in plaats van vloeibaar wasmiddel. Poeder zou de aluminiumlegering waaruit het trommelkruis bestaat minder snel aantasten dan vloeibaar wasmiddel. Die aantasting gebeurt waarschijnlijk niet op een rechtstreekse chemische manier, maar via een biologische tussenstap.

‘De veroorzaker van het gebroken trommelkruis is vetluis’, meldt de klantenservicemedewerker van Miele. Dit is anders dan de naam doet vermoeden geen diertje, maar een slijmerige drab van zeepresten, haren, huidschilfers en lichaamsvet en bacteriën. De bacteriën vormen een biofilm op onder meer het trommelkruis en kunnen welig tieren doordat wassen op lage temperaturen met korte wasprogramma’s de laatste jaren in zwang kwam.

Biofilm aantasting

Chris Callewaert, onderzoeker bij het Centrum voor microbiële ecologie en technologie van de Universiteit Gent, onderzocht de aanwezigheid van bacteriën in wasmachinespoelwater en vond een variëteit aan biofilmproducerende bacteriën. ‘Daarin vonden we ook bacteriën die biocorrosie kunnen veroorzaken.’ Microbiële corrosie of biocorrosie is al jaren een bekend verschijnsel bij allerlei legeringen, ook bij de aluminiumlegeringen waaruit trommelkruizen bestaan. Diverse onderzoeksgroepen onderzochten het fenomeen in metaalconstructies die veel met vocht in contact komen, waaronder pijpleidingen en schepen, maar nog niet in wasmachines. Vooral sulfaat-reducerende bacteriën, ijzer-reducerende bacteriën en actinobacteriën kunnen biocorrosie veroorzaken.

Bleekmiddel

Callewaert: ‘Vroeger waste iedereen veel meer op kookwas en bevatte het wasmiddel bleekmiddel.’ Het veranderde wasgedrag vloeit deels voort uit economische- en milieuoverwegingen, omdat wassen op lage temperaturen minder energie kost. Maar ook veranderingen in de samenstelling van wasmiddelen, zoals de toevoeging van enzymen, veranderde de wasgewoontes. Callewaert:

‘Enzymen laten minder hoge temperaturen toe omdat ze bij hogere temperaturen denatureren.’ En doordat veelgebruikte korte wasprogramma’s minder water gebruiken, spoelt de biofilm ook nog eens minder goed weg.

Waspoeders voor witte was bevatten meestal zuurstofbleekmiddel, zoals natriumpercarbonaat. Bij contact met water valt natriumpercarbonaat uiteen in waterstofperoxide en soda.

Onderhoudswasbeurt

Een wasmiddelexpert van Sensora, producent van onder andere Klokwasmiddel, legt uit hoe dat helpt tegen biofilm: ‘Een bleekmiddel zoals natriumpercarbonaat helpt tegen bacteriegroei, alhoewel het op zich geen desinfectans is. Een hogere temperatuur dan 40 °C en een langere verblijftijd bij die temperatuur helpen ook tegen bacteriegroei. De op waterbasis geproduceerde vloeibare wasmiddelen bevatten geen zuurstofbleekmiddelen, zoals natriumpercarbonaat, maar ontleen hun waskracht aan de aanwezigheid van enzymen en wasactieve stoffen, zoals anionogene stoffen, niet-ionogene stoffen en zeep, die inwerken op de verschillende soorten vlekken. Callewaert raadt aan: ‘Draai om de tien wasbeurten een onderhoudswasbeurt op hoge temperatuur om biofilmopbouw tegen te gaan.’ Dat is niet alleen hygiënischer, maar dus ook beter voor de wasmachine.

De termen ‘bio’ en ‘corrosie’ kom je apart wel vaker tegen, de term biocorrosie echter niet zo vaak.

- 1 Wat geeft de term bio aan?
- 2 Wat geeft de term corrosie aan?
- 3 Wat is biocorrosie?

Wasmachines vertonen tegenwoordig veel vaker biocorrosie dan vroeger.

- 4 Hoe kun je dat verschil tussen nu en vroeger verklaren?
- 5 Leg uit dat het advies van onderzoeker Chris Callewaert biocorrosie tegengaat.

In een wasmiddel zitten tegenwoordig enzymen en wasactieve stoffen.

- 6 Wat is de functie van enzymen in een wasmiddel?
- 7 Wat zijn de functies van de wasactieve stoffen in een wasmiddel?
- 8 Welke wasactieve stoffen kom je in wasmiddelen tegen?

Het bleekmiddel natriumpercarbonaat heeft de formule $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}_2(\text{s})$. Bij contact met water valt het uiteen.

- 9 Geef de formules van de stoffen waarin natriumpercarbonaat uiteenvalt.

Natriumpercarbonaat is een zout. Het heeft dus een verhoudingsformule.

- 10 In welke ionen valt natriumpercarbonaat uiteen bij oplossen?
- 11 Leg uit dat in een verhoudingsformule de notatie 1,5 kan voorkomen.
- 12 Geef de reactievergelijking die optreedt bij het oplossen van natriumpercarbonaat.
- 13 Wat kunnen makers van wasmachines doen om biocorrosie te voorkomen?

Biocorrosie bedreigt wasmachine

- 1 Bio geeft aan dat het van biologische oorsprong is.
- 2 Corrosie geeft de aantasting aan van metalen door stoffen uit de omgeving.
- 3 Aantasting van metalen onder invloed van bacteriën.
- 4 Vroeger waste iedereen op hoge temperatuur en bevatte het wasmiddel bleekmiddelen waardoor bacteriën geen kans kregen om te overleven.
- 5 Het advies is om af en toe te wassen bij een hoge temperatuur om de bacteriën te doden.
- 6 Enzymen breken bijvoorbeeld eiwitten af.
- 7 Wasactieve stoffen zijn zeep die de oppervlaktespanning verlagen en vet- en vuildeeltjes losweken uit het wasgoed.
- 8 An-ionogene stoffen, non-ionogene stoffen en zeep.
- 9 Er ontstaan soda en waterstofperoxide, H_2O_2 . Soda is (Binas tabel 66A) natriumcarbonaatdecahydraat, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.
- 10 Er ontstaat opgelost soda: $2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-}$.
- 11 Het geeft de verhouding van het aantal deeltjes aan, dus 1 deeltje Na_2CO_3 ten opzichte van 1,5 deeltje H_2O_2 , ofwel verhouding 2 : 3.
- 12 $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 4\text{Na}^+ + 2\text{CO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}_2$.
- 13 - Een andere (aluminium)legering gebruiken voor het trommelkruis.
- Kopers dringend adviseren af en toe een 'onderhouds'wasbeurt te draaien.