

ETHANOL KRAAKT LIGNINE

Klas	5hv
Subdomein	Deeltjes modellen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Organische naamgeving en structuurformules
Trefwoorden	Lignine, aromaat, aldehyde, brandstof, milieu
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W Life Sciences, 12 september 2014

ETHANOL KRAAKT LIGNINE

Eindhovens proces zet houtresten om in brandstofadditief.

Met superkritische ethanol en CuMgAlO_x als katalysator kun je lignine uit biomassa depolymeriseren tot een hoogwaardig additief voor vloeibare brandstoffen. Zo creëer je meer waarde dan wanneer je de lignine simpelweg verstookt als afval, schrijven Emiel Hensen en collega's van de TU/e in een publicatie die de cover van *ChemSusChem* haalde.

NMR-metingen laten zien dat het proces neerkomt op het verknippen van de ligninestructuur tot losse aromatringen met allerlei zijketens. Die zijn uiterst reactief, maar ze reageren eerder met de omringende ethanol dan met elkaar zodat ze vanzelf worden gestabiliseerd. Die ethanol is dus oplosmiddel en reagens tegelijk. 'Superkritisch' wil in dit geval zeggen

dat je moet werken bij minimaal 63 bar en 241 °C; bij 300 °C bedraagt de reactietijd vier tot acht uur.

Hensen zegt op het idee te zijn gebracht door coauteur Michael Boot, een verbrandingstechnoloog. Proefondervindelijk is vastgesteld dat toevoeging van geoxigeneerde aromaten aan diesel de verbranding verbetert en de NO_x - en roetuitstoot van de motor vermindert. Waarop Boot zich afvroeg of je die aromaten soms uit de ligninestructuur zou kunnen knippen.

Groot voordeel van deze toepassing is dat het niet uitmaakt dat het product een onduidelijke mix van moleculen is. Hetzelfde geldt voor een suggestie die het Amerikaanse Joint BioEnergy Institute onlangs deed in *PNAS*. Je kiest je katalysator zo dat je voornamelijk aromatische aldehydes overhoudt. Via reductieve aminering zet je die om in tertiaire amines, en met wat fosforzuur krijg je vanzelf een ionische vloeistof met H_2PO_4^- als anion. De gebruikte reagentia zijn vrij prijzig maar desondanks is zo'n 'bionische' vloeistof goedkoper dan commerciële vloeibare zouten, schatten de auteurs. En het leukste is dat lignine er prima in oplost, zodat bioraffinaderijen hun biomassa straks te lijf kunnen met de restanten van de vorige boom. (ADIJ)



ILLUSTRATIE: MANOPIK/ISTOCK.COM

Houtresten bevatten veel lignine. Ze worden vaak 'simpelweg' verstoekt als afval.

1 Waarom wordt de lignine vaak niet uit de houtresten gehaald en omgezet?

Aan de TU Eindhoven is een proces ontwikkeld om lignine om te zetten door dépolymerisatie, het verknippen van de ligninestructuur.

2 Verklaar de benaming 'depolymerisatie'.

3 Wat ontstaan er daarbij aan brokstukken?

De gevormde brokstukken zijn zeer reactief.

4 Waardoor kunnen in het nieuwe proces de ontstane brokstukken niet direct terug reageren tot een nieuwe ligninestructuur?

Het proces met ethanol

Bij het nieuwe proces is ethanol oplosmiddel en reagens tegelijk. De reactieomstandigheden worden zo gekozen dat de ethanol in de 'superkritische' fase verkeert. De keuze van de katalysator zorgt er voor dat er in het proces voornamelijk aromatische aldehyden ontstaan.

5 Wat is een aromaat?

6 Wat is een aldehyde?

7 Teken een structuurformule van een aromatische aldehyde.

De katalysator die gebruikt wordt heeft als formule CuMgAlO_x . Je kunt dit lezen als een zout met in totaal vier positieve en negatieve ionen, of als een zout met twee positieve ionen en een negatief aluminaation met formule AlO_x^{y-} . Het aanwezige koperion is eenwaardig.

8 Wat is de functie van de gekozen katalysator?

9 Leid voor beide mogelijkheden voor de opbouw van het zout de waarden van x en y af.

Verdere omzetting

Met behulp van zogenaamde reductieve aminering wordt een aromatisch aldehyde omgezet in een aromatisch tertiair amine.

10 Geef de structuurformule van een tertiair aromatisch amine.

Ionische vloeistof

Van de aromatische amines kun je een ionische vloeistof maken. Die ontstaat na toevoegen van fosforzuur aan het amine.

11 Geef de vergelijking van de reactie die daarbij optreedt. Gebruik voor het tertiair amine de formule X_3N .

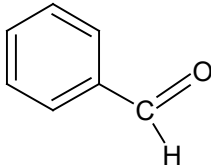
12 Leg uit dat het vreemd is dat een ionische vloeistof ontstaat.

Men voorziet meerdere toepassingen voor de producten van dit proces.

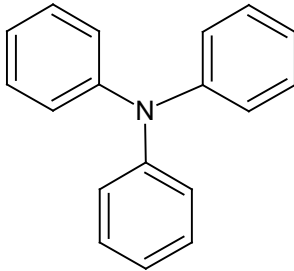
13 Welke toepassingen ziet men voor de producten van dit proces?

Ethanol kraakt lignine

- 1 Het is heel moeilijk om lignine blijvend om te zetten in andere producten.
- 2 Lignine is een polymeer dat bestaat uit een aaneenschakeling van benzeenringen.
- 3 Losse aromaatringen met allerlei zijketens.
- 4 Ze reageren in het nieuwe proces met de omringende ethanolmoleculen, dus niet meer met elkaar.
- 5 Een aromaat is een verbinding waar in het molecuul een of meer benzeenringen aanwezig zijn.
- 6 Een aldehyde is een verbinding waar in het molecuul een CH=O groep aan een eindstandige C aanwezig is.
- 7



- 8 Deze katalysator zorgt ervoor dat onder mildere omstandigheden de juiste stoffen ontstaan en dat de reactie toch nog voldoende snel verloopt.
- 9 Cu^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} en 3O^{2-} is de ene mogelijkheid. Cu^+ , Mg^{2+} en AlO_3^{3-} is de andere mogelijkheid.
- 10



- 11 $\text{X}_3\text{N} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{X}_3\text{NH}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$.
- 12 Zouten zijn bij kamertemperatuur meestal vast.
- 13 Een hoogwaardig additief voor vloeibare brandstoffen; oplosmiddel voor lignine.

CHOLESTEROL VOEDT SENSOR

Klas	5,6v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Batterijen, redoxreactie, halfreactie
Trefwoorden	Cholesterol, enzym, biobatterij, sensor, hart, Lewis formule
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

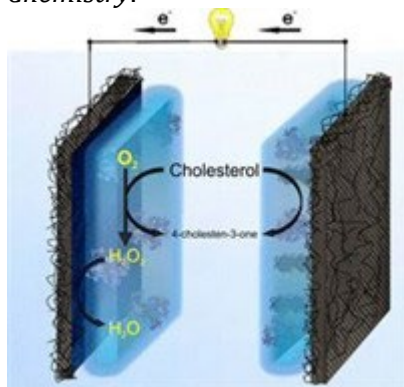
www.c2w.nl, 24 september 2014

Cholesterol voedt sensor

Hartproblemen aan zien komen zonder batterijen

Arjen Dijkgraaf

In Zweden is een bio-elektro-katalytische sensor gepresenteerd die cholesterol detecteert en daar tevens door wordt gevoed. Handig voor mensen met verhoogd risico op hartproblemen, schrijft een groep Russische onderzoekers aan de universiteit van Linköping in *Analytical Chemistry*.



De kathode en de anode van hun sensor zijn vrijwel identiek. Allebei bevatten ze een cholesteroloxidase-enzym, ingebed in een sol-gel-matrix, dat cholesterol en zuurstof omzet in cholest-4-en-3-on en waterstofperoxide. Het verschil is dat de kathode tevens Pruisisch blauw (ijzer(III)-hexacyanoferraat(II), $\text{Fe}_7(\text{CN})_{18}$) bevat dat het gevormde H_2O_2 weer reduceert tot H_2O .

Hierdoor gaat een stroom lopen van anode naar kathode, die afhankelijk is van de cholesterolconcentratie en tevens sterk genoeg zou moeten zijn om de display te voeden.

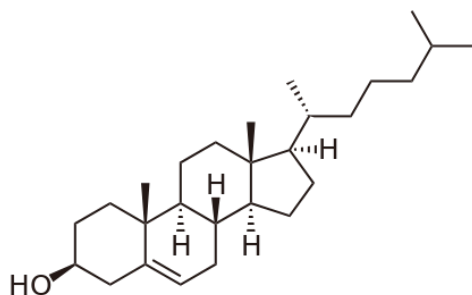
bron: ACS

Een elektrochemische cel die je cholesterolniveau in de gaten houdt, een mooi voorbeeld van de toepassing van de (bio)chemie in de gezondheidszorg.

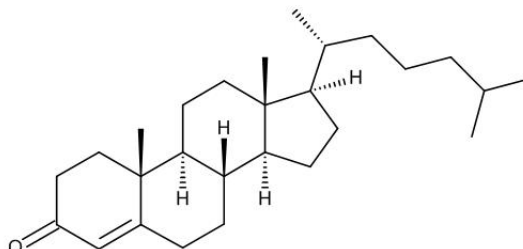
De sensor

- 1 Wat is er zo nieuw aan de ontdekking van de Russische onderzoekers in Zweden?
- 2 Licht de termen bio en elektro voor deze “*bio-elektro*-katalytische sensor” toe.
- 3 Leg uit dat je hier te maken hebt met een batterij.
- 4 Wat versta je onder een sensor?
- 5 Waarom kun je hier spreken van een sensor?
- 6 Leg uit of de sensor snel ingezet kan gaan worden.

Cholesterol en cholest-4-en-3-on



Structuurformule cholesterol



Structuurformule cholest-4-en-3-on

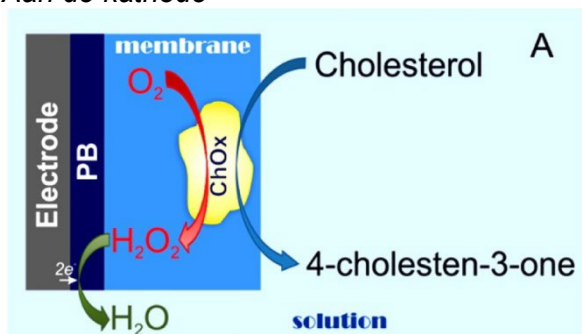
- 7 Noteer de molecuulformule van cholesterol.
- 8 Licht aan de hand van de structuurformule van cholest-4-en-3-on het deel van de naam “-4-en-3-on” toe.
- 9 Leg uit wat de rol is van het oxidase-enzym

De chemie in de sensor

De molecuulformule van cholest-4-en-3-on is $C_{27}H_{44}O$.

- 10 Noteer de vergelijking van de reactie waarbij cholesterol en zuurstof, in aanwezigheid van het cholesteroloxidase-enzym, omgezet worden in cholest-4-en-3-on en waterstofperoxide.

Aan de kathode



Aan de linkerkant van de cel wordt de gevormde waterstofperoxide weer omgezet in water.

- 11 Noteer de vergelijking van deze halfreactie.

Deze omzetting gebeurt door de aanwezigheid van Pruisisch blauw, ijzer(III)-hexacyanoferraat(II), $Fe_7(CN)_{18}$.

- 12 Leg uit waarom Pruisisch blauw aan de kathode nodig is.

De formule van het hexacyanoferraat(II) ion is $Fe(CN)_6^{4-}$.
In Pruisisch blauw is ook het Fe^{3+} ion aanwezig.

- 13 Leg uit hoe men tot de molecuulformule $Fe_7(CN)_{18}$ komt in het artikel.

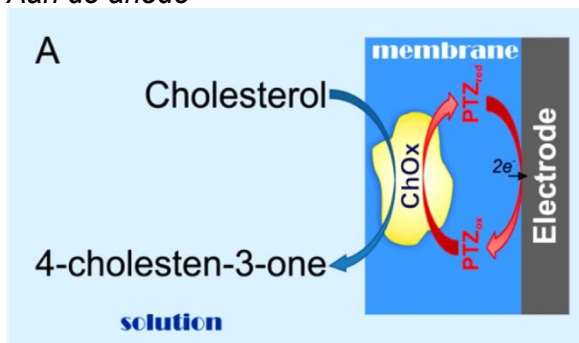
Pruisisch blauw wordt aan de kathode omgezet in het ion van Pruisisch wit: hierbij worden de Fe^{3+} ionen in Pruisisch blauw omgezet in Fe^{2+} ionen. De formule voor het ion van Pruisisch wit is $[(\text{Fe}^{2+})_4((\text{Fe}^{2+}(\text{CN})_6)^{4-})_3]^{4-}$, ijzer(II)hexacyanoferraat(II)-ion

14 Noteer de halfreactie voor de omzetting van Pruisisch blauw in het ion van Pruisisch wit.

In de tekening gaat de elektronenstroom van links naar rechts.

15 Is dit in overeenstemming met je antwoord op vraag 14? Licht je antwoord toe.

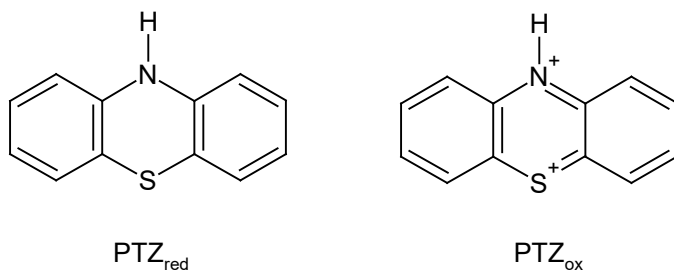
Aan de anode



In het membraan waarin het enzym aanwezig is heeft men ook PTZ (phenothiazine) aangebracht.

Het phenothiazine neemt twee elektronen op bij de cholesterolomzetting en draagt die over aan de elektrode.

In de tekening staat: $\text{PTZ}_{\text{red}} \rightarrow \text{PTZ}_{\text{ox}} + 2\text{e}^-$. De structuurformules van PTZ_{ox} en PTZ_{red} zijn:



16 Neem de structuurformule van PTZ_{red} en PTZ_{ox} over en teken de ontbrekende vrije elektronenparen erin.

17 Toon aan dat PTZ_{ox} inderdaad 2 elektronen minder bevat dan PTZ_{red} .

De cholesterolconcentratie

In het artikel staat dat de stroom, ofwel de elektronenstroom, afhankelijk is van de cholesterolconcentratie.

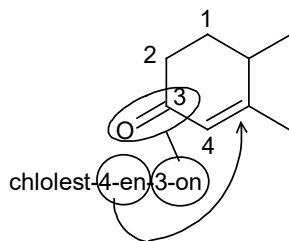
18 Leg uit welke afhankelijkheid er is: 1 mol elektronen $\equiv$ mol cholesterol.

De beschreven cel moet voortdurend je cholesterol in de gaten houden.

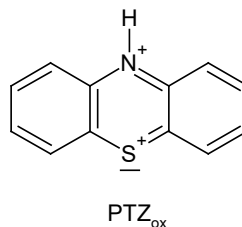
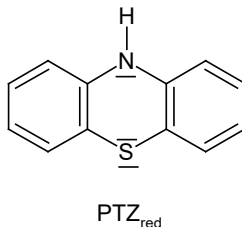
19 Hoe moet de cel dan worden aangebracht?

Cholesterol voedt sensor

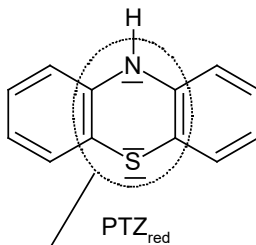
- 1 Ze hebben een sensor ontwikkeld die continu de cholesterolconcentratie van bloed kan bepalen en waarbij de stroom van de sensor door redoxreacties van de aanwezige cholesterol wordt geleverd.
- 2 *Bio*: de sensor maakt gebruik van een stof in het lichaam; *elektro*: de sensor werkt op een elektronenstroom.
- 3 Ja, want, de sensor levert stroom.
- 4 Een sensor of 'voeler' is een kunstmatige uitvoering van wat in de biologie een zintuig wordt genoemd.
- 5 Deze sensor meet het cholesterolgehalte.
- 6 Vermoedelijk niet want de sensor zou dan in de bloedbaan moeten passen en de display moet buiten het lichaam afleesbaar zijn.
- 7 $C_{27}H_{46}O$
- 8



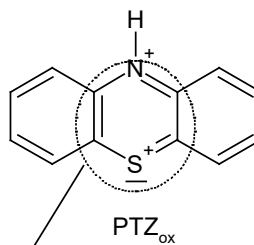
- 9 Een oxidase is een enzym dat zuurstof bindt en kan overdragen doordat het een redoxreactie in gang zet.
- 10 $C_{27}H_{46}O + O_2 \rightarrow C_{27}H_{44}O + H_2O_2$
- 11 $H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow 2H_2O$
- 12 Voor het transport van de elektronen van de elektrode naar H_2O_2
- 13 $(Fe^{3+})_4(Fe(CN)_6^{4-})_3$, met alle ladingen: $(Fe^{3+})_4((Fe^{2+}(CN)_6^{4-})_3)$, ofwel 4 Fe en 3 Fe is 7 Fe en 3×6 CN is 18 CN
- 14 $(Fe^{3+})_4((Fe^{2+}(CN)_6^{4-})_3) + 4e^- \rightarrow [(Fe^{2+})_4((Fe^{2+}(CN)_6^{4-})_3)]^{4-}$
- 15 Ja, want Pruisisch blauw neemt elektronen op.
- 16



17 - Óf



10 "vrije" elektronen



8 "vrije" elektronen

- Óf, tellen van de elektronenparen in de ring waar ze getekend staan:

	Linker ring aantal elektronen	Midden ring aantal elektronen	Rechter ring aantal elektronen	Totaal aantal elektronen
PTZ _{red}	6	6	6	18
PTZ _{ox}	4	8	4	16

- 18 Aan de anode geldt dat 1 mol cholesterol overeenkomt met 2 mol elektronen en aan de kathode 1 mol cholesterol $\equiv$ 1 mol $\text{H}_2\text{O}_2 \equiv 2 \text{ mol e}^-$. Dus bij elke 2 mol elektronen die getransporteerd worden wordt $1 + 1 = 2$ mol cholesterol omgezet.
Dus 1 mol elektronen $\equiv$ 1 mol cholesterol.
- 19 De cel moet met bloed in contact staan én kunnen worden afgelezen, dus in een ader vlak onder de huid zitten.

600 KM OP 1 TANKBEURT

Klas	4,5 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Brandstofcel; redoxreacties
Trefwoorden	Waterstof; brandstofcel; milieu
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Chemie Magazine, september 2014

EERSTE TANKSTATION VOOR WATERSTOFAUTO'

600 KILOMETER OP 1 TANKBEURT

Staatssecretaris Mansveld van Infrastructuur en Milieu opende op 3 september langs de A15 in het Zuid-Hollandse Rhoon een pompstation voor personenauto's die op waterstof rijden. Het is de eerste van twintig openbare tankpunten die de komende jaren in Nederland langs de weg verrijzen. Air Liquide exploiteert het station.

Met een capaciteit van vijftig tankbeurten per dag levert het pompstation waterstof aan voertuigen die uitgerust zijn met brandstofcellen. Een volle tank met 5 kilo waterstof is voldoende om een personenauto zo'n 600 kilometer te laten rijden. Zonder verontreiniging en fluiserstil. In een brandstofcel wordt waterstof met zuurstof uit de lucht omgezet in elektriciteit, waarbij waterdamp het enige restproduct is. "Waterstof is daarmee een van de oplossingen voor schone steden, omdat de luchtkwaliteit verbetert en elektrische auto's nauwelijks geluid maken", aldus staatssecretaris Mansveld van het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) tijdens de opening. Het ministerie wordt zelf klant van het pompstation, dat financieel is gesteund door de EU. Rijkswaterstaat heeft sinds kort de eerste twee Nederlandse waterstofauto's in het wagenpark. Onder andere Toyota, Hyundai en BMW hebben een waterstofauto op de markt gebracht.

Het tankstation is van Air Liquide, gespecialiseerd in het produceren

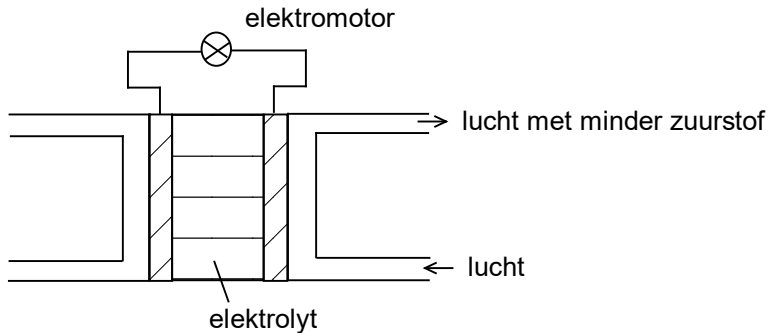
en leveren van industriële en medische gassen en de daaraan gekoppelde services. Het Franse bedrijf bouwt aan een Europees netwerk van waterstofstations en ondersteunt de visie van het ministerie van IenM over waterstofmobiliteit in de context van de toekomstige inzet van een duurzame brandstofmixin in Nederland. "Waterstof is één van de innovatieve oplossingen die op de korte termijn een antwoord bieden op de uitdagingen van duurzame mobiliteit: het reduceren van broeikasgassen, lokale luchtverontreiniging en de afhankelijkheid van op olie gebaseerde brandstoffen", zegt Ronnie Chalmers, managing director Air Liquide Benelux Industries. Waterstof kan worden geproduceerd op basis van diverse energiebronnen, in het bijzonder aardgas, maar ook op basis van hernieuwbare energiebronnen. Air Liquide zet met dit station een belangrijke stap naar het behalen van haar 'Blue Hydrogen'-doelstelling, namelijk het in 2020 produceren van ten minste 50 procent van de waterstof voor energie-doeleinden door koolstofvrije processen.

Mansveld gaf aan dat er 4 miljoen euro beschikbaar is voor provincies die proeven willen doen met waterstofbussen voor personenvervoer. Tot nu toe rijden in Nederland alleen enkele vrachtauto's, een bestelauto en een aantal bussen op waterstof, die voor een tankbeurt terecht konden in Amsterdam, Arnhem en Helmond. ■

Langs de A15 is een tankstation geopend voor personenauto's die op waterstof rijden. De waterstof is bestemd voor auto's met brandstofcellen.

1 Wat is een brandstofcel?

In figuur 1 is een waterstof-brandstofcel schematisch getekend.



Figuur 1

- 2 Neem de tekening over en geef daarin aan
- waar de waterstof wordt toe- en afgevoerd
 - hoe de elektronen stromen
 - hoe de ladingsverplaatsing in het elektrolyt plaatsvindt.

In de besproken brandstofcel reageren waterstof en zuurstof 'op afstand van elkaar' elk aan een andere elektrode.

- 3 Noteer vergelijkingen van de halfreacties die aan beide elektroden tijdens stroomlevering plaatsvinden.
- 4 Geef de vergelijking van de totaalreactie.

Een volle tank bevat 5 kg waterstof. Hiermee kan de auto 600 km afleggen.

- 5 Bereken hoeveel energie die 5 kg waterstof maximaal kan leveren als je er van uitgaat dat er in de brandstofcel *waterdamp* ontstaat.

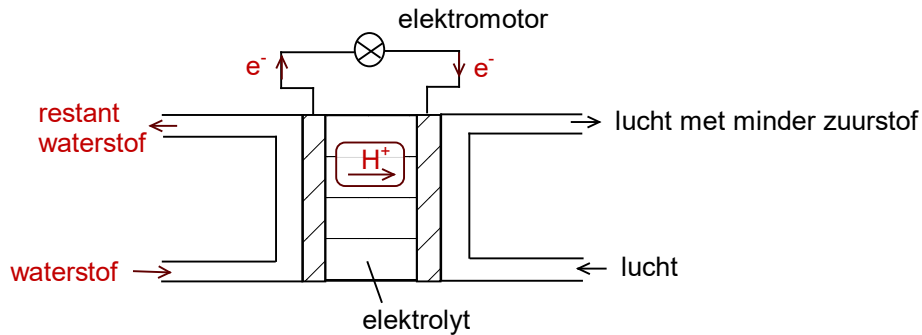
In het artikel staat: 'Zonder verontreiniging en fluisterstil'.

- 6 Geef commentaar op de uitspraak 'Zonder verontreiniging...'. Betrek daarbij ook het productieproces van waterstof.

600 km op 1 tankbeurt

- 1 Een cel die elektrische energie produceert door een brandstof op afstand met zuurstof te laten reageren. Waterstof en zuurstof worden daarbij van buitenaf aangevoerd als er vraag is naar elektrische energie.

2



- 3 Reactie aan negatieve elektrode: $H_2 \rightarrow 2 H^+ + 2 e^-$.
Positieve elektrode: $O_2 + 4 H^+ + 4 e^- \rightarrow 2 H_2O$.
- 4 Totaalreactie: $2 H_2 + O_2 \rightarrow 2 H_2O$.
- 5 $5 \text{ kg} = 5000 \text{ g} \equiv 5000/2,016 = 2500 \text{ mol}$ waterstof. Dit levert bij verbranding 2500 mol waterdamp. Hierbij komt vrij $2500 \times 2,42 \cdot 10^5 = 6 \cdot 10^8 \text{ J}$.
- 6 De waterstof moet gemaakt worden. Daarvoor is energie nodig. Als die energie duurzaam geproduceerd is klopt de uitspraak, maar als dat niet zo is, dan is deze uitspraak onjuist.

EEN BOODSCHAPPENTAS VAN VISSENSLIJM

Klas	5,6v
Subdomein	Chemie van het leven
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Structuur van eiwitten
Trefwoorden	α -helix, aminozuren, c DNA, waterstofbrugvorming, slijm, microstructuur macroscopische eigenschappen
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

www.quest.nl, 1 september 2014

Een boodschappentas van vissenslijm

Jerwin de Graaf



Credits: Flickr/Dirtsailor2003

Mensen gebruiken de natuur vaak als inspiratiebron voor hun uitvindingen. Het nieuwste voorbeeld is het slijm van de slijmprik. Een lers bedrijfje heeft de supersterke vezels die daarin zitten in het lab weten te produceren. De leren hopen van de vezels een biologisch afbreekbaar plastic te maken.

De slijmprik is een levend fossiel. Al 300 miljoen jaar ziet het diertje er exact hetzelfde uit, een beetje zoals een aal. En dat is best uniek in het dierenrijk, waar alles zich continu aanpast aan veranderende omstandigheden.

Slijm beschermt

Eén van de dingen die de slijmprik (waarschijnlijk) zo succesvol maakt, is het feit dat hij een slijmerig goedje afscheidt als er gevaar dreigt. Hoe het slijm het dier beschermt is niet helemaal duidelijk, maar mogelijk legt het de kieuwen van roofdieren lam. Of helpt het een gevangen slijmvis om zich vrij te wurmen.

Onderzoekers van het lerse bedrijf **Benthic Labs** die het slijm onderzochten, kwamen erachter dat het vezels bevat die 100 keer zo klein zijn als een mensenhaar, maar sterker dan nylon en kevlar. Ze beseften zich dat het spul mogelijk kan worden gebruikt bij het maken van een nieuw soort plastic, of zelfs als basismateriaal voor lichte, kogelvrije kleding.

Bacterie maakt vezels

Onderzoekers van het bedrijf zijn aan de slag gegaan om een deel van het dna van de slijmprik in de genetische code van de bacterie *Escherichia coli* (E.coli) te plakken. Het werkte, want de bacterie begon uit zichzelf de vezels te produceren. Althans, de twee onderdelen waaruit die vezels bestaan.

De volgende uitdaging is om de twee onderdelen samen te voegen tot de vezels die ook in het slijm van de slijmprik zitten. Als dat lukt kunnen de onderzoekers van Benthic Labs de productie opschroeven en beginnen met het maken van hun gedroomde en natuurvriendelijke plastic.

Deze opdracht gaat in op het slijm van de slijmprik: wat de bestanddelen zijn en wat de eigenschappen van de draden zijn.

De volgende onderdelen komen in deze opdracht aan bod:

- I Kennismaken met de slijmprik (hagfish)
- II De slijmvorming
- III Het materiaal in de slijmblaasjes
- IV De draadkluwens en de draden
- V De opbouw van de draad
- VI De sterkte van de draden
- VII Naar nieuwe soorten plastics
- VIII Bacteriën aan het werk
- IX Uitdagingen voor de toekomst

I Kennismaken met de slijmprik (hagfish)

De slijmprikken (Myxiniidae) zijn een familie van kaakloze zeevissen met een aalvormig lichaam.

Door het bekijken van de twee onderstaande films maak je kennis met de slijmprik (hagfish): je ziet zijn verdedigingsmechanisme in werking en je bekijkt de slijmvorming.



De slijmprik (witte pijl) wordt aangevallen

“Het slijm beschermt”: bekijk de film “Hagfish predatory behaviour and slime defence mechanism” via <http://www.youtube.com/watch?v=F8aVgSIDJiM#t=17> (3,5 min)



Slijmwinning bij de slijmprik in het laboratorium

De vorming van het slijm: bekijk de film: HagFish Fiber via <https://www.youtube.com/watch?v=yCMjfuFPMQ&list=PLmQzYrtR9NBQ8fpE22UDOPqXRyJhPPtFP&index=4> (5,5 min).

Hierna staat een woordenlijst met woorden die in de film gebruikt worden

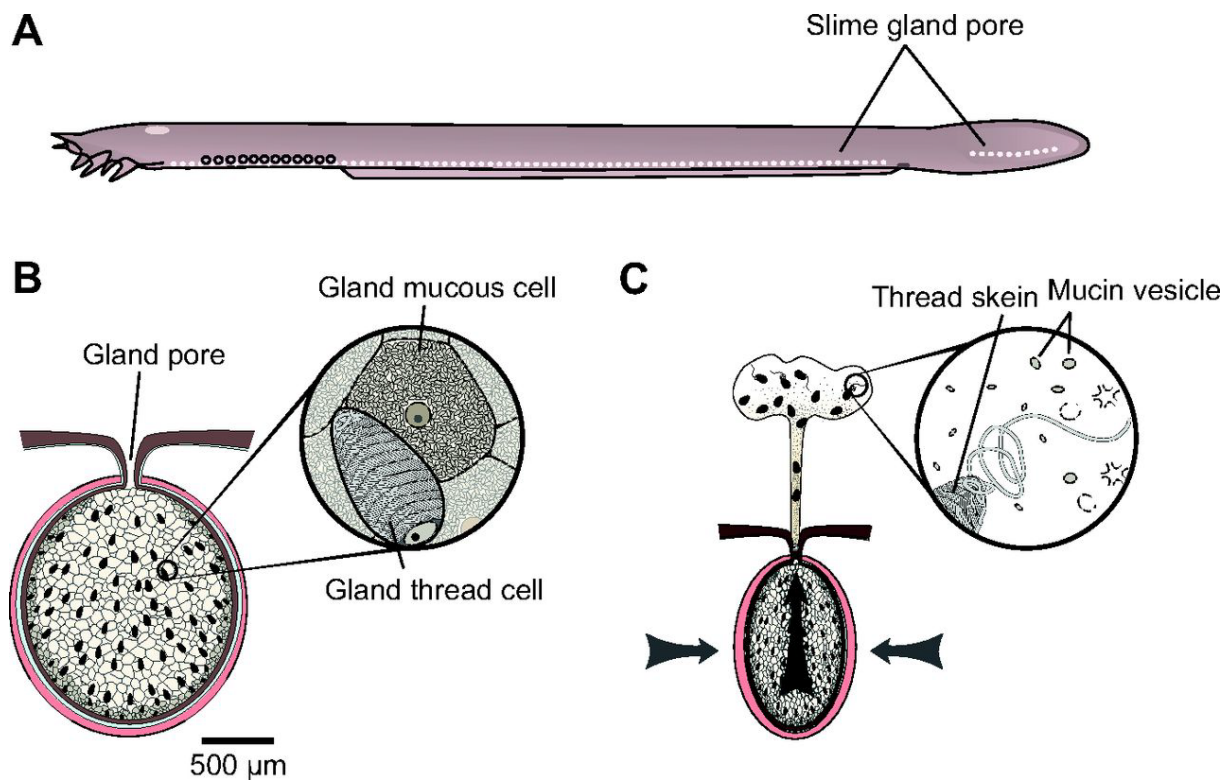
Woordenlijst

Hagfish	Slijmprik
Gland	Klier
Mucin	Slijm
Thread	Draad
Skein	Kluwen, knot
Vesicle	Blaasje, bolletje
Pore	porie
Strand	Strengen

II De slijmvorming

In de film “Hagfish Fiber” wordt uitgelegd hoe het slijm gevormd wordt en waardoor het slijm zo stevig is.

In figuur 1 staat in onderdeel B en C weergegeven wat er uit de poriën van de klieren van slijmprikken vrijkomt als ze slijm produceren



Bron: Herr J., 2014, Defensive slime formation in Pacific hagfish requires Ca^{2+} - and aquaporin-mediated swelling of released mucin vesicles, J Exp Biol, 217:2288-2296

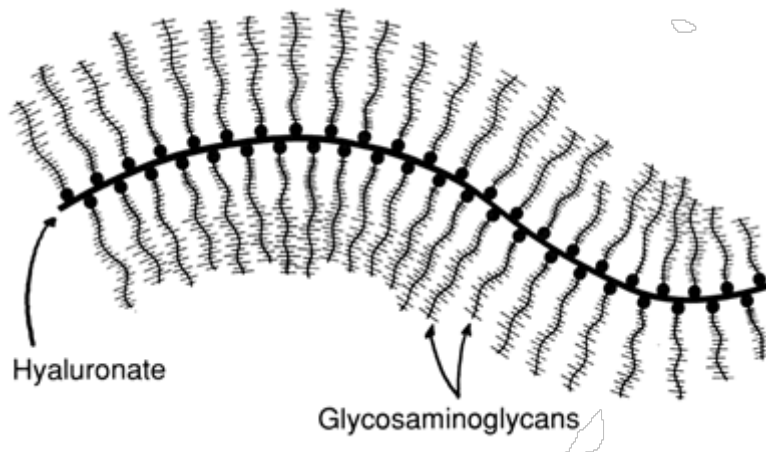
Figuur 1 A: de slijmprik met zijn poriën, B: de klier met de porie en uitvergroot een cel met de slijmblaasjes (Gland mucous cell) en een cel met de draadkluwen (Gland thread cell); C: Uit de klier komen de draadkluwen en de slijmblaasjes vrij

Het slijm wordt gevormd na het vrijkomen van de (transport)blaasjes met slijm erin (mucin vesicles) en draadkluwens (thread skeins) uit de poriën van de kliertjes van de slijmprik. De vraag rijst: Hoe is het stevige slijm dan opgebouwd?

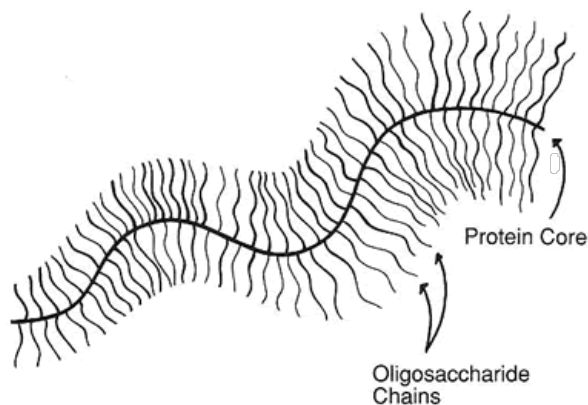
Op weg naar het antwoord op deze vraag, ga je eerst het materiaal dat uit de transportblaasjes met slijm vrijkomt nader bekijken en daarna de draadkluwens.

III Het materiaal in de slijmblaasjes

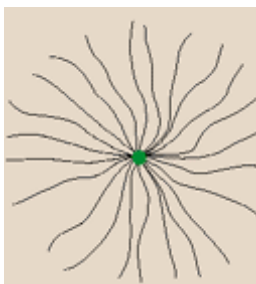
De slijmblaasjes bevatten *proteoglycans* (*proteoglycanen*) (figuur 2) die opgebouwd zijn uit een streng, genaamd *hyaluronate* (*hyaluronaat*), met eraan veel zijtakken, de *glycosaminoglycans* (figuur 3) In figuur 4 zie je een bovenaanzicht van een proteoglycan. Je kunt je een proteoglycan het beste voorstellen als de kop van een flessenborstel (figuur 5), alleen zitten dan aan de haren van de borstel ook nog zijtakjes.



Figuur 2 Schematische twee dimensionale weergave van een proteoglycan, een bestanddeel van de slijmblaasjes (*mucin vesicles*)



Figuur 3 Uitvergroting van zijtak van een proteoglycan: een glycosaminoglycan



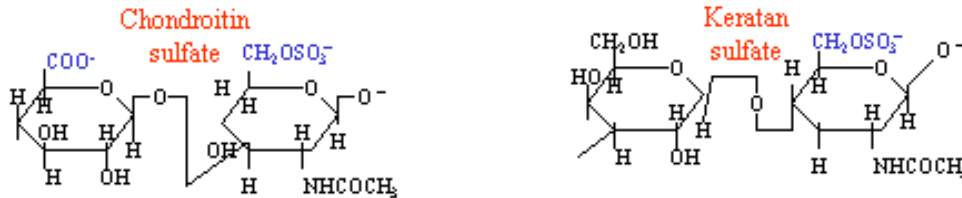
Figuur 4 Boven-aanzicht van een proteoglycan



Figuur 5 Flessenborstel

De glycosaminoglycans (GAGs, figuur 3) bestaan uit een kern van eiwit (proteincore) waaraan weer zijketens vastzitten die uit lange lineaire onvertakte koolhydraatketens (oligosaccharidechains) bestaan.

Als de koolhydraatketens lang zijn dan bestaan ze uit chondroitinsulfaat-eenheden, zijn de ketens korter dan bestaan ze uit keratansulfaateenheden (zie figuur 6).



Figuur 6 Structuurformules van chondroitinsulfaat en keratansulfaat

Het slijm die de slijmprik maakt bestaat voor 99,996 massa % uit (zee)water, 0,0015 massa % uit draadjes en 0,002 massa % uit het materiaal uit de slijmblaasjes.

- 1 Leg uit waardoor er zoveel water gebonden kan worden door de kleine hoeveelheid van het materiaal uit de slijmblaasjes.

De proteoglycans, de draadjes en het water vormen volgens de onderzoekers geen composiet. Na verloop van tijd zie je het water namelijk weer uit het slijm druppelen. Onderzoek heeft uitgewezen dat het slijm een dynamisch systeem is waarin de glycosaminoglycans (GAGs) de beweging van watermoleculen door de slijm reguleren.

- 2 Leg uit hoe dat mogelijk is.

IV De draadkluwens en de draden

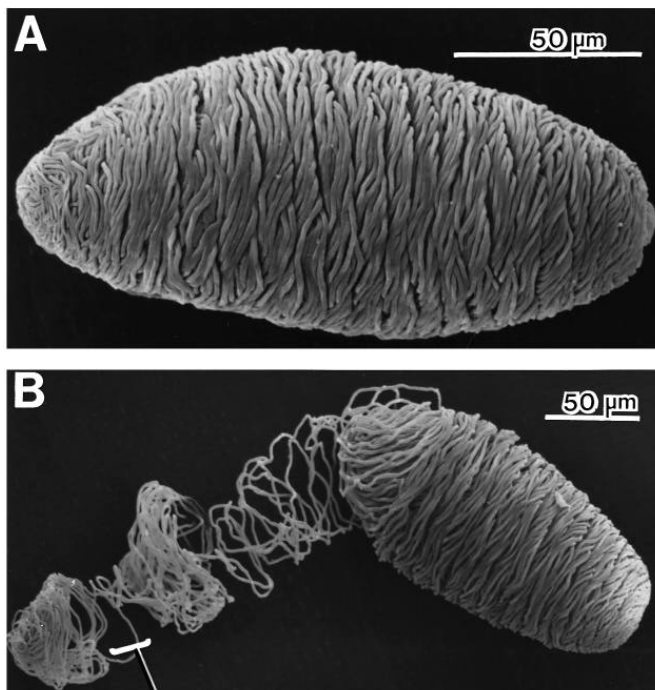
In de film heb je gezien dat het slijm wordt versterkt door draadjes. Deze ontstaan doordat de kluwens (thread skein) na het verlaten van de klier uitrollen.

De draad is gevormd in een GTC cel (gland thread cell, een draadproducerende cel). Er is één draad per cel.

In een video is te zien hoe een draad uitrolt: bekijk de video “Spontaneous Unravelling of Pacific Hagfish Slime Skeins in Seawater”: <http://www.youtube.com/watch?v=JxbwtloXlpg>

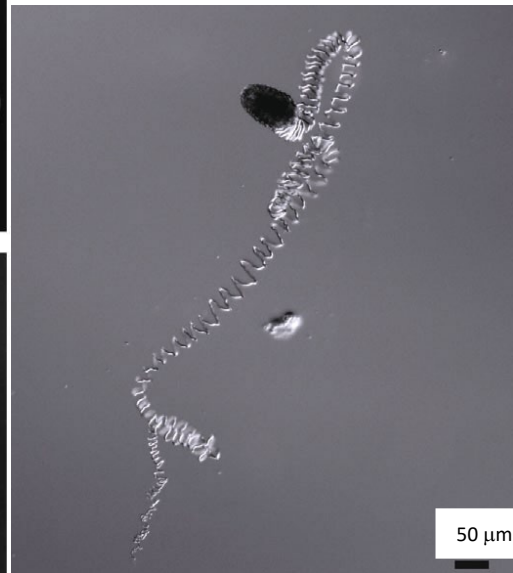
3 Wat moet een kenmerk zijn van de kluwens?

In figuur 1C zag je al een tekening van het afrollen van de draad uit de kluwen. In figuur 7 zie je een opname met een elektronenmicroscop van een kluwen (A), afkomstig van de slijmprik, en een kluwen die aan het afrollen is (B).



Figuur 7 (Afrollende) kluwen

Bron: E. Koch, 1994, *An unusual intermediate filament subunit from the cytoskeletal biopolymer released extracellularly into seawater by the primitive hagfish (Eptatretus stouti)*, *Journal of Cell Science*, 107,3133-3144



Figuur 8 Afrollende kluwen met afgerolde draad

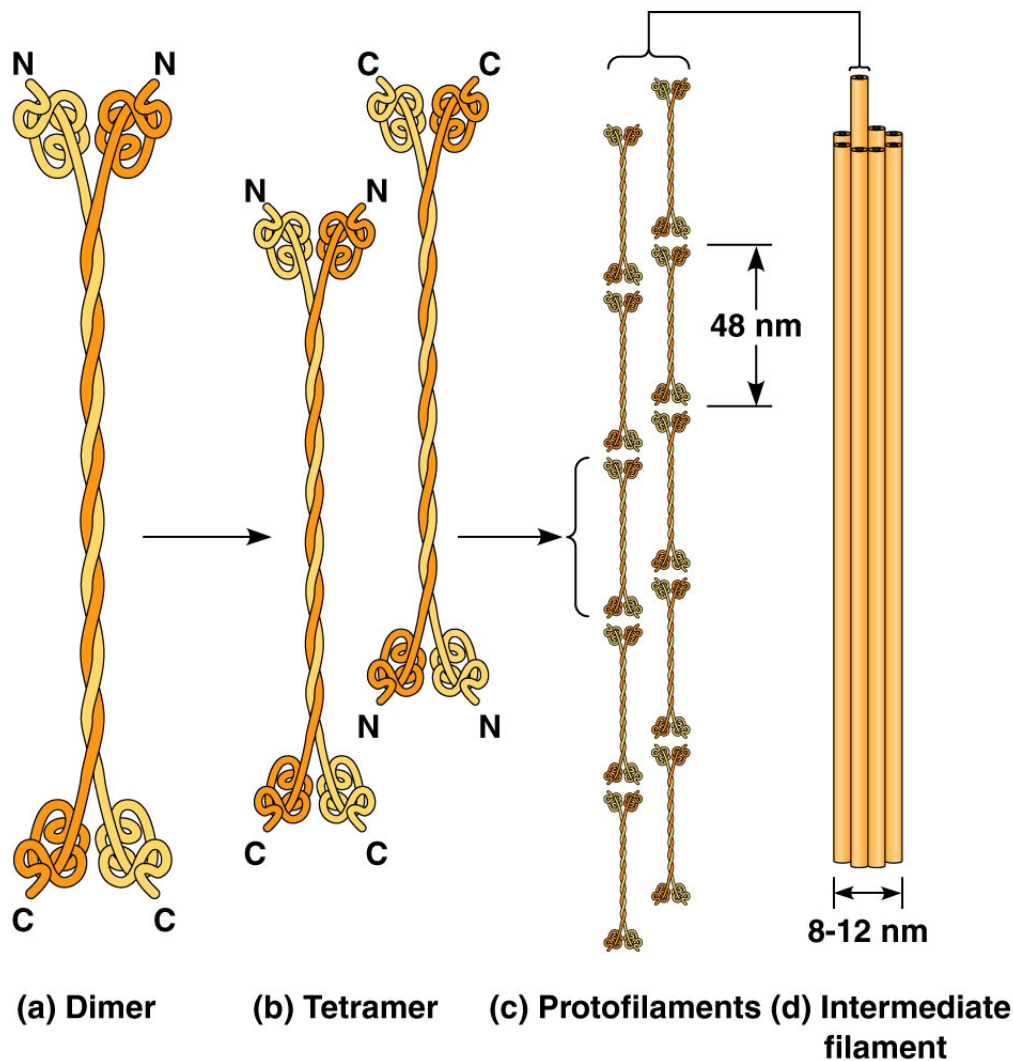
Differential interference contrast (DIC) image of partially unraveled thread skein in seawater illustrating their coiled structure

Je ziet in foto A de kluwen als een “ovaal” weergegeven.

- 4 Schat de grootste lengte (in cm) van de kluwen aan de hand van “de ovaal” in figuur 7A. Licht je schatting toe.
- 5 Schat de doorsnede van de afrollende draad uit de kluwen aan de hand van figuur 7B. Licht je schatting toe.

V De opbouw van de draad

De draad is opgebouwd uit zogenoemd *Intermediair filament*, een dun eiwitbuisje dat op een bepaalde manier is opgebouwd, zie figuur 9. De draad rechts is helemaal opgebouwd uit kleinere delen: protofilamenten die opgebouwd zijn uit tetrameren. Die op hun beurt weer zijn opgebouwd uit dimeren. Deze opbouw is identiek aan die van het eiwit keratine in ons haar.



Je gaat uit van

- een polypeptide keten bestaande uit een α -helix en uiteinden (amorf, zie figuur 10) die geen helixstructuur hebben

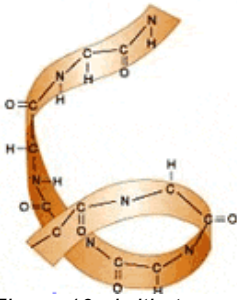
(a) het dimeer: twee van deze α -helixen verstrengelen zich rond elkaar (N geeft het NH₂ uiteinde aan, C het COOH uiteinde) waarbij dezelfde uiteinden naast elkaar liggen; de helixen liggen parallel (zogenoemd coiled-coil: in elkaar gedraaide strengen)

(b) het tetrameer: twee dimeren gaan anti-parallel naast elkaar liggen: de verschillende uiteinden dicht bij elkaar in de buurt

(c) de tetrameren gaan kop-aan-staart liggen met andere tetrameren en vormen *protofilamenten*

(d) 8 bundels protofilamenten vormen het *intermediaire filament* dat de draad vormt

Figuur 9 Opbouw intermediair filament



Figuur 10 eiwitketen zonder structuur

Een intermediair filament is gemiddeld 10 nm in doorsnede. Een draad heeft een gemiddelde diameter van 3 μm .

- 6 Schat het aantal intermediaire filamenten waaruit één draad is opgebouwd. Licht je schatting toe.

De polypeptide heeft een molecuulmassa van ongeveer 66 kDa ofwel 66.000 u en bestaat uit ongeveer 650 aminozuren. Een heel klein stukje uit de α -helix van het polypeptide heeft als aminozuurvolgorde (één lettercodering) V A S T.

- 7 Teken de structuurformule van dit stukje polypeptide (begin links met de $-\text{NH}$ groep).

De intermediaire filamenten bestaan voornamelijk uit een assemblage van twee polypeptides, benoemd als polypeptide (I) en (II). Polypeptide (I) heeft een pI van 7,5 en polypeptide (II) een pI van 5,3.

pI of Iso-elektrisch punt

Uit Wikipedia, de vrije encyclopedie

Het **iso-elektrisch punt** (**pI** of **IEP**) is de pH waarbij de stof geen netto elektrische lading draagt. Vooral bij aminozuren en eiwitten is dit een belangrijke grootheid.

De lading van een eiwit wordt bepaald door de omgevings-pH:

- is de omgevings-pH lager (zuurder; meer H^+) dan de pI van het eiwit, dan draagt het eiwit een netto positieve lading.
- is de pH hoger (basischer) dan de pI, dan draagt het een netto negatieve lading.

- 8 Leg uit dat je uit de pI waarde kunt afleiden dat in de keten van polypeptide (II) een groter percentage zure aminozuren als zijgroep verwacht dan in de keten van polypeptide (I).

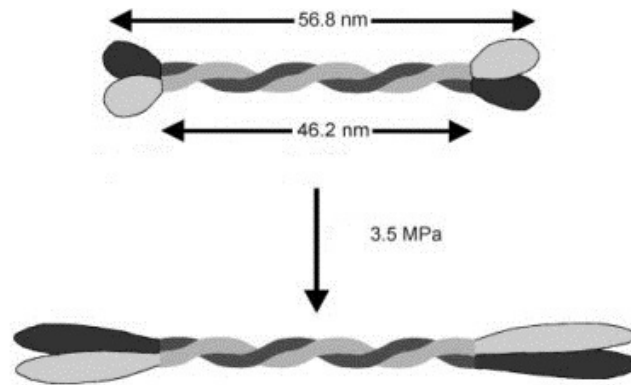
Uit experimenten door een groep Canadese onderzoekers blijkt dat de draden nauwelijks water binden.

- 9 Leg aan de hand van de primaire structuur en de secundaire structuur (α -helix) van een polypeptide uit hoe te verklaren is dat de draden weinig water binden.

VI De sterkte van de draden

Om de draden die de slijmprik produceert als model te gebruiken voor de ontwikkeling van nieuwe sterke draden moet je weten hoe die sterkte bij de draden van de slijmprik te verklaren is. De Canadese onderzoekers hebben onderzoek aan de draden gedaan. Als er een kracht op de draad gezet wordt, blijkt de draad elastisch te zijn tot een uitrekking van 30 %. Elastisch betekent dat de draad terugkeert tot zijn oorspronkelijke lengte als de kracht verwijderd wordt.

Een mogelijke verklaring hiervoor is, zo stellen de onderzoekers, is dat de uiteinden van de twee α -helixen (het amorfe stuk) onder invloed van een kracht uittrekken (figuur 11)



Figuur 11 Het uittrekken van de uiteinden van de twee α -helixen onder invloed van een kracht

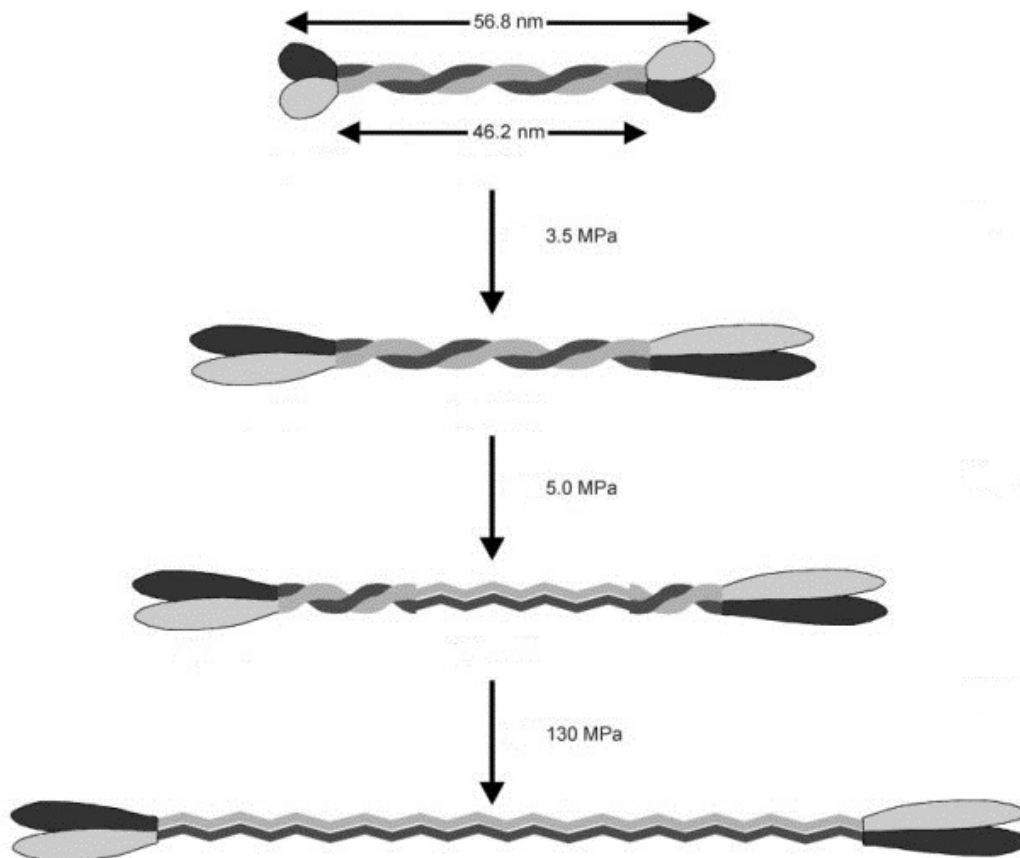
Bron: Fudge D., 2003, *The Mechanical properties of hydrated intermediate filaments: insights from Hagfish slime threads*, *Biophysical Journal*, 85, 2015-2017

10 Leg uit dat deze mogelijke verklaring aannemelijk is.

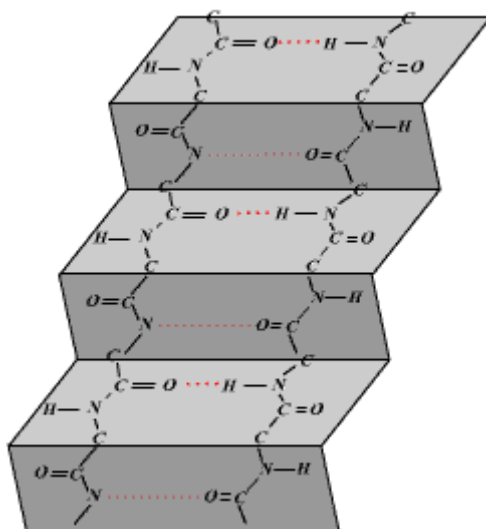
11 Leg uit welke krachten vooral een rol spelen tussen de twee α -helixen

Indien er een zodanige kracht op de draad wordt gezet dat de uitrekking groter is dan 30 %, keert de draad niet meer terug naar zijn oorspronkelijke toestand. Naarmate men de draad verder wil uittrekken, moet er een steeds grotere kracht, groter dan recht evenredig, worden uitgeoefend.

In figuur 12 staat aangegeven welke verklaring de Canadese onderzoekers hiervoor hebben bedacht. Bij een kracht groter dan 4 MPa worden de α -helixen omgezet in een β -plaatstructuur waarin de twee polypeptiden naast elkaar liggen zoals in figuur 13 is afgebeeld.



Figuur 12 De opeenvolgende stadia van de twee helixen naarmate de aangelegde kracht groter wordt
Bron: Fudge D., 2003, *The Mechanical properties of hydrated intermediate filaments: insights from Hagfish slime threads*, *Biophysical Journal*, 85, 2015-2017



Figuur 13 De β -plaatstructuur van een eiwit

Bij een kracht groter dan 150 MPa breekt de draad. De oorspronkelijke draad van gemiddeld 15 cm lang is dan uitgerekt tot een lengte van gemiddeld 34 cm.

12 Leg uit waardoor de draad bij een steeds grotere kracht verder kan uitrekken.

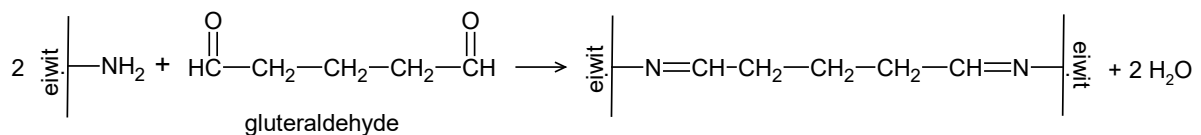
13 Geef een verklaring voor het breken van de draad bij meer dan 150 MPa.

VII Naar nieuwe soorten plastics

Men hoopt volgens het artikel dat “het spul mogelijk kan worden gebruikt bij het maken van een nieuw soort plastic”.

14 Leg uit waarom de ontdekking dat bij grotere krachten er een omzetting plaatsvindt van de α -helixen naar de β -plaatstructuur hiervoor van belang is.

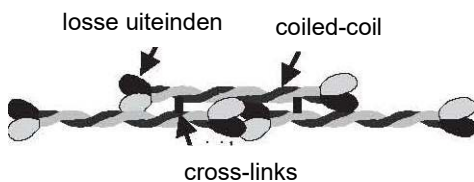
Ook wil men, in het kader van de zoektocht naar een nieuwe soort plastic, onderzoek gaan doen of het mogelijk is de dimeren te crosslinken met andere dimeren. Bij eiwitten gebeurt dat vaak met glutaraldehyde: figuur 14



Figuur 14 Eiwitten crosslinken met glutaraldehyde

15 Leg uit welk(e) aminozuur/zuren aanwezig moeten zijn in het eiwit waar men de crosslinks wil maken.

De crosslinks wil men maken vlak naast de “lossere uiteinden” van de α -helixen.



Figuur 15 De crosslinks tussen de coiled-coil

De hypothese van de onderzoekers is dat de elasticiteitsfase veel kleiner zal worden en dat de draad wellicht eerder zal breken.

16 Leg uit hoe je over hun hypothese denkt.

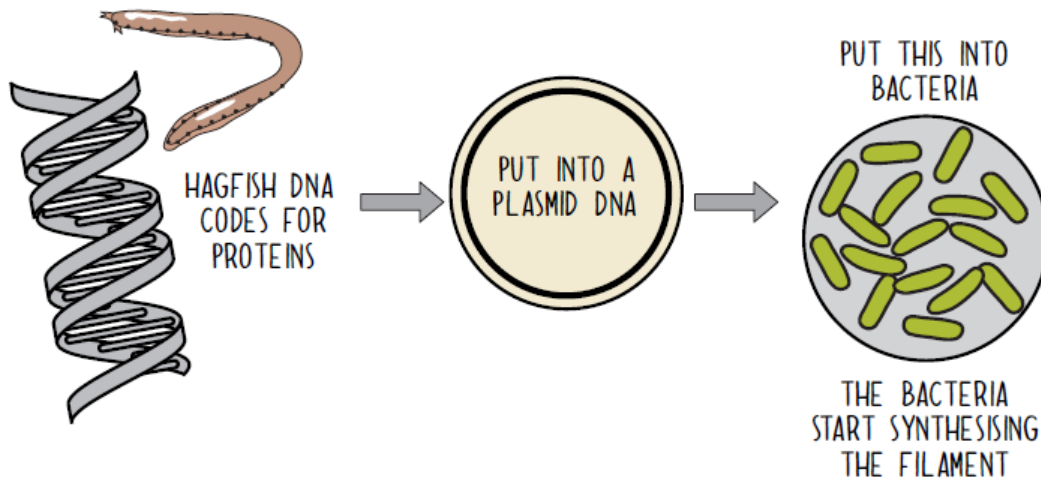
In het artikel “Een boodschappentas van vissenslijm” denkt men dat de draden van de slijmprik bruikbaar zijn als basismateriaal voor lichte, kogelvrije kleding.

17 Leg uit of er nu voldoende gegevens uit het onderzoek bekend zijn om een uitspraak te doen over het gebruik van de draden in bijvoorbeeld kogelvrije kleding.

VIII Bacteriën aan het werk

Bij een bacterie ligt het DNA als één groot molecuul, waarop alle erfelijke informatie staat die noodzakelijk is om te overleven en om zich te vermenigvuldigen, midden in het cytoplasma van de bacterie. Naast dat ene grote molecuul DNA hebben veel bacteriën nog veel kleinere moleculen DNA in het cytoplasma liggen: de plasmiden. Het DNA van een plasmide is niet noodzakelijk voor het overleven van de bacterie. Plasmiden worden in de moderne biotechnologie gebruikt om erfelijk materiaal over te brengen van het ene organisme naar het andere (genetic engineering), figuur 14. Er kan bijvoorbeeld menselijk DNA, dat de code

bevat voor de productie van insuline, worden ingebouwd in een plasmide. De bacterie gaat vervolgens grote hoeveelheden insuline produceren. Zo kan men op snelle en goedkope wijze aan insuline komen voor diabetespatiënten.



Figuur 16 DNA slijmprik inbouwen in plasmide bacterie

Bron https://benthiclabs.files.wordpress.com/2014/08/how_we_do_it.png

Uit onderzoek is gebleken dat de volgorde van aminozuren in een stukje van de eiwitketen (α -helix) van de draden als volgt is (1-lettercodering): AVVASTVTATYNAQ

- 18 Geef voor dit stukje polypeptide het stuk coderend DNA weer dat de onderzoekers hebben overgezet van de slijmprik naar het plasmide van de bacteriën.

IX Uitdagingen voor de toekomst

De onderzoeksgroep uit Canada wint draden uit het slijm van de slijmprik. Het materiaal is nog niet zo sterk (zie eventueel: Pulling Fibers from Hagfish Slime Proteins, http://www.youtube.com/watch?v=B7_iQueueQIA&app=desktop)

- 19 Welke uitdaging ligt er nog voor deze groep?

De onderzoekers van Benthic werken aan de productie van de draden via bacteriën.

- 20 Welke uitdaging ligt er nog voor de onderzoekers die de eiwitketens met behulp van bacteriën willen produceren?

- 21 Welke van de twee groepen zal makkelijker zoveel draden produceren dat er een tas van gemaakt kan worden?

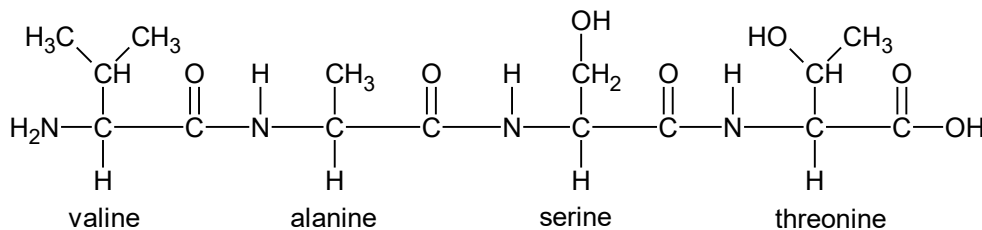
De titel van het artikel luidt “Een boodschappentas van vissenslijm”

- 22 Geef je commentaar op deze titel.

Een boodschappentas van vissenslijm

- 1 In zowel chondroitinsulfaat als keratansulfaat zijn negatief geladen groepen, OH- en NH-groepen aanwezig. Hierdoor is waterstofbrugvorming met watermoleculen mogelijk. Er kunnen door de bouw van proteoglycans met vele lange sacharideketens veel watermoleculen koppelen die ook weer andere watermoleculen kunnen vasthouden.
- 2 Waterstofbruggen kunnen steeds verbroken worden en opnieuw gevormd, de watermoleculen blijven niet op een vaste plaats zitten.
- 3 Dat de draad niet in de war raakt bij uitrollen.
- 4 Lengte kluwen in foto A 8,4 cm, stukje $50 \mu\text{m} \equiv 2,5 \text{ cm}$. Lengte kluwen $(8,4/2,5) \times 50 = 168 \mu\text{m} = 1,68 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 1,68 \cdot 10^{-2} \text{ cm}$.
- 5 Dikte draad = 0,05 cm, stukje $50 \mu\text{m} \equiv 1,3 \text{ cm}$. Dikte draad = $(0,05/1,3) \times 50 = 1,92 \mu\text{m}$ ($= 1,92 \cdot 10^{-6} \text{ m}$) = $1,92 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$.
- 6 Oppervlakte van een cirkel: πr^2 . Oppervlakte dwarsdoorsnede intermediair filament: $\pi(10 \cdot 10^{-9})^2$.
Oppervlakte dwarsdoorsnede draad: $\pi(3 \cdot 10^{-6})^2$.
Aantal intermediaire filamenten in één draad: $\pi(3 \cdot 10^{-6})^2 / \pi(10 \cdot 10^{-9})^2 = (3 \cdot 10^{-6} / 10 \cdot 10^{-9})^2 = (0,3 \cdot 10^3)^2 = 9 \cdot 10^4$

7



- 8 Als bij een polypeptide met veel zure zijgroepen de pH van de oplossing stijgt, zullen er meer negatieve groepen gevormd worden. Je zult dus eerder die pH waarde bereiken waarbij het molecuul geen netto elektrische lading heeft.
- 9 Er zijn in een polypeptide veel groepen/mogelijkheden voor waterstofbrugvorming aanwezig. Echter in de α -helix wordt de helix in stand gehouden door tussen deze groepen interne H-bruggen te vormen, waardoor H-brug vorming extern minder voor komt.
- 10 In de kop en de staart heb je een stuk polypeptide dat niet zo regelmatig geordend is als in een α -helix. Er zijn dus minder interne waterstofbruggen. De eiwitketen is daar meer een los opgerolde kluwen zonder onderlinge bindingen of een verstrengeling. Deze stukken kunnen dus door het aanbrengen van een kracht zich uitstrekken, dit in tegenstelling tot het stuk polypeptide dat een α -helix vormt.
- 11 Vooral vanderwaalskrachten vanwege het feit dat de waterstofbruggen intern gericht zijn
- 12 In de β -plaatstructuur is het niet mogelijk om interne waterstofbruggen te vormen binnen één eiwitketen. Dat betekent dat er waterstofbruggen gevormd kunnen worden met naastliggende plaatstructuren. Wil je de plaatstructuren uitrekken, dan moet je meer kracht moet uitoefenen vanwege hun interactie met de buren.
- 13 De krachten zijn zo groot geworden dat ze de krachten door de aanwezige waterstofbruggen overtreffen of breekt de atoombinding in de keten. De plaat is zo sterk als zijn zwakste punt.
- 14 Men zal proberen in andere (bio)polymeren ook dergelijke plaatstructuren te bewerkstelligen.
- 15 Een aminozuur met een $-\text{NH}_2$ groep in de zijketen, bijvoorbeeld lysine.
- 16 Ze hebben gelijk. Als je de crosslinks erg dicht tegen de "losse" koppen aan zet, kunnen die nog wel uitrollen alleen de dimeren kunnen niet meer ten opzichte van elkaar bewegen. Bij grotere krachten zullen de crosslinks (er zijn er niet veel) verbroken worden.
- 17 Nee, want er zijn alleen maar gegevens over het uitrekken van de draden in de lengterichting, er is niets bekend over de effecten van dwarskrachten.

18

eiwit	A	V	V	A	S	T	V	T	A	T	Y	N	A	Q
mRNA	GCA	GUG	GUG	GCA	AGC	ACA	GUG	ACA	GCA	ACA	UAU	AAU	GCA	CAA
Matrijs- streng	CGT	CAC	CAC	CGT	TCG	TGT	CAC	TGT	CGT	TGT	ATA	TTA	CGT	GTT
Coderen de streng	GCA	GTA	GTA	GCA	AGC	ACA	GTA	ACA	GCA	ACA	TAT	AAT	GCA	CAA

- 19 Langere draden maken en sterkere.
- 20 Ze kunnen de (twee) eiwitten maken, maar moeten van deze polypeptiden nog draden maken.
- 21 Voor de groep die draden wint uit het slijm van de slijmprik: ze hebben wel heel veel slijm nodig omdat men per 1000 gram slijm 1,5 gram draadjes wint. De andere groep kan natuurlijk sneller de benodigde hoeveelheid polypeptide maken, zij zijn echter nog niet in staat om er draden van te maken.
- 22 Je zult de tas van de draadjes uit het slijm maken en niet van het hele slijm.

Artikel: <http://www.quest.nl/artikel/een-boodschappentas-van-vissenslijm>

Met dank aan

Danielle Schuijffel en Irma van den Hurk-van Raaij (docenten biologie), Marijn Meijer (Stichting C3) en Jan de Gruijter voor hun commentaar.

Opmerkingen

- Door de lengte van de tekst (en het bekijken van het videomateriaal) is deze opdracht in zijn geheel minder geschikt als toetsopgave. Wel kunt u stukjes uit de opgave bewerken om ze in een toets te gebruiken.

- Tip: maak van deze opgave een verhaal voor uw klas met de plaatjes in een PowerPoint presentatie.

- Uiteraard kunt u de opdracht ook anders gebruiken, zonder artikel. U kunt bijvoorbeeld na het bekijken van de films twee vragen centraal stellen:

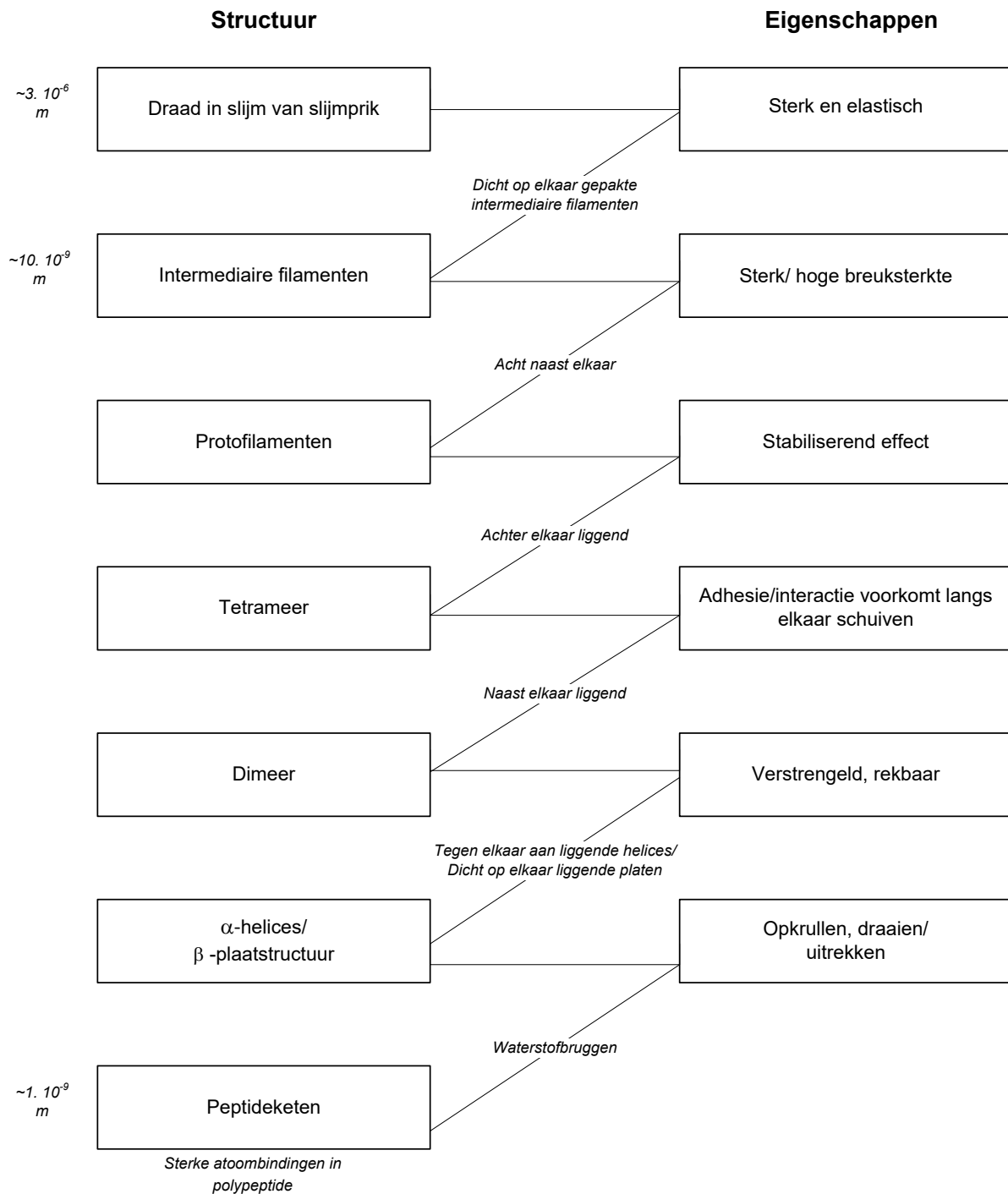
- Waardoor ontstaat die slijm en hoe krijgt die slijm die gewenste eigenschap: slijmerig zijn?
- Waardoor zijn die draden in de slijm zo sterk?

Indien u de opdracht zo wilt gebruiken, kunt u de vraagnummers 3 t/m 9 laten vervallen.

- **Micro-meso-macro:** in het schema (volgende pagina) staan de structuur-eigenschap relaties vermeld. Voor het verklaren van eigenschappen heb je altijd een structuur op een lagere schaal nodig.

Voor de draden van de slijmprik geldt:

- * draden: macro niveau
- * intermediaire filamenten: mesoniveau
- * α -helices en β -plaatstructuren: micro-niveau
- * eiwitketens: microniveau



* in de gebruikte literatuur is geen info gevonden over de grootte van de structuren α -helices t/m protofilamenten.

Opmerking: dit schema is een poging van de redactie om een beeld te geven van de structuur-eigenschap-relaties zoals ook gedaan is in het artikel in NVOX: Vos, M. (2014), Context materiaaldesign: het verklaren van eigenschappen van spindraad, NVOX, 39 (9), 476-478.

Aanvullende suggesties zijn welkom!

Films

- Richard Hammond's Miracles of Nature - Hagfish Slime:
<http://www.youtube.com/watch?v=t5PGZRxAyU#t=24>
- Hagfish slime video: <https://m.youtube.com/watch?v=Bb2EOP3ohnE>
- Pulling Fibers from Hagfish Slime Proteins,
http://www.youtube.com/watch?v=B7_iQuueQIA&app=desktop
- Spontaneous Unravelling of Pacific Hagfish Slime Skeins in Seawater:
<http://www.youtube.com/watch?v=JxbwtloXlpg#t=13>
- Hagfish slime mucin vesicles exposed to seawater:
<http://www.youtube.com/watch?v=W51BvmHvFVI>
- FIB-SEM of hagfish slime gland thread cell:
<http://www.youtube.com/watch?v=VDYLLzbczl#t=16>
- Coiled hagfish slime threads: <http://www.youtube.com/watch?v=gWYktGWT8MY>
- HagFish Fiber
<https://www.youtube.com/watch?v=yCMjfuFPMQ&list=PLmQzYrtR9NBQ8fpE22UDOPqXRyJhPpTfP&index=4>

Gebruikte literatuur

- Bernards M., 2014, Spontaneous unraveling of hagfish slime thread skeins is mediated by a seawater-soluble protein adhesive, *J. Exp. Biol.* 217: 1263-68.
- Fudge D., 2002, The biomechanics of intermediate filament-based materials: insight from hagfish slime threads. Ph.D. Thesis. Department of Zoology; University of British Columbia
- Fudge D., 2003, The Mechanical properties of hydrated intermediate filaments: insights from Hagfish slime threads, *Biophysical Journal*, 85, 2015-2017
- Fudge D., 2004, Molecular design of the α -keratin composite: insights from a matrix-free model, hagfish slime threads, *Proc. R. Soc. London, B*, 271, 291-299.
- Fudge D., 2005, Composition, morphology and mechanics of hagfish slime, *Journal of Experimental Biology*, 208, 4613-4625
- Fudge D., (2008) The intermediate filament network in keratinocytes is remarkably extensible and resilient. *PLoS ONE* 3(6): e2327.
- Fudge D., (2009) From ultra-soft slime to hard alpha-keratins: The many lives of intermediate filaments. *Integrative and Comparative Biology* 49: 32-39.
- Fudge D., 2010, Hagfish slime threads as a biomimetic model for high performance protein fibres, *Bioinsp. Biomim*, 5, 035002 (8p)
- Herr J., 2012, Mechanism of the rupture of mucin vesicles from the slime of Pacific Hagfish (*Eptatretus stoutii*): roles of inorganic ions and aquaporin channels, *Thesis*, the University of Guelph, Canada
- Herr J., 2014, Defensive slime formation in Pacific hagfish requires Ca^{2+} - and aquaporin-mediated swelling of released mucin vesicles, *Journal of Experimental Biology*, 217:2288-2296
- Koch, E. 1994, An unusual intermediate filament subunit from the cytoskeletal biopolymer released extracellularly into seawater by the primitive hagfish (*Eptatretus stoutii*), *Journal of Cell Science*, 107, 3133-3144.
- Koch, E., 1995, Hagfish biopolymer: a type I/type II homologue of epidermal keratin intermediate filaments, *Int. J. Biol. Macromolecules*, 17 (5), 283-292
- Levy N., 2005, Hagfish slime: Fine-tuning the mechanical properties of a new high performance fiber. Thesis, the University of British Columbia
- Kreplak L. (2007). Biomechanical properties of intermediate filaments: from tissues to single filaments and back. *Bioessays* 29: 26-35.
- Negishi A, (2012), The production of fibers and films from solubilized hagfish slime thread proteins, *Biomacromolecules* 13: 3475-3482.
- Pinto N., 2014, Self-assembly enhances the strength of fibres made from vimentin intermediate filament proteins, *Biomacromolecules* 15: 574-581.

- Spitzer R., 1988, Maturation of Hagfish Gland Thread Cells: Composition and Characterization of Intermediate Filament Polypeptides, *Cell Motility and the Cytoskeleton*, 1-31045
- Winegard T., 2010, Deployment of hagfish slime thread skeins requires the transmission of mixing forces via mucin strands, *Journal of Experimental Biology*, 213, 1235-1240
- Winegard T., 2014, Coiling and maturation of a high-performance fibre in hagfish slime gland thread cells, *Nat. Commun.* (2014) 5, 3534

MESVRIJ VEST

Versie I

Klas	3 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen en reactieproducten
Trefwoorden	Kogelvrij vest, ALD, mesvrij
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Versie II

Klas	4,5 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen en reactieproducten; zuur base reacties
Trefwoorden	Kogelvrij vest, ALD, mesvrij, zuur base
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W Life Sciences, 10 oktober 2014

MESVRIJ VEST

Kogelvrije vesten worden ook wat beter bestand tegen steekwapens als je de aramidevezels coat met titanium- en aluminiumoxide. Gregory Parsons en collega's van North Carolina State University realiseren die coating via 'atomic layer deposition' (ALD). Los van elkaar damp je twee reagentia op, die vervolgens met elkaar reageren. In dit geval wissel je TiCl_4 af met H_2O tot je een 5 nm dik laagje TiO_2 hebt. Daar bovenop komt 5 nm Al_2O_3 , uit $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ en H_2O . Die buitenlaag is het hardst; TiO_2 voorkomt dat trimethylaluminium de vezels chemisch aantast.

Het proces verloopt bij 50 °C. De vezels

worden er nog geen procent zwaarder door en ook qua flexibiliteit blijft het draagcomfort behouden. Maar onder labomstandigheden moet je dertig procent harder op je mes drukken om zo'n gecoate vezel door te snijden, meldt *Journal of Materials Chemistry A*. Elektronenmicroscopopnamen suggereren dat die extra energie gaat zitten in het enigszins oprekken van de vezel voordat het mes door de coating weet te dringen.

Versie I (3 hv)

Kogelvrije vesten kun je 'mesvrij' maken met behulp van het ALD-proces (atomic layer deposition ofwel het neerslaan van een atoomlaag). Je brengt twee lagen aan door voor elke laag twee stoffen te dampen op de aramidevezels van het kogelvrije vest waarna die twee stoffen met elkaar reageren.

Laag 1

De eerste laag bestaat uit TiO_2 . Deze stof wordt gevormd uit TiCl_4 en water

- 1 Geef de reactievergelijking voor de vorming van TiO_2 uit TiCl_4 en water.
- 2 Hoe dik is de laag TiO_2 ? Noteer je antwoord in mm.

Laag 2

Vervolgens damp je op het van TiO_2 -laagje $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ en water op waarbij Al_2O_3 ontstaat.

- 3 Geef de vergelijking van de reactie die daarbij optreedt.

Op de vezels voor het kogelvrije vest zijn nu twee verschillende lagen aangebracht.

- 4 Wat is de functie van elk van beide lagen?
- 5 Waarom is de volgorde van aanbrengen van de twee soorten lagen belangrijk?

Door het proces worden de vezels nog geen procent zwaarder.

- 6 Leg uit waardoor het kogelvrije vest, ondanks de laagjes, nauwelijks zwaarder wordt.
- 7 Welke functie van de vezels is door het aanbrengen van de laagjes verbeterd?

Versie II (4,5 hv)

Kogelvrije vesten kun je 'mesvrij' maken met behulp van het ALD-proces. Je brengt twee lagen aan door voor elke laag twee stoffen te dampen op de aramidevezels van het kogelvrije vest waarna die twee stoffen met elkaar reageren.

Laag 1

- 1 Geef de reactievergelijking van de vorming van TiO_2 uit TiCl_4 en water.
- 2 Geef de juiste namen van de verbindingen TiO_2 en TiCl_4 .
- 3 Hoe dik is de laag TiO_2 uitgedrukt in mm?

Laag 2

Op het laagje TiO_2 damp je $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ en water op waarbij Al_2O_3 ontstaat.

- 4 Geef de vergelijking van de reactie die daarbij optreedt.

Op de vezels voor het kogelvrije vest zijn dan twee verschillende lagen aangebracht.

- 5 Wat is de functie van elk van beide lagen?
- 6 Waarom is de volgorde van aanbrengen van de twee soorten lagen belangrijk?

De twee reacties die plaatsvinden kun je beschouwen als zuurbasereacties.

- 7 Leg uit dat beide reacties zuurbasereacties zijn door aan te geven welk deeltje het zuur en welk deeltje de base is in elk van beide reacties.

Het gehele proces wordt ook wel ALD genoemd.

- 8 Waar staat de afkorting ALD voor?
- 9 Verklaar de naam in goed Nederlands.

Door het proces worden de vezels nog geen procent zwaarder.

- 10 Leg uit waardoor het kogelvrije vest, ondanks de laagjes, nauwelijks zwaarder wordt.
- 11 Welke functie van de vezels is door het aanbrengen van de laagjes verbeterd?

Mesvrij vest

Versie I

- 1 $\text{TiCl}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{TiO}_2 + 4 \text{HCl}$
- 2 Dikte is $5 \text{ nm} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ mm}$.
- 3 $2 \text{Al}(\text{CH}_3)_3 + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 6 \text{CH}_4$.
- 4 De TiO_2 laag dient als bescherming van de vezel: zorgt ervoor dat de andere stoffen de aramidevezels niet aantasten. De Al_2O_3 laag dient voor het hard maken van de buitenkant van de vezels.
- 5 De eerste laag moet TiO_2 zijn omdat die moet beschermen tegen aantasting door trimethylaluminium.
- 6 Er worden nanolagen aangebracht. Nano: orde van grootte is 10^{-9} m , dus de laag is verwaarloosbaar dun en heeft dus nauwelijks massa.
- 7 Ze zijn minder makkelijk door te snijden (want je moet 30 % harder op je mes drukken om zo'n gecoate vezel door te snijden).

Versie II

- 1 $\text{TiCl}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{TiO}_2 + 4 \text{HCl}$
- 2 TiO_2 : titaan(IV)oxide; TiCl_4 : titaan(IV)chloride
- 3 Dikte is $5 \text{ nm} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ mm}$.
- 4 $2 \text{Al}(\text{CH}_3)_3 + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 6 \text{CH}_4$.
- 5 De TiO_2 laag dient als bescherming van de vezel: zorgt ervoor dat de andere stoffen de aramidevezels niet aantasten. De Al_2O_3 laag dient voor het hard maken van de buitenkant van de vezels.
- 6 De eerste laag moet TiO_2 zijn omdat die moet beschermen tegen aantasting door trimethylaluminium.
- 7 Reactie vraag 1: water staat H^+ af aan het chloride-ion in TiCl_4 , dus water is het zuur en het chloride-ion is de base.
Reactie vraag 4: water staat H^+ af aan het methyldeeltje dat daarbij omgezet wordt in methaan, dus water is het zuur en het methyldeeltje is de base.
- 8 Atomic layer deposition.
- 9 Neerslaan van een atoomlaag.
- 10 Er worden nanolagen aangebracht. Nano: orde van grootte is 10^{-9} m , dus de laag is verwaarloosbaar dun en heeft dus nauwelijks massa.
- 11 Ze zijn minder makkelijk door te snijden (want je moet 30 % harder op je mes drukken om zo'n gecoate vezel door te snijden).

COMPLEX MOLECUUL ONTDEKT IN DE RUIMTE

Klas	5hv
Subdomein	Deeltjes modellen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Organische naamgeving en structuurformules, structuurisomerie
Trefwoorden	Heelal, isopropylcyanide, isobutyronitril, aminozuur
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

NRC, 27 september 2014



Telescopenpark in Chili speurt naar moleculen tussen de sterren

Complex molecuul ontdekt in de ruimte

Voor het eerst is in de interstellaire ruimte een 'vertakt' organisch molecuul opgespoord. Dat schrijven Duitse en Amerikaanse wetenschappers deze week in *Science*. Het molecuul, isopropylcyanide (chemische formule $i\text{-C}_3\text{H}_7\text{CN}$), is aangetroffen in Sagittarius B2, een omvangrijk stervormingsgebied nabij het centrum van de Melkweg.

Dat er in de interstellaire ruimte vertakte organische moleculen voorkomen, werd al in de jaren tachtig voorspeld. Maar tot nu toe waren alleen lineaire en ringvormige organische moleculen opgespoord. Van alle moleculen die in de interstellaire ruimte zijn waargenomen, vertonen vertakte moleculen de meeste overeenkomst met de complexe organische verbindingen die in meteorieten zijn aangetroffen, zoals aminozuren (de bouwstenen van eiwitten).

De zoektocht naar moleculen in de interstellaire ruimte, die zich vooral op infrarode en radiogolflengten afspeelt, is al vijftig jaar bezig. Tot nu toe zijn daarbij ongeveer 180 verschillende molecuulsoorten opgespoord. Elk soort molecuul zendt straling uit op specifieke golflengten. Dat resulteert in een

spectrum - een 'streepjescode' die zich ook op astronomische afstanden laat aflezen.

Het nu opgespoorde molecuul, dat ook wel isobutyronitril wordt genoemd, heeft ook een lineair zusje, n-propylcyanide (of butyronitril), dat al in 2009 in de interstellaire ruimte is aangetroffen. Beide bestaan uit twaalf atomen: ze zijn daarmee de langste moleculen die tot nu toe in een stervormingsgebied zijn aangetroffen.

Modelberekeningen wijzen erop dat moleculen als deze in of op de ijskorstjes rond stofdeeltjes worden gevormd. De detectie van isopropylcyanide wordt gezien als een aanwijzing dat ook aminozuren, die eveneens een vertakte structuur vertonen, in de interstellaire ruimte te vinden zullen zijn.

Het isopropylcyanide is opgespoord met de Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) in het noorden van Chili. Daarbij is gebruik gemaakt van een database waarin de spectrale eigenschappen van ongeveer 400 verschillende moleculen zijn opgenomen. Er valt dus nog wel wat speurwerk te verrichten.

Eddy Echternach

De interstellaire ruimte, de ruimte tussen de sterren, is niet volledig leeg. Er bevinden zich daar allerlei stoffen in zeer lage concentraties. Voor het eerst is er een vertakt organisch molecuul opgespoord: isopropylcyanide.

- 1 Teken de structuurformule van isopropylcyanide. Gebruik Binas tabel 66.
- 2 Verklaar de naam isopropylcyanide.
- 3 Noteer de rationele naam van isopropylcyanide.

Isopropylcyanide wordt ook wel isobutyronitril genoemd.

- 4 Verklaar de naam isobutyronitril.

Het nu opgespoorde molecuul heeft een lineair zusje, n-propylcyanide ofwel n-butyronitril.

- 5 Teken de structuurformule van n-propylcyanide.
- 6 Licht toe dat 'zusje' hier betekent dat je met isomeren te maken hebt.

De detectie van isopropylcyanide is een aanwijzing voor de mogelijke aanwezigheid van andere vertakte moleculen in de ruimte, bijvoorbeeld eenvoudige aminozuren. aminozuren.

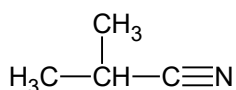
- 7 Geef de algemene structuurformule van een aminozuur.
- 8 Leg uit dat de detectie van isopropylcyanide een aanwijzing is voor de aanwezigheid van aminozuren.

Tot nu toe zijn in de interstellaire ruimte zo'n 180 molecuulsoorten opgespoord.

- 9 Hoe vindt dat opsporen plaats?
- 10 Hoe kun je bij de metingen elke molecuulsoort onderscheiden?

Complex molecuul ontdekt in de ruimte

1

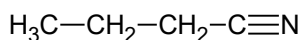


2 Isopropylcyanide heeft een isopropylgroep dus een hoofdketen met drie C-atomen waarvan het middelste C-atoom gekoppeld zit aan de C van cyanide. Verder heeft het een CN-groep die cyanide heet.

3 2-cyaaanpropaan

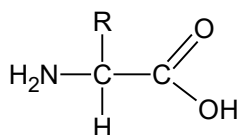
4 Isobutyronitril heeft een vertakte structuur van butaan met aan de eerste C een nitrilgroep.

5



6 Ze hebben dezelfde molecuulformule maar een andere structuurformule.

7



8 Een aminozuur heeft eenzelfde molecuulbouw als de gevonden vertakte verbindingen: een centraal C-atoom met vier verschillende groepen.

9 Door het opvangen en analyseren van straling op infrarode-en radiogolflengten.

10 Elke soort molecuul zendt straling uit met een eigen patroon van golflengten waardoor een uniek spectrum ontstaat. Dat spectrum wordt vergeleken met een database met de spectrale eigenschappen van 400 verschillende moleculen.

De drie versies

In de opgave "Complex molecuul ontdekt in de ruimte" (1501 6 I) ligt het accent op de namen en de overeenkomsten met (ook vertakte) aminozuurmoleculen.

De opgave "Vertakte moleculen op sterrenstof" (1501 6 II) legt het accent op de radicalen en de isomeren.

In de opgave "Complexe organische moleculen gevonden in de ruimte" (1501 6 III) ligt het accent op de oriëntaties gauche en anti.

VERTAKTE MOLECULEN OP STERRENSTOF

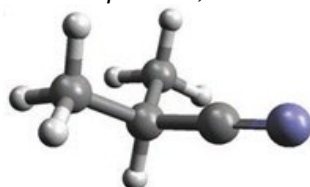
Klas	4hv
Subdomein	Deeltjesmodellen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Structuurformules; structuurisomerie
Trefwoorden	Interstellaire stof, isomeren,
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.c2w.nl, 25 september 2014

VERTAKTE MOLECULEN OP STERRENSTOF

Interstellaire molecuulcocktail mogelijk veel gevarieerder dan gedacht

Voor het eerst is een vertakte koolwaterstof gedetecteerd in de interstellaire ruimte. Isopropylcyanide heeft de primeur, meldt **Science**.



De bijbehorende spectraallijnen werden opgepikt met de Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) in Chili, die gericht stond op de Sagittarius B2(N)-regio in het sterrenbeeld Boogschutter. Met iets minder gevoelige apparatuur was daar eerder al het lineaire isomeer n-propylcyanide waargenomen.

De vertakte variant is wat zeldzamer, vandaar dat hij niet eerder is gezien. Maar zo gek erg veel maakt het niet eens uit: volgens de huidige metingen bedraagt de concentratie ongeveer 40 procent van die van n-propylcyanide.

Dat doet weer vermoeden dat er méér van die vertakte moleculen net onder de huidige detectiegrenzen zitten. De ongeveer 180 verschillende moleculen die tot nu toe in de interstellaire ruimte zijn waargenomen, waren allemaal óf lineair óf (poly)cyclisch. Maar dat wil dus niet zeggen dat er vrijwel niets anders is: we hebben misschien niet goed genoeg gezocht.

Wat ook mee zou kunnen spelen is dat Sagittarius B2(N) een actieve regio is waar nog veel nieuwe sterren ontstaan. De omstandigheden zijn daar dus net iets anders, en wellicht bevordert dat op de een of andere manier óók de vorming van vertakte moleculen.

Het wordt nog gekker: volgens de huidige theoretische modellen zou je juist meer isopropylcyanide dan n-propylcyanide moeten krijgen. Meestal lijken interstellaire verbindingen te groeien op de ijsmantel van een stofdeeltje, waarbij kleine moleculen steeds groter worden door additie van radicalen. Zo blijkt isopropylcyanide vooral te ontstaan uit een CN- en een CH_3CHCH_3 -radicaal, terwijl n-propylcyanide eerder ontstaat uit CH_2CN en C_2H_5 . En ga je daar aan rekenen, dan blijkt de vorming van isopropylcyanide energetisch iets gunstiger te zijn. Wellicht is onze kennis van de reactiekinetiek nog niet helemaal volmaakt.

De auteurs van het *Science*-artikel hopen dan ook dat binnenkort butylcyanides worden aangetroffen, dus met een CH_2 meer. Daar bestaan vier verschillende isomeren van en de onderlinge verhoudingen zouden een hoop duidelijk kunnen maken.

Ook zien ze aankomen dat er nu ook vertakte aminozuren worden gevonden, wat het spontane ontstaan van leven weer wat minder onverklaarbaar zou maken.

bron: *Science*

In het artikel wordt de vondst in de ruimte gemeld van een vertakt en een lineair propylcyanide. Een cyanide groep heeft de formule —CN .

- 1 Wat is in —CN de covalentie van stikstof?

Propylcyanide heeft de molecuulformule $\text{C}_4\text{H}_7\text{N}$.

- 2 Teken de structuurformule van het lineaire propylcyanide.
- 3 Verklaar '*propyl*' in de naam.

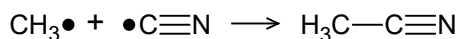
In het artikel is een model van het vertakte propylcyanide afgebeeld. Er is in de bouw van het molecuul iets bijzonders te zien bij de CN-groep in het molecuul. Dat stukje van de structuur is namelijk lineair.

- 4 Leg uit waardoor de CN-groep lineair gebonden zit aan de alkylgroep.

De vertakte variant van propylcyanide was nog niet eerder in de interstellaire ruimte waargenomen.

- 5 Verklaar waarom het volgens het artikel vreemd is dat deze niet eerder is waargenomen.
- 6 Geef de twee argumenten waarom volgens het artikel de vertakte variant niet eerder is waargenomen.

Veel deeltjes in de interstellaire ruimte zijn radicalen. Een radicaal is een deeltje met één 'vrij' elektron. Bijvoorbeeld een methylradicaal heeft de formule $\text{CH}_3\bullet$. In de interstellaire ruimte kunnen radicalen vrij lang bestaan omdat de concentratie van de deeltjes erg klein is. Wanneer een radicaal met een ander radicaal botst, kan een molecuul ontstaan. Een methylradicaal en een cyanideradicaal kunnen met elkaar reageren:



- 7 Leg uit wat het streepje midden in het molecuul ná de pijl voorstelt.
- 8 Leg uit dat een molecuul veel minder reactief is dan een radicaal.
- 9 Geef de reactievergelijking voor de vorming van het vertakte propylcyanidemolecuul uit een CN- en een propylradicaal.

In de interstellaire ruimte is veel waterstof aanwezig, zowel in de vorm van H_2 -moleculen als in de vorm van $\text{H}\bullet$ -radicalen.

- 10 Teken de structuurformules van de twee moleculen die kunnen ontstaan na de additie van respectievelijk één en twee moleculen H_2 aan het vertakte propylcyanidemolecuul.
- 11 Geef de vergelijking van de reactie die op kan treden wanneer een $\text{H}\bullet$ -radicaal botst met een molecuul lineair propylcyanide. Het $\text{H}\bullet$ -radicaal reageert daarbij met de binding tussen het C- en het N-atoom.

Met gevoeliger apparatuur hoopt men binnenkort ook butylcyanides aan te treffen. Een butylgroep heeft de formule $\text{C}_4\text{H}_9\text{—}$.

- 12 Teken de structuurformules van de vier verschillende butylcyanides.
- 13 Leg uit waarover de onderlinge verhouding van de vier isomeren duidelijkheid zou kunnen geven.

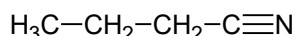
Aan dit soort onderzoek wordt veel geld uitgegeven.

- 14 Noteer een onderzoeksvraag voor dit soort onderzoek waaruit blijkt dat het onderzoek belangrijk is voor de mensheid.

Vertakte moleculen op sterrenstof

1 De covalentie van stikstof is 3

2



3 Propyl is afgeleid van propaan, C_3H_8 , minus één H. Propyl- is dus een C_3H_7 - groep.

4 Het C-atoom waaraan het N-atoom vastzit, zit slechts aan twee atomen vast. Met een enkele binding aan een ander C-atoom en met een drievoudige binding aan het N-atoom. Hij heeft dus maar twee bindingsrichtingen, dus 180° uit elkaar, lineair.

5 De hoeveelheid van de vertakte variant is 40 % van de onvertakte variant. Best veel dus.

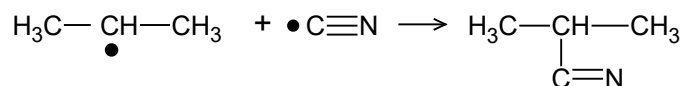
6 - Het kan een hoeveelheid zijn die net onder de detectiegrens ligt.

- Het is gemeten in een gebied, waar veel nieuwe sterren ontstaan en dat nog niet eerder was bekeken. In dat gebied kunnen de omstandigheden anders zijn, zodat er meer andere deeltjes ontstaan.

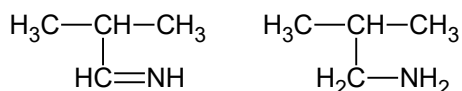
7 Uit de twee 'vrije' elektronen is een atoombinding (een gemeenschappelijk elektronenpaar) ontstaan.

8 Een radicaal gaat op zoek naar een elektron om een atoombinding mee te vormen. In een molecuul komen de elektronen al als paren voor.

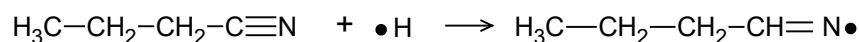
9



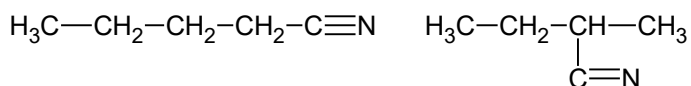
10



11



12



13 Meer duidelijkheid over de manier waarop de moleculen worden gevormd.

14 Een onderzoeksvraag waarin melding wordt gemaakt van het ontstaan van leven of van buitenaards leven of iets dergelijks.

De drie versies

In de opgave "Complex molecuul ontdekt in de ruimte" (1501 6 I) ligt het accent op de namen en de overeenkomsten met (ook vertakte) aminozuurmoleculen.

De opgave "Vertakte moleculen op sterrenstof" (1501 6 II) legt het accent op de radicalen en de isomeren.

In de opgave "Complexe organische moleculen gevonden in de ruimte" (1501 6 III) ligt het accent op de oriëntaties gauche en anti.

COMPLEXE ORGANISCHE MOLECULEN GEVONDEN IN DE RUIMTE

Klas	6v
Subdomein	Deeltjesmodellen
Vaardigheid	Modelvorming
Specificaties	Organische naamgeving en structuurformules
Trefwoorden	Anti, gauche, eclised, aminozuur
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

www.nu.nl, 27 september 2014

Complexe organische moleculen gevonden in de ruimte

Wetenschappers hebben diep in de ruimte complexe organische moleculen gevonden, het begin van al het leven op aarde.



Foto: AFP

Amerikaanse en Duitse astronomen onderzochten de samenstelling van een gaswolk waarin stervorming plaatsvond.

De gaswolk Sagittarius B2, op een afstand van 27.000 lichtjaar van de aarde, bleek moleculen te bevatten die nooit eerder zo diep in de ruimte waren aangetroffen.

In de gaswolk vonden de astronomen isopropylcyanide, een molecuul met een vertakte koolstofketen. Wetenschappers zijn geïnteresseerd in dergelijke moleculen, omdat al het leven op aarde afhankelijk is van moleculen met vertakte koolstofketens. Tot nu werden er alleen onvertakte koolstofmoleculen gevonden.

De vondst kan erop duiden dat de bouwstenen van leven in groten getale aanwezig zijn in de ruimte, een belangrijke ontdekking in de zoektocht naar buitenaards leven.

Aminozuren

Al het leven zoals wij het op aarde kennen is afhankelijk van eiwitten, die opgebouwd zijn uit aminozuren. Wetenschappers die zoeken naar buitenaards leven hopen deze complexe organische moleculen aan te treffen in stervormende gaswolken, want waar de bouwstenen van leven worden gevormd, ontstaat mogelijk ook leven.

De astronomen ontdekten de isopropyl cyanide-moleculen door te kijken naar het licht dat uit de gaswolk kwam. De waargenomen golflengtes geven informatie over de samenstelling van de gaswolk.

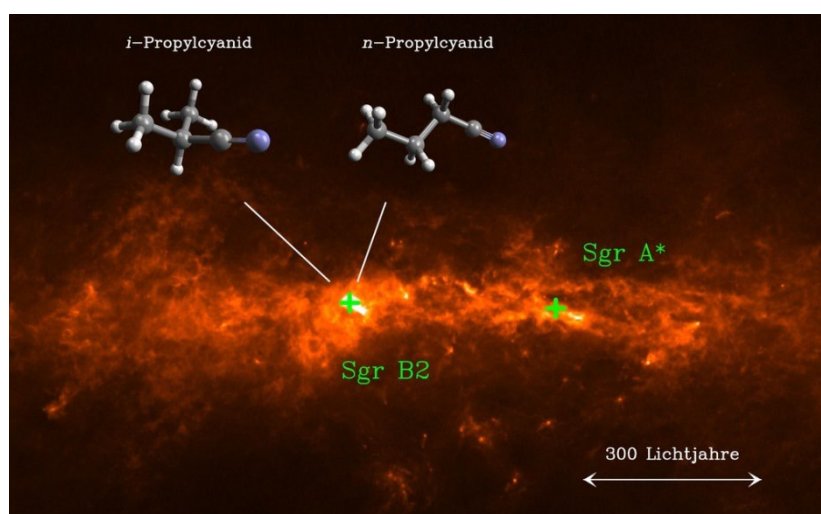
De vondst is vrijdag gepubliceerd in *Science*.

Door: NU.nl/Emma van der Wateren

Op Internet werd veel aandacht besteed aan de vondst van het *vertakte* molecuul isopropylcyanide, vaak voorzien van de foto in figuur 1. Ongeveer 5 jaar geleden al het molecuul n-propylcyanide werd ontdekt, zoals in de volgende bron te lezen is.

Bron: <http://www.mysterie-wetenschapsforum.nl/phpBB3/viewtopic.php?f=38&t=12433>

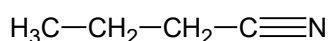
In Sagittarius B2, een omvangrijk stervormingsgebied nabij het centrum van onze Melkweg, is de organische verbinding isopropylcyanide gedetecteerd. Het molecuul – het grootste dat tot nu toe in een stervormingsgebied is aangetroffen – is opgespoord met de Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) in het noorden van Chili (Science, 26 september). Isopropylcyanide is een naaste verwante van het al eerder ontdekte n-propylcyanide. Beide moleculen bestaan uit vier koolstofatomen, zeven waterstofatomen en één stikstofatoom. Het verschil tussen de twee is dat isopropylcyanide geen lineair molecuul is, maar een zijtak vertoont. Door die vertakte vorm vertoont isopropylcyanide van alle moleculen die in de interstellaire ruimte zijn opgespoord nog de meeste overeenkomst met de complexe organische moleculen die in meteorieten zijn aangetroffen. Bij deze laatste gaat het bijvoorbeeld om aminozuren (de bouwstenen van eiwitten). Modelberekeningen laten zien dat moleculen als deze in of op de ijskorstjes rond interstellaire stofdeeltjes kunnen worden gevormd. Vermoed wordt dat ook aminozuren op deze manier ontstaan. (EE)



Figuur 1

Bron: <http://www.mysterie-wetenschapsforum.nl/phpBB3/viewtopic.php?f=38&t=12433>

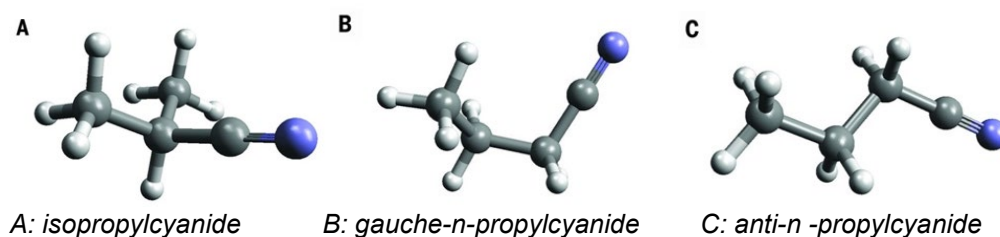
In de artikelen en in figuur 1 is sprake van n-propylcyanide en isopropylcyanide.



n-propylcyanide

- 1 Teken van isopropylcyanide de structuurformule.
- 2 Leg uit dat beide moleculen isomeren van elkaar zijn.
- 3 Noteer voor n-propylcyanide en isopropylcyanide de systematische naam. Maak hierbij gebruik van het voorvoegsel voor de –CN groep in tabel 66D (Binas)

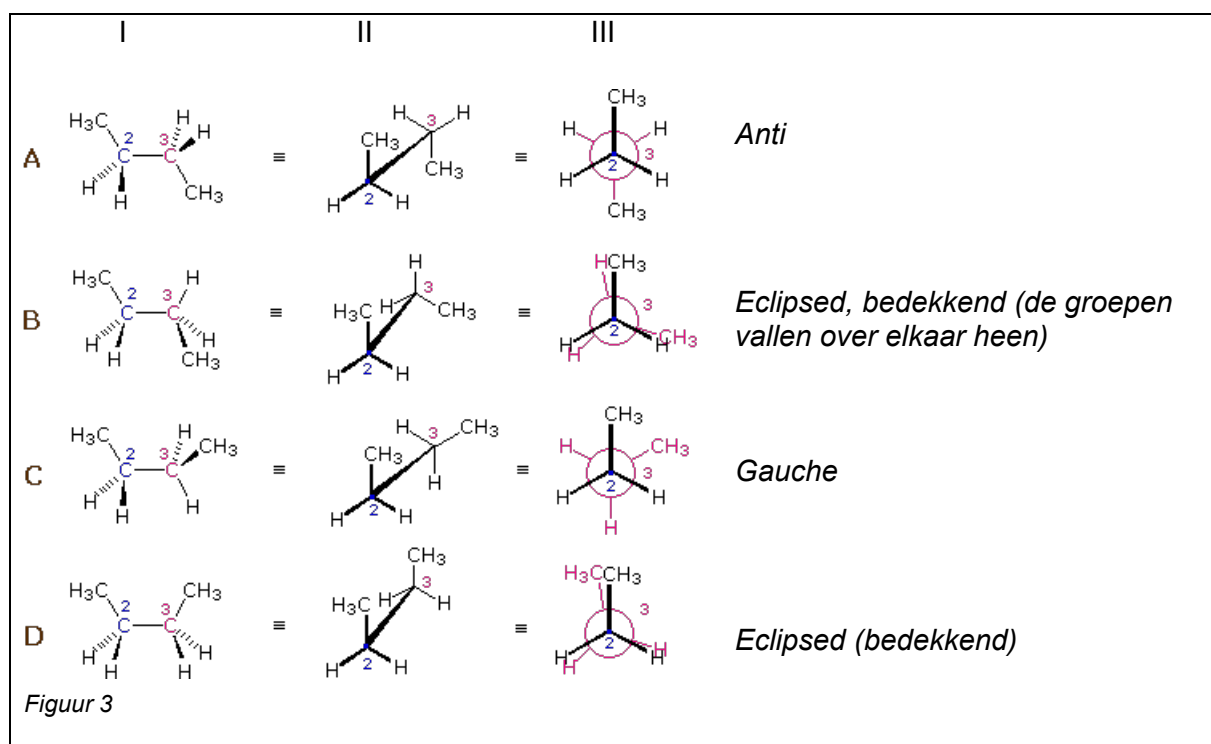
In het artikel in Science leggen de onderzoekers uit dat er van n-propylcyanide meerdere ruimtelijke structuren mogelijk zijn gezien de temperatuur in de gaswolken. Ze hebben dat weergegeven in figuur 2 B en C



Figuur 2

In de namen kom je twee nieuwe begrippen tegen gauche en anti.

In figuur 3 worden die begrippen toegelicht aan ruimtelijke structuurformules van butaan.



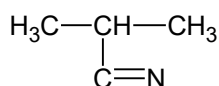
- Bouw met een molecuulbouwdoos de verschillende structuren van butaan.
- Bekijk hoe je de tekening uit kolom III kunt zien.
- Bouw met de molecuuldoos zowel gauche-n-propylcyanide als anti-n-propylcyanide.
- Teken zoals weergegeven in kolom III de structuren voor gauche-n-propylcyanide en anti-n-propylcyanide.
- Leg uit dat energetisch gezien de anti-oriëntatie gunstiger is dan de gauche-oriëntatie.
- Leg uit dat de temperatuur in de gaswolk bepalend kan zijn of ook eclipsed-n-propylcyanide (de bedekkende oriëntatie) kan voorkomen.
- Teken een energiediagram voor de omzetting van gauche oriëntatie naar anti oriëntatie.

In beide artikelen gaat men ervan uit dat het mogelijk zou kunnen zijn om uitgaande van isopropylcyanide aminozuren te vormen. Hierbij moet dan de N in de cyanidegroep worden omgezet in -NH_2 .

- Leg uit met welke stof isopropylcyanide zou moeten reageren zodat de N van de cyanidegroep wordt omgezet in een -NH_2 -groep.
- Leg uit waarom men nu wel de suggestie doet met betrekking tot de aminozuren, waaruit leven voortkomt, en niet 5 jaar geleden.

Complexe organische moleculen gevonden in de ruimte

1



2 Beide hebben als molecuulformule $\text{C}_4\text{H}_7\text{N}$ (ook wel als $\text{C}_3\text{H}_7\text{CN}$ genoteerd).

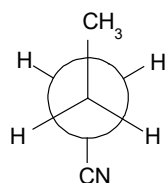
3 1-cyaaanpropan, cyaanmethylethaan.

4 –

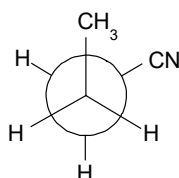
5 Door te kijken langs de lijn C_2-C_3 .

6 –

7



anti-
n-propylcyanide

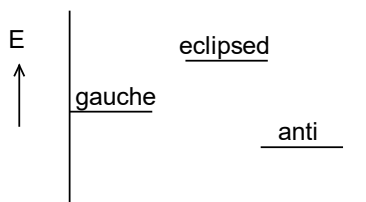


gauche-
n-propylcyanide

8 In de anti oriëntatie zitten de twee (grotere) methylgroepen zover mogelijk bij elkaar vandaan.

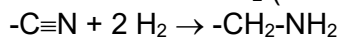
9 Door de oriëntatie van de twee grote groepen zal de eclipsed vorm energetisch gezien ongunstig zijn. De temperatuur moet dus voldoende hoog zijn om draaiing via de enkele C_2-C_3 binding mogelijk te maken.

10



11 Amino-zuren bevatten op de alfa positie (de eerste C ná de COOH) een zijgroep. Nu heeft men een molecuul gevonden met een zijgroep.

12 Door additie van H_2 (dat is in de gaswolken in het algemeen veel aanwezig):



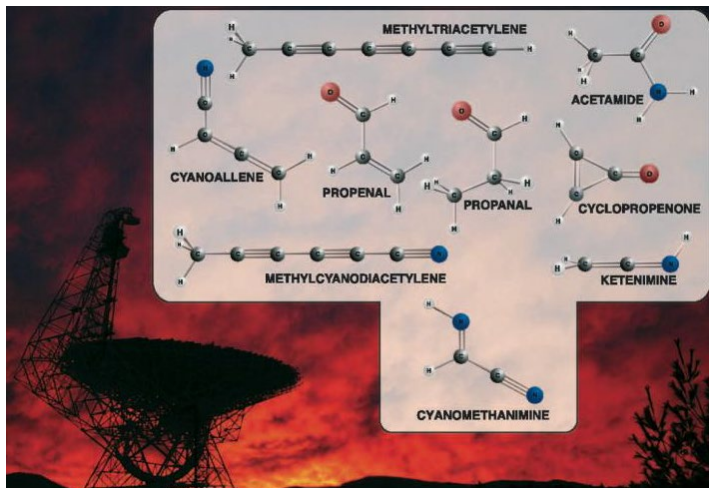
Het artikel: <http://www.nu.nl/wetenschap/3888651/complexe-organische-moleculen-gevonden-in-ruimte.html>

De drie versies

In de opgave “Complex molecuul ontdekt in de ruimte” (1501 6 I) ligt het accent op de namen en de overeenkomsten met (ook vertakte) amino-zuurmoleculen.

De opgave “Vertakte moleculen op sterrenstof” (1501 6 II) legt het accent op de radicalen en de isomeren.

In de opgave “Complexe organische moleculen gevonden in de ruimte” (1501 6 III) ligt het accent op de oriëntaties gauche en anti.



Moleculen ontdekt door de Green Bank Telescope, bron <http://balrogslair.com/2014/09/25/detection-of-i-propyl-cyanide-in-the-interstellar-medium/>

NIEUW KRISTAL NEEMT ZUURSTOF EFFICIËNT OP

Klas	4/5v
Subdomein	Deeltjesmodellen; Chemisch rekenen; Energie
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Atoommodel, Bekende chemische berekeningen, Exotherm/endotherm
Trefwoorden	Hemoglobine, zuurstof, ijzer, atoommodel
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

www.kijkmagazine.nl, 3 oktober 2014



Deense wetenschappers hebben een materiaal ontwikkeld dat zuurstof heel efficiënt kan opnemen en weer vrijlaten. Kunnen duikers binnenkort hun zuurstoftank thuislaten?

Onderzoekers van de Universiteit van Southern Denmark hebben een kristal ontwikkeld dat zuurstof uit lucht of water kan halen, kan opslaan en later weer kan vrijlaten. Niet zo heel bijzonder, kun je denken, want wij mensen zijn hier ook toe in staat. Maar dit nieuwe materiaal is toch beter in dit trucje. Een lepel van dit kristal is genoeg om al het zuurstof uit een kamer op te nemen.

Kobalt

Mensen hebben ijzer nodig om te kunnen ademen en zo heeft het kristal ook een metalen component nodig om zuurstof uit de omgeving op te nemen: kobalt. Dit geeft het materiaal precies de juiste moleculaire en elektronische structuur om zuurstof op te nemen en drie keer zoveel van dit element op te slaan als een zuurstoftank dat doet. Het materiaal laat de zuurstof weer vrij als het langzaam wordt verhit of als het in vacuüm wordt gebracht. Dit trucje weet het kristal niet één of twee keer uit te voeren, maar heel vaak zonder zijn speciale kracht te verliezen.

Duikers helpen

De wetenschappers noemen allerlei toepassingen voor het kristal. Zo zou het materiaal op een dag longpatiënten kunnen helpen die nu nog met een zuurstoftank moeten lopen en zou het brandstofcellen kunnen voorzien van dit element. Maar ook duikers zou het kunnen helpen. Er zijn een paar korreltjes van het materiaal nodig voor één ademhaling. Het kristal kan zuurstof uit water halen en dit aan de duiker geven, zodat een grote zuurstoftank misschien binnenkort overbodig is?

Bronnen: Chemical Science (PDF), Science Daily, Popular Science

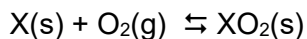
In het artikel staat dat mensen ijzer nodig hebben om te kunnen ademen.

1 In welke stof zit het ijzer dat mensen nodig hebben om te kunnen ademen?

Het nieuwe materiaal kan zuurstof uit lucht of water halen. Je kunt je afvragen of het materiaal de opgeloste zuurstof uit het water haalt of als zuurstofatomen onttrekt aan de watermoleculen.

2 Leg uit in welke vorm de zuurstof in het water zit die er uit wordt gehaald.

De reactie van de zuurstof met het kristal is een evenwichtsreactie die schematisch kan worden weergegeven als:



- 3 Leid met behulp van gegevens uit het artikel af of het bovenstaande evenwicht naar rechts exotherm of endotherm is.
- 4 Leg uit dat een lagere druk tot afgifte van $O_2(g)$ leidt.

Patiënten, die moeite hebben met ademen, krijgen zuivere zuurstof toegediend. Uit het onderzoek blijkt dat de zuurstofconcentratie($[O_2]$) in het nieuwe materiaal 160 x zo groot is als in lucht.

- 5 Bereken $[O_2]$ in mol.L^{-1} in zuiver zuurstofgas bij standaardomstandigheden.
- 6 Bereken $[O_2]_{\text{lucht}}$ in mol.L^{-1} bij standaardomstandigheden. Lucht bevat 21 volume-% O_2 .

In het ziekenhuis wordt zuurstof uit een gascilinder onder hoge druk gebruikt.

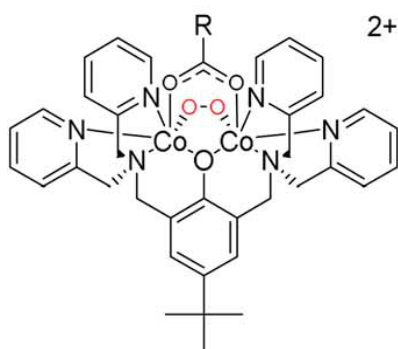
- 7 Beredeneer of dit nieuwe materiaal in staat zal zijn om patiënten met ademhalingsproblemen te helpen.

Volgens het artikel geeft kobalt het nieuwe materiaal de juiste elektronenstructuur om zuurstof op te nemen.

- 8 Noteer de elektronenverdeling van het kobaltatoom.
- 9 Welke elektrovalentie van kobalt ligt voor de hand?

Het nieuwe materiaal is kristallijn met kobaltionen op centrale plaatsen. Bij elementen in periode 4 (zoals kobalt) zijn het de elektronen in de derde schil die de binding aangaan met het zuurstofmolecuul. Het nieuwe materiaal, met een binding tussen het kobaltion en een koolstofverbinding, behoort tot de zogenaamde complexe verbindingen.

De lading van de kobaltionen varieert met de opname en afgifte van moleculen O_2 , zie figuur 1. In het midden zie je een opgenomen zuurstofmolecuul.

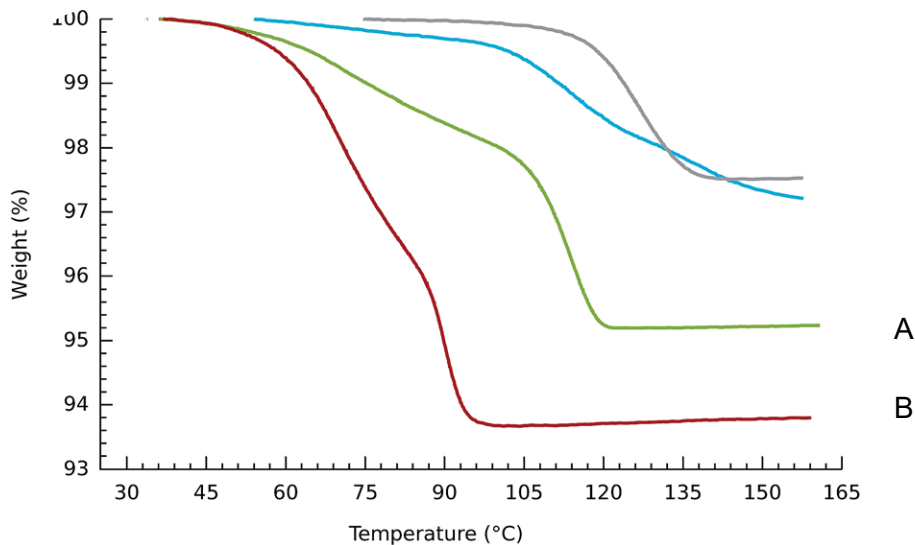


Figuur 1

- 10 Wat voor type reactie is betrokken bij het proces van opname en afgifte van zuurstof? Licht je antwoord toe.
- 11 Waarom is de vorm van het kristal belangrijk?

De affiniteit van het nieuwe materiaal is 38 keer zo groot voor zuurstofgas als voor stikstofgas. Van enkele complexen hebben de onderzoekers de zuurstofafgifte gemeten door het complex langzaam te verwarmen tot $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ en het percentage van de massa ten

opzichte van de oorspronkelijke massa te bepalen (figuur 2). Bij de twee onderste lijnen A en B kwam er naast zuurstof ook wat water vrij.



Figuur 2

Bron: Sundberg J., 2014, *Oxygen chemisorption/desorption in a reversible single-crystal-to-single-crystal transformation*, *Chem Sci*, 5, 4017-4025.

- 12 Bij welke temperatuur hebben de complexe verbindingen horend bij lijn A en B zeker alle zuurstof afgegeven?
- 13 Welk van beide complexe verbindingen (horend bij lijn A of B) zal in de praktijk het gemakkelijkst te gebruiken zijn? Geef twee redenen.
- 14 Leg uit of je uit de grafiek in figuur 2 kunt afleiden welk materiaal (horend bij lijn A of B) de beste selectiviteit heeft voor zuurstof?

Wanneer je het nieuwe materiaal wilt gebruiken om zuurstof af te scheiden uit gasmengsels, moet het wel aan bepaalde voorwaarden voldoen.

- 15 Noem twee van die voorwaarden.

Nieuw kristal neemt zuurstof efficiënt op

- 1 Hemoglobine
- 2 Het is de opgeloste zuurstof die uit het water wordt gehaald. Die kan ook weer aan het water worden afgestaan. Anders zou er een ontleding van water op moeten treden.
- 3 Bij verwarming schuift het evenwicht naar links, naar links is het evenwicht dus endotherm. Naar rechts exotherm.
- 4 Bij een lagere druk schuift het evenwicht naar de kant met de meeste deeltjes in de gasfase om de totale druk weer groter te maken. In dit geval naar links, omdat X en XO_2 beiden vast zijn.
- 5 1 mol gas bij standaardomstandigheden neemt een volume in van 22,4 L. Dus
 $[\text{O}_2]_{\text{zuiver}} = 1/22,4 = 0,0446 \text{ mol.L}^{-1}$
- 6 $[\text{O}_2]_{\text{lucht}} = 1/22,4 \times 0,21 = 0,0094 \text{ mol.L}^{-1}$.
- 7 Waarschijnlijk wel, want $[\text{O}_2]$ in het nieuwe materiaal is ca 160 maal zo groot als in lucht. In zuivere zuurstof is $[\text{O}_2]$ circa 5x zo groot als in lucht. Bij een gascilinder zal afhankelijk van de druk $[\text{O}_2]$ ook weer groter zijn.
De concentraties zitten in dezelfde grootteorde.
- 8 Co: 2,8,15,2
- 9 Co^{2+}
- 10 Een redoxreactie. De lading van de kobaltionen varieert met de opname en afgifte van zuurstofmoleculen.
- 11 De vorm is belangrijk omdat het zuurstofmolecuul in de holte van het kristal moet passen.
- 12 Lijn A: 120 °C; lijn B 95 °C.
- 13 Bij lijn B zie je: de grootste daling van de lijn, dus de grootste zuurstofafgifte, en de laagste temperatuur waarbij dit gebeurt. Dus het complex dat hoort bij lijn B
- 14 Nee, want je meet de massa-afname, ook van stikstof en/of water als die opgenomen zijn.
- 15 De snelheid van opname en vervolgens afgifte moet voldoende hoog zijn. Anders duurt het proces te lang.
De selectiviteit voor zuurstof moet groot zijn, anders treedt geen goede scheiding op en moet je het proces meerdere malen herhalen.

HET IS (NU ECHT) TIJD VOOR SMA

Klas	5 hv
Subdomein	Deeltjesmodellen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Organische naamgeving en structuurformules
Trefwoorden	SMA, ABS, styreen, maleïnezuur, maleïnezuur, maleïnezuuranhydride
Vaardigheidsvraag	Informatieverwerkingsvraag

Chemie Magazine, september 2014

Polyscope verovert wereldmarkt met styreenmaleïnezuuranhydride

Het is (nu echt) tijd voor SMA

Deze zomer zette het FD het copolymeer styreenmaleïnezuuranhydride (SMA) nog in de top-3 van De Nieuwe Kampioenen in nieuwe materialen. Eigenlijk bestaat SMA al 25 jaar, maar nu pas is deze hoogwaardige kunststof aan zijn veelzijdige opmars bezig. Polyscope Polymers werd in één klap wereldleider.

Tekst: Astrid van de Graaf

Al zes jaar stond de fabriek van DSM weg te kwijnen op het Chemelot-terrein in Geleen, totdat start-up PoLyscope de hele boel opkocht en de productie van het copolymeer styreenmaleïnezuuranhydride [SMA] nieuw leven in blies. Volgens de initiatiefnemers met een lange ervaring in de kunststof- en automobiellindustrie was er op de Europese markt plek voor een tweede speler. Gesteund door Industriebank LIOF, investeringsfonds DSM Limburg Ventures en privaat geld werd de oprichting van PoLyscope PoLymers BV in 2006 een feit.

Dat DSM haar SMA-fabriek rond de eeuwwisseling stillegde, had alles te maken met de verkoop van haar ABS-activiteiten aan BASF. Het copolymeer is een additief om de kunststof ABS [acrylonitril-butadien-styreen] hittebestendiger te maken. "Niet dat er geen markt was voor SMA. Het polymeer kan heel divers worden ingezet in allerlei eindapplicaties", vertelt algemeen directeur Patrick Muezers van Potyscope. "Maar bij DSM ontbrak vanwege de geringe schaalgrootte de interesse om

een positie in de vele nichemarkten te veroveren. Het bedrijf concentreerde zich op haar Vision 2010, rondom *life sciences* en *materials sciences*."

Belemmering

De grootste belemmering was volgens Muezers dat de gevestigde chemische ondernemingen dachten vanuit hun assets: de fabrieken die continu moeten blijven draaien wil de productie rendabel zijn. "Dat geldt misschien voor bulkpolymeren als polypropreen of polyetheen, waarmee je andere bedrijven door schaalvergroting op prijs van de markt kan drukken. Maar bij het polymeer SMA, dat kleinschaliger wordt ingezet, gaat die vlieger niet op." Dat het een jong, dynamisch bedrijf als PoLyscope nu wel lukt, komt doordat de organisatie – met inmiddels vijftig werknemers – is ingericht om snel in te spelen op wensen van klanten. "We produceren geen kilo meer dan gevraagd", zegt Muezers. In de opstartfase kreeg Polyscope nog een duwtje in de rug toen Nova Chemicals in 2009 kleinschalige operaties afstootte en stopte met zijn productie van SMA.

Biobased opwaarderen met SMA

Een interessante beweging vind Muezers de zoektocht naar biobased alternatieven. Deze materialen bieden in principe dezelfde functionaliteit, maar halen vaak niet de technische kwaliteit van de eindapplicatie. SMA als additief kan deze biobased materialen opwaarderen en eigenschappen verbeteren. "Ook als vervanger voor giftige formaldehyde in de glaswolisolatiesystemen kan SMA een mooie technisch hoogwaardige oplossing bieden als de wet-en regelgeving aanscherpt", aldus Muezers.

Het Financieel Dagblad (FD) bericht over economische ontwikkelingen. Het blad plaatste deze zomer de kunststof SMA in de top 3 van De Nieuwe Kampioenen in nieuwe materialen. Maar wat is SMA, chemisch gezien, nu eigenlijk?

1 Waar staat de afkorting SMA voor?

De stof SMA is een copolymeer.

2 Wat wordt bedoeld met co in copolymeer?

SMA wordt gevormd uit styreen en maleïnezuuranhydride.

3 Zoek de systematische naam van styreen op. Noteer deze naam.

4 Geef de structuurformule van styreen.

Maleïnezuuranhydride ontstaat uit maleïnezuur waarbij afsplitsing van water optreedt.

5 Zoek de systematische naam van maleïnezuur op. Noteer deze naam.

6 Teken de structuurformule van maleïnezuur en van maleïnezuuranhydride.

7 Geef de reactievergelijking van de vorming van maleïnezuuranhydride in structuurformules weer.

Styreen en maleïnezuuranhydride reageren in een polymerisatiereactie tot SMA.

8 Teken een stukje uit het midden van een SMA-keten met afwisselend styreen en maleïnezuuranhydride.

SMA wordt onder andere gebruikt als additief om de kunststof ABS hittebestendiger te maken. ABS is een copolymeer met acrylonitril (propeennitril), butadien (buta-1,3-dien) en styreen als bouwstenen.

9 Teken de structuurformules van acrylonitril en butadien.

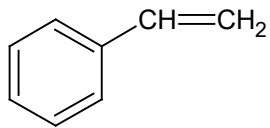
10 Teken een stukje uit het midden van een ABS-keten met afwisselend de drie bouwstenen.

11 Licht de titel van het artikel "Het is (nu echt) tijd voor SMA" toe.

Het is (nu echt) tijd voor SMA

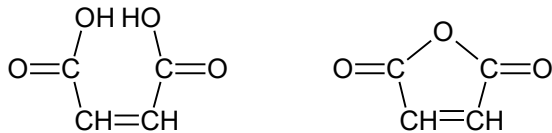
- 1 Styreenmaleïnezuuranhydride.
- 2 Dat het gevormd wordt uit twee soorten monomeren.
- 3 Fenyletheen.

4

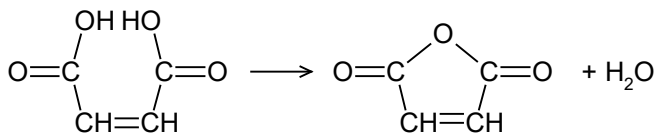


- 5 *cis*-buteendizuur.

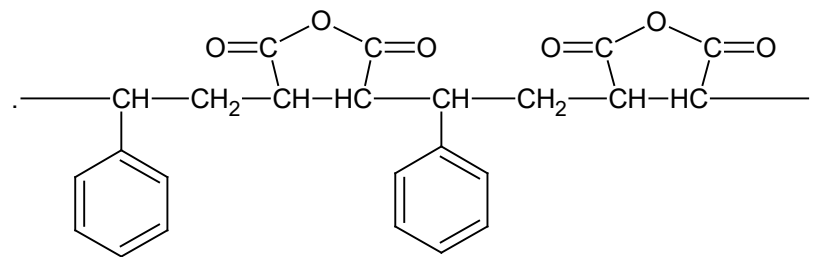
6



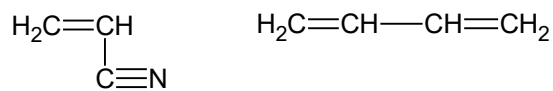
7



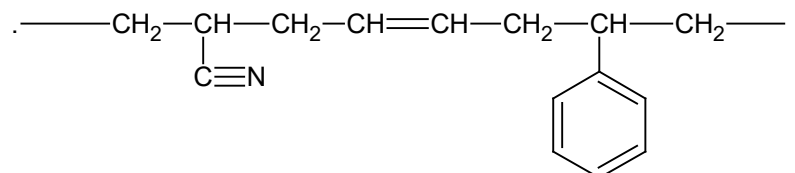
8



9



10



- 11 - Aan de ene kant is er nog altijd vraag naar SMA, aan de andere kant kan het ingezet worden bij biobased alternatieven.
- Hoewel SMA al 25 jaar bestaat, is het nu pas bezig met een veelzijdige opmars.

MAGISCH ZAND

Klas	3,4 hv
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Onderzoeken
Specificaties	Hydrofiel, hydrofoob
Trefwoorden	Magic sand, maken magisch zand
Vaardigheidsvraag	Conclusievraag, informatieverwerkingsvraag

de Volkskrant, 1 september 2014

Van Rummikub tot magisch zand

HATTEM - Hij had eigenlijk niks met spelletjes, maar nu runt Adi Golad een bedrijf dat groot is geworden met gezelschapsspelen. Het begon allemaal met twintig spelletjes, meegenomen uit Israël.
(....)



Magisch zand. Bron: www.hawkin.com

Het artikel 'Van Rummikub tot magisch zand' gaat over de start en het opbouwen van het bedrijf door Adi Golad. En niet over het speelgoed. Maar het artikel maakt wel nieuwsgierig: wat zou magisch zand zijn?



Zandkastelen aan het strand

Zandkastelen spoelen weg in water, maar bouwwerken van magisch zand niet, die blijven fier staan.

Bekijk de film "Magic Sand - Sand that is Always Dry!" (SpanglerScienceTV),
<http://www.youtube.com/watch?v=10EnRI80zvk>

In de onderstaande proeven ga je zelf “magic sand” maken en daarna kijken wat de eigenschappen zijn van gekocht magic sand, eigen gemaakt magic sand en gewoon zand.

MAKEN VAN MAGIC SAND

Benodigdheden

- schelpenzand of scherp zand
- schelpenzand of scherp zand gedroogd bij 120°C
- grote petrischaal of groot bord
- spatel
- lepeltje
- zeefjes
- spuitbus impregneerspray (waterafstotende spray voor textiel en of schoenen), bijvoorbeeld “waterstop” spray
- bekeerglazen, 100 mL
- diepvriezer of koud makend mengsel

Uitvoering

- Breng een heel dun laagje gedroogd schelpenzand zo gelijkmatig mogelijk in een grote petrischaal (goed uitspreiden).
- Neem de petrischaal met zand mee naar de zuurkast.
- Besproei het zand met “waterstop” spray.
- Laat het geheel even drogen.
- Meng het zand en spreid het dan weer uit.
- Herhaal het besproeien en drogen nog drie keer
- Het magisch zand is nu klaar!

VERGELIJKEN VAN DE EIGENSCHAPPEN

Benodigdheden

- schelpenzand (onbehandeld)
- je eigen magic sand
- gekocht magic sand
- olie (voor gebruik in de keuken, bijvoorbeeld slaolie)
- zeepoplossing (eventueel zowel groene zeep oplossing als een afwasmiddeloplossing)
- druppelpipetjes
- bekeerglazen
- spatel
- lepeltjes
- schaaltjes of bordjes

Uitvoering

A Uiterlijke eigenschappen

Bekijk en voel aan de drie zandsoorten: hoe ziet het eruit, hoe voelt het aan? Noteer je waarnemingen in onderstaande tabel.

<i>Waarnemingen</i>		
<i>Onbehandeld schelpenzand</i>	<i>Eigen gemaakt magisch zand</i>	<i>Gekocht magisch zand</i>

--	--	--

B Gedrag met water

- Vul drie bekerglazen van 100 mL elk met ongeveer 25 mL leidingwater.
- Schep in een van de bekerglazen een lepeltje onbehandeld zand. Noteer je waarnemingen in onderstaande tabel
- Schep in het tweede bekerglas een lepeltje van je eigen magisch zand. Noteer je waarnemingen in onderstaande tabel
- Schep in het derde bekerglas een lepeltje van het gekochte magische zand. Noteer je waarnemingen in onderstaande tabel.
- Roer de inhoud van de bekerglazen met een roerstaaf. Noteer je waarnemingen
- Giet bij alle drie de bekerglazen het water af (of gebruik een zeefje) en verzamel elk zand in een apart schaaltje. Noteer je waarnemingen

	<i>Waarnemingen</i>		
	<i>Onbehandeld schelpenzand</i>	<i>Eigen magisch zand</i>	<i>Gekocht magisch zand</i>
<i>In het water scheppen</i>			
<i>Na roeren</i>			
<i>In het schaaltje</i>			

C Gedrag met olie

Breng op een schaaltje een klein lepeltje gewoon zand, een lepeltje gekocht magic sand en een lepeltje van je eigen magic sand. Druppel er met een pipetje wat olie op. Kijk wat er gebeurt, roer de olie door het zand heen.

	<i>Waarnemingen</i>		
	<i>Onbehandeld schelpenzand</i>	<i>Eigen magisch zand</i>	<i>Gekocht magisch zand</i>
<i>Olie opdruppelen</i>			
<i>Na roeren</i>			

D Gedrag met zeepoplossing

Herhaal de proeven zoals bij B maar nu met een zeepoplossing

	<i>Waarnemingen</i>		
	<i>Onbehandeld schelpenzand</i>	<i>Eigen magisch zand</i>	<i>Gekocht magisch zand</i>
<i>In de zeep-oplossing</i>			

<i>scheppen</i>			
<i>Na roeren</i>			
<i>In het schaalkje</i>			

(Eventueel)

E Gedrag bij lage temperatuur

Zet het zand weg bij een temperatuur beneden 0 °C. Laat het daar een tijdje staan. Haal het zand dan uit de koeling. Bekijk en voel aan de drie zandsoorten: hoe ziet het eruit, hoe voelt het aan? Noteer je waarnemingen in onderstaande tabel.

<i>Waarnemingen</i>		
<i>Onbehandeld schelpenzand</i>	<i>Eigen magisch zand</i>	<i>Gekocht magisch zand</i>

PRESENTATIE VAN JE RESULTATEN

Maak een poster waarin je

- de resultaten verwerkt.
- ingaat op het verschil in kwaliteit van je eigen magisch zand en het gekochte magisch zand
- een onderbouwde aanbeveling doet voor een toepassing van gekocht magisch zand.

Zie voor de resultaten het einde van dit document

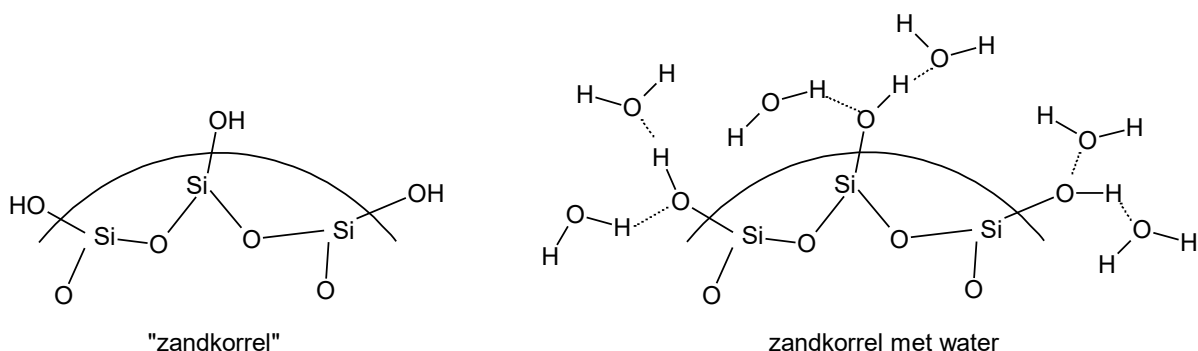
U kunt in grotere groepen laten werken, waarbij elk lid of duo in de groep een van de proeven B t/m E uitvoert.

Droog het zand (goed uitspreiden) ongeveer 1 uur bij 120 °C.

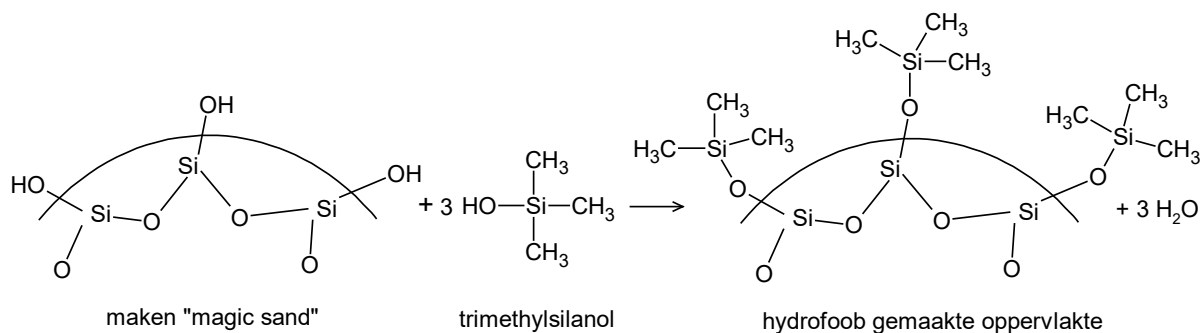
Gekocht magisch zand is opnieuw bruikbaar zolang het niet verontreinigd is met olie.

Magic Sand neemt geen water op, het zinkt meteen naar de bodem en geeft niet zoals gewoon zand eerst een suspensie. Het lijkt of er een soort zilver laagje rond magic sand zit. Magic sand in de zeepoplossing vormt een laag op de bodem en als je roert ontstaat er een poeder. Bij het afgieten van het de zeepoplossing blijft het magic sand plakken. Met olie vormt magic sand een soort stroperige massa (na het roeren).

Zand is hydrofiel door de OH-groepen aan het oppervlak van de korrels.



Magisch zand is hydrofoob gemaakt door gewoon zand te laten reageren met trimethylsilanol



Bij het eigen gemaakt magic sand breng je alleen een laagje aan en heeft er niet zoals bij commercieel magisch zand een reactie plaats gevonden.

Bestellen magisch zand/toverzand

LET op: er is tegenwoordig een tweede soort zand die ook magisch zand en toverzand wordt genoemd

U moet **niet** bestellen: kinetisch zand of zand waarbij staat dat er in gewoon zand een bindmiddel in zit of plasticine

Besteladressen magisch zand (eind november 2014 gecontroleerd):

http://www.hekserij.nl/Hydrofoob_zand.aspx

www.labstuf.nl

<http://shop.e-nemo.nl/Hydrofobisch-Zand-speelset-p-16299.html>

<http://www.geek-star.nl/geek-star-kids/129-science-museum-hydrofobisch-zand>
<http://www.amazon.com/Educational-Innovations-Magic-Sand-Blue/dp/B009P8ARHY>
<http://www.stevespanglerscience.com/magic-sand.html>

Achtergrondinformatie

- <http://www.chymist.com/Magic%20sand.pdf>
- http://www.nnin.org/sites/default/files/files/NNIN-1038_0.pdf
- http://www.watercampws.uiuc.edu/waterclear/labs/lessons/magicsand_lab_book.pdf

Films:

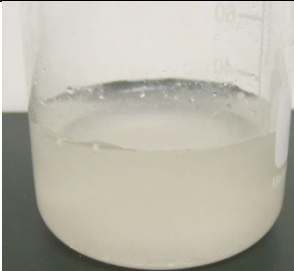
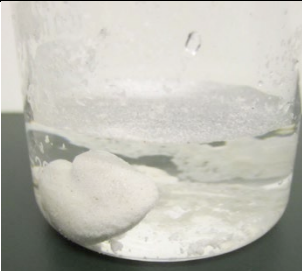
- Magisch zand is altijd droog: <http://www.youtube.com/watch?v=-NJJ0ZNOxql>

Resultaten

A Uiterlijke eigenschappen

Waarnemingen		
Onbehandeld schelpenzand	Eigen gemaakt magisch zand	Gekocht magisch zand
Fijne, droge korrels	Fijne, droge korrels	Fijne, droge korrels

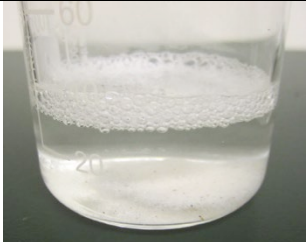
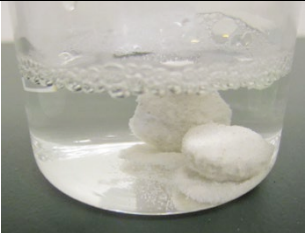
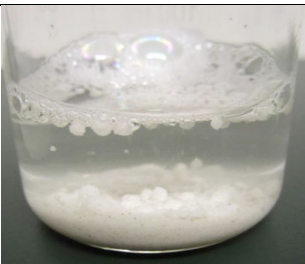
B Gedrag met water

	Waarnemingen		
	Onbehandeld schelpenzand	Eigen magisch zand	Gekocht magisch zand
<i>In het water scheppen</i>	 Zand blijft gedeeltelijk zweven. De rest vormt een laagje op de bodem.	 Het zand valt direct naar de bodem en vormt een klompje (lijkt aan elkaar te plakken).	 Het zand valt direct naar de bodem en vormt een klompje (lijkt aan elkaar te plakken).
<i>Na roeren</i>	Het zand vormt een suspensie die langzaam neerslaat.	Het zand blijft in klompjes op de bodem liggen.	Het zand blijft in klompjes op de bodem liggen.
<i>In het schaaltje</i>	Het zand blijft nat. 	Het zand is volledig droog. 	Het zand is volledig droog. 

C Gedrag met olie

	Waarnemingen		
	<i>Onbehandeld schelpenzand</i>	<i>Eigen magisch zand</i>	<i>Gekocht magisch zand</i>
<i>Olie opdruppelen</i>	De olie trekt in het zand.	De olie blijft eerst op het zand liggen en trekt daarna in het zand.	De olie blijft eerst op het zand liggen en trekt daarna in het zand.
<i>Na roeren</i>	Het zand blijft aan elkaar plakken. 	Het zand blijft aan elkaar plakken. 	Het zand blijft aan elkaar plakken. 

D Gedrag met zeepoplossing

	Waarnemingen		
	<i>Onbehandeld schelpenzand</i>	<i>Eigen magisch zand</i>	<i>Gekocht magisch zand</i>
<i>In de zeepoplossing scheppen</i>	 Zand blijft gedeeltelijk zweven. De rest vormt een laagje op de bodem.	 Het zand valt direct naar de bodem en vormt een klompje (lijkt aan elkaar te plakken).	 Het zand valt direct naar de bodem en vormt een klompje (lijkt aan elkaar te plakken).
<i>Na roeren</i>	 Het zand vormt een suspensie die langzaam neerslaat.	 Het zand vormt een suspensie die langzaam neerslaat (of kleine klompjes).	 Het zand vormt een suspensie die langzaam neerslaat (of kleine klompjes).
<i>In het schaaltje</i>	Het zand blijft nat.	Het zand blijft nat.	Het zand blijft nat.

E Gedrag bij lage temperatuur

<i>Waarnemingen</i>		
<i>Onbehandeld schelpenzand</i>	<i>Eigen magisch zand</i>	<i>Gekocht magisch zand</i>
Geen zichtbare verandering. Zand voelt koud aan.		

KONING OPENT DSM-FABRIEK IN VS

Klas	5hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Organische reacties
Trefwoorden	Biomassa, tweede generatie, bio-ethanol, DSM
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Chemie Magazine, september 2014

PROJECT LIBERTY WINT OP COMMERCIËLE SCHAAL
BIOETHANOL UIT LANDBOUWAFVAL

KONING OPENT DSM FABRIEK IN VS

Terwijl beleidsmakers in Europa nog altijd steggelen over richtlijnen voor groene benzine, schieten de bio-ethanolfabrieken in de Verenigde Staten als paddenstoelen uit de grond. Het nieuwste wapenfeit is zelfs van een Nederlands bedrijf, want met Project Liberty heeft DSM sinds begin september zijn eigen fabriek om landbouwafval om te zetten in brandstoffen. Koning Willem-Alexander opende de fabriek in Iowa.

Met een kostenplaatje van 275 miljoen dollar en slechts vijftig medewerkers stelt de Project Liberty-fabriek op zich niet zoveel voor. Toch waren bij de opening op 3 september in de Amerikaanse staat Iowa onder meer koning Willem-Alexander en DSM-topman Feike Sijbesma aanwezig. Ook de mondiale pers nam het nieuwsfeit en masse over. Daar is reden genoeg voor, want de installatie vormt DSM's eerste bewijs dat je wel degelijk op commerciële schaal ethanol kunt produceren uit landbouwafval.

De fabriek komt uit de koker van POET-DSM Advanced Biofuels, een samenwerkingsverband tussen DSM en het Amerikaanse biotechbedrijf POET. Project Liberty gaat op jaarbasis 285 duizend ton biomassa omzetten in 76 miljoen liter ethanol op basis van cellulose. Die groene grondstof komt onder meer uit bladeren, stengels, schillen en ander restafval dat ontstaat bij het verbouwen en oogsten van mais. Een enzym fungeert in de installatie als katalysator om de aan-

wezige plantaardige suikers om te zetten.

De bio-ethanolfabriek betekent ook goed nieuws voor de massaal aanwezige boeren in een straal van 70 kilometer rondom de fabriek. DSM en POET trekken namelijk op jaarbasis 20 miljoen dollar uit om het afval van hun maisproductie op te kopen. Daarnaast is ook het milieu gebaat bij het project, aangezien cellulose-ethanol in vergelijking met reguliere benzine 90 procent minder broeikasgas veroorzaakt.

Een belangrijk voordeel van DSM's biobrandstof is dat deze van de tweede generatie is. Dit betekent dat er geen kostbare landbouwgrond of eetbare producten voor zijn opgeofferd. Er is dan ook sprake van een ware hausse aan bio-ethanolfabrieken in de VS, maar in Europa loopt het zo'n vaart nog niet. Er staat slechts één installatie voor groene benzine die op commerciële schaal draait: die van Beta-Renewables in Italië.

Project Liberty betekent een 'strategische investering' voor DSM, zei topman Sijbesma bij de opening. De bedoeling is namelijk niet om meer van dit soort fabrieken te bouwen, maar om de technologie te verkopen aan andere bedrijven. En daar is vraag naar, weet de topman, aangezien de beschikbaarheid van fossiele olie snel afneemt. "We hoeven niet te wachten tot de olie op is. Het stenen tijdperk stopte niet omdat er geen stenen meer waren, maar omdat er een betere technologie verscheen." ■

Bio-ethanol maken op commerciële schaal kent in de VS een ware hausse. Ook Nederland doet daaraan mee: Koning Willem-Alexander opende op 3 september in de staat Iowa een fabriek van DSM.

1 Waarom zal juist Koning Willem-Alexander voor de opening uitgenodigd zijn?

De fabriek 'komt uit de koker van een samenwerkingsverband'.

2 Waarom zal het betreffende samenwerkingsverband opgericht zijn?

In de fabriek wordt biomassa van de tweede generatie omgezet in ethanol.

3 Hoeveel kg ethanol gaat de fabriek per jaar produceren? Geef de berekening.

4 Bereken hoeveel procent van de biomassa omgezet wordt in ethanol.

De biomassa die zal worden verwerkt is restafval. Maar ethanol kan bijvoorbeeld ook uit suikerriet gewonnen worden zoals in Brazilië veel gebeurt.

5 Waarom stapt men steeds vaker over op restafval, de tweede generatie biomassa?

Bij het proces fungeert een enzym als katalysator om de 'suikers' uit de cellulose om te zetten in ethanol.

6 Wat is de functie van een katalysator?

7 Geef de reactievergelijking voor de omzetting van de cellulose, $(C_6H_{10}O_5)_n$, in ethanol en koolstofdioxide.

8 Welk groot milieuvoordeel heeft het gebruik van cellulose ten opzichte van eerdere processen?

Cellulose-ethanol veroorzaakt 90% minder broeikasgas in vergelijking met benzine.

9 Waarom is dat vreemd: bij de vorming van ethanol ontstaat toch ook koolstofdioxide?

DSM is niet van plan om meer fabrieken te bouwen voor het maken bioethanol,

10 Wat wil DSM dan wel met deze fabriek?

Koning opent DSM-fabriek in VS

- 1 DSM is een Nederlandse fabriek en de koning is natuurlijk een garantie voor media-aandacht.
- 2 De fossiele aardolievoorraden raken op zodat processen voor het maken van nieuwe brandstoffen zoals ethanol ontwikkeld moeten worden.
- 3 Er wordt 76 miljoen liter per jaar ofwel 76000 m^3 ethanol geproduceerd. De dichtheid van ethanol is $0,80 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$, dus 76000 m^3 heeft een massa van $76000 \times 0,80 \cdot 10^3 = 6,1 \cdot 10^7 \text{ kg}$ ethanol.
- 4 Er wordt 285000 ton biomassa verwerkt. Dit heeft een massa van 285000 ton = $2,85 \cdot 10^8 \text{ kg}$. Dus procentueel omgezet $6,1 \cdot 10^7 / 2,85 \cdot 10^8 \times 100\% = 21\%$.
- 5 Tweede generatie biomassa heeft geen invloed op de voedselvoorziening.
- 6 Een katalysator laat een bepaald proces ook onder mildere omstandigheden voldoende snel verlopen.
- 7 $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + n \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2n \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2n \text{ CO}_2$.
- 8 Voor deze grondstof wordt geen kostbare landbouwgrond of eetbare producten geofferd.
- 9 Maar deze koolstof(dioxide) zat al in de koolstofkringloop, dus geen extra CO_2 .
- 10 De technologie van deze fabriek verkopen aan andere bedrijven.

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

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

[illegible]

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

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

[illegible]

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

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

[illegible]

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

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

[illegible]