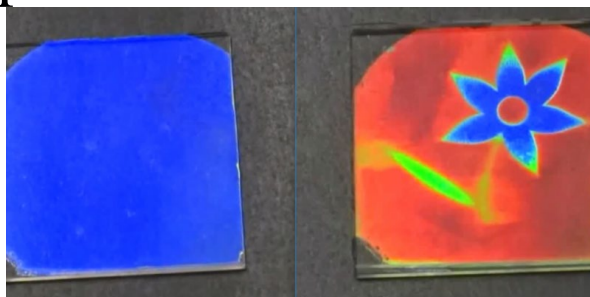


KAMELEONPRINT DOOR NIEUWE TECHNIEK I

Klas	5 h
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen, Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Macroscopische eigenschappen, Polymerisatiereactie
Trefwoorden	Polymeer, calciumionen, netwerk, weekmaker, waterstofbruggen, polyadditie, initiator, zuur-base
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.technischweekblad.nl, 9 februari 2018

Kameleonprint door nieuwe techniek



Eén druppeltje water en het oppervlak gaat van blauw (links) naar een felkleurige bloem. Foto: A. Schenning / TU/e

Onderzoekers aan de Technische Universiteit Eindhoven hebben een techniek ontworpen om materialen van kleur te laten veranderen door te spelen met de luchtvochtigheid en met de hoeveelheid calcium. Zo hebben ze een blauw vak gecreëerd waarin een bloem verschijnt als je erop ademt.

Het 'schilderijtje' is blauw in droge toestand, maar zodra er water wordt toegevoegd veranderen de kleuren. Op plekken met weinig calcium verandert de blauwe kleur in groen. Delen zonder calcium worden oranje. Plaatsen met erg veel calcium blijven juist blauw. Zo kunnen de onderzoekers door met verschillende concentraties calcium te printen alle kleuren van de regenboog maken.

De techniek maakt gebruik van lagen polymeren met verschillende brekingsindices. De dikte van de lagen polymeren bepaalt het interferentiepatroon en dus de weerkaatsing van een specifieke kleur licht. Het aanwezige calcium zorgt ervoor dat de polymeren minder water kunnen opnemen.

'Het calcium knoopt de polymeerketens aan elkaar, zodat ze minder kunnen uitzetten', legt leider van het onderzoek prof.dr. Schenning (macromoleculaire en organische chemie) telefonisch uit. 'In de natuur komt een vergelijkbaar verschijnsel voor als gebruikt is voor het schilderij in vlinders, kevers en vogels.' vertelt hij enthousiast.

Schenning en zijn team geloven dat de techniek gebruikt kan worden voor decoratie, camouflage en voor echtheidskenmerken op bankbiljetten.

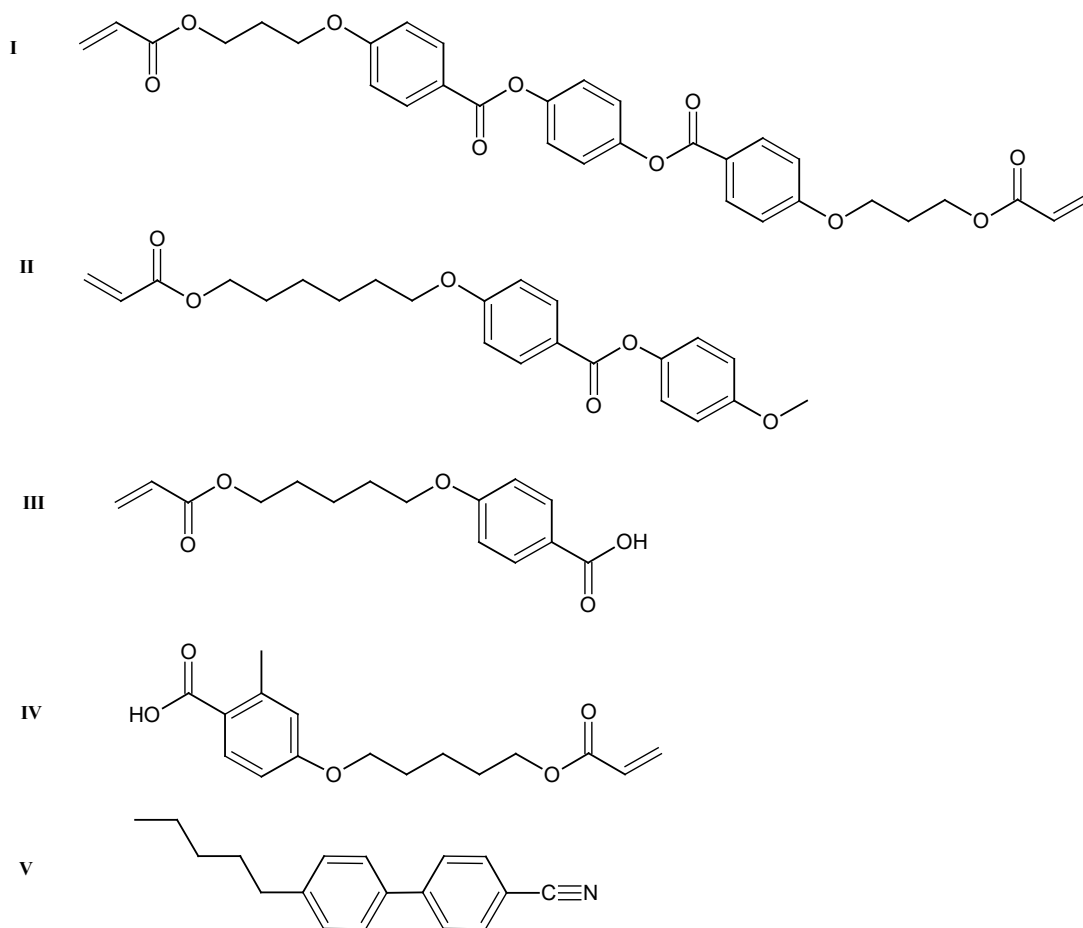
Uit het artikel blijkt dat calcium en vocht de kleur van een nieuw materiaal beïnvloeden.

Het is echter niet duidelijk of het bij toegevoegde calcium om het metaalatom of het ion gaat. Doordat er ook vocht wordt toegediend, kun je zelf wel een keuze maken.

- 1 Leg uit dat het bij deze techniek niet om het metaal calcium kan gaan. Licht je antwoord toe met de beschrijving van een eenvoudig proefje met het metaal calcium.

De polymeerlaag

De onderzoekers bij de Technische Universiteit Eindhoven hebben met behulp van stoffen met onderstaande moleculen, zie figuur 1, een polymeerlaag gemaakt.

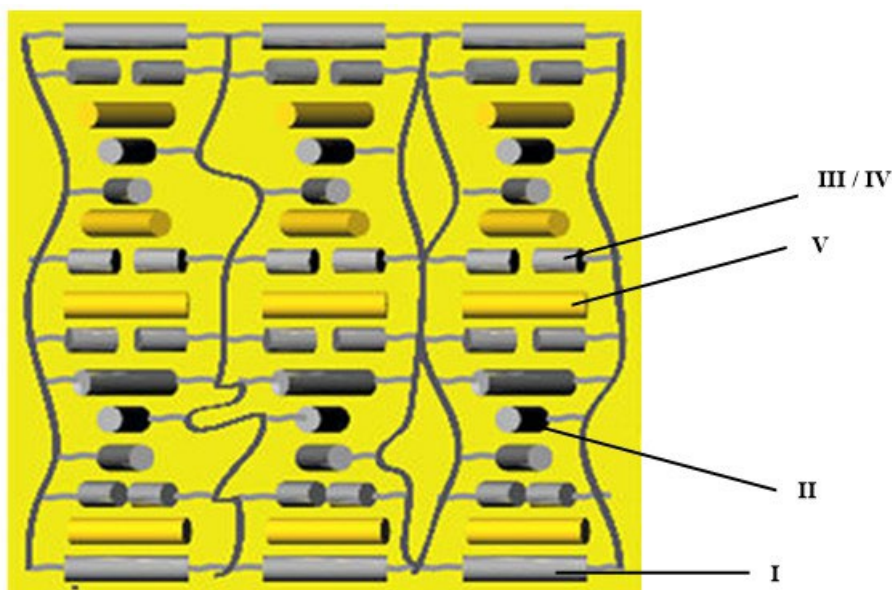


Figuur 1

Bij de polymerisatie maakten ze ook gebruik van een molecuul dat diende als initiator.

- 2 Leg uit waarom voor de polymerisatie een initiator nodig is.

In figuur 2 staat schematisch de samenstelling van de polymeerlaag weergegeven. De cilinders in de tekening stellen een deel van de moleculen I tot en met V voor.



Figuur 2

- 3 Leg uit wat voor molecuulstructuur in deze polymeerlaag aanwezig is.
- 4 Leg uit waarom het molecuul met nummer V geen deel uit kan maken van de polymeerstructuur.
- 5 Wat is de functie in de polymeerlaag van het molecuul met nummer V?
- 6 Leg uit waardoor molecuul I een koppeling kan maken tussen twee ketens.
- 7 Leg uit waardoor het molecuul met nummer II aan het uiteinde van de staart geen koppeling heeft met een ander molecuul

In figuur 3 staat een klein stukje van de polymeerlaag weergegeven.



Figuur 3

De cilinders zijn in dit geval een weergave voor de stukken/staarten naast de C=C binding van hetzij molecuul nummer III hetzij molecuul nummer IV.

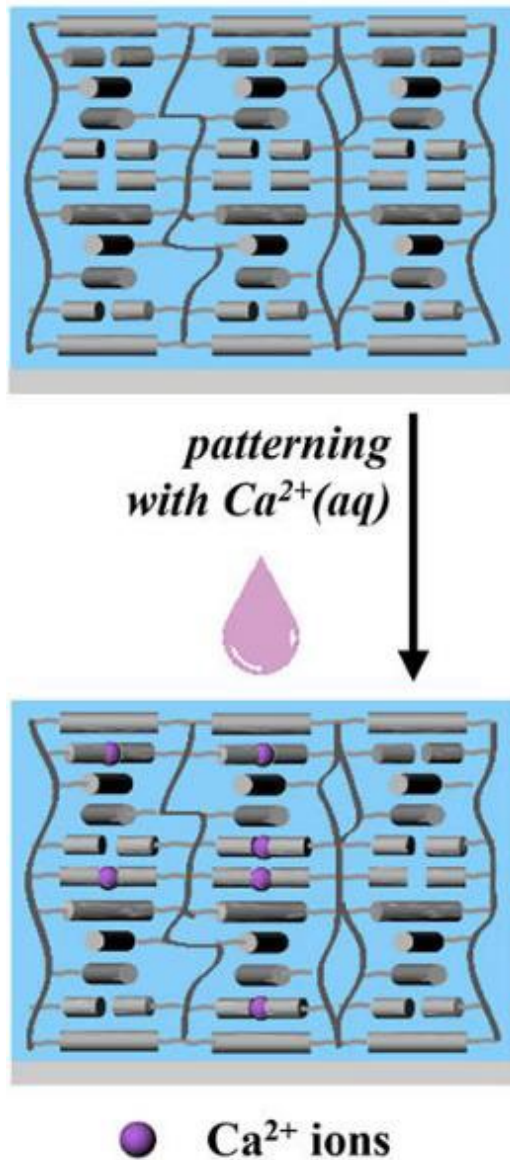
- 8 Leg uit welk type binding aanwezig is tussen de uiteinden van deze staarten. Geef deze binding in een tekening met structuurformules weer. Teken hierbij voor dit antwoord alleen het essentiële deel van het molecuul in structuurformules.
- 9 Teken een stukje van de polymeerketen dat afwisselend is opgebouwd uit twee monomeren van molecuul II en III. Noteer in de structuurformule voor de zijgroep respectievelijk R1 en R2.

Calciumionen

Om de calciumionen in te brengen in de polymeerlaag verwijdert men eerst de moleculen met nummer V en laat men de polymeerlaag reageren met een oplossing van KOH.

- 10 Leg uit dat alleen de moleculen met nummer III en IV in het polymeer met OH^- kunnen reageren.
- 11 Noteer de vergelijking voor de reactie van een molecuul nummer III in het polymeer met een OH^- ion.
- 12 Geef de naam van het type reactie dat opgetreden is bij de vorming van de polymeerketen in vraag 11.

Hierna heeft men met een inktjetprinter op bepaalde plaatsen van de polymeerlaag oplossingen met calciumionen gebracht (figuur 4).



Figuur 4 De bolletjes tussen de cilinders stellen de calciumionen voor.

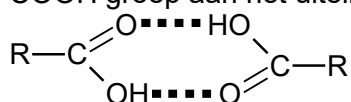
Water

In het artikel staat: “Het aanwezige calcium zorgt ervoor dat de polymeren minder water kunnen opnemen. Het calcium knoopt de polymeerketens aan elkaar, zodat ze minder kunnen uitzetten”.

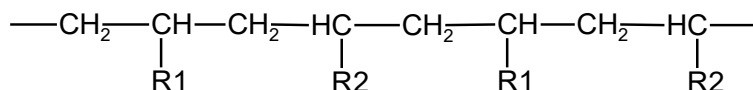
- 13 Leg uit waardoor de polymeren zonder calciumionen water kunnen opnemen.
- 14 Geef in een tekening met structuurformules weer hoe het calciumion de polymeerketens aan elkaar knoopt.
- 15 Waardoor kunnen de onderzoekers meerdere kleuren ontwikkelen?
- 16 Licht de titel van het artikel toe.

Kameleonprint door nieuwe techniek

- 1 In een reageerbuis een klein brokje calcium toevoegen aan water. Er treedt een heftige exotherme reactie op tussen calcium en water waarbij onder andere waterstofgas ontstaat.
- 2 Je hebt hier te maken met een polyadditie van monomeren met een of twee dubbele C=C-bindingen. Voor de initiatie (het op gang brengen van de reactie) heb je een radicaal nodig. Die kun je maken uit een initiator molecuul.
- 3 Netwerkmolecuulstructuur: er zijn crosslinks aanwezig.
- 4 Het molecuul heeft geen dubbele C=C-binding dus kan niet reageren in een polyadditie.
- 5 Weekmaker.
- 6 I: het molecuul heeft aan beide uiteinde een "etheengroep" "alkeengroep", dus een C=C-groep. Dat betekent dat dit molecuul crosslinks kan vormen.
- 7 II: molecuul II kan aan een kant worden opgenomen in de polymeerketen vanwege de "etheengroep". De zijketen kan aan het eind geen bindingen met andere moleculen aangaan.
- 8 III en IV: molecuul III en IV kunnen aan een kant worden opgenomen in de polymeerketen vanwege de "etheengroep" "alkeengroep", dus een C=C-groep. De zijketen kan aan het eind waterstofbruggen vormen met andere zijgroepen die ook een COOH groep aan het uiteinde hebben.

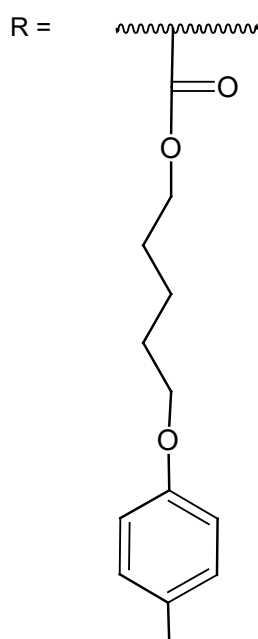
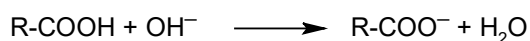


9

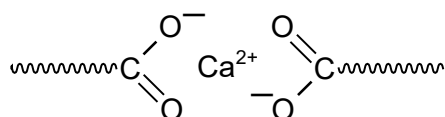


- 10 De moleculen III en IV bezitten een zuurgroep -COOH.

11



- 12 Zuur-base reactie.
13 Waar de -COO^- groepen niet gebonden zijn aan Ca^{2+} ionen, kunnen ze via waterstofbruggen watermoleculen aan zich binden.



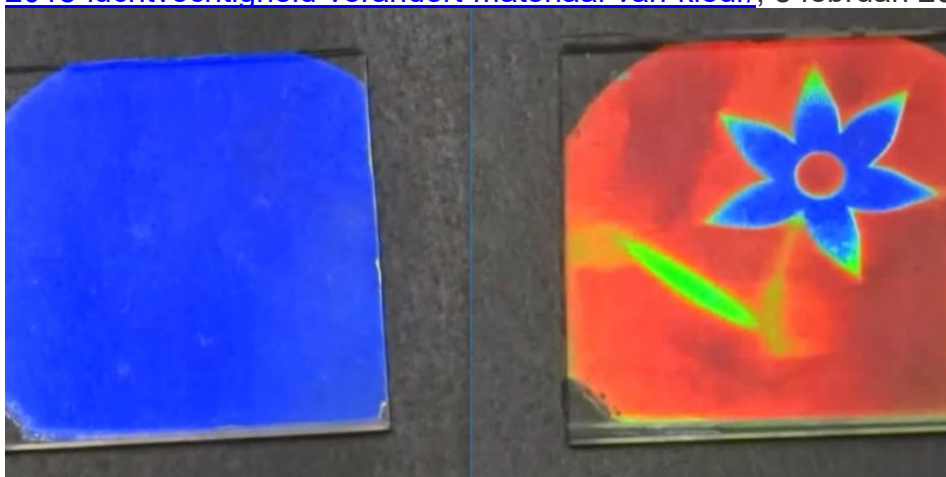
- 15 Door te variëren met de concentratie van de calciumionen.
 16 Een kameleon kan van kleur veranderen. Dat kan het nieuwe materiaal met deze techniek ook.

Artikel: <https://www.technischweekblad.nl/nieuws/kameleonprint-door-nieuwe-techniek/item11353>

Extra artikel:

Luchtvochtigheid verandert materiaal van kleur

<https://www.tue.nl/universiteit/faculteiten/scheikundige-technologie/nieuws/08-02-2018-luchtvochtigheid-verandert-materiaal-van-kleur/>, 8 februari 2018



Eén druppeltje water en het oppervlak gaat van blauw (links) naar een felkleurige bloem. Foto: A. Schenning / TU Eindhoven

Het lijkt een eenvoudig blauw oppervlak. Maar adem erop of voeg water toe en plots verschijnt een felkleurige bloem. Onderzoekers van de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e) ontwikkelden dit 'schilderij' dat van kleur verandert onder invloed van vocht. De 'truc' is dat licht een bepaalde kleur heeft als het weerkaatst op microscopische gelaagde structuren. Door het vocht zet het gelaagde materiaal uit en ontstaat een andere kleur. Toepassingen zijn talloos, variërend van verpakkingen, huizen, auto's of van kleur veranderende decoraties, maar bijvoorbeeld ook echtheidskenmerken op bankbiljetten.

Het principe dat kleuren kunnen ontstaan door de breking van licht op onzichtbare microscopische structuren, naast pigmenten, kennen we uit de natuur. De Herculeskever bijvoorbeeld, heeft een kakigroene kleur, maar in vochtige omstandigheden wordt het schild van de kever zwart. TU/e-onderzoekers Monali Moirangthem en Albert Schenning wilden deze techniek nabootsen.

Alle kleuren van de regenboog

Tot nu toe was het alleen gelukt om de basiskleur blauw te veranderen in groen. Dit dankzij een techniek die promovendus Moirangthem al ontwikkelde tijdens haar promotieonderzoek, waarbij ze een teststrip maakte die afwijkende calciumconcentraties in het bloed kan aantonen. Maar Moirangthem en Schenning weten nu alle kleuren van de regenboog te maken, door te experimenteren met de mate van uitzetting.

Calciumconcentratie

De wetenschappers begonnen hun onderzoek met een laag gestructureerd polymeer, waar met een inkjet-printer op specifieke plaatsen verschillende concentraties calcium werden aangebracht. In droge toestand reflecteert dit alleen blauw licht, maar na toevoeging van water zet het polymeer uit en ontstaan andere kleuren.

Op plaatsen waar geen calcium aanwezig is zet het polymeer maximaal uit, deze gebieden kaatsen het licht anders terug en krijgen daardoor een oranje kleur. Plaatsen met lage concentraties calcium zetten iets uit, waardoor een groene kleur verschijnt. Bij hoge concentraties calcium zet het polymeer helemaal niet meer uit, waardoor deze gebieden hun blauwe kleur behouden. Door de concentratie calciumnitraat aan te passen, konden Moirangthem en Schenning alle zichtbare kleuren creëren.

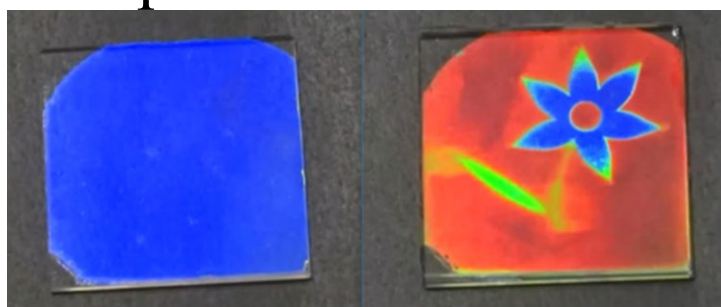
Het wetenschappelijke artikel met de titel *Full Color Camouflage in a Printable Photonic Blue-Colored Polymer*, is onlangs verschenen in ACS Applied Materials and Interfaces, is vindbaar via DOI: [10.1021/acsami.7b17892](https://doi.org/10.1021/acsami.7b17892).

KAMELEONPRINT DOOR NIEUWE TECHNIEK II

Klas	5,6 v
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen, Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Macroscopische eigenschappen, Polymerisatiereactie
Trefwoorden	Polymeer, calciumionen, netwerk, weekmaker, waterstofbruggen, polyadditie, initiator, zuur-base
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.technischweekblad.nl, 9 februari 2018

Kameleonprint door nieuwe techniek



Eén druppeltje water en het oppervlak gaat van blauw (links) naar een felkleurige bloem. Foto: A. Schenning / TU/e

Onderzoekers aan de Technische Universiteit Eindhoven hebben een techniek ontworpen om materialen van kleur te laten veranderen door te spelen met de luchtvochtigheid en met de hoeveelheid calcium. Zo hebben ze een blauw vak gecreëerd waarin een bloem verschijnt als je erop ademt.

Het 'schilderijtje' is blauw in droge toestand, maar zodra er water wordt toegevoegd veranderen de kleuren. Op plekken met weinig calcium verandert de blauwe kleur in groen. Delen zonder calcium worden oranje. Plaatsen met erg veel calcium blijven juist blauw. Zo kunnen de onderzoekers door met verschillende concentraties calcium te printen alle kleuren van de regenboog maken.

De techniek maakt gebruik van lagen polymeren met verschillende brekingsindices. De dikte van de lagen polymeren bepaalt het interferentiepatroon en dus de weerkaatsing van een specifieke kleur licht. Het aanwezige calcium zorgt ervoor dat de polymeren minder water kunnen opnemen.

'Het calcium knoopt de polymeerketens aan elkaar, zodat ze minder kunnen uitzetten', legt leider van het onderzoek prof.dr. Schenning (macromoleculaire en organische chemie) telefonisch uit. 'In de natuur komt een vergelijkbaar verschijnsel voor als gebruikt is voor het schilderij in vlinders, kevers en vogels.' vertelt hij enthousiast.

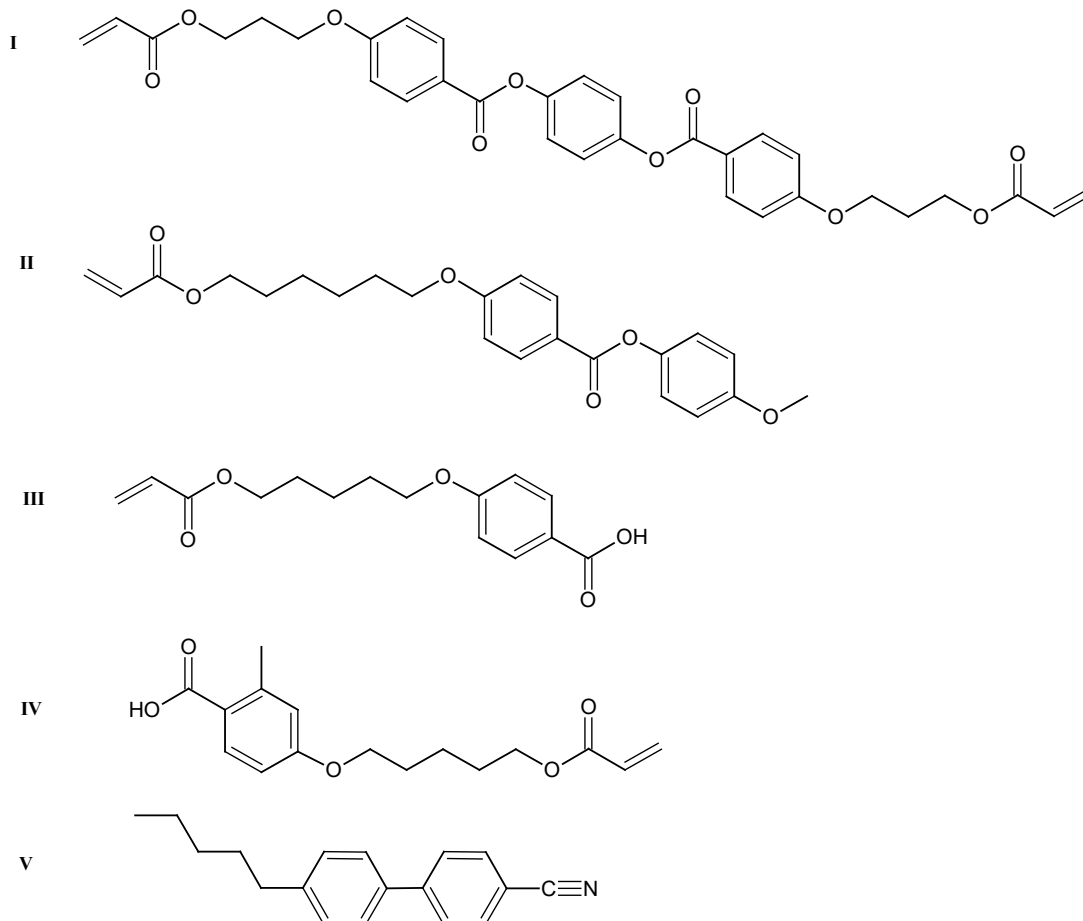
Schenning en zijn team geloven dat de techniek gebruikt kan worden voor decoratie, camouflage en voor echtheidskenmerken op bankbiljetten.

Uit het artikel blijkt dat calcium en vocht de kleur van een nieuw materiaal beïnvloeden. Het is echter niet duidelijk of het bij toegevoegde calcium om het metaalatom of het ion gaat. Doordat er ook vocht wordt toegediend, kun je zelf wel een keuze maken.

- 1 Leg uit dat het bij deze techniek niet om het metaal calcium kan gaan. Licht dit toe met de beschrijving van een eenvoudig proefje met het metaal calcium.

De polymeerlaag

De onderzoekers bij de Technische Universiteit Eindhoven hebben met behulp van stoffen met onderstaande moleculen, zie figuur 1, een polymeerlaag gemaakt.

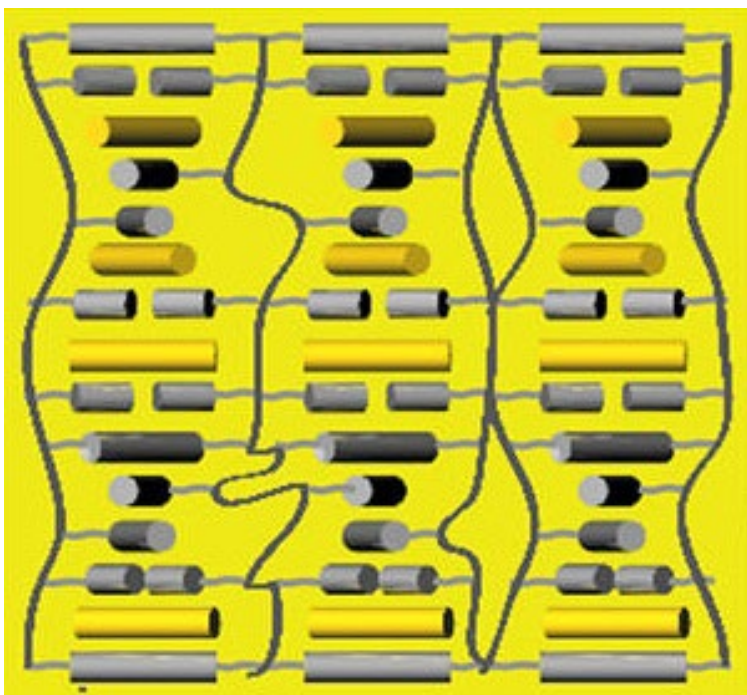


Figuur 1

Bij de polymerisatie maakten ze ook gebruik van een molecuul dat diende als initiator.

- 2 Leg uit waarom voor de polymerisatie een initiator nodig is.

In figuur 2 staat schematisch de samenstelling van de polymeerlaag weergegeven. De cilinders stellen een deel van de moleculen I tot en met V voor.



Figuur 2

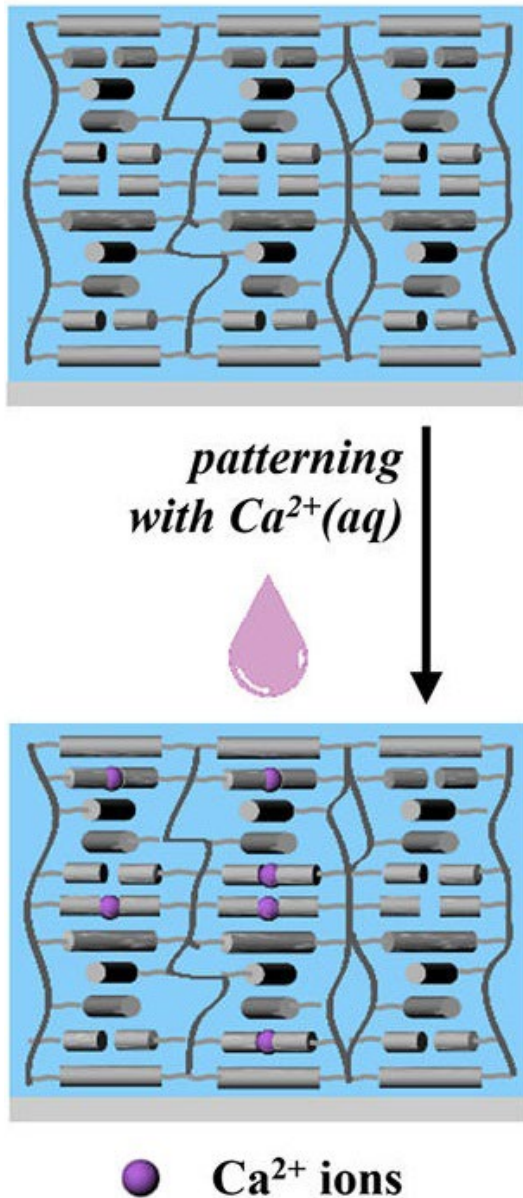
- 3 Leg uit wat voor molecuulstructuur in deze polymeerlaag aanwezig is.
- 4 Geef op het antwoordvel in de bijlage aan welke molecuulsoort uit figuur 1 je waar terug vindt in de polymeerlaag
- 5 Licht voor elk molecuulsoort uit figuur 1 je plaatskeuze in figuur 2 duidelijk toe.
- 6 Wat is de functie van het molecuul in de polymeerlaag met nummer V?
- 7 Teken een stukje van de polymeerketen dat afwisselend is opgebouwd uit twee monomeren van molecuul II en III.

Calciumionen

Om de calciumionen in te brengen in de polymeerlaag verwijdert men eerst de moleculen met nummer V en laat men de polymeerlaag reageren met een oplossing van KOH.

- 8 Leg uit dat alleen de moleculen met nummer III en IV in het polymeer met OH^- kunnen reageren.
- 9 Noteer de vergelijking voor de reactie van een molecuul nummer III in het polymeer met een OH^- ion.
- 10 Geef de naam van het type reactie dat opgetreden is in vraag 9.

Hierna heeft men met een inktjetprinter op bepaalde plaatsen van de polymeerlaag oplossingen met calciumionen gebracht (figuur 4).



Figuur 4 De bolletjes tussen de cilinders stellen calciumionen voor.

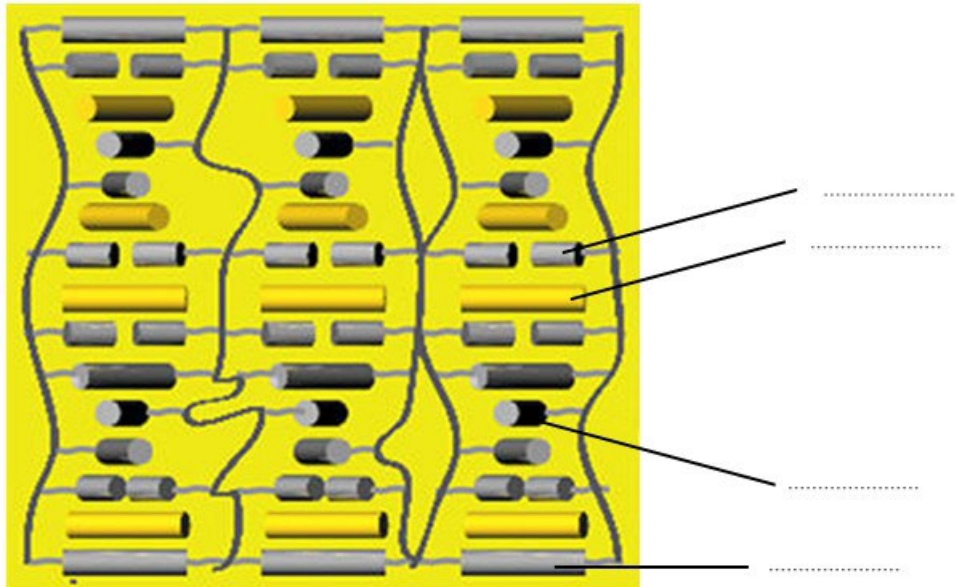
Water

In het artikel staat: “Het aanwezige calcium zorgt ervoor dat de polymeren minder water kunnen opnemen. Het calcium knoopt de polymeerketens aan elkaar, zodat ze minder kunnen uitzetten”.

- 11 Leg uit waardoor de polymeren zonder calciumionen water kunnen opnemen.
- 12 Geef in een tekening met structuurformules weer hoe het calciumion de polymeerketens aan elkaar knoopt.
- 13 Waardoor kunnen de onderzoekers meerdere kleuren ontwikkelen?
- 14 Licht de titel van het artikel toe.

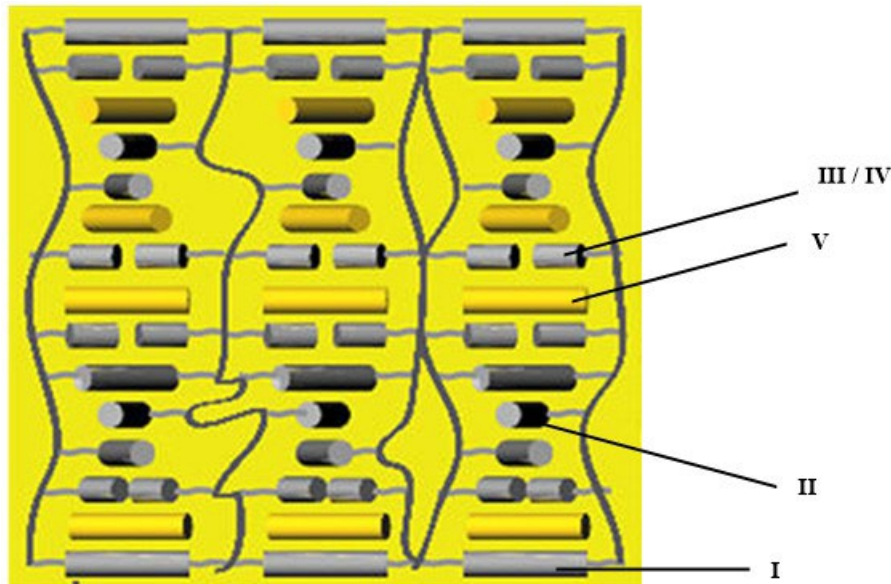
Bijlage

Antwoord 4



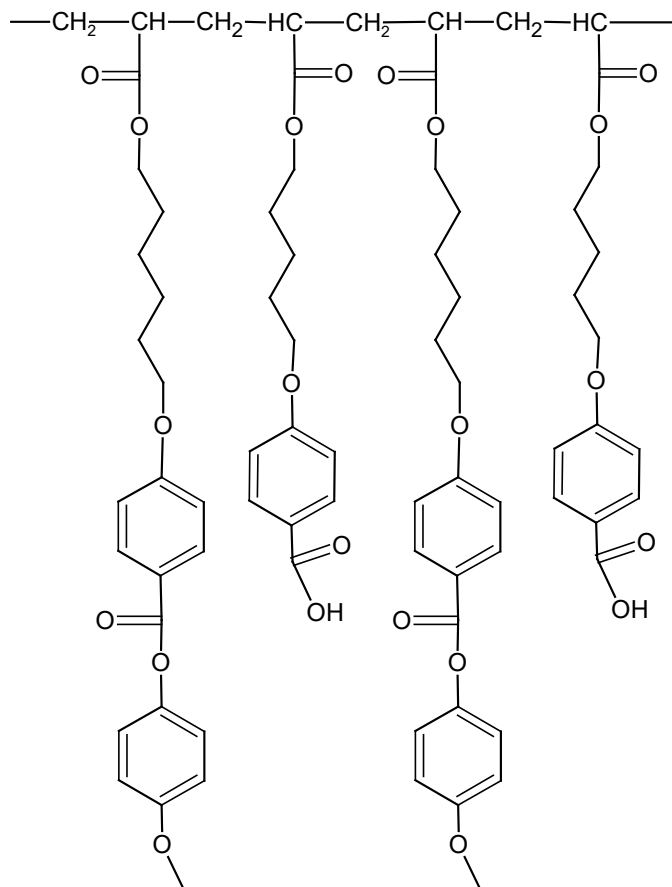
Kameleonprint door nieuwe techniek II

- 1 In een reageerbuis een klein brokje calcium toevoegen aan water. Er treedt een heftige exotherme reactie op tussen calcium en water waarbij onder andere waterstofgas ontstaat.
- 2 Je hebt hier te maken met een polyadditie van monomeren met een of twee dubbele C=C-bindingen. Voor de initiatie (het op gang brengen van de reactie) heb je een radicaal nodig. Die kun je maken uit een initiatormolecuul.
- 3 Netwerkmolecuulstructuur: er zijn crosslinks aanwezig.
- 4



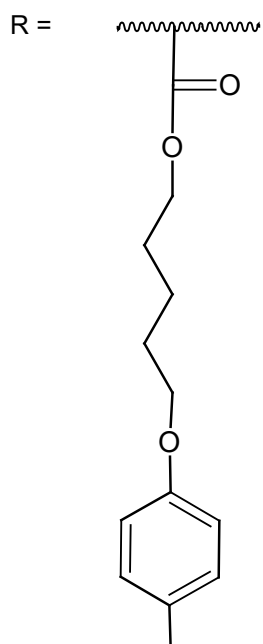
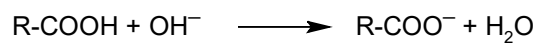
- 5 I: het molecuul heeft aan beide uiteinde een "etheengroep" "alkeengroep", dus een C=C-groep. Dat betekent dat dit molecuul crosslinks kan vormen.
II: molecuul II kan aan een kant worden opgenomen in de polymeerketen vanwege de "etheengroep". De zijketen kan aan het eind geen bindingen met andere moleculen aangaan.
III en IV: molecuul III en IV kunnen aan één kant worden opgenomen in de polymeerketen vanwege de "etheengroep" "alkeengroep", dus een C=C-groep. De zijketen kan aan het eind waterstofbruggen vormen met andere zijgroepen die ook een COOH groep aan het uiteinde hebben.
- 6 Weekmaker.

7



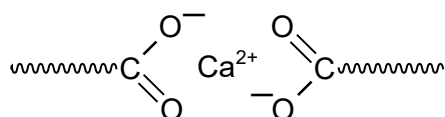
8 De moleculen III en IV bezitten een zuurgroep -COOH.

9



10 Zuur-base reactie.

11 Waar de -COO^- groepen niet gebonden zijn aan Ca^{2+} ionen, kunnen ze via waterstofbruggen watermoleculen aan zich binden.



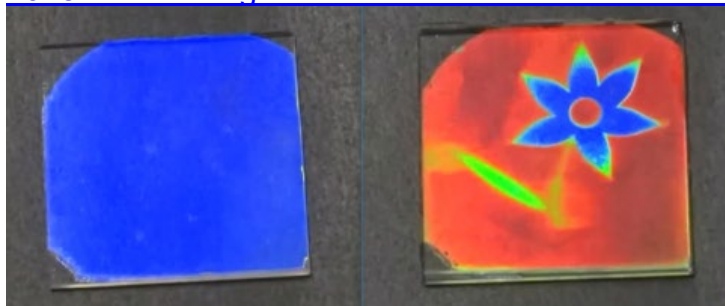
- 13 Door te variëren met de concentratie van de calciumionen.
 14 Een kameleon kan van kleur veranderen. Dat kan het nieuwe materiaal met deze techniek ook.

Artikel: <https://www.technischweekblad.nl/nieuws/kameleonprint-door-nieuwe-techniek/item11353>

Extra artikel:

Luchtvochtigheid verandert materiaal van kleur

<https://www.tue.nl/universiteit/faculteiten/scheikundige-technologie/nieuws/08-02-2018-luchtvochtigheid-verandert-materiaal-van-kleur/>, 8 februari 2018



Eén druppeltje water en het oppervlak gaat van blauw (links) naar een felkleurige bloem. Foto: A. Schenning / TU Eindhoven

Het lijkt een eenvoudig blauw oppervlak. Maar adem erop of voeg water toe en plots verschijnt een felkleurige bloem. Onderzoekers van de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e) ontwikkelden dit 'schilderij' dat van kleur verandert onder invloed van vocht. De 'truc' is dat licht een bepaalde kleur heeft als het weerkaatst op microscopische gelaagde structuren. Door het vocht zet het gelaagde materiaal uit en ontstaat een andere kleur. Toepassingen zijn talloos, variërend van verpakkingen, huizen, auto's of van kleur veranderende decoraties, maar bijvoorbeeld ook echtheidskenmerken op bankbiljetten.

Het principe dat kleuren kunnen ontstaan door de breking van licht op onzichtbare microscopische structuren, naast pigmenten, kennen we uit de natuur. De Hercules-kever bijvoorbeeld, heeft een kakigroene kleur, maar in vochtige omstandigheden wordt het schild van de kever zwart. TU/e-onderzoekers Monali Moirangthem en Albert Schenning wilden deze techniek nabootsen.

Alle kleuren van de regenboog

Tot nu toe was het alleen gelukt om de basiskleur blauw te veranderen in groen. Dit dankzij een techniek die promovendus Moirangthem al ontwikkelde tijdens haar promotieonderzoek, waarbij ze een teststrip maakte die afwijkende calciumconcentraties in het bloed kan aantonen. Maar Moirangthem en Schenning weten nu álle kleuren van de regenboog te maken, door te experimenteren met de mate van uitzetting.

Calciumconcentratie

De wetenschappers begonnen hun onderzoek met een laag gestructureerd polymeer, waar met een inkjet-printer op specifieke plaatsen verschillende concentraties calcium werden aangebracht. In droge toestand reflecteert dit alleen blauw licht, maar na toevoeging van water zet het polymeer uit en ontstaan andere kleuren.

Op plaatsen waar geen calcium aanwezig is zet het polymeer maximaal uit, deze gebieden kaatsen het licht anders terug en krijgen daardoor een oranje kleur. Plaatsen met lage concentraties calcium zetten iets uit, waardoor een groene kleur verschijnt. Bij hoge concentraties calcium zet het polymeer helemaal niet meer uit, waardoor deze gebieden hun blauwe kleur behouden. Door de concentratie calciumnitraat aan te passen, konden Moirangthem en Schenning alle zichtbare kleuren creëren.

Het wetenschappelijke artikel met de titel *Full Color Camouflage in a Printable Photonic Blue-Colored Polymer*, is onlangs verschenen in ACS Applied Materials and Interfaces, is vindbaar via DOI: [10.1021/acsami.7b17892](https://doi.org/10.1021/acsami.7b17892).

PERSOONLIJKE VOEDING ALS MOTOR VOOR SUCCES IN DE SPORT

Klas	3 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Uitspraken doen over kwaliteit en gezondheid
Trefwoorden	Sporter, vitamines, voeding, gezondheid,
Vaardigheidsvraag	Standpuntvraag

dialoog.wur.nl/, 9 februari 2018

Persoonlijke voeding als motor voor succes in de sport

Een vitaminetest bekijkt aan de hand van je bloedwaardes of je als beginnende of gevorderde sporter een vitaminetekort hebt of niet. Als de labtest een tekort aantoonst, blijft echter de vraag waar dat aan ligt. Komt het door wat je eet, of speelt er wat anders? En als het aan je voeding ligt, wat kan de arts die je bloedtest aanvraagt je dan het beste adviseren? Want artsen weten veel van ziekten en preventie, maar zijn geen sportvoedingsspecialisten.

Voedingsonderzoekers van Wageningen University & Research (WUR) hebben daarom de handen ineengeslagen met laboratoriumspecialisten van Ziekenhuis Gelderse Vallei (ZGV) in Ede, binnen de Alliantie Voeding in de Zorg. Zij ontwikkelden samen een systeem dat bloedwaardes voor de vitamine B6, B12, D en foliumzuur koppelt aan je eetpatroon, dus van de gewone consument of de sporter. NutriProfiel hebben ze dat genoemd. Naast dat je bloed laat prikken vul je een door WUR speciaal ontwikkelde vragenlijst in (Eetscore), die wetenschappelijk is getest. De bloedwaardes kunnen zo worden vergeleken met wat je eet.

“De koppeling tussen inname voeding en bloedwaardes maakt NutriProfiel uniek”



Laboratoriumonderzoeker Michiel Balvers

Vitaminetekort

‘Stel, je bloedwaardes laten een vitaminetekort zien’, schetst Michiel Balvers, die zowel bij WUR als ZGV werkt als onderzoeker. “Maar het kan zijn dat als we kijken naar wat je eet, we dat tekort niet zouden verwachten. Dan is er misschien iets anders aan de hand. Misschien kan je lichaam de vitamines niet goed opnemen door problemen in je darmen, bijvoorbeeld. Deze extra informatie over het tekort kan een (sport)arts dan verder helpen bij het bepalen van een eventuele vervolgstap. Of stel, we zien een tekort maar ook dat je niet genoeg voedingsstoffen binnenkrijgt. Dan is het misschien goed eerst te kijken waarom iemand niet genoeg eet.”

Naast de analyse geeft het onderzoeksteam ook een persoonlijk voedingsadvies: wat kan deze consument of sportman of -vrouw doen om het vitaminetekort te verhelpen en voorkomen dat het in de toekomst weer optreedt. “In sommige gevallen kan het tijdelijk slikken van een vitaminesupplement nodig zijn om het tekort op te heffen”, zegt Balvers. “Maar daarna is goede voeding echt de basis.” Het voedingsadvies sluit aan op de richtlijnen gezonde voeding.

Waar test doen

Voor de huis- en sportarts of een ander zorgprofessional heeft het aanvragen van een NutriProfiel als voordeel dat hij of zij de patiënt makkelijk op weg kan helpen met een voedingsadvies. De testuitslag kan ook automatisch in het elektronisch patiëntendossier worden opgeslagen. Aan een vitaminetest met NutriProfiel zijn voor de patiënt geen extra kosten verbonden, alleen de eventuele normale kosten voor het bloedonderzoek. Je kunt ook zonder tussenkomst van een arts zelf de test aanvragen, en deze zelf betalen.

Gezonde keuze voor sporters

NutriProfiel kan sporters dus helpen de goede keuzes te maken. Onderzoekers van WUR en ZGV optimaliseren nu de vragenlijst over het eetpatroon, om hen naast consumenten zo specifiek mogelijk te kunnen ondersteunen. De bij sporters populaire tussendoortjes als een flinke bak kwark met fruit worden nu aan de lijst toegevoegd. De extra vragen geven inzicht in bijvoorbeeld de aanmaak van rode bloedcellen waarvoor B-vitamines belangrijk zijn. De belangrijkste functie van rode bloedcellen is het opnemen van zuurstof in de longen, en zo je spieren en organen van de broodnodige zuurstof voorzien. En zo vergroot een chronisch tekort aan vitamine D op termijn het risico op botbreuken.

Te veel vitamines

Een enkele keer laat de bloedanalyse zien dat er sprake is van een vitamine-overschot of een overdosis. "In ons ziekenhuis zien we dat bijvoorbeeld een paar keer per jaar bij vitamine B6", vertelt Balvers. "Het gaat niet altijd bewust. In supplementen zitten soms hogere doseringen dan er op het etiket staat. Bij te hoge doseringen B6 kan zogeheten neurologische schade ontstaan." De Consumentenbond publiceerde in 2014 een onderzoek over verschillen tussen etiket en gemeten gehalten.

Voor een sporter zijn voldoende vitamines in de voeding belangrijk voor succes. Tussen een ziekenhuislaboratorium en voedingsonderzoekers is een samenwerking ontstaan. Hierbij kunnen in het laboratorium de bloedwaardes van een aantal vitamines gemeten en vergeleken worden met je eetpatroon.

- 1 Van welke vitamines worden de bloedwaardes gemeten?
- 2 Noem drie zaken die uit de koppeling van je bloedwaardes en je eetpatroon tevoorschijn kunnen komen.

Vooraf voor sporters is deze ondersteuning belangrijk zoals bijvoorbeeld voor de hoeveelheid vitamine B in de voeding.

- 3 Waarom is voldoende vitamine B belangrijk voor sporters?

Soms wordt een vitamine-overschot vastgesteld. Teveel Vitamine B6 kan neurologische schade veroorzaken. Het zit in voedingssupplementen. De Nederlandse voedsel- en warenautoriteit (NVWA) stelt de maximale veilige dosis op 21 mg per dag voor een volwassene. De aanbevolen dagelijkse hoeveelheid is 1,5 mg per dag.

Op de ingrediëntenlijst van een voedingssupplement staat de hoeveelheid vitamine B6 per pil. Nu blijkt echter dat dit niet altijd overeenkomt met de werkelijke hoeveelheid vitamine B6. Op één potje met vitaminepillen staat: 100 mg vitamine B6 per pil. Bij onderzoek blijkt dit 138 mg vitamine B6 te zijn. Stel dat je iedere dag 1 pil slikt.

- 4 Bereken hoeveel keer de maximale veilige dosis je binnenkrijgt per dag.
- 5 Bereken hoeveel keer de aanbevolen dagelijkse hoeveelheid je binnenkrijgt.

Normaal gesproken leveren vlees, brood en eieren zo'n 2 mg vitamine B6 per dag. De NVWA stelt dat het innemen van voedingssupplementen dan niet nodig hoort te zijn.

- 6 Leg uit dat ze wat vitamine B6 betreft gelijk hebben, maar dat ze het toch mis kunnen hebben.
- 7 Vertel in maximaal 50-80 woorden of jij de koppeling tussen eetpatroon en bloedwaardes ook een nuttig onderzoek vindt voor niet-topsporters. Gebruik hierbij wetenschappelijke argumenten.

Persoonlijke voeding als motor voor succes in de sport

- 1 Vitamine B6, B12 en D en foliumzuur.
- 2 Je voedsel levert voldoende vitamines, toch heb je een tekort. Door een ziekte b.v. Je hebt een tekort volgens de bloedwaarden, maar je voedsel levert ook niet genoeg. Je hebt voldoende vitamines in je voedsel en je bloedwaarden zijn o.k.
- 3 Vitamine B zorgt voor aanmaak van rode bloedcellen. Deze nemen de zuurstof op in de longen. Bij topsport is de hoeveelheid zuurstof die opgenomen wordt erg belangrijk voor de prestaties.
- 4 $138/21 = 6,5$ keer zoveel.
- 5 $138/1,5 = 92$ keer zoveel.
- 6 Voedsel bevat voldoende vitamine B6 om in je dagelijkse behoeften te voorzien. Maar misschien ontbreken er andere belangrijke vitamines en mineralen aan je eten.
- 7 Het is nuttig om de koppeling te onderzoeken, omdat:
 - je voedsel misschien niet alle vitamines en mineralen in voldoende mate bevat.
 - je misschien een aandoening hebt waarbij je de vitamines en mineralen niet voldoende opneemt.
 - het nutteloos innemen van voedingssupplementen schade kan opleveren. Dit kun je beter voorkomen.
 -

Artikel: [http://dialoog.wur.nl/uitgelicht/sport-en-gezonde-voeding/?utm_source=Measuremail&utm_medium=email&utm_campaign=Wageningen+Nieuwsbrief+\(NL\)](http://dialoog.wur.nl/uitgelicht/sport-en-gezonde-voeding/?utm_source=Measuremail&utm_medium=email&utm_campaign=Wageningen+Nieuwsbrief+(NL)).

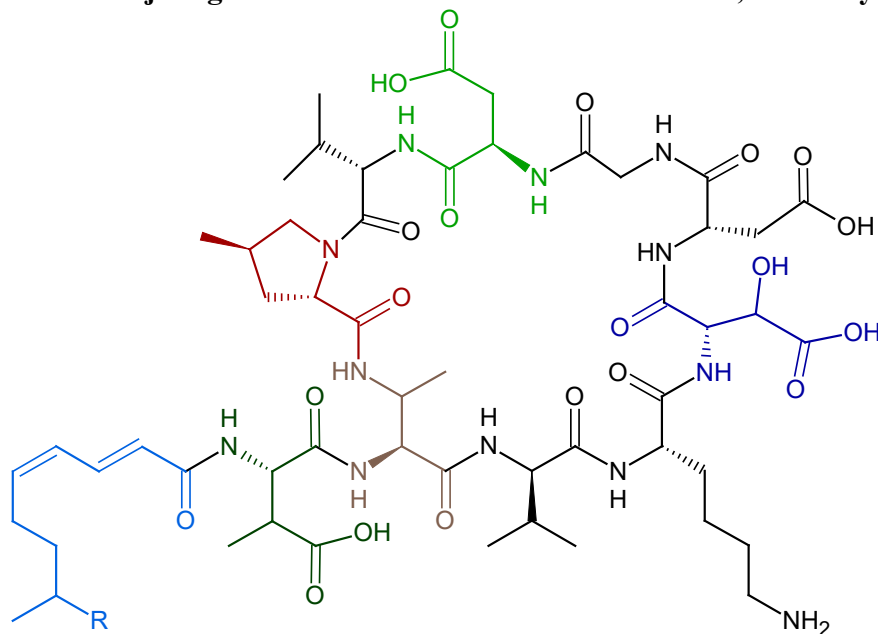
ALTERNATIEF VOOR VANCOMYCINE

Klas	6 v
Subdomein	Chemie van het leven
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Eiwitten
Trefwoorden	Malacidines, antibiotica, resistent, aminozuren, stereoisomerie, asymmetrisch C-atoom, H-bruggen
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.c2w.nl, 12 februari 2018

Alternatief voor vancomycine

Onderzoekers in de VS hebben een nieuwe antibioticaklasse ontdekt, meldt *Nature Microbiology*. Deze antibiotica, de ‘malacidines’, kunnen ook bacteriën bestrijden die resistent zijn tegen het laatste redmiddel-antibioticum, vancomycine.



Malacidin A: R = Methyl
Malacidin B: R = Ethyl

Malacidines verstoren de celwandsynthese van grampositieve bacteriën. In aanwezigheid van calciumionen (Ca^{2+}) binden de malacidines aan ‘lipid II’, een molecuul dat dwarsverbindingen maakt in het peptidoglycaannetwerk van de bacteriële celwand. Wat de malacidines hier precies doen, is nog onbekend. We weten wel dat de bacteriële celwand instabiel wordt en dat de bacteriën doodgaan. Hoewel de malacidines aan hetzelfde molecuul binden als vancomycine, zijn vancomycineresistente bacteriën niet opgewassen tegen de malacidines.

Steeds vaker zijn bacteriën resistent tegen antibiotica. De vrees bestaat dat er ooit geen antibiotica meer in staat zijn om bacteriën te doden.

1 Wat wordt bedoeld met het begrip resistent?

Malacidines zijn stoffen die wellicht uitkomst bieden bij de bestrijding van bacteriën. In het artikel staat de structuurformule van twee malacidine moleculen afgebeeld. De moleculen van malacidines zijn opgebouwd uit aminozuren.

- 2 Hoe kun je aan de structuurformule van de malacidine moleculen zien dat die opgebouwd zijn uit aminozuren?
- 3 Welke bekende aminozuren (Zie Binas tabel 67H1) kun je ontdekken in de structuurformule van de malacidine moleculen? Geef in de bijlage deze aminozuren aan in de structuurformule. Vermeld tevens de naam.

De structuurformule van de afgebeelde malacidines in het artikel bevat asymmetrische C-atomen.

- 4 Geef in de structuurformule in de bijlage met * aan welke C-atomen asymmetrisch zijn.

Bij moleculen van medicijnen speelt stereoisomerie door de aanwezigheid van asymmetrisch C-atomen vaak een rol. Meestal is slechts één van de stereoisomeren werkzaam als medicijn.

- 5 Licht dit toe.

Ook kun je aan de hand van de structuurformule van de malacidine moleculen bekijken of *cis-trans*-isomerie optreedt.

- 6 Laat in de structuurformule in de bijlage zien waar *cis-trans*-isomerie optreedt en of het daarbij gaat om *cis* of *trans*.

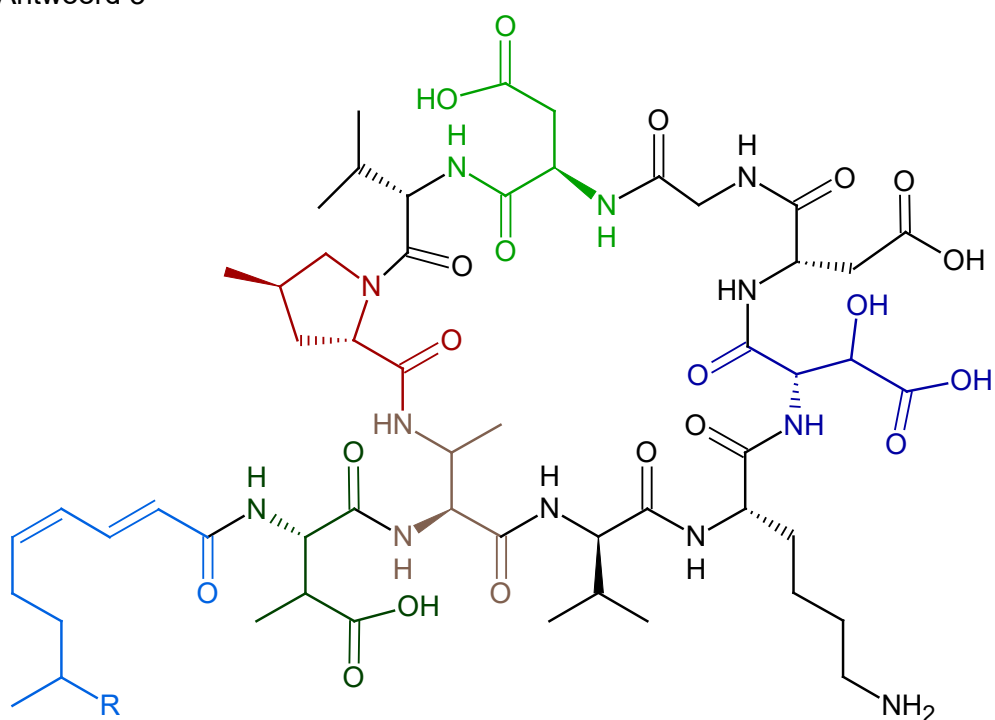
In aanwezigheid van calciumionen binden malacidine moleculen aan 'lipid II', zegt het artikel. Calciumionen zijn 2+ geladen ionen. De malacidenmoleculen moeten daarom eerst worden omgezet in ionen. Malacidine moleculen kunnen zowel positief als negatief geladen ionen vormen, dit is pH-afhankelijk.

- 7 Leg uit bij welke pH waarden malacidine moleculen positief geladen ionen respectievelijk negatief geladen ionen vormen.

Je kunt aan de hand van de structuurformule van malacidine moleculen ook uitspraken doen over de oplosbaarheid van deze stoffen in water.

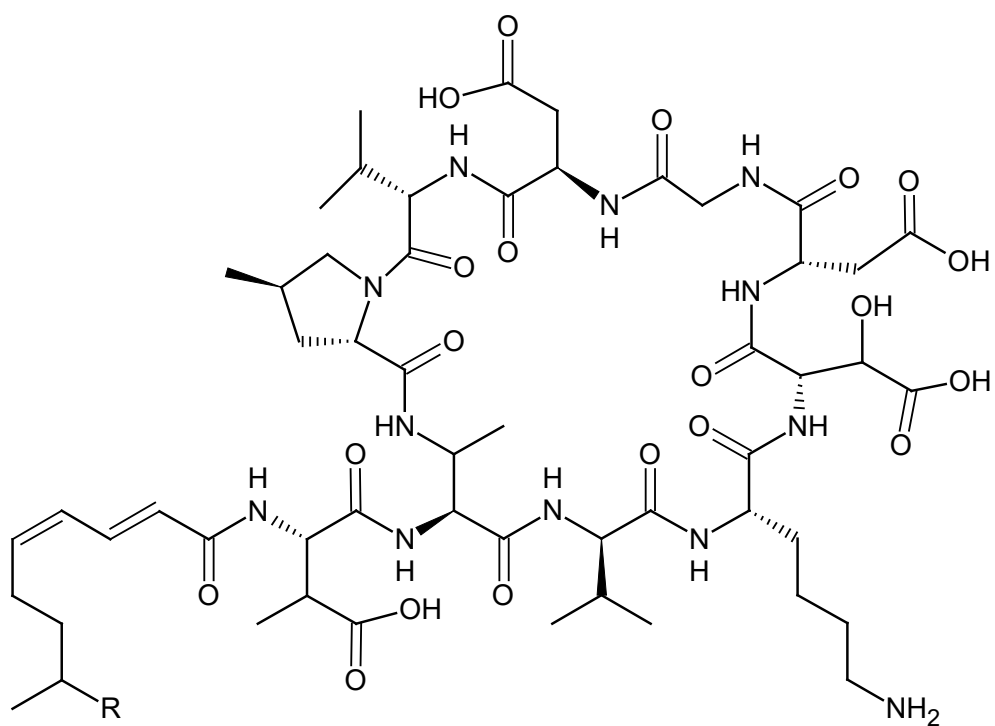
- 8 Leg op microniveau uit waardoor deze stoffen redelijk goed in water oplossen.

Bijlage
Antwoord 3



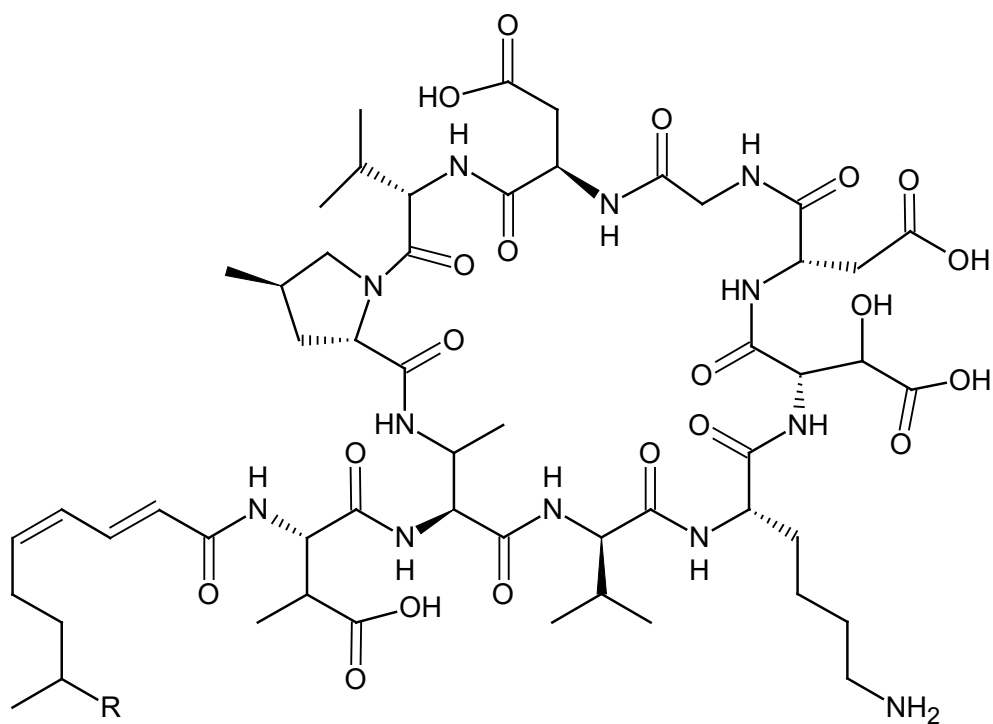
Malacidin A: R = Methyl
Malacidin B: R = Ethyl

Antwoord 4



Malacidin A: R = Methyl
Malacidin B: R = Ethyl

Antwoord 6

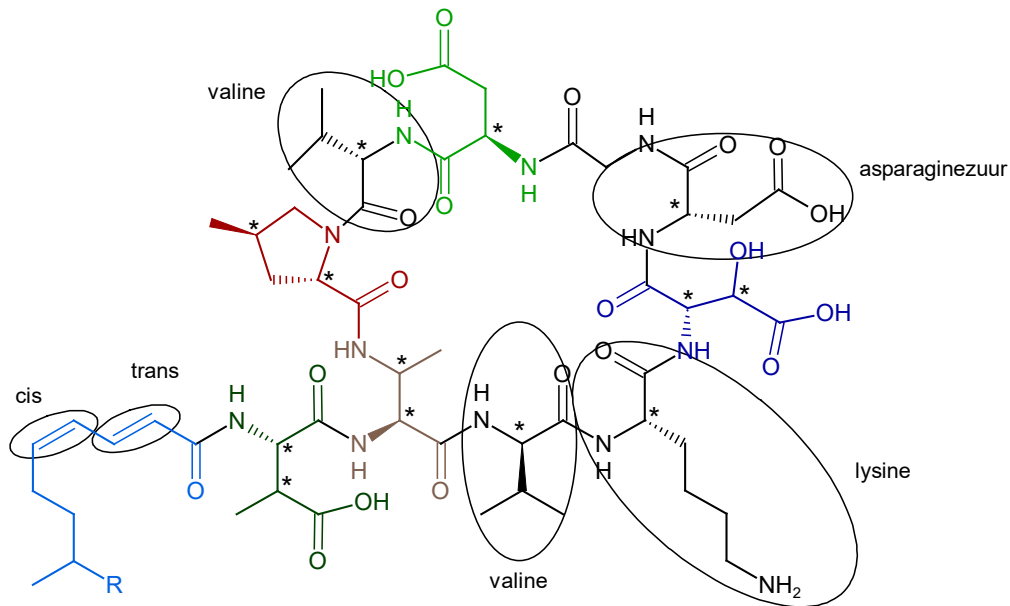


Malacidin A: R = Methyl
Malacidin B: R = Ethyl

Alternatief voor vancomycine

- 1 Resistent betekent dat de bacteriën niet meer gedood worden bij gebruik van antibiotica.
- 2 Je ziet in de structuur heel veel peptidebindingen. Deze ontstaan bij de vorming van een eiwit.

3/4/6



Malacidin A: R = Methyl
Malacidin B: R = Ethyl

- 5 Meestal dient een enzym om het molecuul zijn werk te laten doen. In het actieve centrum van een enzym past slechts één van de stereoisomeren.
- 6 In de structuur zie je helemaal links een C=C-binding die *cis* en rechts ervan een C=C-binding die *trans* georiënteerd staat weergegeven.
- 7 Als de pH laag is, zullen de aanwezige basegroepen, de NH-groepen en de NH₂-groep, een H⁺ opgenomen hebben en zal het dus een positief ion zijn. Bij een hoge pH zullen de aanwezige zuurgroepen, de COOH-groepen, een H⁺ afgestaan hebben en zal het dus een negatief ion zijn.
- 8 Malacidine moleculen hebben veel NH-groepen en COOH-groepen die met watermoleculen H-bruggen kunnen vormen.

Opmerking: op de bijlage is zowel een gekleurde als een zwart-witte versie weergegeven.

WATERSTOF ALS ALTERNATIEF VOOR GRONINGS GAS

Klas	3 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Verbranding, brandstofcel
Trefwoorden	Waterstof, koolstofdioxide, duurzaam, CO ₂ -voetafdruk
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

De Gelderlander, 10 februari 2018

Waterstof als alternatief voor Gronings gas

Groene waterstof is hét alternatief voor Gronings gas. Het kabinet moet daarom snel starten met de overgang naar die duurzame energiebron. We staan voor de taak de CO₂-emissies verder terug te dringen. Dat gebeurt niet als we overstappen op Russisch gas

Waterstof kan op een schone manier worden geproduceerd met windmolens op zee. Bij verbranding komen geen broeikasgassen vrij, maar zuiver water.

Waterstof kan snel en goedkoop via aangepaste aardgaspijpleidingen naar elke plek in Nederland worden vervoerd. „Zonder enige CO₂-voetafdruk kan deze groene waterstof in veel toepassingen het aardgas vervangen. In de industrie (om stoom of warmte te produceren), in transport en mobiliteit en in huizen en gebouwen voor verwarming. Omschakelen naar een ander soort 'aardgas' dat er al is, is de snelste weg om de productie van aardgas uit Groningen omlaag te brengen."

Om het risico op aardbeving terug te dringen, moet de gaskraan in Groningen versneld worden dichtgedraaid. De snelste optie is dat bedrijven overschakelen op gas uit Rusland dat een andere samenstelling heeft. De ombouwoperaties die dat vereist, zijn te vergelijken met de ombouw van installaties om ze geschikt te maken voor waterstof, zegt Ad van Wijk, professor Future Energy Systems aan de TU Delft. „Waterstof is een beter alternatief dan hoogcalorisch gas, omdat we voor de taak staan de CO₂-emissies verder terug te dringen. Dat gebeurt niet als we overstappen op Russisch gas."



Het artikel ziet waterstof als alternatief voor Gronings gas. Je maakt waterstof uit water, dat kan met behulp van groene stroom gesplitst worden in waterstof en zuurstof.

- 1 Geef de reactievergelijking van deze splitsing.
- 2 Wat voor type reactie is daarbij opgetreden?
- 3 Wat versta je onder groene stroom?

Een alternatief is het gebruiken van gas uit Rusland in plaats van Gronings aardgas. Russisch aardgas is echter hoogcalorisch, terwijl Gronings aardgas laagcalorisch is.

4 Wat wordt bedoeld als men spreekt over hoogcalorisch gas?

In een auto kan waterstof in een brandstofcel omgezet worden zodat elektrische energie geleverd wordt.

5 Geef de vergelijking van de reactie die optreedt in de brandstofcel.

Het rendement van het proces in de auto die op waterstof rijdt, is nooit 100%.

6 Waarom is het rendement nooit 100%?

“Zonder enige CO₂-voetafdruk kan deze groene waterstof in veel toepassingen het aardgas vervangen”, zegt het artikel.

7 Leg uit dat de CO₂-voetafdruk bij gebruik van groene waterstof teruggedrongen wordt.

8 Wat versta je onder groene waterstof?

Als je de figuur “waterstof maken” in het artikel bekijkt, zie je dat de reactieproducten in een bepaalde verhouding gevormd worden.

9 In welke verhouding worden de reactieproducten gevormd?

10 Leg uit dat dit overeenkomt met de verhouding van de elementen in water.

Bij toepassing van waterstof spelen twee processen een rol. Het ene proces is endotherm, het andere exotherm.

11 Leg uit welk proces exotherm en welk proces endotherm is.

Waterstof gebruiken in allerlei toepassingen wordt erg eenvoudig voorgesteld in het artikel.

12 Waar spreekt het artikel met betrekking tot het gebruik van waterstof helemaal niet over?

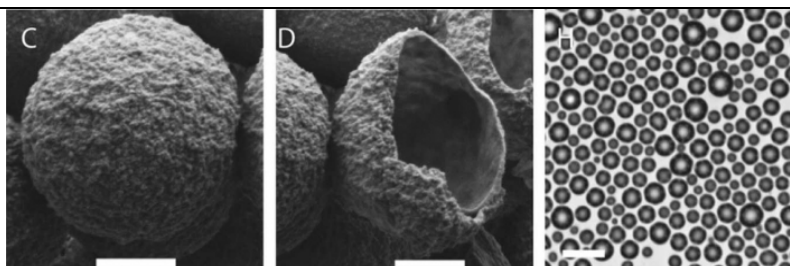
Waterstof als alternatief voor Gronings gas

- 1 $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$.
- 2 Een ontleding door middel van elektrische stroom: elektrolyse.
- 3 Stroom die op een duurzame wijze is opgewekt.
- 4 Hoogcalorisch betekent dat het verhoudingsgewijs veel energie oplevert bij verbranding.
- 5 $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$.
- 6 Er zal altijd een verlies aan warmte optreden. Deze warmte kan niet nuttig gebruikt worden.
- 7 Je gebruikt een brandstof die geen koolstof bevat dus ontstaat er ook geen CO_2 .
- 8 Waterstof die op een duurzame wijze is geproduceerd.
- 9 Waterstof : zuurstof = 2 : 1.
- 10 Water heeft als formule H_2O , dus verhouding H : O = 2 : 1 voor de gasvolumes.
- 11 Elektrolyse kost energie, verbranding levert energie op.
- 12 Over transport en opslag en de bijbehorende veiligheid.

INJECTIE VOORZIET BLOED VAN ZUURSTOF

Klas	4,5 v
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Oplosbaarheid
Trefwoorden	Polysacharide, zuurstof, bloed, oppervlakte-actief, micel, hydrofiel, hydrofoob
Vaardigheidsvraag	Informatie-begripsvraag

www.c2w.nl, 24 januari 2018



Injectie voorziet bloed van zuurstof

Angewandte Chemie presenteert een manier om zuurstof injecteerbaar te maken. Zo kunnen hulpverleners mogelijk mensen redden van de verstikkingsdood, melden Brian Polizzotti en collega's van Harvard en Boston Children's Hospital.

Normaal gesproken houdt je hart er mee op als je longen een minuut of tien geen verse lucht krijgen doordat je verdrinkt, je luchtpijp verstopt zit, of je wordt gewurgd door je geliefde huisgenoot. De oorzaak wegnemen en beademen vult de zuurstofconcentratie in het bloed vaak niet snel genoeg meer aan om de hartspier weer op gang te krijgen voordat andere organen, zoals de hersenen, ook gaan sneuvelen door zuurstofgebrek. Zuurstof rechtstreeks in het bloed spuiten werkt in theorie veel sneller maar in de praktijk is het risico levensgroot dat de gasbolletjes niet snel genoeg oplossen en bloedvaten gaan verstopen. Dat heet een luchtembolie en daar kun je óók aan doodgaan - caissonziekte is een variatie op dit thema.

Vandaar dat Polizzotti zijn lucht (niet eens pure zuurstof, zo te lezen) wil verpakken in hetzelfde soort microbolletjes waarin anderen al langer geneesmiddelen proberen af te leveren. Op die manier verdeel je het gas in dusdanig kleine porties dat er vrijwel niets meer kan gebeuren. De uitdaging daarbij is om überhaupt stevige bolletjes te creëren rond een gasbel. Polizzotti koos voor iets dat lijkt op een Pickeringemulsie. Hij gaat uit van dextranen, polysacharides die van nature hydrofiel zijn maar die hij amfifiel en dus oppervlakte-actief maakt door ze te veresteren met acetylgroepen. Het resultaat lost niet eens meer op in water, maar wel in het organische oplosmiddel DMSO.

Doe je er een beetje water bij, dan vormen zich kleine bolletjes (micellen) rond de waterdruppels. Klop je het vervolgens op met lucht, dan krijg je een schuim te krijgen dat bestaat uit luchtbelletjes met polysacharidecoating. En doe je er méér water bij, dan slaan ze uit de DMSO-oplossing neer en kun je oogsten.

Als verdere verfijning kun je een klein deel van de acetylgroepen vervangen door succinylgroepen die pH-gevoelig zijn, zodat de bolletjes vanzelf uit elkaar vallen bij de pH van bloed. Polizzotti heeft het uitgeprobeerd bij niet nader gespecificeerde knaagdieren, die hij tien minuten letterlijk liet stikken. Als hij ze daarna een microbolletjesinjectie gaf, waren ze nog te reanimeren. Zonder zo'n injectie kwam hun hart niet meer op gang. Van embolie-verschijnselen was niets te merken.

De vraag is nu of iemand dit bij verstikte mensen durft te proberen. Veel te verliezen hebben die natuurlijk niet meer, maar toch.

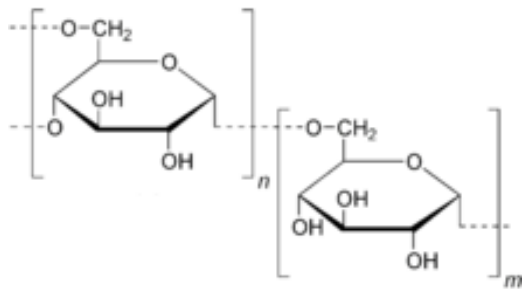
bron: Wiley

Je kunt bij iemand niet 'zomaar' lucht in het bloed spuiten. Er kan dan namelijk luchtembolie, een luchtbel in de bloedbaan, optreden. Bloedvaten kunnen daardoor verstopt raken.

1 Leg uit waarom een luchtembolie dodelijke gevolgen kan hebben.

Onderzoeker Polizzotti maakte daarom microbolletjes, die gevuld zijn met lucht. Hij wil ze injecteren in de bloedbaan, waarbij de microbolletjes door de pH van 7,4 van het bloed openbarsten en zuurstof leveren.

Hij maakt het microbolletje met behulp van dextranen. In figuur 1 staat de structuurformule van dextraan.



Figuur 1 Structuurformule dextraanmolecuul

In een dextraanmolecuul zijn moleculen glucose aan elkaar gekoppeld. Volgens het artikel is dextraan hydrofiel.

2 Leg met behulp van de structuurformule uit waardoor dextraan hydrofiel is.

3 Leg uit wat in de structuurformule van dextraan de m en de n betekenen.

Polizzotti wilde de bolletjes amfifiel oftewel oppervlakte-actief maken. Zeep, bijvoorbeeld natriumstearaat, is een oppervlakte-actieve stof.

4 Leg uit wat de eigenschappen van een oppervlakte-actieve stof zijn.

5 Leg uit wat de term amfifiel betekent.

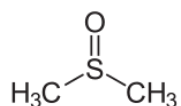
Om de bolletjes oppervlakte-actief te maken, veresterde hij het dextraan met ethaanzuur.

6 Geef de reactievergelijking voor het maken van de ester uit methanol en ethaanzuur.

7 Leg uit dat je dextraan kunt veresteren met ethaanzuur zodanig dat het niet meer oplost in water.

8 Leg uit wat je moet doen om ervoor te zorgen dat de ontstane ester amfifiel is.

Polizzotti werkte met een DMSO-oplossing. De afkorting DMSO staat voor dimethylsulfoxide (figuur 2).



Figuur 2 Structuurformule DMSO molecuul

9 Leg uit of DMSO polair of apolair is.

Wanneer je bij een oplossing van veresterd dextraan in DMSO een beetje water doet,

ontstaan er micellen rondom de waterdruppels.

10 Leg uit hoe deze micellen in elkaar zitten.

Uit het artikel blijkt hoe ze nu stabiele microbolletjes maken, die gevuld zijn met lucht.

11 Beschrijf deze methode.

Het is heel belangrijk dat de microbolletjes stabiel zijn, wanneer je ze wilt toepassen om zuurstof in de bloedbaan te krijgen.

12 Leg uit waarom het belangrijk is dat de bolletjes voor deze toepassing stabiel zijn.

De bolletjes lossen niet op in water. Bloed is een waterige oplossing met een pH tussen 7,3 en 7,5.

13 Leg uit wat ze hebben veranderd aan de microbolletjes om ervoor te zorgen dat de microbolletjes toch zuurstof kunnen afgeven in het bloed.

Injectie voorziet bloed van zuurstof

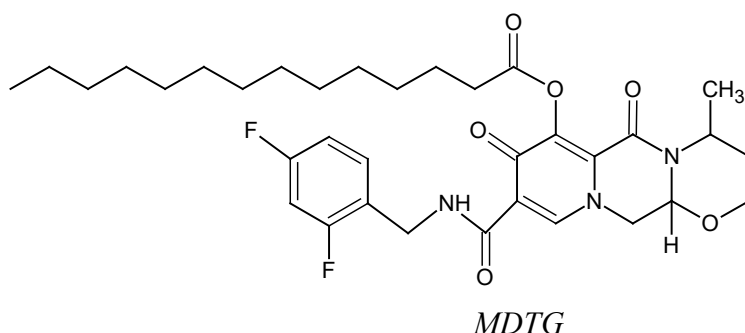
- 1 Luchtbellen in bloedvaten kunnen ervoor zorgen dat de bloedomloop stopt. Dan stopt na enige tijd je hart met kloppen.
- 2 Je ziet in de structuurformule van een dextraanmolecuul veel OH-groepen. Deze kunnen een H-brug vormen met watermoleculen. Dextraan is daardoor hydrofiel.
- 3 De m en n zijn het aantal glucose eenheden in de lange molecuulketen van dextraan.
- 4 Een oppervlakte-actieve stof heeft een hydrofiel én een hydrofoob deel, waardoor er in water micellen gevormd worden.
- 5 Amfifiel betekent hydrofiel én hydrofoob ineen.
- 6 $\text{CH}_3\text{OH} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 7 Je kunt de OH-groepen laten reageren met ethaanzuur, waarbij estergroepen ontstaan. Deze kunnen geen H-bridgen meer vormen met watermoleculen. De stof wordt dan hydrofoob.
- 8 Je moet niet alle OH-groepen veresteren anders is het molecuul volledig hydrofoob.
- 9 DMSO heeft een dipool. De $\text{S}=\text{O}$ –binding is polair.
- 10 Rondom een waterdruppel zitten de dextraanmoleculen zo gedraaid dat de OH-groepen wijzen naar de H_2O moleculen. De hydrofobe kant van het dextraanmolecuul is gericht naar het DMSO-molecuul.
- 11 De vloeistof met micellen wordt zodanig geschud dat er lucht in micellen met een huidje van dextraan terecht komt. Dan wordt er nog meer water toegevoegd, zodat de microbolletjes neerslaan.
- 12 Je moet een voorraad van deze bolletjes kunnen aanleggen om te gebruiken bij noodsituaties.
- 13 Het dextraanmolecuul is zodanig aangepast dat op sommige OH-groepen in plaats van een acetylgroep een succinylgroep is bevestigd. Deze succinylgroep zorgt er bij de pH van bloed voor dat het bolletje opengaat en de zuurstof vrijkomt.

INJECTIE TEGEN HIV WERKT MAAND

Klas	5 v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Organische reacties
Trefwoorden	DTG, MDTG, hiv, medicijn, ester, copolymeer, ethyleenglycol, propyleenglycol
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2w.nl, 6 februari 2018

Injectie tegen hiv werkt maand



Amerikaanse onderzoekers hebben het hiv-medicijn dolutegravir (DTG) aangepast voor een langere werking. Muizen hadden een maand na de injectie nog voldoende DTG in hun lichamen, meldt *Nature Communications*.

Nu moeten hiv-patiënten elke dag pillen slikken, soms meerdere malen per dag. Er is een grote kans dat ze soms een pil vergeten. De doses van deze pillen kunnen voor vervelende bijwerkingen zorgen. Een langzaam werkend medicijn heeft een langzame, doorlopende afgifte die in lagere doses plaatsvindt.

Voor deze injectie is DTG eerst chemisch aangepast. Er is een vetzuurketen met 14 koolstofatomen, myristinezuur, aan vastgemaakt. Deze DTG-‘prodrug’ (MDTG) wordt in het lichaam omgezet naar werkzaam DTG. Prodrugs zorgen voor een langzame afgifte van het medicijn. Ze zijn inactief en hebben minder bijwerkingen dan hun actieve variant.

Vervolgens is MDTG verpakt in een polymeer, poloxamer 407. Macrofagen, witte bloedcellen die ziekteverwekkers opnemen, nemen de verpakte moleculen op. Het verpakte MDTG blijft aanwezig in hun cytoplasma. De polymeerverpakking lost langzaam op en MDTG komt vrij. Daarna wordt MDTG omgezet in DTG. Pas na een maand zakte de DTG-concentratie in muizen onder het minimaal vereiste niveau.

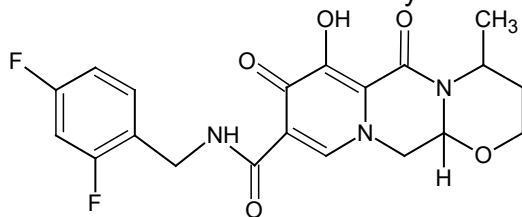
Bron: Nature Communications

Dolutegravir (DTG) is een medicijn voor hiv-patiënten. Amerikaanse onderzoekers hebben het medicijn aangepast om het gebruikersvriendelijker te maken.

1 Welke twee aanpassingen hebben de Amerikanen uitgevoerd.

DTG

In figuur 1 staat de structuurformule van het molecuul DTG. Medicijnen hebben vaak moleculen met één of meer asymmetrische C-atomen.



Figuur 1 Dolutegravir (DTG)

- 2 Wat zijn asymmetrische C-atomen?
- 3 Geef in de bijlage aan welke C-atomen in het DTG molecuul asymmetrisch zijn.

Stereoisomerie speelt bij de moleculen van medicijnen vaak een rol. Meestal is slechts één van de isomeren werkzaam als medicijn.

- 4 Licht dit toe.

Het nadeel van het oorspronkelijke medicijn is dat het een te hoge dosis DTG levert.

- 5 Leg uit waarom dat een nadeel is.

MDTG

De onderzoekers hebben een alternatief gevonden en uitgetest op muizen. Het aangepaste medicijn is MDTG (zie het artikel voor de structuurformule).

- 6 Leg uit dat MDTG gevormd is door verestering van DTG.
- 7 Geef in de bijlage aan welke estergroep ontstaan is.
- 8 Welke voordelen heeft het medicijn MDTG vergeleken met DTG?

Voordat het medicijn MDTG werkzaam is, moet het in het lichaam omgezet worden in DTG.

- 9 Leg uit via welk type reactie MDTG omgezet wordt in DTG.

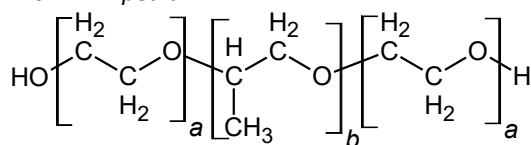
Bij de omzetting van MDTG in DTG komt het vetzuur myristinezuur vrij.

- 10 Is myristinezuur een verzadigd of een onverzadigd vetzuur? Licht kort toe.
- 11 Geef de structuurformule van myristinezuur weer.

Poloxamer 407

Het medicijn MDTG is 'verpakt' in een polymeer, poloxamer 407. Hierdoor kan het medicijn in het lichaam vervoerd worden naar de plaats waar het nodig is.

Bron: Wikipedia



Poloxamer 407

Poloxamer 407 is een hydrofiele, niet- ionische oppervlakteactieve stof van de meer algemene klasse van copolymeren bekend als poloxameren . Poloxamer 407 is een triblokcopolymeer

bestaande uit een centraal hydrofoob blok van polypropyleenglycol geflankeerd door twee hydrofiele blokken van polyethyleenglycol (PEG). De geschatte lengte van de twee PEG-blokken is 101 herhalende eenheden, terwijl de geschatte lengte van het propyleenglycolblok 56 herhalende eenheden is.

Poloxamer 407 is een triblokcopolymeer gevormd uit de monomeren propyleenglycol (propaan-1,2-diol) en ethyleenglycol (ethaan-1,2-diol).

- 12 Verklaar de benaming 'triblokcopolymeer'.
- 13 Geef de structuurformules van propyleenglycol en ethyleenglycol.
- 14 Geef in de bijlage aan welk deel afkomstig is van propyleenglycol en welk deel van ethyleenglycol.

Poloxamer 407 is een hydrofiele, niet-ionische oppervlakteactieve stof. Het centrale blok is hydrofoob.

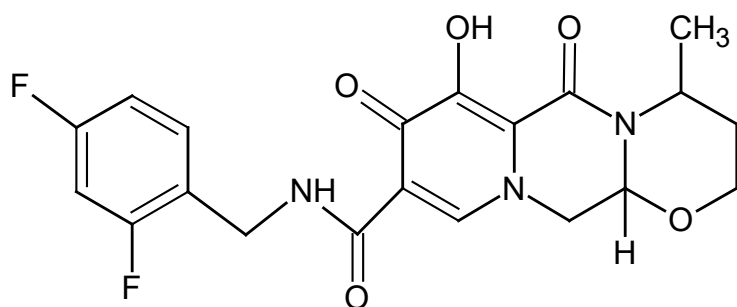
- 15 Leg uit waarom het belangrijk is dat poloxamer 407 een hydrofiele stof is.
- 16 Bereken de molaire massa van poloxamer 407.
- 17 Leg uit via welk type reactie het polymeer afgebroken wordt.

Muizen werden bij dit onderzoek als proefdieren gebruikt.

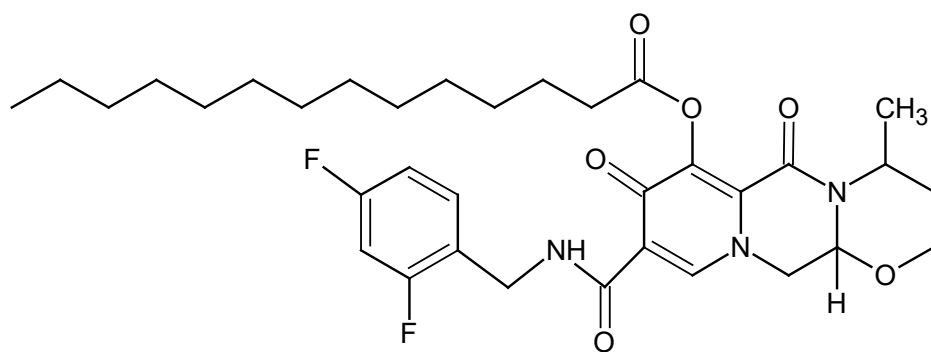
- 18 Hoe werd het onderzoek met de muizen uitgevoerd?

Bijlage

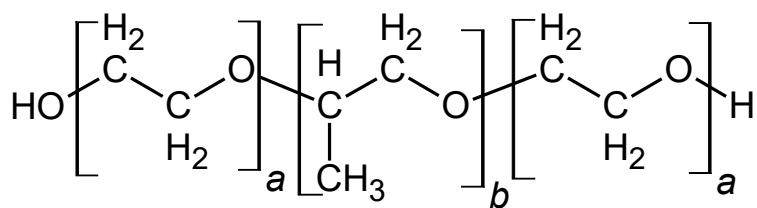
Antwoord 3



Antwoord 7

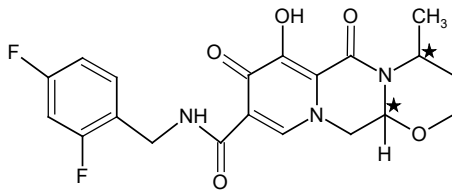


Antwoord 14

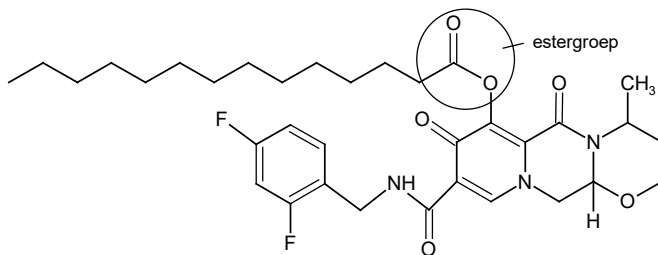


Injectie tegen hiv werkt maand

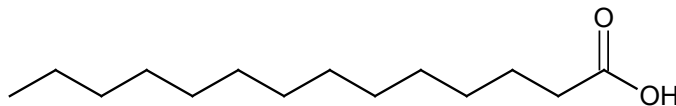
- 1 De moleculen van de stof DTG chemisch aanpassen. De aangepaste moleculen 'verpakken' in een polymeer.
- 2 C-atomen met vier verschillende groepen.
- 3



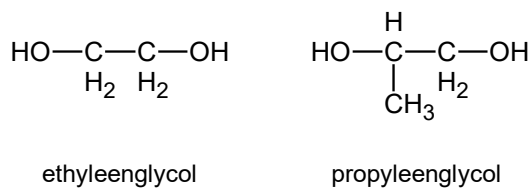
- 4 Meestal dient een enzym om het molecuul zijn werk te laten doen. In het actieve centrum van een enzym past slechts één van de stereoisomeren.
- 5 Een hoge dosis kan voor vervelende bijwerkingen zorgen.
- 6 Een zuurgroep van het vetzuur en een OH-groep van DTG zijn een reactie aangegaan. Daarbij ontstaan een ester en water.
- 7



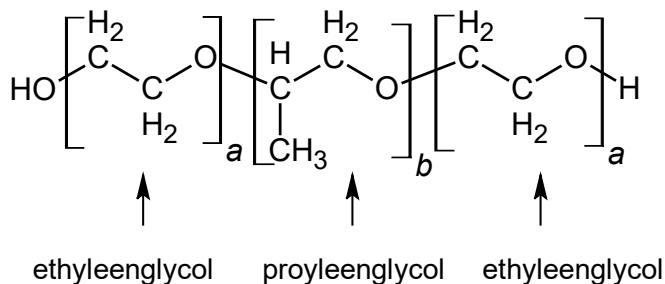
- 8 Een langzame, constant verlopende afgifte van het medicijn waardoor de dosis laag blijft.
- 9 De estergroep wordt weer afgebroken: hydrolyse-reactie.
- 10 Een verzadigd vetzuur want het bevat alleen enkelvoudige C—C bindingen.
- 11



- 12 Triblokpolymeer omdat er drie verschillende delen te zien zijn in de structuurformule van het polymeer.. Copolymeer omdat verschillende monomeren met elkaar reageren. Polymeer omdat het een heel groot molecuul is.
- 13



- 14



- 15 Het moet in bloed oplossen, bloed bestaat voor het grootste deel uit water.

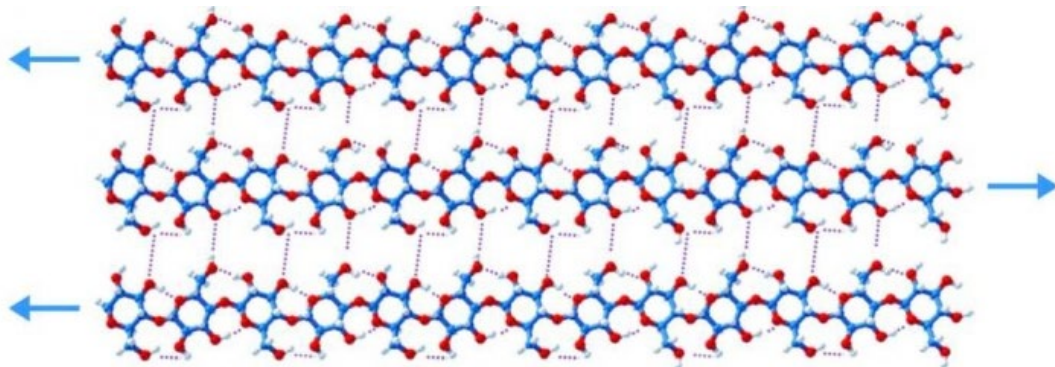
- 16 Molaire massa = $202 \times -\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}- + 56 \times -\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{O}- + 1 \times \text{H}_2\text{O} = 202 \times 44,05 + 56 \times 58,08 + 18,016 = 1,217 \cdot 10^4 \text{ g mol}^{-1}$.
- 17 Afbraak waarbij de monomeren weer ontstaan gaat via reactie met water: hydrolysereactie.
- 18 De muizen kregen een injectie met het aangepaste medicijn. In hun bloed werd gemeten hoe de DTG concentratie verliep.

CHEMISCH HARDHOUT

Klas	6 v
Subdomein	Chemie van het leven
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Polysachariden
Trefwoorden	Cellulose, hemicellulose, H-bruggen, supersterk
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.c2w.nl, 14 februari 2018

Chemisch hardhout



Van goedkope houtsoorten kun je een constructiemateriaal maken dat zich kan meten met titaniumlegeringen uit de luchtvaartindustrie. Kwestie van gedeeltelijk oplossen en dan flink persen, schrijven Liangbing Hu en collega's van de universiteit van Maryland in *Nature*.

Ze koken hun eiken-, grenen-, linden-, ceder- of populierenhout eerst in een oplossing van NaOH en Na₂SO₃ in water. Cellulose kan daar veel beter tegen dan hemicellulose en lignine; die laatste twee componenten lossen dus grotendeels op zodat je een poreuze massa overhoudt die voornamelijk bestaat uit parallelle cellulose-nanovezels.

Vervolgens knijp je deze structuur plat in een tot 100 °C verwarmde pers, haaks op de groeirichting van het hout. De dikte neemt met ongeveer 80 % af, de holtes verdwijnen, de resterende celwanden worden gekraakt en de cellulosevezels komen dusdanig dicht op elkaar te liggen dat zich onderling waterstofbruggen kunnen vormen.

Om het resultaat te vervormen moet je de cellulosevezels langs elkaar laten schuiven. En daarvoor moet je nu heel veel waterstofbruggen tegelijk verbreken. Hu claimt dat de treksterkte, vergeleken met onbehandeld hout, met maximaal 11,5 keer toeneemt tot 587 MPa. Daarmee zit je op het niveau van hoogwaardige metaallegeringen, met het verschil dat je het hout maar in één richting volop kunt belasten.

Je kunt er echter ook lichtgewicht pantserplaten van maken door een aantal lagen op elkaar te plakken waarbij je de vezelrichting telkens een kwartslag laat draaien.

bron: *Nature, Science Alert*

Hout is voornamelijk opgebouwd uit cellulose, hemicellulose en lignine.

Het proces waarbij supersterk hardhout gevormd wordt, begint met het koken van de diverse soorten hout in een basische oplossing met sulfiet. Hierbij worden hemicellulose en lignine afgebroken waardoor ze oplossen. Hemicellulosemoleculen zijn veel korter en veel meer vertakt dan cellulosemoleculen.

- 1 Leg uit waarom de binding tussen cellulosemoleculen onderling veel sterker is dan tussen hemicellulosemoleculen.

Na afloop van het kookproces moet je de bestanddelen van elkaar scheiden..

- 2 Leg uit hoe je deze bestanddelen van elkaar kunt scheiden.
- 3 Leg uit welke stap daarna met de cellulose gedaan wordt zodat supersterk hardhout ontstaat.
- 4 Welke bindingen zorgen ervoor dat er supersterk hardhout ontstaat?
- 5 Leg uit dat cellulose deze bindingen kan vormen als de ketens elkaar dicht genoeg naderen.

Het supersterke hardhout is te vergelijken met hoogwaardige metaallegeringen.

- 6 Welk verschil in eigenschappen is er tussen het supersterke hardhout en de hoogwaardige metaallegeringen?
- 7 Hoe denken de onderzoekers dit verschil weg te werken?
- 8 Leg uit dat hierdoor de eigenschappen van beide materiaalsoorten vergelijkbaar zijn geworden.

Chemisch hardhout

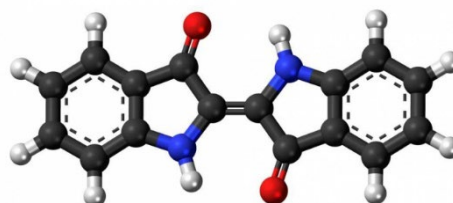
- 1 Cellulosemoleculen zijn veel minder vertakt waardoor de moleculen elkaar dichter kunnen naderen. Bovendien is de molecuulmassa van cellulose ook nog eens vele malen groter. Beide gegevens zorgen dat de vanderwaalsbinding bij cellulose veel sterker is dan bij hemicellulose. Bovendien zullen er bij cellulose meer waterstofbruggen gevormd worden omdat de ketens elkaar dichter kunnen naderen en de ketens ook langer zijn.
- 2 Je hebt een oplossing en een vaste stof, dus filtreren, centrifugeren of afschenken is dan de toe te passen scheidingsmethode.
- 3 Vervolgens knijp je deze structuur plat in een tot 100 °C verwarmde pers, haaks op de groeirichting van het hout.
- 4 Er ontstaan H-bruggen die voor de supersterke binding tussen de ketens verantwoordelijk zijn.
- 5 Cellulose heeft heel veel OH-groepen die onderling H-bruggen kunnen vormen mits de OH-groepen elkaar dicht genoeg naderen.
- 6 Het supersterke hardhout is slechts zo stevig in één richting, namelijk in de lengterichting van de ketens.
- 7 Meerdere lagen supersterk hardhout op elkaar plakken met telkens een kwart slag verdraaiing.
- 8 Nu is ook het supersterke hardhout in meerdere richtingen heel erg sterk.

RECEPT VOOR GROENE SPIJKERBROEK

Klas	5,6 v
Subdomein	Industriële processen en Groene Chemie
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	duurzaamheid
Trefwoorden	Indigo, leuco-indigo, redox, indool, indoxyl, indicaan
Vaardigheidsvraag	Informatie-begripsvraag

www.c2w.nl, 10 januari 2018

Recept voor groene spijkerbroek



Californische onderzoekers hebben een ‘groene’ manier bedacht om spijkerbroeken blauw te kleuren. Hun bacteriële indigosynthese scheelt een hoop chemisch afval, blijkt uit een publicatie in *Nature Chemical Biology*.

De blauwe kleurstof indigo komt oorspronkelijk uit de indigoplant, *Polygonum tinctorium*, maar wordt al honderd jaar gesynthetiseerd op basis van het aardolieproduct aniline. Aan dat proces komen onder meer formaldehyde, waterstofcyanide en sterke basen te pas.

Bovendien is indigo onoplosbaar in water. Om er katoen mee te verven moet je het eerst tijdelijk reduceren tot het wél oplosbare ‘leuco-indigo’. Als reductor dient dan meestal natriumdithioniet ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$), een zwavelverbinding die bij ontleding sulfaten en sulfieten oplevert. Die onoplosbaarheid ligt overigens ook aan de basis van het kleureffect: indigo reageert niet met katoen maar wordt opgezogen in de vezels, waarna het er niet meer uitgaat in de was maar wél geleidelijk wegslijt zodat je het natuurlijke wit van het katoen weer krijgt te zien.

Berkeley-onderzoeker John Dueber en collega’s hebben nu achterhaald hoe de indigoplant zijn eigen kleurstof oplosbaar houdt. Die plant werkt met indool, dat hij eerst hydroxyleert tot indoxyl. Leuco-indigo is daar een dimeer van, maar de dimerisatie wordt voorkomen door een glucosyltransferase-enzym genaamd PtUGT1 dat indoxyl tijdelijk koppelt aan glucose als beschermende groep. Het kleurloze resultaat heet indicaan. Om daar weer indoxyl en vervolgens indigo van te maken is een bèta-glucosidase nodig, een ander enzym dat alleen wordt aangemaakt in de chloroplasten waar het indigo gewenst is.

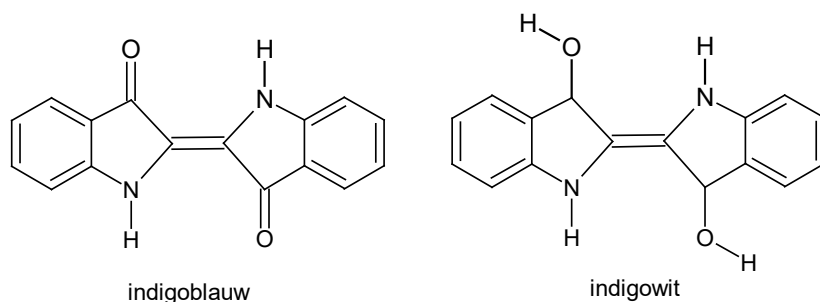
Duebers groep wist niet alleen de structuur van PtUGT1 op te helderen, maar ook het verantwoordelijke gen te achterhalen. Dat plaatsten ze over naar *E. coli*, samen met een flavine-afhankelijk monooxygenase dat indool omzet in indoxyl. Een enzym genaamd TnaA dat indool maakt uit het aminozuur L-tryptofaan blijkt van nature al in coli’s te zitten en vanzelf tot expressie te komen als je de bacteriecultuur niet met glucose voedt maar met glycerol, en extra tryptofaan toevoegt. Schakel je dan ook nog een natuurlijk bèta-glucosidase van de coli uit, dan krijg je een organisme in handen dat in staat blijkt om 97 % van zijn tryptofaan om te zetten in indicaan.

Om met de indicaanoplossing katoen te kunnen verven heb je dan nog een bèta-glucosidase nodig dat in staat is binnenin een katoenvezel indicaan te ontdoen van zijn glucose. Dat

bleek te vinden in *Bacillus circulans*. En inderdaad is het zo gelukt om minstens één katoenen sjaal overtuigend indigoblauw te verven.

bron: *Nature Chemical Biology*

Voor het blauwkleuren van een spijkerbroek wordt vaak de stof indigo gebruikt. Indigo kan chemisch uit aniline gemaakt worden maar er is ook een biotechnologisch proces mogelijk. Indigo zelf is niet oplosbaar in water maar leuco-indigo (indigowit) wel. Indigo kan omgezet worden in leuco-indigo en weer terug. In figuur 1 staan de structuurformules van de moleculen van indigo en leuco-indigo (indigowit).



Figuur 1

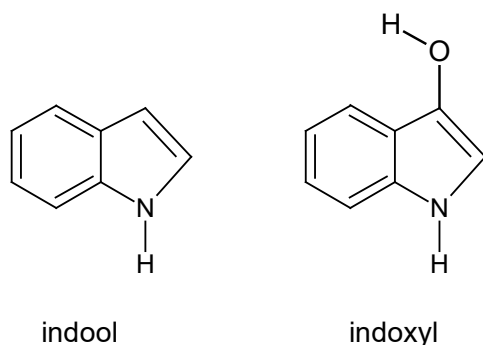
- 1 Leg uit waardoor leuco-indigo beter oplost in water dan indigo.
- 2 Beschrijf het proces om een spijkerbroek met behulp van indigo blauw te kleuren.

Bij het kleuren van een spijkerbroek met indigo uit het chemische proces wordt een reductor, het dithionietion $S_2O_4^{2-}$ gebruikt. De onvolledige halfreactie van het dithionietion is hierbij:
 $S_2O_4^{2-} + H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + H^+ + e^-$

- 3 Neem de onvolledige halfreactie over en maak hem kloppend.
- 4 Leg uit dat de halfreactie van de omzetting van indigo in leuco-indigo weergegeven kan worden als $R-CH=O + 2 H^+ + 2 e^- \rightarrow R-CH_2-OH$, waarin R de rest is van het indigo molecuul.
- 5 Hoe zou indigowit weer omgezet kunnen worden in indigo?

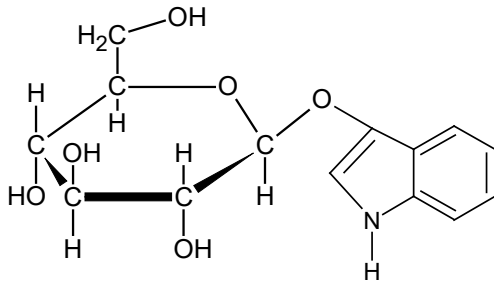
Indigo in de plant

Berkeley-onderzoekers hebben achterhaald hoe de indigoplant zijn eigen kleurstof oplosbaar houdt. Hiertoe zette plant indool om in indoxyl.



- 6 Geef de reactie in structuurformules voor de omzetting van indool in indoxyl. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een oxidator. Neem als oxidator zuurstof.

Om te voorkomen dat uit indoxyl een dimeer ontstaat wordt door de plant de OH-groep in indoxyl afgeschermd door er met behulp van een enzym een glucosegroep aan vast te maken. Daarbij ontstaat indicaan.



indicaan

- 7 Geef in structuurformules de enzymatische stap van de omzetting van indoxyl in indicaan weer.

Groene route

Bij de 'groene' route speelt een aangepaste E-coli bacterie een belangrijke rol. Van nature bevat de E-coli bacterie een enzym genaamd TnaA, dat de benodigde indool maakt uit het aminozuur L-tryptofaan.

- 8 Leg uit dat uit L-tryptofaan indool kan ontstaan.
9 Wat geeft de hoofdletter L in L-tryptofaan aan?
10 Leg uit waarom het enzym TnaA alleen L-tryptofaan kan omzetten in indool en dus niet R-tryptofaan.

De aangepaste E-coli bacterie blijkt indool te kunnen omzetten in indoxyl en hieruit indicaan te kunnen maken.

Verven

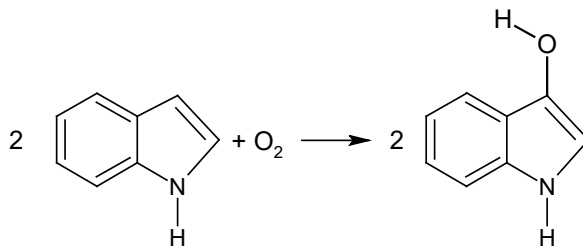
Met een indicaan-oplossing kan de katoen worden geverfd.

- 11 Beschrijf in woorden welke reactiestap daarvoor moet worden gezet.
12 Waar moet deze reactie plaats vinden?

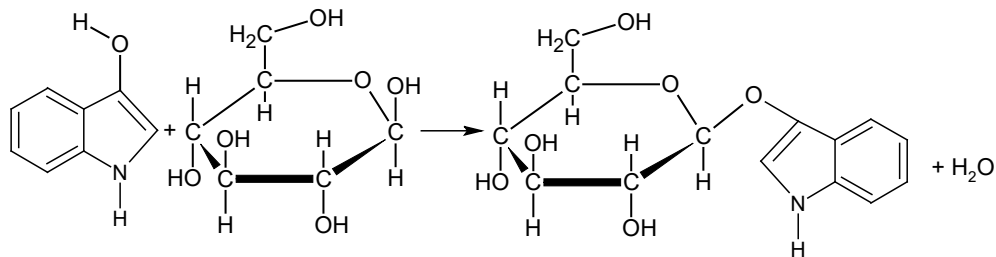
Recept voor groene spijkerstof

- 1 Leuco-indigo heeft naast twee NH-groepen ook nog eens twee OH-groepen. Hierdoor kunnen leuco-indigomoleculen veel H-bruggen vormen met watermoleculen.
- 2 Zet eerst indigo met behulp van een reductor om in leuco-indigo. Los dit in water op en was daarna de spijkerbroek met deze oplossing. Laat drogen en zet daarna met behulp van een oxidator leuco-indigo weer om in het onoplosbare indigo.
- 3 $\text{S}_2\text{O}_4^{2-} + 4 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{SO}_4^{2-} + 8 \text{H}^+ + 6 \text{e}^-$
- 4 Je ziet dat de ketongroepen $\text{C}=\text{O}$ omgezet worden in $\text{C}-\text{OH}$ -groepen. Dit is een halfreactie waarbij H^+ -ionen en elektronen betrokken zijn. Kloppend maken betekent dat er twee H^+ -atomen bijkomen en er dus ook twee elektronen opgenomen worden.
- 5 Indigowit weer omzetten in indigo betekent dat de omgekeerde reactie moet optreden: $\text{R}-\text{CH}_2-\text{OH} \rightarrow \text{R}-\text{CH}=\text{O} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$. Je hebt dus een oxidator nodig.

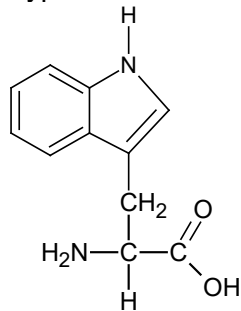
6



7



- 8 Tryptofaan heeft als structuurformule:



Uit de zijketen kan dan makkelijk indool ontstaan.

- 9 L in L-tryptofaan geeft aan dat er stereo-isomerie optreedt, dus er is een asymmetrisch C-atoom aanwezig.
- 10 Een enzym heeft een actief centrum waarin slechts één molecuulsoort past. R-tryptofaan heeft een andere ruimtelijke structuur dan L-tryptofaan en past daardoor niet in het actieve centrum van het enzym.
- 11 Indicaan moet worden ontdaan van zijn glucose.
- 12 Binnen in de katoenvezel.

DUITSE KILOKOGEL VAN SILICIUM VERKOCHT AAN TAIWAN I

Klas	4 h
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen; Chemisch rekenen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Rooster, berekeningen
Trefwoorden	Atoombinding, eenheidscel, volume bol, tetraëder, mol
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.rd.nl, 27 januari 2018

Duitse kilokogel van silicium verkocht aan Taiwan



Het is een kogel van silicium van nog geen 10 centimeter diameter en weegt precies 1 kilo. Dit glanzende voorwerp is een prototype van de nieuwe Duitse standaardkilo en is voor een miljoen euro verkocht aan Taiwan. Dat meldt het natuurkundig instituut PTB in Braunschweig.

De huidige standaardkilo ligt in Parijs, maar moet in 2019 vervangen worden omdat er afwijkingen zijn ontstaan in vergelijkingen met de controle-exemplaren.

Net als bij de meter zoeken wetenschappers naar natuurkundige formules om deze eenheid te berekenen. De formule voor de kilo kan worden berekend via de constante van Planck, aangeduid met h .

Er is alleen onenigheid over hoe die constante berekend moet worden. Amerikanen gebruiken een speciale Kibble-weegschaal terwijl Duitsers het aantal atomen in een bol zuiver silicium tellen.

Op 20 mei 2019 wordt de precieze formule voor de kilo vastgesteld. Vooruitlopend daarop heeft Duitsland alvast acht standaardkilo's gemaakt.

Bron: ANP

De auteur van het artikel heeft alledaagse taal gebruikt.

- 1 Leg uit welke woorden jij in het artikel zou veranderen zodat het natuurwetenschappelijke taal wordt.
- 2 Waarom is deze kogel door de Duitsers gemaakt?

De kogel is gemaakt van silicium.

- 3 Welke binding is tussen de siliciumatomen in de kogel aanwezig?
- 4 In welke ruimtelijke structuur zijn de siliciumatomen gerangschikt?
- 5 Teken een stukje van deze ruimtelijke structuur.

Volgens het artikel tellen de Duitsers het aantal atomen in een bol zuiver silicium.
Gegeven: 1 mol stof bevat $6,02 \cdot 10^{23}$ atomen van die stof

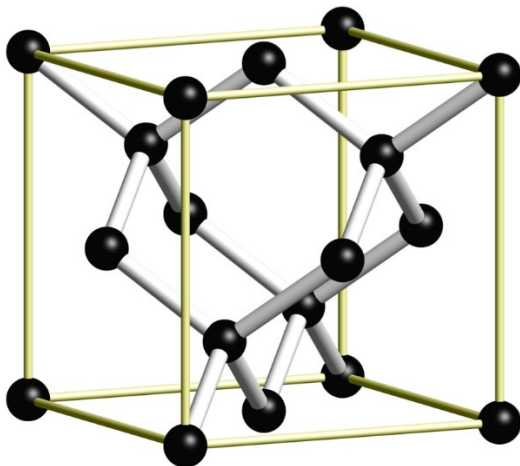
- 6 Bereken hoeveel atomen silicium dan aanwezig zijn in de bol.

Diameter kogel

De kogel heeft, volgens het artikel, een diameter “van nog geen 10 cm”. Aan de hand van de volgende vragen ga je de diameter berekenen.

De eenheidscel waaruit silicium is opgebouwd staat in figuur 1. Het is een kubus waarvan de lengte van een ribbe $5,4310 \cdot 10^{-8}$ cm is.

- 7 Bereken het volume van één eenheidscel.



Figuur 1 De eenheidscel van silicium

In één eenheidscel zijn rekenkundig 8 siliciumatomen aanwezig.

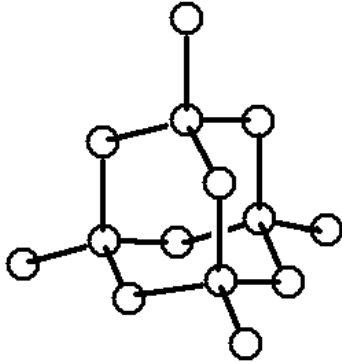
- 8 Bereken met behulp van je antwoorden op vraag 6 en bovenstaand gegeven hoeveel eenheidscellen in de kogel aanwezig zijn.
- 9 Bereken welk totaal volume alle cellen innemen.

Het volume van een kogel kun je berekenen met de formule $\frac{4}{3} \pi r^3$.

- 10 Bereken de diameter van de kogel.
- 11 Waarom maakten de Duitsers meer dan één standaardkilogram?

Duitse kilokogel van silicium verkocht aan Taiwan I

- 1 Kilogram gebruiken in plaats van kilo. Kilo staat voor 1000, maar is geen eenheid. "Weegt" vervangen door "heeft een massa van". (Gewicht hangt af van de waarde van g, de massa niet.)
- 2 De huidige standaardkilogram moet in 2019 vervangen worden.
- 3 Atoombinding.
- 4 Tetraëder.
- 5



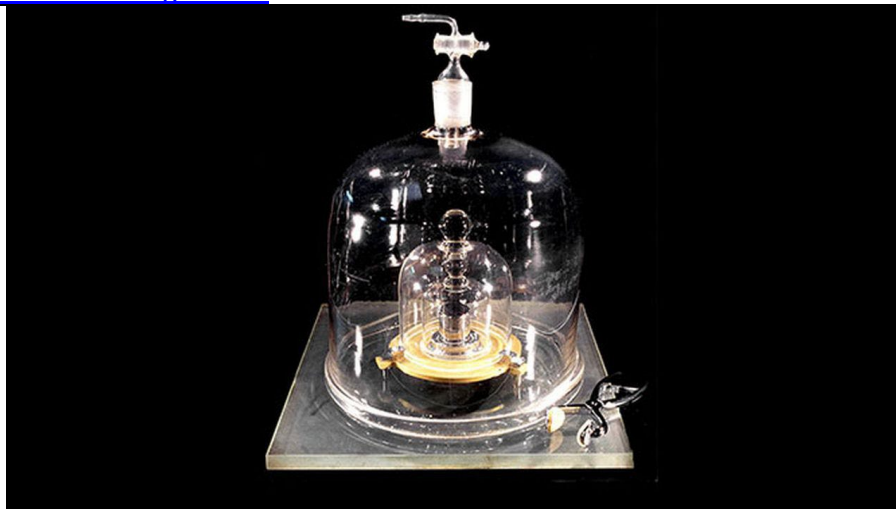
O stelt Si-atoom voor

- 6 $1,00 \cdot 10^3 \text{ g Si} \equiv 1,00 \cdot 10^3 / 28,09 = 35,6 \text{ mol Si} \equiv 35,6 \times 6,02 \cdot 10^{23} = 2,14 \cdot 10^{25} \text{ Si-atomen.}$
- 7 $V = l^3 = (5,4310 \cdot 10^{-8})^3 = 160,19 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^3 = 1,6019 \cdot 10^{-22} \text{ cm}^3.$
- 8 Er zijn aanwezig $2,14 \cdot 10^{25} \text{ Si-atomen} \equiv 2,14 \cdot 10^{25} / 8 = 2,675 \cdot 10^{24} \text{ eenheidscellen.}$
- 9 $2,675 \cdot 10^{24} \text{ eenheidscellen} \equiv 2,675 \cdot 10^{24} \times 1,6019 \cdot 10^{-22} \text{ cm}^3 = 428,535 \text{ cm}^3$
- 10 $4/3 \pi r^3 = 428,535 \text{ cm}^3 \rightarrow r = 4,676 \text{ cm} \rightarrow d = 9,352 \text{ cm.}$ Als je tussendoor niet afrondt, kom je op 4,679 cm uit, dus $d = 9,358 \text{ cm.}$ Maar gelet op de significantie van $6,02 \cdot 10^{23}$ zou je het antwoord op 3 cijfers significant moeten weergeven: $r = 4,68 \text{ cm}$ en $d = 9,36 \text{ cm.}$
- 11 Je kunt ze verkopen en er geld mee verdienen.

Artikel: <https://www.rd.nl/vandaag/buitenland/nieuwe-duitse-kilo-verkocht-aan-taiwan-1.1463495>

Extra informatie

Bron: <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2017/11/08/de-fysieke-kilo-wordt-lichter-maar-heeft-binnenkort-afgedaan/>



De kilo, "Le Grand K", die bewaard wordt onder drie glazen stolpen, in een speciale kluis in Saint-Cloud, nabij Parijs

De fysieke kilo wordt lichter, maar heeft binnenkort toch afgedaan

De kilogram is de laatste eenheid van het metrieke stelsel van standardeenheden die nog afhangt van een nauwkeurig ontworpen fysiek object. Maar met dat prototype zijn er problemen en wetenschappers willen dan ook zo snel mogelijk naar een meting die niet langer afhangt van een fysiek object maar van een natuurkundige constante. Op 20 mei 2019 is het, als alles goed gaat zo ver, en dan mag "Le Grand K", het prototype van de kilo, verhuizen naar het museum.

Luc De Roy, wo 08 nov 2017

Een kilo werd oorspronkelijk, in 1795, in Frankrijk gedefinieerd als het gewicht van een kubieke decimeter water met de temperatuur van smeltend ijs. Toen natuurkundigen enkele jaren later, in 1799, de massa precies gingen bepalen, besloten ze echter water te nemen met de temperatuur waarop water zijn hoogste dichtheid heeft, zo'n 4 graden Celsius. Datzelfde jaar werd er ook een prototype van platina gemaakt dat zo dicht mogelijk die massa moest benaderen, de kilogram des Archives, en die was de volgende 90 jaar de standaard voor een kilogram.

In 1889 werd de standaard een nieuw prototype, de "international prototype kilogram". In de metrologie - de leer van de maten en gewichten om het eenvoudig te zeggen - wordt daar vaak naar verwezen als de "IPK", en de IPK wordt ook "Le Grand K" genoemd.

De IPK werd in 1879 gemaakt van een legering van 90 procent platina en 10 procent iridium, en het is een cilinder met een doormeter en een hoogte van zo'n 39 millimeter. De toevoeging van het iridium maakt dat de IPK veel harder is dan de kilogram des Archives, en dus minder makkelijk beschadigd kan worden.

De IPK wordt samen met zes "zusterkopieën" bewaard in een speciale kluis in de kelder van het Pavillon de Breteuil in Saint-Cloud, door het eerbiedwaardige Bureau Internationale des Poids et Mesures (BIPM), dat vroeger ook de standaardmeter bewaarde, en nu een belangrijke rol speelt in het handhaven van een nauwkeurige tijdsmeting wereldwijd. Het maakt een gemiddelde van de officiële atoomtijden van de lidstaten en komt zo tot de officiële Coordinated Universal Time (UTC).

Het bureau wordt als zo belangrijk beschouwd dat het een aparte status heeft: het is geen internationaal grondgebied zoals soms beweerd wordt, maar het geniet wel van een zekere mate van immuniteit, en werd in de Tweede Wereldoorlog dan ook niet bezet door de Duitsers. Overigens wordt ook vaak gezegd dat het BIPM in Sevres gevestigd is. De ingang ligt inderdaad in die buurgemeente van Saint-Cloud, en ook de postcode van het BIPM is die van Sevres, maar de gebouwen liggen wel degelijk op het grondgebied van Saint-Cloud.

50 microgram

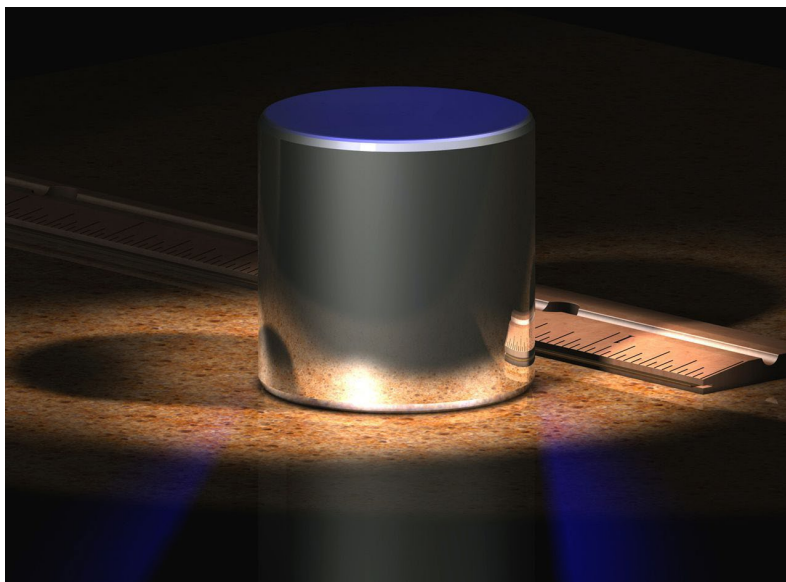
Van de standaardkilogram zijn officiële kopieën gemaakt, tien die in Saint-Cloud zelf bewaard worden om er mee te werken, en tientallen andere die naar andere landen werden gestuurd om er te dienen als nationale standaard. Ons land heeft er zo twee, de nummers 28 en 37.

Om na te gaan of de massa van de IPK in de loop van de tijd verandert, worden er af en toe "periodic verifications" ondernomen, waarin de massa van het prototype in Saint-Cloud vergeleken wordt met de massa van een aantal kopieën. En daar is een probleem opgedoken.

Er blijken namelijk verschillen te zijn tussen het gewicht van de standaardkilo en zijn kopieën, en intussen is het verschil tussen het gewicht van de IKP en het gemiddelde van de kopieën opgelopen tot 50 microgram, 50 miljoenste van een gram. Mogelijk heeft de IKP 50 microgram of zelfs meer verloren in vergelijking met de kopieën, mogelijk hebben de kopieën massa bijgewonnen. Hoe dan ook staan de wetenschappers voor een raadsel, want ze kennen geen plausibel mechanisme dat de afname van de massa van de IKP, of de toename van de massa van de kopieën zou kunnen verklaren.

50 microgram op een kilogram, dat is absoluut niet veel, het is zowat het gewicht van de huidolie die een vingerafdruk achterlaat. En zelfs de nauwkeurigste kalibratie die de meetinstituten uitvoeren, is maar tot op 160 microgram nauwkeurig. Maar er zijn neveneffecten waarmee men rekening moet houden: ook de waarde van de eenheden van stroomsterkte, spanning, kracht en druk hangen indirect af van de kilogram. En als de waarde daarvan onzeker wordt, dan delen ook de ampère, volt, newton en pascal in de klappen.

Daarom willen metrologen de kilogram dringend ook wiskundig gaan definiëren in verhouding met een natuurkundige constante. Met de andere standaardeenheden van het SI-stelsel (Internationale Stelsel van Eenheden, *Système international d'unités*) is dat al gebeurd, zo is een meter intussen de afstand die licht aflegt in $1/299.792.458$ seconde, en een seconde wordt dan weer gedefinieerd als 9,192,631,770 perioden van een bepaald soort cesiumatoom.



Constante van Planck

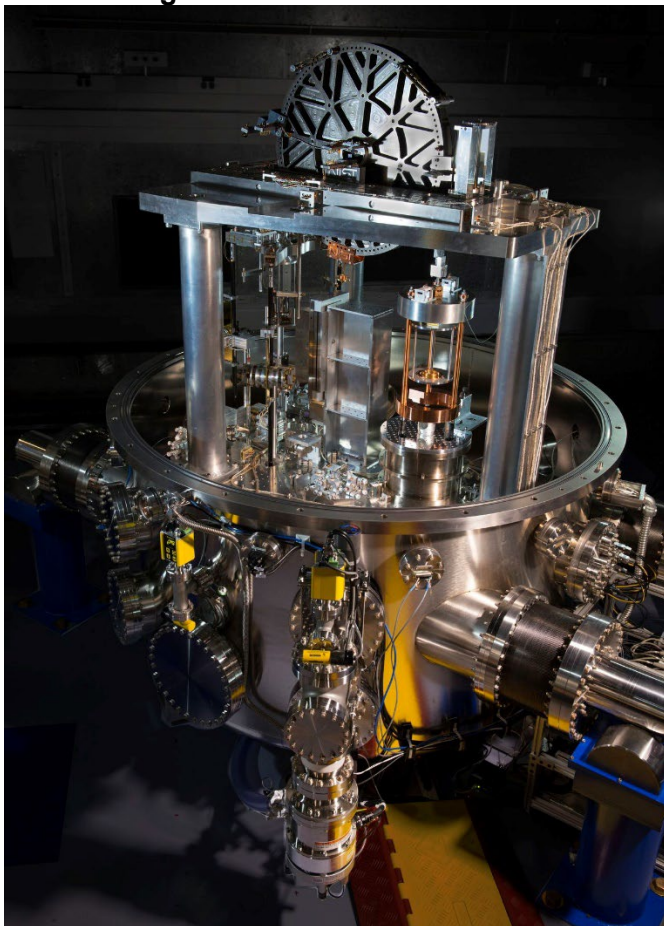
Om van de fysieke kilogram af te raken, willen de metrologen zich baseren op de constante van Planck. Dat is een onveranderlijke natuurkundige waarde uit de kwantumfysica, die de verhouding uitdrukt tussen de frequentie van een deeltje en zijn energie.

Rood licht heeft een lagere frequentie, en minder energie, dan blauw licht, en om te berekenen wat het verschil in energie is, wordt de constante van Planck gebruikt. En energie is ook uit te drukken als massa, dankzij Einsteins beroemde formule $E = m \cdot c^2$.

De constante van Planck is een bijzonder klein getal, $6.62607004 \cdot 10^{-34}$, wat neerkomt op zes tiende van een miljoenste van een miljardste van een miljardste van een miljardste. Het probleem is dat men de constante nog niet tot op erg veel cijfers na de komma heeft kunnen meten, in elk geval nog niet nauwkeurig genoeg voor de eisen die het BIPM stelt om te komen tot een nieuwe definitie van de kilogram. Daar wordt momenteel aan gewerkt, en er is ook al vooruitgang in geboekt.

Het BIPM heeft immers voorwaarden gesteld: het wil drie onafhankelijk van elkaar uitgevoerde metingen van de constante van Planck, die de waarde van de kilogram moeten kunnen vastleggen met een foutenmarge die kleiner is dan 50 microgram, en één meting daarvan moet zelfs een foutenmarge hebben die kleiner is dan 20 microgram.

Kibble-weegschaal



Uit de natuurkunde weten we dat er een verband is tussen elektrische lading en massa, en het toestel dat gebruikt wordt om dit te meten, is een wattweegschaal of een Kibble-weegschaal.

De Kibble-weegschaal werkt op een soortgelijke manier als een klassieke weegschaal - ze vergelijkt twee verschillende krachten -, maar ze vervangt zwaartekracht door elektromagnetisme. In feite wordt de kilogram dus gedefinieerd door de hoeveelheid

stroom en spanning die nodig is om een kilogram aan massa op te tillen met een magnetisch veld.

Maar daarvoor is een nauwkeurige waarde voor de constante van Planck nodig, en daar wordt dus nog volop aan gewerkt.

Een probleem is wel dat als de nieuwe definitie van de kilogram zal afhangen van een Kibble-weegschaal, dat dan voorlopig slechts weinig landen over een dergelijk instrument zullen kunnen beschikken. Een Kibble-weegschaal is immers een extreem precies en duur instrument, waarvan een aantal onderdelen geregeld zeer nauwkeurig gekalibreerd moeten worden. Niet veel landen beschikken momenteel over de knowhow en de fondsen om een Kibble-weegschaal te kunnen bouwen en te laten werken. Momenteel staan er enkel in de VS, het Verenigd Koninkrijk, Zwitserland, Frankrijk en Canada.

De constante van Avogadro



Om een slag om de arm te houden, werken metrologen ook nog aan een andere, complementaire manier om de standaard kilogrammen van platina en iridium te vervangen door een high-tech variant, die gebaseerd is op de constante van Avogadro.

Die constante is het aantal atomen in een bepaalde eenheid van een stof, die een mol genoemd wordt. In tegenstelling met de constante van Planck, die een erg klein getal is, is de constante van Avogadro een erg groot getal: $6,02 \times 10^{23}$ namelijk, of 602.000.000.000.000.000.000.

Aan de hand van dat getal, en omdat het gewicht van silicium-atomen erg precies bekend is, en silicium een erg regelmatige kristalstructuur heeft, hopen de wetenschappers een kilogram te kunnen definiëren als een superzuivere bol van mono-kristallijn silicium van een bepaalde afmeting.

Ondanks het feit dat silicium een basisingrediënt is van computerchips en er dus op industriële schaal zuiver silicium geproduceerd wordt, lukt het voorlopig nog niet om de siliciumbollen voldoende zuiver en regelmatig te laten groeien.

Gelukkige metrologendag

Als alles goed gaat, en het Comité international des poids et mesures zijn fiat geeft, zal "Le Grand K" op 20 mei 2019 - metrologendag - vervangen worden door de nieuwe definitie van de kilogram, gebaseerd op de constante van Planck.

Voor u en mij zal er die dag niets veranderen, we zullen er niet meer of minder van gaan wegen. Maar eens de kilogram gekoppeld is aan een constante , zal de eenheid eens en voor altijd overal in het universum gelijk blijven.

DUITSE KILOKOGEL VAN SILICIUM VERKOCHT AAN TAIWAN II

Klas	4 v
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen; Chemisch rekenen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Rooster, berekeningen
Trefwoorden	Atoombinding, eenheidscel, volume bol, tetraëder, mol
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.rd.nl, 27 januari 2018

Duitse kilokogel van silicium verkocht aan Taiwan



Het is een kogel van silicium van nog geen 10 centimeter diameter en weegt precies 1 kilo. Dit glanzende voorwerp is een prototype van de nieuwe Duitse standaardkilo en is voor een miljoen euro verkocht aan Taiwan. Dat meldt het natuurkundig instituut PTB in Braunschweig.

De huidige standaardkilo ligt in Parijs, maar moet in 2019 vervangen worden omdat er afwijkingen zijn ontstaan in vergelijkingen met de controle-exemplaren.

Net als bij de meter zoeken wetenschappers naar natuurkundige formules om deze eenheid te berekenen. De formule voor de kilo kan worden berekend via de constante van Planck, aangeduid met h .

Er is alleen onenigheid over hoe die constante berekend moet worden. Amerikanen gebruiken een speciale Kibble-weegschaal terwijl Duitsers het aantal atomen in een bol zuiver silicium tellen.

Op 20 mei 2019 wordt de precieze formule voor de kilo vastgesteld. Vooruitlopend daarop heeft Duitsland alvast acht standaardkilo's gemaakt.

Bron: ANP

De auteur van het artikel heeft alledaagse taal gebruikt.

- 1 Leg uit welke woorden jij in het artikel zou veranderen zodat het natuurwetenschappelijke taal wordt.
- 2 Waarom is deze kogel door de Duitsers gemaakt?

De kogel is gemaakt van silicium.

- 3 Welke binding is tussen de siliciumatomen in de kogel aanwezig?
- 4 In welke ruimtelijke structuur zijn de siliciumatomen gerangschikt?
- 5 Teken een stukje van deze ruimtelijke structuur.

Volgens het artikel tellen de Duitsers het aantal atomen in een bol zuiver silicium.

Gegeven: 1 mol stof bevat $6,02 \cdot 10^{23}$ atomen van die stof

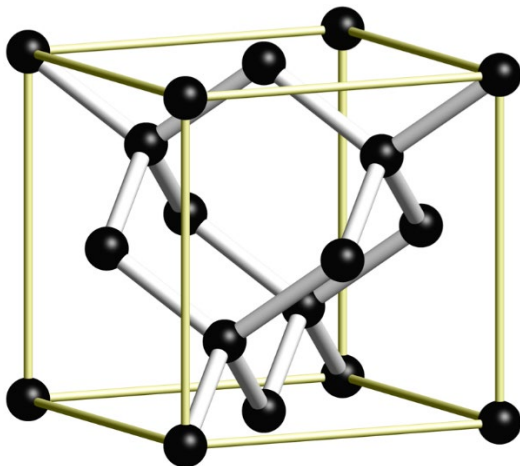
- 6 Bereken hoeveel atomen silicium dan aanwezig zijn in de bol.

Diameter kogel

De kogel heeft, volgens het artikel, een diameter “van nog geen 10 cm”. Aan de hand van de volgende vragen ga je de diameter berekenen.

De eenheidscel waaruit silicium is opgebouwd staat in figuur 1. Het is een kubus waarvan de lengte van een ribbe $5,4310 \cdot 10^{-8}$ cm is.

- 7 Bereken het volume van één eenheidscel.



Figuur 1 De eenheidscel van silicium

Er liggen 4 Si-atomen geheel binnen in de kubus. Op de hoekpunten van de kubus liggen siliciumatomen die ook deel uitmaken van naastliggende kubussen en dus gedeeltelijk ook daartoe gerekend moeten worden. Dat geldt ook voor 6 siliciumatomen die midden in de zijvlakken van de kubus liggen.

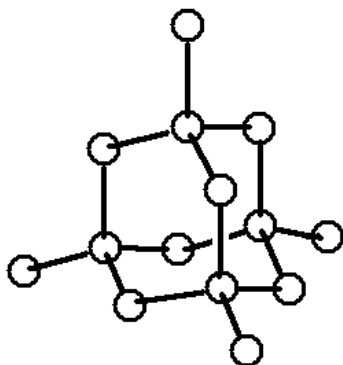
- 8 Leg uit dat in één eenheidscel rekenkundig 8 siliciumatomen aanwezig zijn.
- 9 Bereken met behulp van je antwoorden op vraag 6 en 8 hoeveel eenheidscellen in de kogel aanwezig zijn.
- 10 Bereken welk totaal volume alle cellen innemen.

De formule voor het volume van een kogel is $\frac{4}{3} \pi r^3$, waarin r de straal is van de kogel/bol.

- 11 Bereken de diameter van de kogel.
- 12 Waarom maakten de Duitsers meer dan één standaardkilogram?

Duitse kilokogel van silicium verkocht aan Taiwan II

- 1 Kilogram gebruiken in plaats van kilo. Kilo staat voor 1000, maar is geen eenheid. "Weegt" vervangen door "heeft een massa van". (Gewicht hangt af van de waarde van g, de massa niet.)
- 2 De huidige standaardkilogram moet in 2019 vervangen worden.
- 3 Atoombinding.
- 4 Tetraëder.
- 5



O stelt Si-atoom voor

- 6 $1,00 \cdot 10^3 \text{ g Si} \equiv 1,00 \cdot 10^3 / 28,09 = 35,6 \text{ mol Si} \equiv 35,6 \times 6,02 \cdot 10^{23} = 2,14 \cdot 10^{25} \text{ Si-atomen.}$
- 7 $V = l^3 = (5,4310 \cdot 10^{-8})^3 = 160,19 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^3 = 1,6019 \cdot 10^{-22} \text{ cm}^3.$
- 8 4 Si-atomen liggen binnen de eenheidscel dus die tellen volledig mee. 8 Si atomen liggen op de hoekpunten van de kubus. Elk van deze Si-atomen maakt deel uit van 8 eenheidscellen, dus tellen voor 1/8 mee: $8 \times 1/8 = 1$. 6 Si atomen liggen in de zijvlakken van de eenheidscel. Elk vlak grenst aan een andere eenheidscel, dus een atoom telt voor de helft mee: $6 \times 1/2 = 3$. In totaal dus $4 + 1 + 3 = 8$ Si-atomen.
- 9 Er zijn aanwezig $2,14 \cdot 10^{25} \text{ Si-atomen} \equiv 2,14 \cdot 10^{25} / 8 = 2,675 \cdot 10^{24} \text{ eenheidscellen.}$
- 10 $2,675 \cdot 10^{24} \text{ eenheidscellen} \equiv 2,675 \cdot 10^{24} \times 1,6019 \cdot 10^{-22} \text{ cm}^3 = 428,535 \text{ cm}^3$
- 11 $4/3 \pi r^3 = 428,535 \text{ cm}^3 \rightarrow r = 4,676 \text{ cm} \rightarrow d = 9,352 \text{ cm.}$ Als je tussendoor niet afrondt, kom je op 4,679 cm uit, dus $d = 9,358 \text{ cm.}$ Maar gelet op de significantie van $6,02 \cdot 10^{23}$ zou je het antwoord op 3 cijfers significant moeten weergeven: $r = 4,68 \text{ cm}$ en $d = 9,36 \text{ cm.}$
- 12 Je kunt ze verkopen en er geld mee verdienen.

Artikel: <https://www.rd.nl/vandaag/buitenland/nieuwe-duits-kilo-verkocht-aan-taiwan-1.1463495>

Extra informatie

Bron: <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2017/11/08/de-fysieke-kilo-wordt-lichter-maar-heeft-binnenkort-afgedaan/>



De kilo, "Le Grand K", die bewaard wordt onder drie glazen stolpen, in een speciale kluis in Saint-Cloud, nabij Parijs

De fysieke kilo wordt lichter, maar heeft binnenkort toch afgedaan

De kilogram is de laatste eenheid van het metrieke stelsel van standaardeenheden die nog afhangt van een nauwkeurig ontworpen fysiek object. Maar met dat prototype zijn er problemen en wetenschappers willen dan ook zo snel mogelijk naar een meting die niet langer afhangt van een fysiek object maar van een natuurkundige constante. Op 20 mei 2019 is het, als alles goed gaat zo ver, en dan mag "Le Grand K", het prototype van de kilo, verhuizen naar het museum.

Luc De Roy, wo 08 nov 2017

Een kilo werd oorspronkelijk, in 1795, in Frankrijk gedefinieerd als het gewicht van een kubieke decimeter water met de temperatuur van smeltend ijs. Toen natuurkundigen enkele jaren later, in 1799, de massa precies gingen bepalen, besloten ze echter water te nemen met de temperatuur waarop water zijn hoogste dichtheid heeft, zo'n 4 graden Celsius. Datzelfde jaar werd er ook een prototype van platina gemaakt dat zo dicht mogelijk die massa moest benaderen, de kilogram des Archives, en die was de volgende 90 jaar de standaard voor een kilogram.

In 1889 werd de standaard een nieuw prototype, de "international prototype kilogram". In de metrologie - de leer van de maten en gewichten om het eenvoudig te zeggen - wordt daar vaak naar verwezen als de "IPK", en de IPK wordt ook "Le Grand K" genoemd.

De IPK werd in 1879 gemaakt van een legering van 90 procent platina en 10 procent iridium, en het is een cilinder met een doormeter en een hoogte van zo'n 39 millimeter. De toevoeging van het iridium maakt dat de IPK veel harder is dan de kilogram des Archives, en dus minder makkelijk beschadigd kan worden.

De IPK wordt samen met zes "zusterkopieën" bewaard in een speciale kluis in de kelder van het Pavillon de Breteuil in Saint-Cloud, door het eerbiedwaardige Bureau Internationale des Poids et Mesures (BIPM), dat vroeger ook de standaardmeter

bewaarde, en nu een belangrijke rol speelt in het handhaven van een nauwkeurige tijdsmeting wereldwijd. Het maakt een gemiddelde van de officiële atoomtijden van de lidstaten en komt zo tot de officiële Coordinated Universal Time (UTC).

Het bureau wordt als zo belangrijk beschouwd dat het een aparte status heeft: het is geen internationaal grondgebied zoals soms beweerd wordt, maar het geniet wel van een zekere mate van immuniteit, en werd in de Tweede Wereldoorlog dan ook niet bezet door de Duitsers. Overigens wordt ook vaak gezegd dat het BIPM in Sevres gevestigd is. De ingang ligt inderdaad in die buurgemeente van Saint-Cloud, en ook de postcode van het BIPM is die van Sevres, maar de gebouwen liggen wel degelijk op het grondgebied van Saint-Cloud.

50 microgram

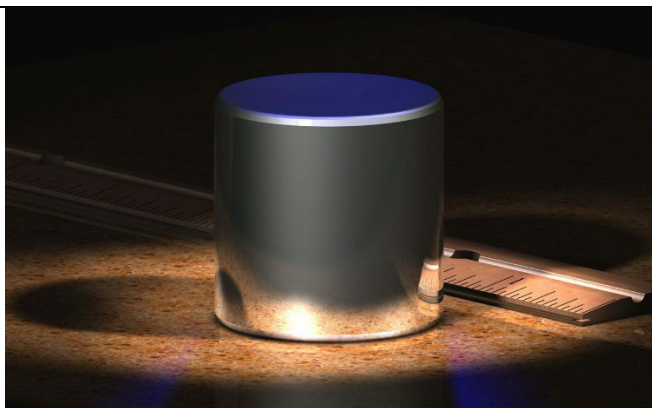
Van de standaardkilogram zijn officiële kopieën gemaakt, tien die in Saint-Cloud zelf bewaard worden om er mee te werken, en tientallen andere die naar andere landen werden gestuurd om er te dienen als nationale standaard. Ons land heeft er zo twee, de nummers 28 en 37.

Om na te gaan of de massa van de IPK in de loop van de tijd verandert, worden er af en toe "periodic verifications" ondernomen, waarin de massa van het prototype in Saint-Cloud vergeleken wordt met de massa van een aantal kopieën. En daar is een probleem opgedoken.

Er blijken namelijk verschillen te zijn tussen het gewicht van de standaardkilo en zijn kopieën, en intussen is het verschil tussen het gewicht van de IKP en het gemiddelde van de kopieën opgelopen tot 50 microgram, 50 miljoensten van een gram. Mogelijk heeft de IKP 50 microgram of zelfs meer verloren in vergelijking met de kopieën, mogelijk hebben de kopieën massa bijgewonnen. Hoe dan ook staan de wetenschappers voor een raadsel, want ze kennen geen plausibel mechanisme dat de afname van de massa van de IKP, of de toename van de massa van de kopieën zou kunnen verklaren.

50 microgram op een kilogram, dat is absoluut niet veel, het is zowat het gewicht van de huidolie die een vingerafdruk achterlaat. En zelfs de nauwkeurigste kalibratie die de meetinstituten uitvoeren, is maar tot op 160 microgram nauwkeurig. Maar er zijn neveneffecten waarmee men rekening moet houden: ook de waarde van de eenheden van stroomsterkte, spanning, kracht en druk hangen indirect af van de kilogram. En als de waarde daarvan onzeker wordt, dan delen ook de ampère, volt, newton en pascal in de klappen.

Daarom willen metrologen de kilogram dringend ook wiskundig gaan definiëren in verhouding met een natuurkundige constante. Met de andere standaardeenheden van het SI-stelsel (Internationale Stelsel van Eenheden, *Système international d'unités*) is dat al gebeurd, zo is een meter intussen de afstand die licht aflegt in $1/299.792.458$ seconde, en een seconde wordt dan weer gedefinieerd als 9,192,631,770 perioden van een bepaald soort cesiumatoom.



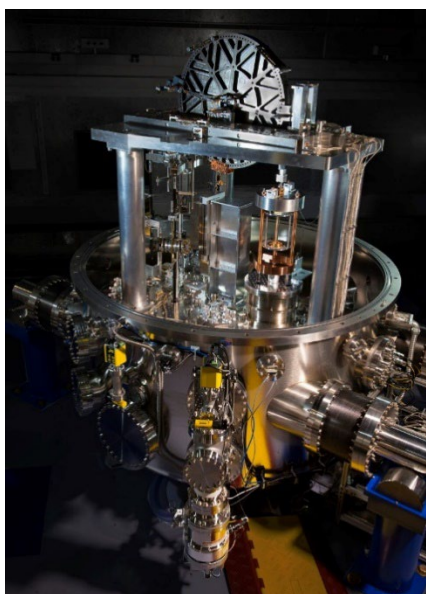
Constante van Planck

Om van de fysieke kilogram af te raken, willen de metrologen zich baseren op de constante van Planck. Dat is een onveranderlijke natuurkundige waarde uit de kwantumfysica, die de verhouding uitdrukt tussen de frequentie van een deeltje en zijn energie.

Rood licht heeft een lagere frequentie, en minder energie, dan blauw licht, en om te berekenen wat het verschil in energie is, wordt de constante van Planck gebruikt. En energie is ook uit te drukken als massa, dankzij Einsteins beroemde formule $E = m \cdot c^2$.

De constante van Planck is een bijzonder klein getal, $6.62607004 \cdot 10$ tot de min 34e, wat neerkomt op zes tiende van een miljoenste van een miljardste van een miljardste van een miljardste. Het probleem is dat men de constante nog niet tot op erg veel cijfers na de komma heeft kunnen meten, in elk geval nog niet nauwkeurig genoeg voor de eisen die het BIPM stelt om te komen tot een nieuwe definitie van de kilogram. Daar wordt momenteel aan gewerkt, en er is ook al vooruitgang in geboekt.

Het BIPM heeft immers voorwaarden gesteld: het wil drie onafhankelijk van elkaar uitgevoerde metingen van de constante van Planck, die de waarde van de kilogram moeten kunnen vastleggen met een foutenmarge die kleiner is dan 50 microgram, en één meting daarvan moet zelfs een foutenmarge hebben die kleiner is dan 20 microgram.



Kibble-weegschaal

Uit de natuurkunde weten we dat er een verband is tussen elektrische lading en massa, en het toestel dat gebruikt wordt om dit te meten, is een wattweegschaal of een Kibble-weegschaal.

De Kibble-weegschaal werkt op een soortgelijke manier als een klassieke weegschaal - ze vergelijkt twee verschillende krachten -, maar ze vervangt zwaartekracht door elektromagnetisme. In feite wordt de kilogram dus gedefinieerd door de hoeveelheid stroom en spanning die nodig is om een kilogram aan massa op te tillen met een magnetisch veld.

Maar daarvoor is een nauwkeurige waarde voor de constante van Planck nodig, en daar wordt dus nog volop aan gewerkt.

Een probleem is wel dat als de nieuwe definitie van de kilogram zal afhangen van een Kibble-weegschaal, dat dan voorlopig slechts weinig landen over een dergelijk instrument zullen kunnen beschikken. Een Kibble-weegschaal is immers een extreem precies en duur instrument, waarvan een aantal onderdelen geregeld zeer nauwkeurig gekalibreerd moeten worden. Niet veel landen beschikken momenteel over de knowhow en de fondsen om een Kibble-weegschaal te kunnen bouwen en te laten werken. Momenteel staan er enkel in de VS, het Verenigd Koninkrijk, Zwitserland, Frankrijk en Canada.

De constante van Avogadro



Om een slag om de arm te houden, werken metrologen ook nog aan een andere, complementaire manier om de standaard kilogrammen van platina en iridium te vervangen door een high-tech variant, die gebaseerd is op de constante van Avogadro.

Die constante is het aantal atomen in een bepaalde eenheid van een stof, die een mol genoemd wordt. In tegenstelling met de constante van Planck, die een erg klein getal is, is de constante van Avogadro een erg groot getal: $6,02 \times 10^{23}$ namelijk, of 602.000.000.000.000.000.000.

Aan de hand van dat getal, en omdat het gewicht van silicium-atomen erg precies bekend is, en silicium een erg regelmatige kristalstructuur heeft, hopen de wetenschappers een kilogram te kunnen definiëren als een superzuivere bol van mono-kristallijn silicium van een bepaalde afmeting.

Ondanks het feit dat silicium een basisingrediënt is van computerchips en er dus op industriële schaal zuiver silicium geproduceerd wordt, lukt het voorlopig nog niet om de siliciumbollen voldoende zuiver en regelmatig te laten groeien.

Gelukkige metrologendag

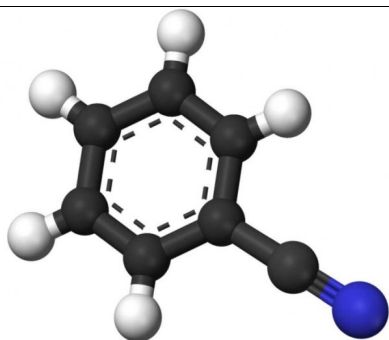
Als alles goed gaat, en het Comité international des poids et mesures zijn fiat geeft, zal "Le Grand K" op 20 mei 2019 - metrologendag - vervangen worden door de nieuwe definitie van de kilogram, gebaseerd op de constante van Planck.

Voor u en mij zal er die dag niets veranderen, we zullen er niet meer of minder van gaan wegen. Maar eens de kilogram gekoppeld is aan een constante, zal de eenheid eens en voor altijd overal in het universum gelijk blijven.

BENZONITRIL UIT DE RUIMTE

Klas	5,6 v
Subdomein	Vakmethodes en veiligheid
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Spectrometrie
Trefwoorden	Interstellaire ruimte, benzonitril, IR-spectrometrie
Vaardigheidsvraag	Informatie-begripsvraag

www.c2w.nl, 11 januari 2018



Benzonitril uit de ruimte

Benzonitril gaat de geschiedenisboeken in als het eerste aromatische molecuul dat met radiospectrometrie is aangetoond in de interstellaire ruimte. Amerikaanse astrochemici stelden een eenduidige vingerafdruk samen die ze ergens in de dierenriem daadwerkelijk hebben teruggevonden, schrijven ze in *Science*.

Een echte verrassing is dat benzonitril (C_6H_5CN) niet. Vrijwel iedereen gaat er van uit dat de interstellaire ruimte vol zit met alle mogelijke aromaten, al dan niet polycyclisch. Ongeïdentificeerde infraroodstraling uit het heelal wordt daar grotendeels aan toegeschreven. Maar de IR-spectra van die verbindingen lijken zo veel op elkaar dat je er nauwelijks de signatuur van één specifiek molecuul tussenuit kunt vissen. Alleen van 'kaal' benzeen (C_6H_6) is de aanwezigheid op een paar plekken in het heelal keihard aangetoond.

Vandaar dat Brett McGuire en collega's het nu hebben geprobeerd met radiospectrometrie, waarmee je een heel ander frequentiegebied bestrijkt dan met IR. Zo kun je met name rotationele transitie zien in moleculen die er voldoende dipoolmoment voor hebben. In het lab werd een voorspelling samengesteld van het radiospectrum van benzonitril, in het frequentiegebied tussen 7 en 29 GHz. Met de Robert C. Byrd Green Bank-telescoop in de staat West Virginia keken de onderzoekers vervolgens naar de TMC-1 nevel in het sterrenbeeld Stier, die bekend staan om zijn relatief gevarieerde chemie. Inderdaad vonden ze daar acht van de negen sterkste rotationele transitie die je van benzonitril verwacht bij de temperatuur van 5 tot 10 K die eerder in die wolk is gemeten. Het kán haast niets anders zijn.

Hoe benzonitril in die omgeving precies kan ontstaan, lijkt nog door niemand te zijn onderzocht. Voor de hand ligt dat het ontstaat uit benzeen, al dan niet door te reageren met de cyanopolyynen waar TMC-1 om bekend staat. Maar bestaande modellen blijken de waargenomen benzonitrilhoeveelheden niet te kunnen voorspellen dus er moet meer aan de hand zijn.

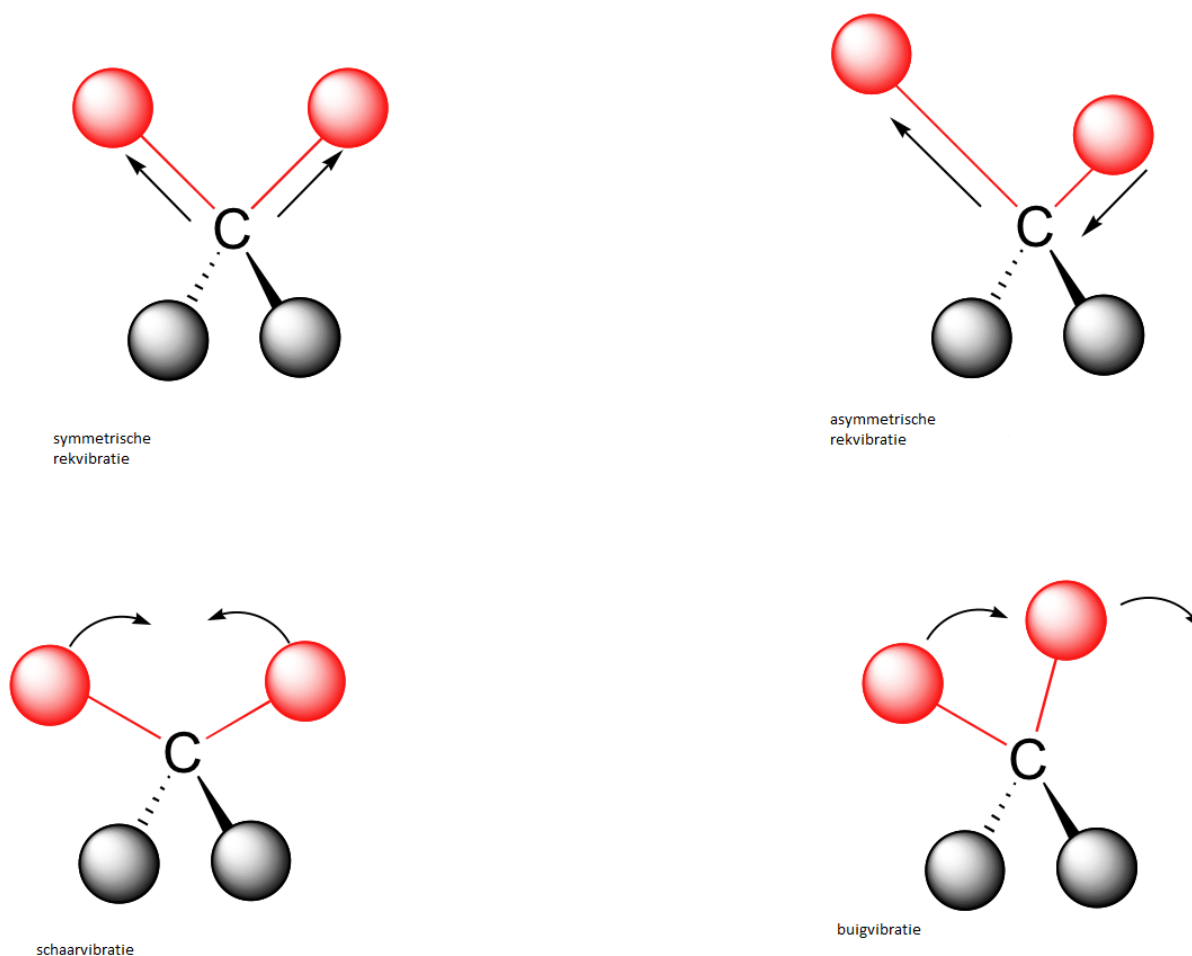
bron: *Science*

Astrochemici beoefenen scheikunde op afstand. Met behulp van spectra proberen ze de aanwezigheid van moleculen in de interstellaire ruimte aan te tonen. Die moleculen 'verraden' zich door hun wisselwerking met licht van bepaalde golflengtes. Bij spectrometrie laat je licht van een bepaalde golflengte vallen op een stof. Bij een bepaalde golflengte hoort een hoeveelheid energie: $E = h\nu$, waarin ν de frequentie van het licht voorstelt.

- 1 Beredeneer of licht uit het Infrarood-gebied (IR-gebied) meer of minder energie levert dan licht uit het uv-gebied.

Infrarood spectrometrie

In het infrarood gebied kunnen moleculen licht van een bepaalde frequentie absorberen, waarbij in het molecuul vibraties en rotaties optreden. In figuur 1 staan mogelijke vibraties in het CH₄ molecuul.

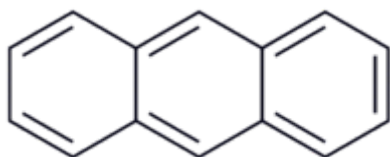


Figuur 1 Vibraties in een CH₄ molecuul

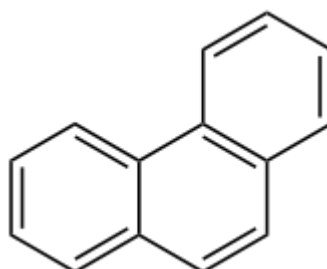
- 2 Leg uit wat er bij de vibraties in figuur 1 gebeurt met de bindingshoeken in het molecuul.
- 3 Leg uit wat er bij de vibraties in figuur 1 gebeurt met de bindingslengte van de atoombindingen.

In het artikel staat dat de IR-spectra van de polycyclische aromaten zo op elkaar lijken dat je er nauwelijks de handtekening van één specifiek molecuul tussenuit kunt vissen.

In figuur 2 staan de structuurformules van twee polycyclische aromaten: een naftaleenmolecuul (links) en een fenantreenmolecuul (rechts).



Structuurformule naftaleenmolecuul
Figuur 2



Strucutuurformule fenantreenmolecuul

- 4 Leg met behulp van vibraties uit waarom de moleculen van naftaleen en fenantreen in het IR-gebied ongeveer hetzelfde spectrum opleveren.

Radiospectrometrie

Met de radiospectrometrie die door de Amerikaanse onderzoekers is toegepast kun je, vanwege het andere frequentiegebied, de verschillende rotaties in moleculen meten. Bij rotaties draaien de atomen van één atoombinding ten opzichte van elkaar, waardoor de rest van het molecuul meedraait.

- 5 Teken ruimtelijk twee situaties bij een rotatie om de C—C –binding in een C_2H_6 molecuul.

De onderzoekers hebben nu benzonitrilmoleculen aangetoond in de TMC-1 nevel in het sterrenbeeld stier.

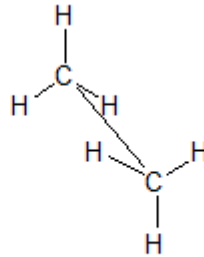
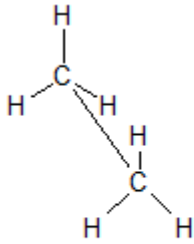
- 6 Teken de structuurformule van het benzonitrilmolecuul.
- 7 Leg uit hoe de onderzoekers hebben aangetoond dat het om benzonitril gaat.
- 8 Leg uit waarom het met radiospectrometrie wel mogelijk is om benzonitril aan te tonen maar polycyclische aromaten zoals naftaleen niet.

De TMC-1 nevel staat bekend om zijn relatief gevarieerde chemie met veel cyanopolyynen, waarvan HC_3N de eenvoudigste is. De algemene formule is HC_nN , waarbij n oneven is.

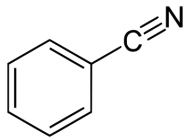
- 9 Teken de structuurformule van HC_3N .
- 10 Leg uit waarom n oneven moet zijn in de algemene formule voor cyanopolyynen.
- 11 Leg uit waarom je kunt verwachten dat benzonitril in de TMC-1 nevel ontstaat.

Benzonitril uit de ruimte

- 1 De golflengte van licht in uv-gebied is kleiner, dus de frequentie hoger dan van licht in IR-gebied. Dit betekent dat de energie van licht in uv-gebied groter is.
- 2 Bij het strekken blijven de bindingshoeken gelijk, maar bij het buigen veranderen de bindingshoeken.
- 3 Bij het strekken verandert de bindingslengte en bij het buigen niet.
- 4 De moleculen lijken veel op elkaar: ze hebben dezelfde typen bindingen, dezelfde bindingshoeken en ze liggen beide in een plat vlak. Dit betekent dat er ongeveer dezelfde vibraties op kunnen treden, waardoor de spectra erg op elkaar lijken.
- 5



6



- 7 Ze hebben een radiospectrum van benzonitril vergeleken met het radiospectrum dat ze kregen uit de TMC-1 nevel. Ze vonden 8 van de 9 sterkste rotationele transitie die je kunt verwachten van benzonitril.
- 8 Benzonitril heeft een dipoolmoment door de CN binding. Naftaleen heeft geen dipoolmoment.
- 9 $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{N}$
- 10 Bij een even waarde voor n zijn er meer H-atomen nodig om een molecuul te kunnen maken.
- 11 In TMC-1 nevel zijn organopolyyenen (CN-verbindingen) en benzeen aanwezig. Daaruit kan dan benzonitril ontstaan.

FDCA-RACE NAAR DE MARKT

Klas	5,6 v
Subdomein	Industriële processen en Groene Chemie
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Nieuwe toepassingen, hydrolyse, redox
Trefwoorden	FDCA, HMF, MMF, FDCE, fructose, biotechnologisch, Avantium, Corbion
Vaardigheidsvraag	Informatie-begripsvraag

www.c2w.nl, 13 februari 2018

FDCA-race naar de markt



Bij de productie van het nieuwe basismolecuul furaandicarbonzuur denk je waarschijnlijk gelijk aan Avantium en chemie. Maar volgens Corbion kan het ook prima biotechnologisch.

Met de acquisitie van het biotechonderzoeksbureau Bird-engineering in 2013 kreeg Corbion de technologie in handen om furaandicarbonzuur (FDCA) via een biotechnologische route te maken. ‘We zijn marktleider voor melkzuurproductie en maken ook barnsteenzuur via fermentatie uit suikers. Die infrastructuur kunnen we uitstekend benutten om FDCA te maken. Dit proces past gewoon bij ons.’

Datzelfde geldt voor Avantium, dat in 2000 werd opgericht als spin-off van Koninklijke Shell. ‘Toen Avantium de technologieontwikkeling voor FDCA startte, was al het onderzoek gebaseerd op chemische katalyse’, zegt Victor Vreeken, chief technology officer van Synvina, de joint venture van BASF en Avantium. Synvina ontwikkelt nu de productie van FDCA en het daarmee vervaardigde polymeer polyetheenfuranoaat (PEF) verder tot een duurzaam *biobased* verpakkingsmateriaal voor de voedsel- en drankindustrie.

Economisch interessant

PEF is de potentiële vervanger van het plastic PET (polyetheentereftalaat), gemaakt uit fossiele grondstoffen. PEF blijkt betere gasbarrière-eigenschappen voor koolstofdioxide en zuurstof en betere mechanische eigenschappen te bezitten. Daardoor biedt het voordelen op het gebied van duurzaamheid en prestatie. ‘Verder blijkt uit proeven dat de bestaande recyclingsystemen compatibel zijn met PEF, zodat er geen nieuwe systemen nodig zijn. Het

European PET Bottle Platform bevestigde dit onlangs', vertelt Vreekens. Met de huidige optische sorteersystemen kun je PEF eenvoudig scheiden van PET en andere kunststoffen.

Voor FDCA is fructose de ideale uitgangstof. Het heeft precies dezelfde ringstructuur. 'We hebben twee stappen nodig om daarvan FDCA te maken', legt Lankveld uit. 'Eerst maken we de intermediair 5-hydroxymethylfurfural (HMF) door de hydroxylgroepen van fructose af te halen.' Dit gebeurt door verhitting, waarbij ook bijproducten ontstaan.

Het voordeel is dat de gebruikte productiestam *Pseudomonas putida* niet zo kieskeurig is en de bijproducten gewoon als koolstofbron gebruikt voor groei. Die bacterie komt oorspronkelijk uit de bodem en is vaak ingezet om de bodemreiniging bij benzinestations te reinigen. 'In drie enzymatische stappen zet zij HMF in de tweede stap om in FDCA, bijna 100 % selectief. Wanneer je geen furanen-lookalikes hebt, maakt dat de opzuivering een stuk eenvoudiger. Voor polymerisering is de zuiverheid van het monomeer van groot belang.'

De chemische route verloopt op basis van de YXY-technologie van Avantium. Fructose dehydrateer je met een zure katalysator tot het tussenproduct methoxymethylfurfural (MMF) of een ander alkoxymethylfurfural (RMF). 'In water krijg je het instabiele HMF, maar als je een alcohol zoals methanol als oplosmiddel gebruikt, krijg je MMF. Dat maakt de reactie economisch interessant.' In de tweede chemische katalytische stap in azijnzuur oxideer je MMF tot FDCA en zuiver je het. 'Een duidelijk voordeel van de chemische katalyseroute is dat de conversie veel sneller gaat, waardoor de apparatuur klein kan blijven', zegt Vreekens.

Geaccepteerd krijgen

Wordt het straks kiezen voor de beste route? Voorlopig niet, vindt Vreekens. 'De industrie heeft al laten zien dat verschillende processen naast elkaar kunnen bestaan, zelfs voor grootschalige basisproducten. Uiteindelijk bepalen de productiekosten in relatie tot de productkwaliteit het succes van een bepaalde technologie. Dankzij het brede scala aan mogelijke toepassingen is de potentiële markt voor FDCA groot. Nu vooral voor PEF, maar op de langere termijn ook voor polyamides, polyurethanen en esters.'

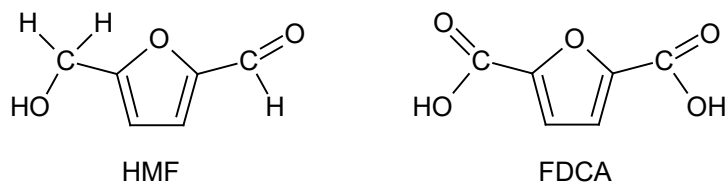
Lankveld is vooral verheugd dat er zoveel partijen bezig zijn met dit molecuul en de marktontwikkeling van PEF. 'Het gaat er uiteindelijk om dat je een nieuw materiaal geaccepteerd krijgt naast een materiaal dat al tientallen jaren bestaat en een sterke dominantie heeft. Er is een gedeeld belang', verduidelijkt hij. 'Het gaat er nu niet om welke route het beste is, maar om de marktontwikkeling voor PEF. De markt voor PET is tientallen miljoenen ton groot. Als je begint met een FDCA-fabriekje van 50 kiloton is dat de bekende druppel op de gloeiende plaat. Nu er meerdere partijen actief zijn, waaronder grote spelers als BASF en Dupont (die laatste zet in op de variant furaandicarbonzuurmethylester, FDCE, red.), groeit het vertrouwen bij afnemers dat het materiaal er ook echt gaat komen. Ja, er is zeker plaats voor meerdere fabrieken, en voor meerdere spelers.'

De stof FDCA is een grondstof voor het maken van de plastic PEF, de potentiële vervanger van de plastic PET.

Het bedrijf Avantium startte al eerder een chemische route voor de productie van FDCA.

Biotechnologisch

Het bedrijf Corbion is bezig met onderzoek naar de biotechnologische route voor de productie van FDCA. Daarbij is fructose de ideale uitgangsstof. Eerst maken ze het intermediair HMF uit fructose. De structuurformules van een HMF molecuul en een FDCA molecuul staan in figuur 1 zijn:



Figuur 1

- 1 Zoek in Binas de structuurformule van het fructosemolecuul op. Leg uit waarom fructose de ideale uitgangsstof is voor het produceren van FDCA.

De eerste stap in het biotechnologische proces is de omzetting van fructose in HMF.

- 2 Geef de reactie in structuurformules voor de omzetting van fructose in HMF.

Bij de volgende stappen treden redoxreacties op waarbij de alcohol-groep en de aldehydegroep beide omgezet worden in een carboxylgroep. De alcoholgroep wordt daarbij eerst omgezet in een aldehydegroep.

- 3 Geef in structuurformules de enzymatische stappen van de omzetting van HMF in FDCA in halfreacties weer.

Chemische katalyse

Het bedrijf Avantium is al langer bezig om FDCA te produceren, maar dan via chemische katalyse. Ook daarbij is fructose de uitgangsstof. Fructose wordt met behulp van een zure katalysator omgezet in het tussenproduct MMF. In de tweede chemische katalytische stap oxideer je MMF tot FDCA.

- 4 Waarom is gekozen om als tussenproduct MMF te maken en niet HMF?
- 5 Welk groot voordeel heeft de chemische katalyseroute ten opzichte van de biotechnologische route?

Ook andere bedrijven zoals BASF en DuPont zijn actief op dit terrein. Zo zet het bedrijf DuPont in op de variant furaandicarbonzuurmethylester, FDCE.

- 6 Geef de structuurformule van de di-methylester van FDCA.
- 7 Leg uit welke alcohol gebruikt is om de di-methylester van FDCA te maken.
- 8 Geef de reactievergelijking van de vorming van de di-methylester van FDCA in structuurformules weer.

PEF

Uiteindelijk moet er uit het geproduceerde FDCA de polymeer PEF gemaakt worden. PEF is de polyester van FDCA en glycol.

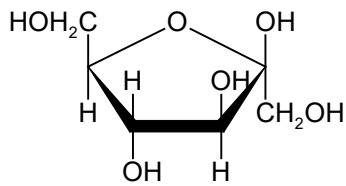
- 9 Teken de repeterende eenheid in de keten van het PEF-molecuul.

PEF heeft meerdere voordelen vergeleken met PET.

10 Geef aan welke voordelen er genoemd worden.

FDCA-race naar de markt

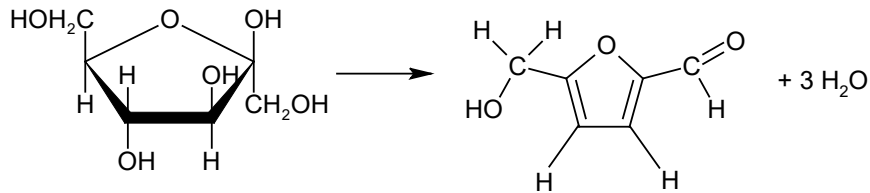
1 Structuurformule fructose:



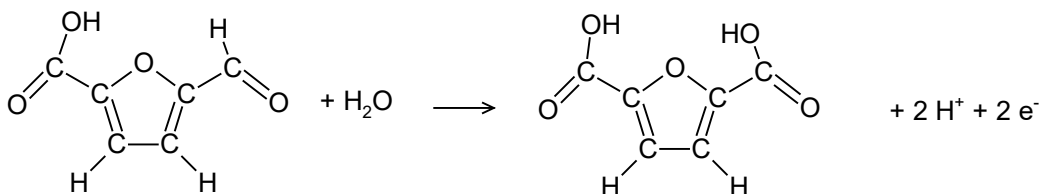
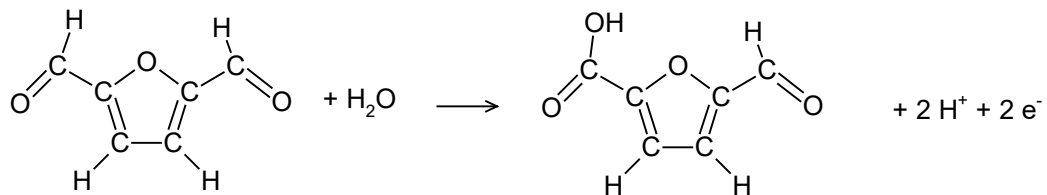
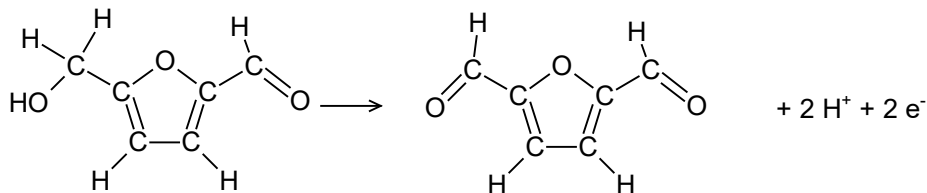
Molecuulformule fructose: $C_6H_{12}O_6$.

Het fructosemolecuul heeft dezelfde ringstructuur als FDCA.

2



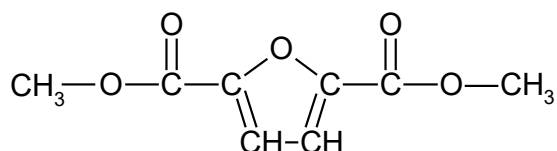
3



4 Het tussenproduct MMF is veel stabielere dan HMF. Dat maakt de reactie economisch gezien interessanter.

5 De snelheid van omzetting is bij biotechnologische route veel lager.

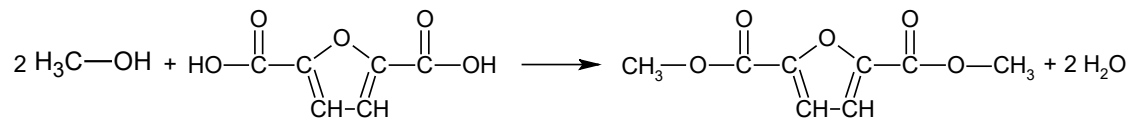
6



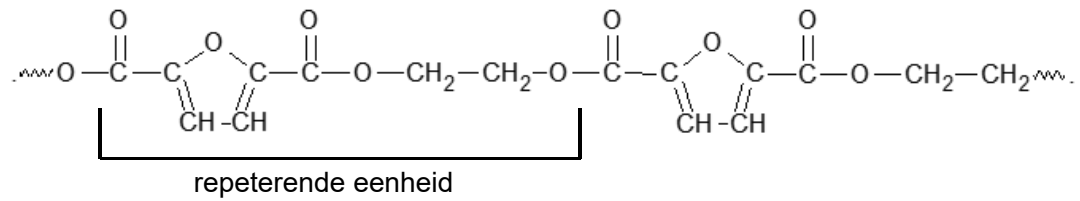
7 De benaming 'dimethyl' geeft aan welk alcohol gebruikt is: methanol.

Methanol + FDCA $\rightarrow$ dimethylester van FDCA + water.

8



9



- 10 PEF is een duurzaam biobased verpakkingsmateriaal. PEF heeft betere gasbarrière-eigenschappen voor koolstofdioxide en zuurstof. Bovendien bezit het betere mechanische eigenschappen. Verder zijn bestaande recyclingsystemen ook geschikt om PEF te verwerken.

HYDROZINE

Klas	5 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Verbranding, elektrochemische cel
Trefwoorden	Mierenzuur, waterstof, koolstofdioxide, hydrozine, duurzaam, Engelstalig artikel
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.teamfast.nl januari 2018

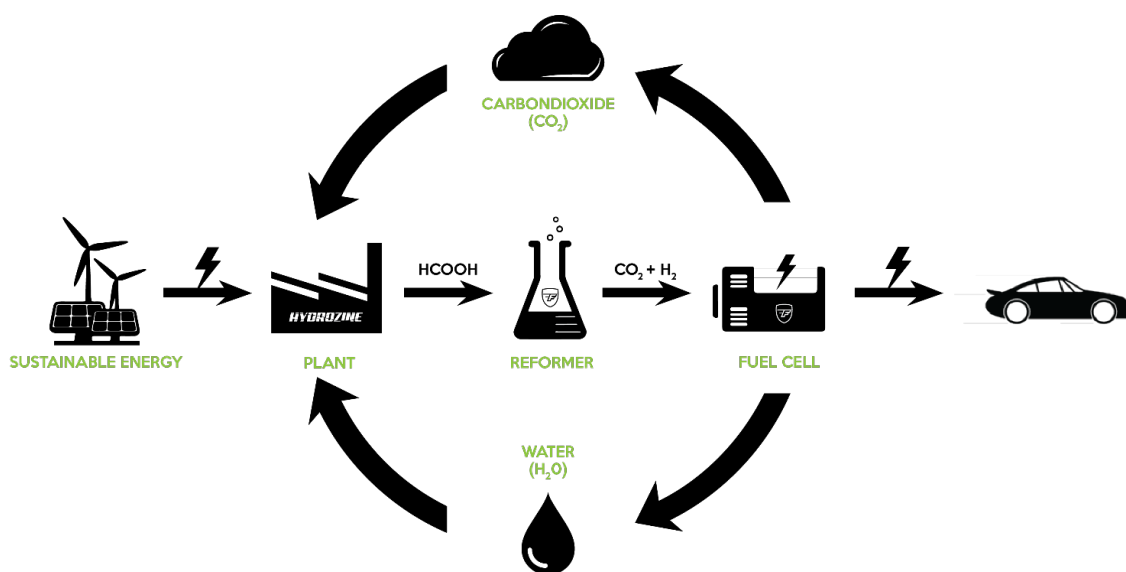
Hydrozine

Our idea to help solve climate change is to use Hydrozine as a liquid energy carrier. Energy can be stored inside Hydrozine to be used any time and place and the use of Hydrozine is carbon neutral! Our system converts Hydrozine into electrical energy on any location. The system relies on a catalytic reaction which transforms the Hydrozine into hydrogen and carbon dioxide.

Production Hydrozine

Hydrozine is sustainably produced from formic acid. For Team FAST sustainable production of formic acid is extremely important. Hydrozine technology is only sustainable if the whole chain is durable. Therefore, formic acid should be produced in a sustainable manner. There are two methods to produce formic acid sustainably. Firstly, formic acid can be extracted from plants. However, this method is still in the research phase and the future prospects are being investigated.

Secondly, carbon dioxide can be mixed with water with the addition of sustainable electricity to create Hydrozine. The carbon dioxide used to create the Hydrozine is exhausted thus our process is carbon neutral. The carbon dioxide can be gathered in multiple ways, ranging from manure plants to paint factories. Our partner Voltachem is currently creating a 1 MW power plant to produce Hydrozine.



www.teamfast.nl

Het team FAST is bezig om de stof mierenzuur als brandstof voor de toekomst te introduceren. In de tekening is het proces schematisch weergegeven.

- 1 Geef de reactievergelijking van de vorming van mierenzuur uit koolstofdioxide en waterstof.
- 2 Laat via een berekening zien dat deze omzetting energie oplevert.

In een auto kan mierenzuur weer omgezet worden in koolstofdioxide en waterstof waarna de waterstof in een brandstofcel “verbrand” wordt zodat energie geleverd wordt.

- 3 Leg zonder berekening uit dat deze omzetting van mierenzuur endotherm is.
- 4 Leg uit waarom een katalysator gebruikt wordt bij de omzetting van mierenzuur.
- 5 Geef de vergelijking van de reactie die optreedt in de brandstofcel.

De stoffen koolstofdioxide en water kunnen daarna weer omgezet worden in mierenzuur.

- 6 Leg uit dat hiervoor water ontleed moet worden.
- 7 Geef de reactievergelijking van deze ontledingsreactie.
- 8 Leg uit hoe deze reactiestap duurzaam uitgevoerd kan worden.
- 9 Leg uit dat het totaalproces duurzaam genoemd kan worden.

Het bedrijf Voltachem bouwt aan een centrale die 1 MW aan elektriciteit moet gaan leveren.

- 10 Bereken hoeveel kg waterstof hiermee per uur geproduceerd kan worden.
- 11 Bereken hoeveel kg hydrozine hiermee gevormd kan worden.

De naam Hydrozine is niet zomaar gekozen.

- 12 Verklaar deze naam.

Hydrozine

- 1 $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{HCOOH}$.
- 2 $\Delta E = -4,25 \cdot 10^5 + 3,935 \cdot 10^5 = -0,32 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.
- 3 Het is de omgekeerde reactie van opgave 1, dus heeft ook het omgekeerde energie-effect, dus endotherm.
- 4 De katalysator zorgt dat het proces makkelijker en dus sneller verloopt.
- 5 $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$.
- 6 Je hebt waterstof nodig dus water moet daarvoor ontleed worden in waterstof en zuurstof.
- 7 $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$.
- 8 Gebruik daarvoor duurzame energiebronnen zoals zonne-energie en windenergie om daarmee duurzame elektrische energie op te wekken.
- 9 Je maakt gebruik van duurzame energiebronnen en je hergebruikt de gevormde stoffen in het proces.
- 10 $1 \text{ MW} = 10^6 \text{ J s}^{-1}$. In 1 uur kan dus $3600 \times 10^6 = 3,6 \cdot 10^9 \text{ J}$ geleverd worden. Voor de vorming van 1 mol waterstof is $+2,86 \cdot 10^5 \text{ J}$ nodig dus met $3,6 \cdot 10^9 \text{ J}$ kun je dan $3,6 \cdot 10^9 / 2,86 \cdot 10^5 = 1,3 \cdot 10^4 \text{ mol} \equiv 1,3 \cdot 10^4 \times 2,016 = 2,5 \cdot 10^4 \text{ g} = 25 \text{ kg}$ waterstof produceren.
- 11 Uit de reactievergelijking in het antwoord op vraag 1 blijkt dat met $1,3 \cdot 10^4 \text{ mol H}_2$ ook $1,3 \cdot 10^4 \text{ mol HCOOH}$ gevormd kan worden. Dit komt overeen met $1,3 \cdot 10^4 \times (12,01 + 2 \times 16,00 + 2 \times 1,008) = 1,3 \cdot 10^4 \times 46,03 = 6,0 \cdot 10^5 \text{ g HCOOH} = 6,0 \cdot 10^2 \text{ kg HCOOH}$.
- 12 Hydro verwijst naar waterstof, 'zine' als uitgang doet denken aan benzine, een brandstof.

LUBRIZOL ONDERZOEKT RESTSTROOM ZOUTZUUR

Klas	5 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Elektrolyse
Trefwoorden	Zoutzuur, elektrolyse, groene waterstof, zuur-base, calciumcarbonaat, chloor, waterstof
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.petrochem.nl, 2 februari 2018

Lubrizol onderzoekt elektrolyse reststroom zoutzuur

Producent van CPVC, Lubrizol onderzoekt in Delfzijl de mogelijkheid om met elektrolyse chloor terug te winnen uit haar reststroom zoutzuur. Daarbij komt bovendien groen waterstof vrij.

Elektrochemie staat volop in de aandacht. Vooral in combinatie met de productie van groen waterstof. Zo kondigden Gasunie en AkzoNobel onlangs een onderzoek aan naar grootschalige productie van groen waterstof op het Chemiepark Delfzijl. Waterstof wordt dan gegenereerd door elektrolyse van water met groene stroom.

Meerdere vliegen

Er zijn echter meer interessante elektrochemische routes. Zo onderzoekt Lubrizol, eveneens op het Chemiepark, de mogelijkheid van elektrolyse van beschikbare HCl-stromen (zoutzuur). Het CPVC dat Lubrizol in Delfzijl maakt heeft een hogere chloreringsgraad dan pvc. Daardoor heeft het betere eigenschappen, waaronder een hogere temperatuur- en drukbestendigheid. Van deze kunststof worden onder andere leidingen gemaakt voor sprinklersystemen, industriële- en waterleidingsystemen.

Als bijproduct ontstaat er in het productieproces een redelijk grote hoeveelheid zoutzuur. Een klein deel van deze reststroom gaat naar magnesiumfabrikant Nedmag en de rest wordt momenteel geneutraliseerd met kalk. Volgens plantmanager Boelo Raske kan met de elektrolyse van HCl meerdere vliegen in een klap geslagen: 'Op deze wijze wordt groen waterstof gegenereerd, er worden afvalstromen gerecicleerd en er wordt extra chloor gegenereerd.'

Het bedrijf Lubrizol heeft een 'reststroom' zoutzuur. Het onderzoekt de mogelijkheid om dit zoutzuur door middel van elektrolyse om te zetten in chloor en waterstof.

- 1 Wat is elektrolyse voor type proces?
- 2 Geef de elektrolyse van zoutzuur in een reactievergelijking weer.

Men spreekt in het artikel over 'groene waterstof'.

- 3 Leg uit wat men daarmee wil aangeven.

Chloor wordt in de industrie onder andere gebruikt om er pvc (polyvinylchloride) mee te maken. Pvc ontstaat door polymerisatie van de stof vinylchloride (chlooretheen).

- 4 Teken de structuurformule van een vinylchloridemolecuul.
- 5 Teken een stukje uit het midden van een pvc molecuul.

Bij de productie van pvc heb je te maken met diverse stoffen: chloor, etheen, chlooretheen. De uitgangsstoffen zijn chloor en etheen.

Synthese

Polyvinylchloride ontstaat na de polymerisatie van VCM (vinylchloride, chlooretheen). De productie van VCM bestaat uit twee stappen. Eerst reageert [etheen](#) met [chloor](#) (Cl_2) tot [1,2-dichloorethaan](#) (EDC). Vervolgens wordt dit EDC [geëlimineerd](#) tot VCM en [waterstofchloride](#) (HCl). Ongeveer 30% van de wereldwijde chloorproductie wordt gebruikt voor de productie van VCM.

Bron: wikipedia

- 6 Geef stap voor stap met reactievergelijkingen aan hoe uit chloor en etheen pvc ontstaat.

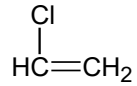
Er zijn nog andere manieren om de reststroom zoutzuur weg te werken. Eén manier is de omzetting van zoutzuur met behulp van kalk, calciumcarbonaat.

- 7 Geef de reactie tussen zoutzuur en kalk in een vergelijking weer.
- 8 Vergelijk deze manier om de reststroom weg te werken met de manier uit vraag 2.

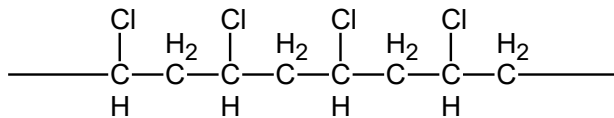
Lubrizol onderzoekt elektrolyse reststroom zoutzuur

- 1 Elektrolyse is ontleding door middel van elektrische energie.
- 2 $2 \text{H}^+ + 2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{H}_2 + \text{Cl}_2$.
- 3 Dat de stroom die gebruikt wordt bij de elektrolyse afkomstig is uit duurzame energiebronnen.

4



5



- 6 Chloor en etheen reageren met elkaar tot 1,2-dichloorethaan. Deze stof wordt ontleed in chlooretheen en waterstofchloride. Het chlooretheen wordt gepolymeriseerd tot pvc.
 $\text{Cl}_2 + \text{CH}_2=\text{CH}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2\text{Cl}$. Daarna: $\rightarrow \text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2\text{Cl} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CHCl} + \text{HCl}$.
Als laatste stap: $n \text{CH}_2=\text{CHCl} \rightarrow (\text{CH}_2-\text{CHCl})_n$
- 7 $2 \text{H}^+ + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$.