

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

31c	Nu is pindakaas of chocola al net zo slecht als tabak versie III	1409-6c	5,6v
32	Nieuw chemisch middel belooft revolutie in papierindustrie	1409-7	4,5hv
33	Solarjet maakt kerosine uit zonlicht	1409-8	3hv
34	Power-to-gas-installatie	1409-9	5hv
35a	3D geprinte fopframboos versie I	1410-1a	3,4hv
35b	3D geprinte fopframboos versie II	1410-1b	5h; 5,6v
36	Hoeveel zuurstof produceert een boom gemiddeld?	1410-2	4,5hv
37	Planten maken groene stroom	1410-3	5v
38	Waar komt de batterij vandaan?	1410-4	5v
39	Nano-ui	1410-5	5,6v
40	Centraal verwarmd nanodeeltje	1410-6	5,6v
41	Gas uit licht en water	1410-7	5v
42	Doodsonde om op te stoken	1410-8	5,6v
43	Bioaromaten in opmars	1410-9	5,6v
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			

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

[illegible]

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

[illegible]

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

[illegible]

3D GEPRINTE FOPFRAMBOOS

Versie I

Klas	3,4 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Onderzoeken
Specificaties	Chemische kennis in voedselproductie
Trefwoorden	Calciumalginaat, vruchtenkaviaar
Vaardigheidsvraag	-

Versie II

Klas	5 h, 5,6 v
Subdomein	Bindingen, structuren en processen
Vaardigheid	Communiceren
Specificaties	Micro-macro structuur
Trefwoorden	Presentatie, calciumalginaat, vruchtenkaviaar, cross-link
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

www.c2w.nl, 27 mei 2014

3D geprinte fopframboos

Hightechmanier om bessen met appelsmaak te maken

Arjen Dijkgraaf

In Engeland is een 3D-printer ontwikkeld die eetbare bessen print in elke gewenste smaak. Leuk voor de professionele cuisine én de creatieve amateurkok, claimt Dovetailed uit Cambridge (film: <http://www.dovetailed.co/>).



Smaakt naar banaan.

Printen is eigenlijk niet het juiste woord. De 'fruit printer' maakt gebruik van een oude truc die ooit schijnt te zijn uitgevonden voor de productie van nepkaviaar. Hierbij voeg je een beetje natriumalginaat toe aan een mix van voedings- en smaakstoffen, die je vervolgens in een calciumchloride-oplossing druppelt. Het calciumzout van alginaat lost slecht op in water en slaat neer als een dun, vast huidje rondom de druppel.

Je kunt dit in principe doen met elke vloeistof die van zichzelf weinig calcium bevat. In dit geval dus met vruchtensap naar keuze. Wat de printer vervolgens wél kan, is de bolletjes stapelen tot iets dat op een framboos lijkt. Waarbij de culinaire verrassing zit in het feit dat die framboos niet naar framboos hoeft te smáken - je kunt zelfs multivruchtframbozen printen.

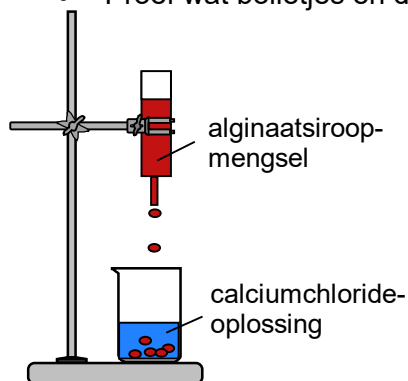
Of iemand daar echt behoefte aan heeft, is afwachten. Maar leuke gadget.

Benodigdheden

- Verschillende soorten limonadesiroop
- Natriumalginaat
- Calciumchloride
- Leidingwater
- 2 bekerglazen van 200 mL
- 1 bekglas van 150 mL
- 2 maatcilinders van 100 mL
- 1 (thee)zeefje
- injectiespuit van 25 mL
- balans
- magneetroerder + roermagneet of roerstaaf
- 1 lepeltje
- 1 petrischaaltje

Uitvoering

- Doe 15 mL siroop in een maatcilinder.
- Weeg 0,5 gram natriumalginaat af in een bekglas van 150 mL en voeg 15 mL siroop toe. Doe een roermagneet in het bekglas.
- Laat het geheel 20-30 minuten goed roeren op de magneetroerder.
- Meet 35 mL water af in een maatcilinder en voeg dit in het begin van de 20-30 minuten toe aan de roerende oplossing.
- (Het beste resultaat krijg je als je dit mengsel een nacht laat staan)
- Weeg in een bekglas van 200 mL 0,5 gram calciumchloride af en meet 100 mL water af in een schone maatcilinder.
- Voeg het water toe aan de calciumchloride. Het lost vanzelf op.
- Hang een injectiespuit zonder zuiger in een statief met de punt naar beneden en zet de calciumchlorideoplossing eronder.
- Giet het siroop-alginaatmengsels in de injectiespuit en laat de druppels in de calciumchlorideoplossing vallen.
- Ga door met druppelen tot je een flink aantal druppels hebt.
- Giet de calciumchlorideoplossing met vruchtenkaviaarbolletjes door een zeefje in een schoon bekglas van 200 mL en zet dit opnieuw onder de injectiespuit.
- Spoel de bolletjes in de zeef onder de kraan af en laat het even uitlekken.
- Proef wat bolletjes en doe de bolletjes in een potje om mee te nemen.



Figuur 1 opstelling proef

Versie II

Bekijk op de site in het artikel het filmpje over het maken van de bolletjes. Mocht het filmpje niet meer beschikbaar zijn, zoek dan op You Tube een filmpje (bijvoorbeeld: fake fruit caviar, alginate spheres).

Maak voor je klasgenoten een presentatie waarin je de scheikunde op microniveau achter de vorming van de calciumalginaatbolletjes toelicht. Maak hierbij o.a. gebruik van structuurformules en afbeeldingen/figuren.

3D geprinte fopframboos

Oorspronkelijke artikel: <http://www.c2w.nl/3d-geprinte-fopframboos.372642.lynkx>

Versie I

Indien er niet voldoende roermotoren zijn, kunt u zelf een grotere voorraad siroop-natriumalginaatmengsel maken. Dan kunt u het beste een dag roeren. Dit mengsel is in de koelkast langere tijd te bewaren. Wel een dag voor gebruik uit de koelkast halen.

Of u kunt de leerlingen zelf handmatig laten roeren.

Het natriumalginaat-siroopmengsel wordt dik geleichchtig.

Opmerking m.b.t. veiligheid

De redactie neemt geen verantwoording voor de experimenten. Aangeraden wordt om zelf experimenten op veiligheid te beoordelen en de bijbehorende maatregelen te treffen.

Versie II

Leerlingen kunnen het beste ook met Engelse woorden zoeken (calcium alginate etc.) en via "afbeeldingen" in een zoekmachine. Bij moleculair koken wordt deze techniek ook toegepast.

Mogelijke sites

<http://en.wikipedia.org/wiki/Spherification>

http://en.wikipedia.org/wiki/Calcium_alginate

<http://fhs.mcmaster.ca/gene/technology.html>

<http://www.fao.org/docrep/field/003/ab728e/ab728e09.htm>

http://www.rsc.org/learn-chemistry/wiki/Expt:Cross-linking_polymers_-_alginate_worms

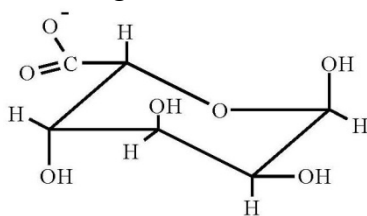
<http://www.rsc.org/learn-chemistry/resources/chemistry-in-your-cupboard/gaviscon/4>

Algemene informatie over alginaten

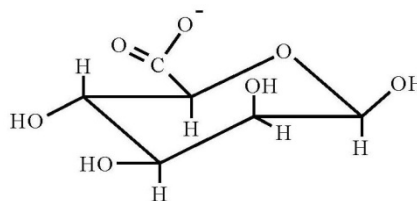
Bron: Medicijnafgifte uit Alginaatbolletjes, proeven ontwikkeld door Faculteit Scheikundige Technologie TU Eindhoven t.b.v. docentendag ST 2008

Alginaten zijn zouten van alginezuur, een polymeer van mannuronzuur en guluronzuur, een polysaccharide.

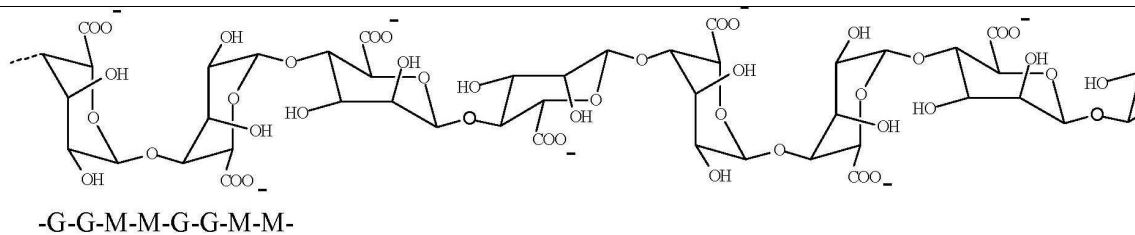
Natriumalginaat is een hydrofiel polymeer (opgebouwd uit de bouwstenen dat gemaakt wordt uit zeewier. Het is verkrijgbaar in poedervorm en wordt na mengen met de juiste hoeveelheid water gel.



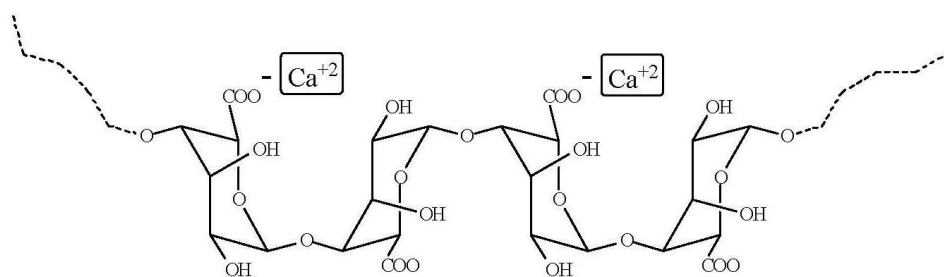
Guluronaation



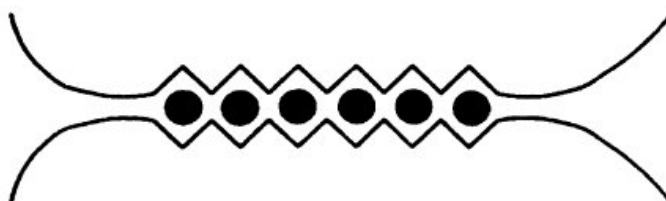
mannuronaation



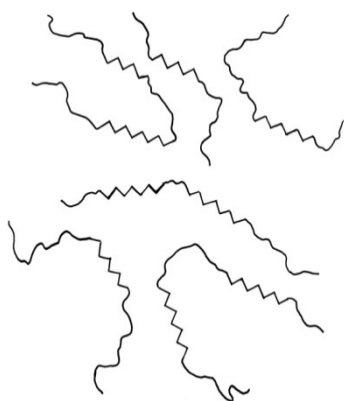
Mogelijke polymeerstructuur van alginaat



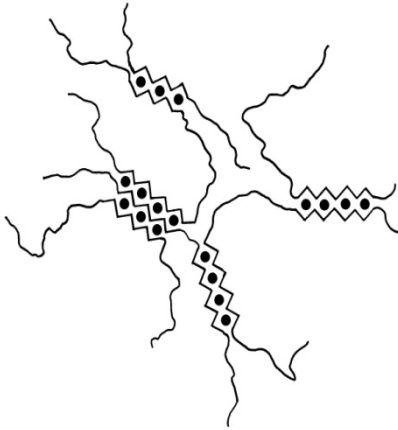
De positief geladen calciumionen, Ca^{2+} , worden aangetrokken door de negatief geladen carboxylgroepen van het alginaatpolymeer. De calciumionen passen in de guluronaatstructuur als eieren in een eierdoos.



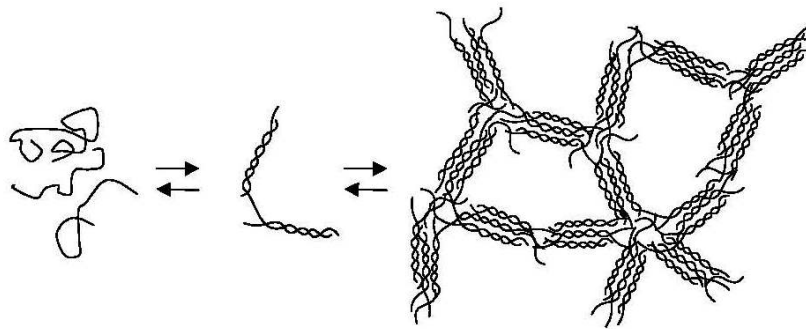
In afwezigheid van calciumionen blijven de alginaatketens in oplossing.



In aanwezigheid van calciumionen, binden de ketens aan elkaar bij de guluronaat-eenheden. Hierdoor vormen ze een onoplosbaar netwerk van alginaatketens.



Calciumalginaat geleert dus heel goed waardoor het een afsluitend vliesje kan vormen bij bolletjes.



HOEVEEL ZUURSTOF PRODUCEERT EEN BOOM GEMIDDELD?

Klas	4,5 hv
Subdomein	Behoudswetten en kringlopen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Stofkringloop, elementkringloop
Trefwoorden	Fotosynthese, groei, stofwisseling, rekenen
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Quest scheurkalender, 13 juni 2014



Hoeveel zuurstof produceert een boom gemiddeld?

Vraag Hoeveel zuurstof produceert een boom gemiddeld?

Antwoord Bomen groeien doordat ze kooldioxide en water met behulp van zonlicht omzetten in voedzame suikers en zuurstof. Dit gebeurt in groene bladeren. Hoe meer bladeren, hoe meer zuurstof een boom produceert.

Maar zelf gebruiken bomen ook zuurstof voor hun eigen stofwisseling. Hoeveel er uiteindelijk overblijft, hangt onder meer af van de soort boom, zijn grootte en de groeisnelheid. Volgens onderzoeker van de United States Forest Service blaast een gezonde Amerikaanse stadsloufboom met een stamdiameter van ongeveer 0,5 meter per dag 125 gram zuurstof de lucht in. Ter vergelijking: een volwassene verbruikt gemiddeld bijna 7 keer zo veel zuurstof per dag.

Een lastig te beantwoorden vraag: hoeveel zuurstof produceert een boom gemiddeld?

1 Waardoor is dit een lastig te beantwoorden vraag?

Bomen groeien door een bepaald proces.

2 Welk proces is dat?

3 Geef de vergelijking van de reactie die daarbij optreedt.

4 Wat is er buiten de reagerende stoffen ook nog nodig om dit proces te laten verlopen?

5 Komt alle gevormde zuurstof in de atmosfeer terecht? Waardoor wel/niet?

Een gezonde Amerikaanse stadsloofboom met een stamdiameter van 0,5 m blaast per dag 125 g zuurstof de lucht in.

6 Hoeveel gram koolstofdioxide en hoeveel gram water zijn daarvoor nodig? Geef je berekening.

7 Hoeveel van die bomen zijn nodig om een volwassen mens dagelijks van zuurstof te voorzien? Geef je berekening.

8 Hoeveel gram glucose kan daarmee in de cellen van die volwassene verbrand worden? Geef je berekening.

Hoeveel zuurstof produceert een boom gemiddeld?

- 1 Een boom produceert én gebruikt zuurstof. Dit is afhankelijk van de soort boom, zijn grootte en de groeisnelheid.
- 2 Het fotosyntheseprocess.
- 3 $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$.
- 4 Er is zonlicht en chlorofyl nodig.
- 5 Nee, de bomen gebruiken ook zuurstof voor hun eigen stofwisseling.
- 6 Voor $125 \text{ g O}_2 \equiv 125/32,00 = 3,91 \text{ mol}$ heb je evenveel mol water en koolstofdioxide nodig. Dus $3,91 \times 18,015 = 70,4 \text{ g}$ water en $3,91 \times 44,010 = 172 \text{ g}$ koolstofdioxide nodig.
- 7 Een volwassene heeft 7x zoveel zuurstof nodig, dus dan ook 7 bomen nodig.
- 8 Nodig $7 \times 3,91 \text{ mol zuurstof} = 27,3 \text{ mol zuurstof}$. Hiermee is $27,3/6 = 4,56 \text{ mol glucose}$ te verbranden. Dit komt overeen met $4,56 \times 180,16 = 821 \text{ g glucose}$.

PLANTEN MAKEN GROENE STROOM

Klas	5v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen – reactieproducten
Trefwoorden	Planten, Plant-e, groene stroom, fotosynthese, elektronenstroom
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

New Scientist, mei 2014



Planten maken groene stroom

Vanaf september kun je je mobieltje opladen door hem aan een plant te hangen. De Nederlandse overheid heeft t een lading energieopwekkende planten besteld bij het Wageningse bedrijfje Plant-e.

Het bedrijf Plant-e heeft zijn eerste bestelling voor energieopwekkende planten binnen. De Nederlandse overheid plaatste de bestelling en wil het Hembrugterrein in Zaandam gaan gebruiken om de planten op te plaatsen. Plant-e verwacht het systeem in september 2014 te installeren. De levende elektriciteitsfabriekjes gaan onder andere fungeren als oplaadpunt voor mobieltjes en als energiebron voor straatverlichting.

Het proces waarmee de planten elektriciteit genereren begint bij fotosynthese.

Planten kunnen door fotosynthese suiker maken uit water en CO₂. Het deel dat ze niet gebruiken om te groeien, transportereren ze via hun wortels de

bodem in. Daar breken bacteriën de suiker af. Daarbij komen onder andere elektronen vrij. Plant-e kan die elektronen vangen in een koolstofelektrode, ofwel een staaf die elektrische stroom geleidt. Door de elektroden kunnen de elektrische deeltjes meteen worden omgezet in duurzame elektriciteit. Lang niet alle planten zijn bruikbaar als energiefabriekjes. Marjolein Helder, CEO bij Plant-e, zegt dat planten die goed tegen hele natte wortels kunnen, ook wel 'natte voeten' genoemd, geschikt zijn voor de technologie. Dat is belangrijk, omdat de technologie werkt in een waterverzadigde omgeving. Dat betekent dat de wortels van de planten helemaal onder water staan. 'Meestal gebruiken

Planten kunnen straks wellicht huishoudens van stroom voorzien

we grassen, omdat die goed tegen water kunnen en een uitgebreid wortelstelsel maken. Grassen gaan bovendien heel inefficiënt om met hun eigen energie, waardoor ze veel organisch materiaal afstaan', aldus Helder.

Fotosynthese werkt alleen overdag, als de zon schijnt, maar dat betekent niet dat er 's nachts geen elektriciteit te genereren is. 'Planten gaan 's nachts gewoon door met het maken van organisch materiaal. Ook de bodembacteriën gaan door met het omzetten van dat materiaal, wat betekent dat ook 's nachts elektriciteit wordt gegenereerd', zegt Helder. Volgens Helder zal het in de toekomst mogelijk zijn om met 100 m² planten genoeg elektriciteit te produceren om een Nederlands huishouden van stroom te voorzien.

Het bedrijf verwacht binnen twee jaar een energieopbrengst te behalen van 2800 kilowattuur per 100 m² per jaar. Volgens energiebedrijf Nuon verbruikt een Nederlands huishouden met drie personen rond de 4000 kilowattuur per jaar. Als dat cijfer klopt, moet het mogelijk zijn om met de plantaardige energiecentrales van Plant-e de energierekening ruimschoots te halveren.

De plantentechnologie is in principe minder efficiënt dan zonnepanelen, die met een oppervlak van 100 m² zo'n 8000 kilowattuur kunnen opbrengen. Het probleem is echter dat weinig mensen zo groot behuist zijn dat ze zo'n oppervlak aan panelen op hun dak kwijt kunnen. -SH

Dit is pas écht groene stroom: een elektrode die elektronen 'vangt' naast de wortels van planten. In deze opgave zoek je uit hoe dat gaat.

Een belangrijk proces bij planten is de fotosynthesereactie.

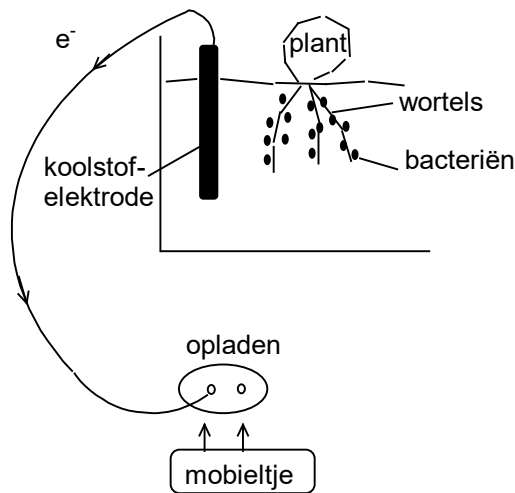
1 Geef de reactievergelijking van de fotosynthesereactie.

Een deel van de gevormde suiker gaat via de wortels de bodem in.

2 Wat gebeurt er met die suiker bij de wortels in de bodem?

3 Leg uit dat daar een redoxreactie zal optreden.

In de onderstaande (onvolledige) tekening staat al gedeeltelijk weergegeven hoe de stroomlevering in principe werkt.



4 Maak de tekening af en noteer de vergelijkingen van de halfreacties die bij stroomlevering verlopen.

Voor het 'levende' elektriciteitsfabriekje kiest men vaak voor grassen als plant.

5 Waarom worden vaak grassen gekozen?

6 Aan welke andere voorwaarde moeten deze planten ook voldoen?

Het fotosyntheseprocess vindt alleen plaats als voldoende (zon)licht instraalt op de planten. Toch vindt ook in het donker een elektronenstroom plaats.

7 Waardoor vindt ook 's nachts elektriciteitsproductie plaats?

Het bedrijf Plant-e verwacht binnen twee jaar 2800 kWh per 100 m² per jaar te kunnen produceren.

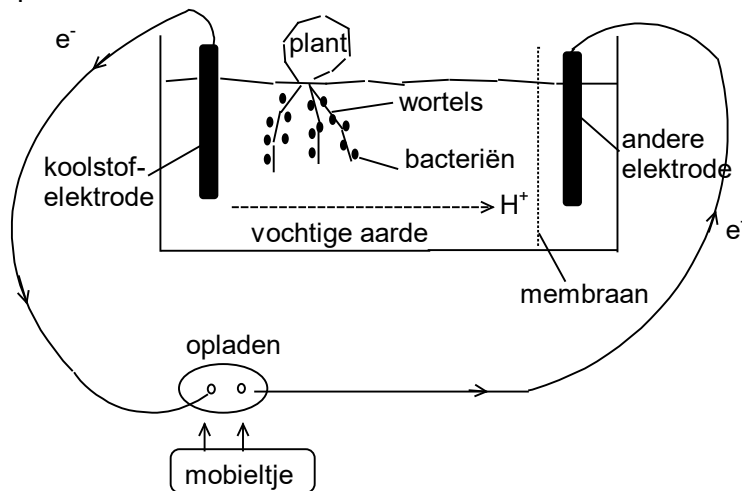
8 Hoeveel Nederlandse huishoudens kunnen daarmee van stroom voorzien worden?

9 Bereken voor een stad van 100000 inwoners hoeveel m² nat gras nodig is als gemiddeld per persoon per jaar 1200 kWh elektrische energie verbruikt wordt.

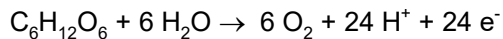
10 Wat zal dus een probleem worden als dit voor alle inwoners van Nederland toegepast zou worden?

Planten maken groene stroom

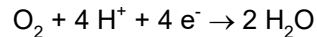
- 1 $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$.
- 2 In de bodem breken bacteriën deze suiker af.
- 3 Er vindt een elektronenstroom plaats, dus er is een reactie met overdracht van elektronen.
- 4



koolstofelektrode



andere elektrode



- 5 Grassen kunnen goed tegen water en hebben een uitgebreid wortelstelsel.
- 6 Grassen gaan heel inefficiënt om met hun eigen energie zodat veel suiker de bodem ingaat.
- 7 Planten gaan 's nachts gewoon door met het produceren van organisch materiaal.
- 8 Een huishouden verbruikt gemiddeld zo'n 4000 kWh dus $2800/4000 = 0,7$ huishouden.
- 9 2800 kWh per 100 m^2 , dus 28 kWh/m^2 . Voor 100000 inwoners nodig: $100000 \times 1200 = 1,2 \cdot 10^8 \text{ kWh}$, dus nodig $1,2 \cdot 10^8 / 28 = 4,3 \cdot 10^6 \text{ m}^2$ (dat is ruim $2 \text{ km} \times 2 \text{ km}$).
- 10 16 miljoen inwoners dus $16 \cdot 10^6 \times 1200 / 28 = 6,9 \cdot 10^8 \text{ m}^2$ nodig. Dus heel veel oppervlakte aan ruimte nodig! (Stel Nederland heeft aan oppervlakte $36000 \text{ km}^2 = 3,6 \cdot 10^{10} \text{ m}^2$. Benodigd percentage van het oppervlak van Nederland: $6,9 \cdot 10^8 \text{ m}^2 / 3,6 \cdot 10^{10} \text{ m}^2 = 1,9 \%$ van het totale oppervlak)

WAAR KOMT DE BATTERIJ VANDAAN?

Klas	5v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Batterijen; elektrochemische cel; redoxreactie
Trefwoorden	Batterij, accu, elektrochemische cel, halfreacties
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

KnowHow scheurkalender, 22 mei 2014

Waar komt de batterij vandaan?

Antwoord:

Een batterij is een apparaatje dat chemische energie omzet in elektrische energie. De simpelste 'batterij' is te maken door twee verschillende metalen met elkaar te verbinden. Luigi Galvani ontdekte dit in 1780 door met zijn batterij spieren van dode kikkers te stimuleren. Een vriend van hem, Alessandro Volta [van het woord volt!], verbeterde dit tot een elektrochemische cel. Hij bouwde een element dat bestond uit een koperen en zinken plaat, gescheiden door een stuk in zout water gedrenkt vilt. Door een aantal van deze dingen op te stapelen kreeg hij een soort accu. Per element kon hij er ongeveer 1 volt uithalen. Een AA-batterij levert een spanning van 1,5 volt.

Een batterij levert elektrische stroom als daar om gevraagd wordt.

1 Waar haalt de batterij deze stroom vandaan?

De Italianen Luigi Galvani en Alessandro Volta zijn de grondleggers van de huidige batterijen.

2 Geef in een tekening schematisch weer hoe Volta tot zijn batterij van circa 1 Volt kwam. Benoem alle onderdelen en geef aan welke elektrode positief en welke elektrode negatief is.

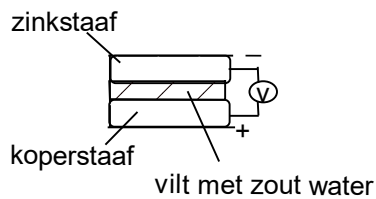
- 3 Noteer de halfreacties die bij stroomlevering plaatsvinden in de Volta-batterij.
- 4 Hoe verloopt de elektronenstroom bij stroomlevering?
- 5 Leg aan de hand van Binas tabel 48 uit waarom de spanning van de Volta-batterij ongeveer 1 Volt is,
- 6 Beredeneer of de spanning toeneemt als je twee Volta-batterijen in serie plaatst.
- 7 Wanneer worden batterijen in serie geplaatst?

Er worden verschillende termen door elkaar gebruikt als gesproken wordt over een batterij.

- 8 Welke andere benamingen worden gebruikt?
- 9 Wanneer gebruik je welke benaming?

Waar komt de batterij vandaan?

- 1 De aanwezige stoffen leveren elektronen bij reacties: chemische energie wordt omgezet in elektrische energie.
- 2



- 3 Bij stroomlevering: positieve elektrode (positieve pool): $O_2 + 2 H_2O + 4 e^- \rightarrow 4 OH^-$.
Negatieve elektrode (negatieve pool):
 $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2 e^-$.
- 4 De elektronen stromen van het zinkplaatje via een draad naar het koperplaatje.
- 5 De elektrodepotentiaal voor de halfreactie van zuurstof is +0,40 V, van die van zink -0,76V, dus een verschil van 1,16 V.
- 6 In serie betekent dat de spanning toeneemt: optelsom van de aparte bronnen.
- 7 Als een hogere spanning nodig is.
- 8 Elektrochemische cel en accu.
- 9 Batterij: als de elektrische energie maar eenmaal geleverd kan worden; accu: als deze oplaadbaar is; elektrochemische cel: in de scheikunde les.



Volta batterij in het museum Tempio Voltiano in Como, Italie (museum is gewijd aan Alessandro Volta)

NANO-UI

Klas	5,6 v
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Micro-macro, oplosbaarheid, hydrofiel, hydrofoob
Trefwoorden	Janus, dendrimeer, dubbellaag
Vaardigheidsvraag	informatiebewerkingsvraag

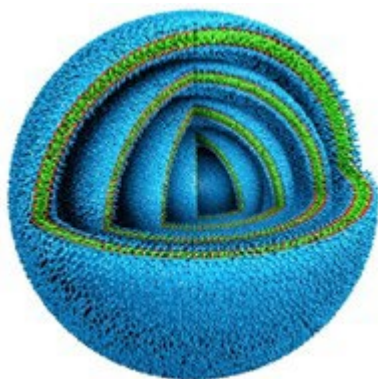
www.c2w.nl, 11 juni 2014

NANO-UI

Recept voor zelfassemblerende meerlaags nanobolletjes

Arjen Dijkgraaf

In de VS zijn moleculaire bouwstenen ontwikkeld die nanobolletjes vormen met wanden die uit meerdere lagen bestaan. Net uien, schrijven Virgil Percec en collega's van de University of Pennsylvania in *PNAS*.



De publicatie borduurt voort op werk dat in 2010 in *Science* verscheen. De bouwstenen zijn zogeheten Janus-dendrimeren. Dendrimeren zijn polymeerketens die zichzelf een aantal malen vertakken zodat je een soort boomvorm krijgt. De Janusvorm bestaat als het ware uit twee bomen met de wortels tegen elkaar, waarbij één boom waterafstotend (hydrofoob) is en de andere hydrofiel.

Zulke Janus-dendrimeren lijken moleculair gezien sterk op de fosfolipiden waaruit celmembranen bestaan. Die hebben immers ook een hydrofoob en een hydrofiel uiteinde. En net zoals die fosfolipiden zichzelf assembleren tot dubbelwandige bolletjes ('liposomen') assembleren de dendrimeren zich tot

'dendrimersomen'. Het verschil is dat je de dendrimeren zelf kunt ontwerpen, en dat je dus zelf in de hand hebt hoe groot je bolletjes worden en hoe stabiel ze zullen zijn onder de condities waaronder je ze wilt gebruiken.

Percecs nieuwste publicatie maakt duidelijk dat je ze ook zo kunt ontwerpen dat de zelfassemblage niet stopt na de vorming van de eerste dubbellaag, maar doorgaat totdat je maximaal een stuk of 20 dubbellagen om elkaar heen hebt. Opnames met cryo-transmissie-elektronenmicroscopie laten zien dat het aantal schillen van de nano-uitjes eigenlijk alleen afhankelijk is van de gekozen dendrimeerconcentratie, en dat je het gemiddelde aantal dus vrij nauwkeurig kunt instellen.

De assemblage verloopt daarbij net zo automatisch als bij de oorspronkelijke dendrimersomen: je hoeft alleen maar de aangepaste dendrimeren op te lossen in een organisch oplosmiddel, dat je vervolgens injecteert in water.

Percec denkt ze onder meer te gebruiken als medicijnverpakking. Het aantal wanden bepaalt tevens de buitendiameter, en die kun je dus zo instellen dat de bolletjes op bepaalde plekken in de haarvaten blijven hangen.

Ook blijft tussen de schillen van de ui voldoende ruimte over voor 'kleine' moleculen met therapeutische eigenschappen. Je zou dus kunnen denken aan een getrapte medicijnafgifte waarbij de moleculen in de buitenste lagen als eerste vrijkomen en de dieper liggende inhoud pas dagen later.

(...)

bron: University of Pennsylvania, *PNAS*

De titel van het artikel luidt "Nano-ui".

- 1 Licht deze titel toe.

Janus-dendrimeer

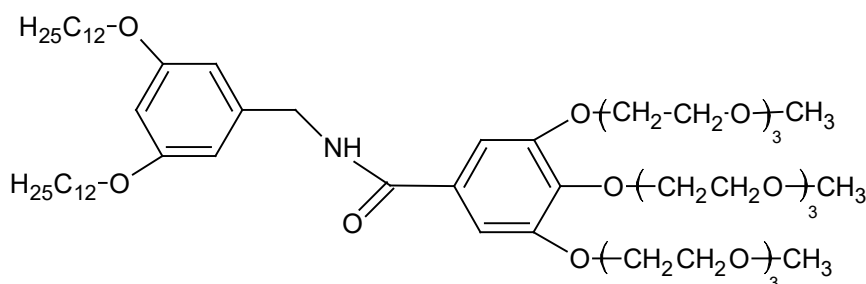
Janus (Latijn: Ianus) behoort tot de oudste van de Romeinse goden. Hij wordt voornamelijk afgebeeld als een man met twee gezichten. In het artikel is sprake van een Janus-dendrimeer.

- 2 Leg uit waarom de benaming Janus voor het molecuul toepasselijk is.

De auteur vergelijkt het Janus-dendrimeer met een fosfolipide waaruit celmembranen bestaan.

- 3 Teken een schematische weergave van een fosfolipide. Geef tevens aan wat het hydrofiele en hydrofobe gedeelte is. Maak hierbij gebruik van je Binasboek.
- 4 Teken een schematische weergave van een stukje celmembraan opgebouwd uit fosfolipiden. Gebruik ook hiervoor je Binasboek.

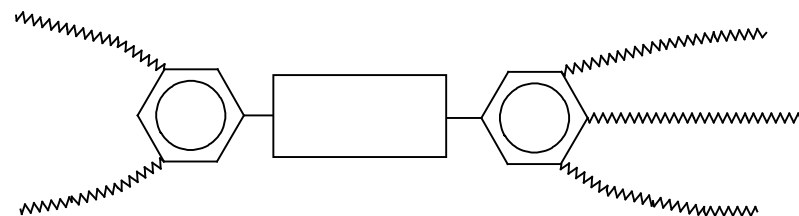
Een voorbeeld van een primaire structuur van een Janus-dendrimeer is weergegeven in figuur 1.



Figuur 1 Voorbeeld van een primaire structuur

- 5 Neem de structuurformule over en geef aan welke kant van het molecuul hydrofiel is en welke kant hydrofoob. Licht je antwoord toe.

Uit moleculen met de primaire structuur kan een dubbellaag ontstaan zoals met behulp van fosfolipiden een celmembraan kan ontstaan. Voor moleculen met de primaire structuur kun je de volgende schematische voorstelling gebruiken.



Figuur 2 Schematische voorstelling primaire structuur

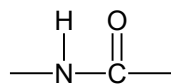
Als men moleculen met de primaire structuur (opgelost in een hydrofoob oplosmiddel) in water brengt, ontstaat een dubbellaag.

- 6 Teken een schematische voorstelling van de dubbellaag zoals die in water gevormd wordt met moleculen met de primaire structuur.

Vorming primaire structuur

De Janus dendrimeren zijn niet zo maar te koop maar moeten gemaakt/gesynthetiseerd worden.

De primaire structuur uit figuur 1 is gemaakt door reactie tussen twee moleculen waarbij een binding (figuur 3) ontstaat tussen beide gedeelten met een “benzeenring”.

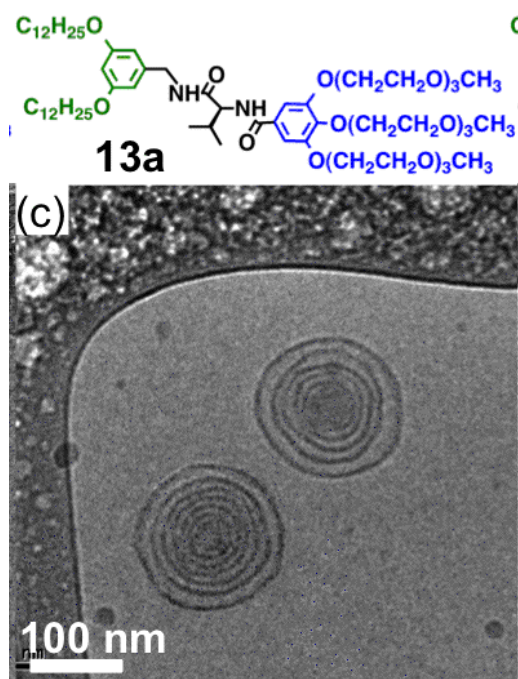


Figuur 3 Ontstane binding

- 7 Geef de naam van het type reactie dat is opgetreden.
- 8 Teken de structuurformule van elk van de twee moleculen waaruit de primaire structuur (figuur 1) is ontstaan.

De uien

Virgil Percec en zijn collega's hebben met heel veel verschillende primaire structuren gewerkt. Met een elektronenmicroscop hebben ze opnamen gemaakt van de “uien”. In figuur 4 staat de opname weergegeven van de vorming van uien na de injectie van de primaire structuur “13a” in water.



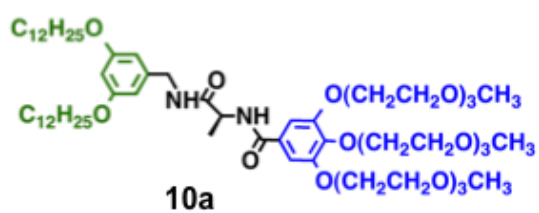
Figuur 4 Opname elektronenmicroscop

In de titel van het artikel is sprake van “nano-ui”.

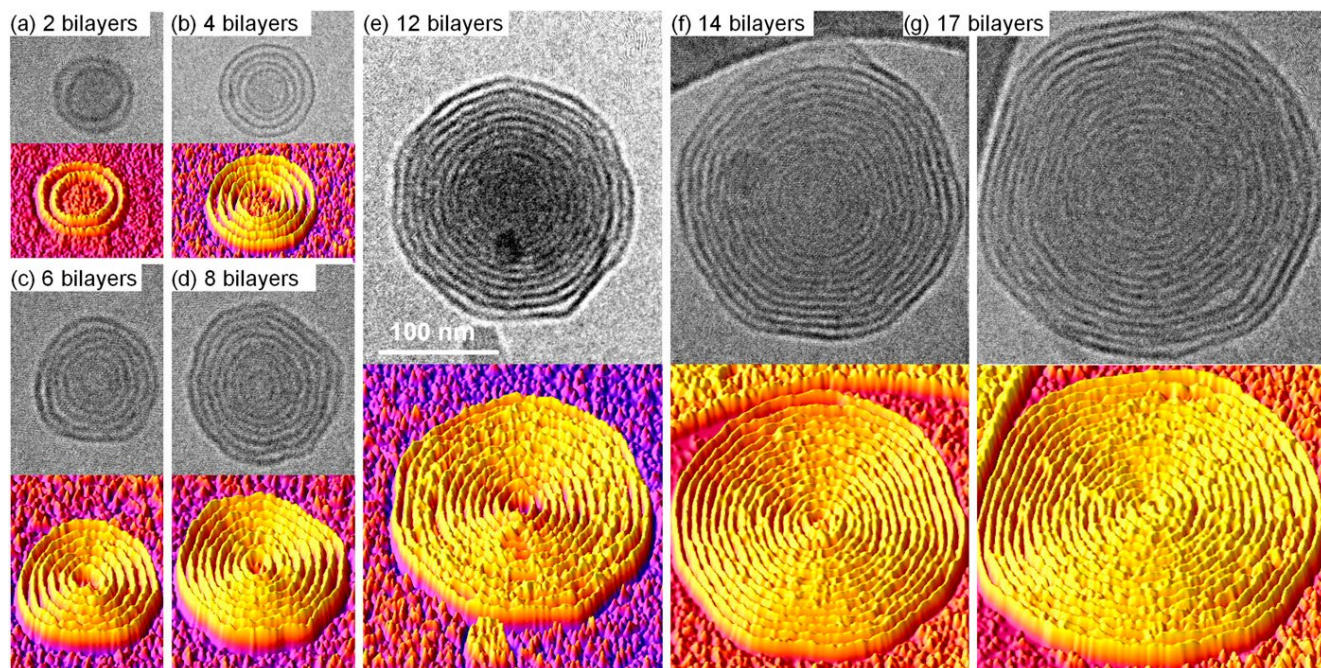
- 9 Bereken met de opname in figuur 4 de diameter (in m) van de “ui” aan de linkerkant van de opname.
- 10 Bereken met de opname in figuur 4 de dikte (in nm) van de buitenste dubbellaag van de “ui” aan de linkerkant van de opname.

Concentratie

De onderzoekers hebben gekeken of (en zo ja welke) de concentratie van de primaire structuur in water invloed heeft op het aantal dubbellaag dat gevormd wordt. De opnames van de elektronenmicroscop staan voor verbinding “10a” (figuur 5) weergegeven in figuur 6.



Figuur 5



10a in water at concentrations of (A) 0.025 mg/mL, (B) 0.1 mg/mL, (C) 0.2 mg/mL, (D) 0.5 mg/mL, (E) 1 mg/mL, (F) 2 mg/mL and (G) 2.5 mg/mL

Figuur 6

In tabel 1 zijn de concentratie van de primaire structuur in water en het aantal dubbellagen dat gevormd wordt weergegeven.

Tabel 1

Concentratie primaire structuur (mg/mL)	Aantal dubbellagen	opname
0,025	2	(a)
0,1	4	(b)
0,2	6	(c)
0,25	7	-
0,5	9	(d)
0,75	10	-
1	11	(e)
1,25	11	-
1,5	12	-
1,75	13	-
2	14	(f)
2,5	17	(g)
3	19	-

Bron: S. Zhang et al., (2014), Self-assembly of amphiphilic Janus dendrimers into uniform onion-like dendrimersomes with predictable size and number of bilayers, PNAS, 111 (25), 9058-9063

- 11 Teken een grafiek waarin je het aantal dubbellagen uitzet tegen de concentratie van de primaire structuur (in mg/mL).
- 12 Verklaar de vorm van de grafiek.

De onderzoekers hebben uit 400 metingen vastgesteld dat de ruimte tussen de dubbellagen in een “ui” $10,0 \pm 0,7$ nm bedraagt.

- 13 Welke gegevens hadden de onderzoekers nodig om deze conclusie te kunnen trekken?

Medicijntoediening

Medicijnen zijn vaak niet-wateroplosbaar.

- 14 Leg uit dat de ui een geschikt transportmiddel kan zijn voor toediening van niet-wateroplosbare medicijnen

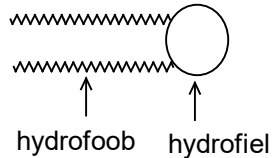
In het artikel staat dat een mogelijke toepassing “getrapte medicijnafgifte” zou kunnen zijn.

- 15 Welke toepassing met betrekking tot medicijntoediening is wellicht ook mogelijk bij het gebruik van de nano-uien?

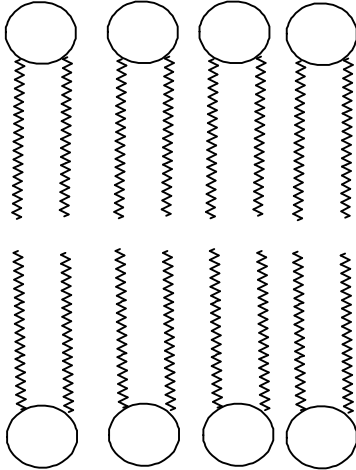
Nano-ui

- 1 De onderzoekers hebben hele kleine bolletjes gemaakt (nanoschaal) die, zoals een ui, opgebouwd zijn uit bolvormige (concentrische) laagjes.
- 2 Het dendrimeer heeft twee kanten die heel verschillend zijn: een hydrofiele kant en een hydrofobe kant.

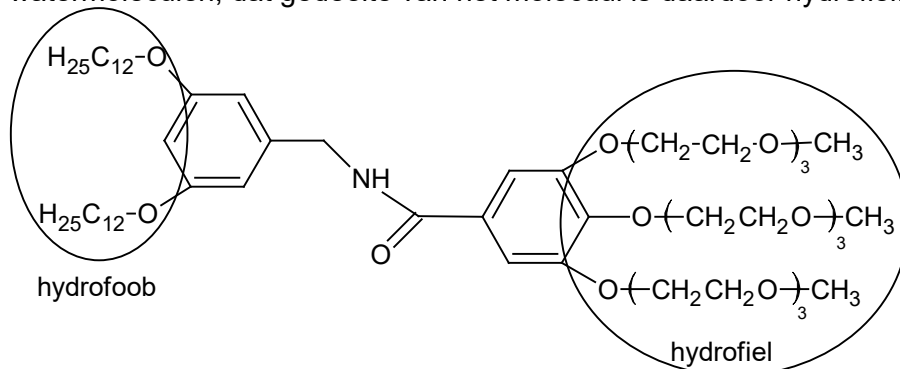
3 Binas tabel 67G2



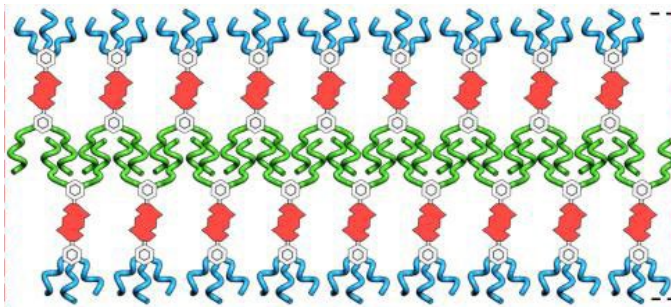
4 Binas tabel 79D



- 5 $C_{12}H_{25}$ is een lange alkylstaart en die zijn apolair; het gedeelte van het molecuul is daardoor hydrofoob. De $O(CH_2CH_2O)_3CH_3$ groepen, zijn door de O atomen in de staart polair en door de O atomen kunnen waterstofbruggen gevormd worden met watermoleculen; dat gedeelte van het molecuul is daardoor hydrofiel.

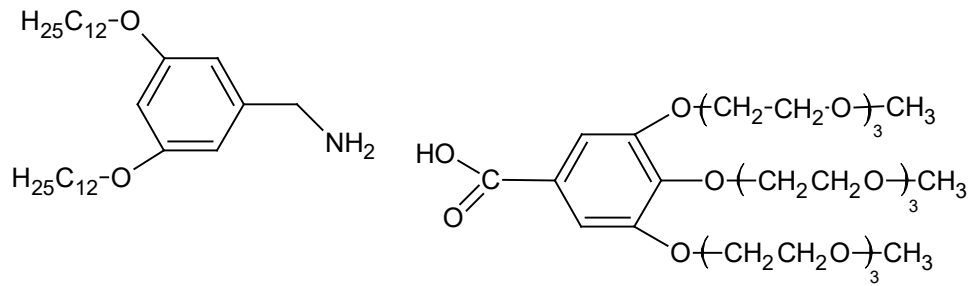


6



7 Condensatie

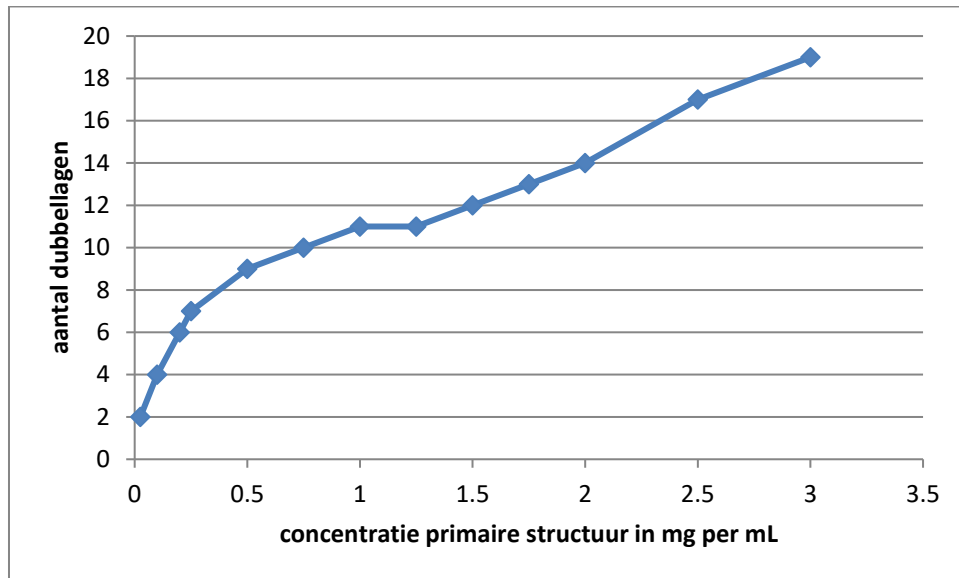
8



9 Tekening: streepje 100 nm $\equiv$ 1,2 cm; Linker"ui: in tekening 2,0 cm $\equiv$ (2,0/1,2)x 100 = 167 nm = $167 \cdot 10^{-9}$ m = $1,7 \cdot 10^{-7}$ m in werkelijkheid.

10 Dikte "uiring" = 0,8 nm. Dus in werkelijkheid (0,8/12)x100 = 8,3 nm.

11



12 De grafiek vakt af bij toenemende concentratie. Er zijn naar buiten toe voor de dubbellagen steeds meer primaire structuren nodig.

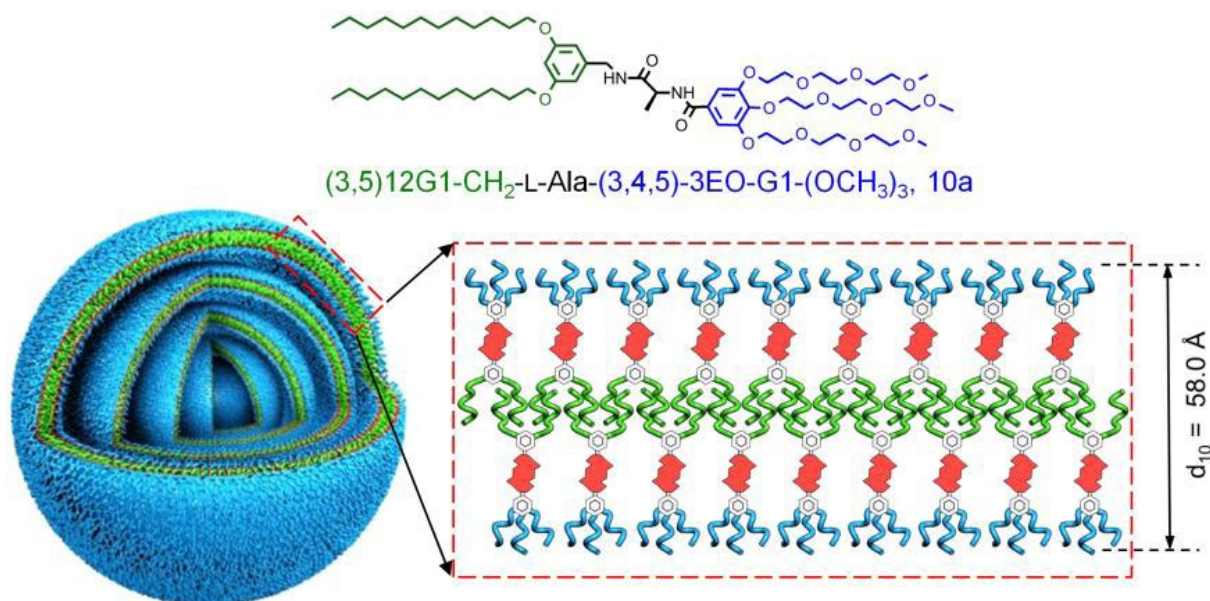
13 De diameter van de "ui" en het aantal dubbellagen.

14 De nano-ui is wel oplosbaar in water, dus ook in bloed. Je kunt de niet-wateroplosbare medicijnen verpakken tussen de "uiringen".

15 Tussen de "ui"ringen niet steeds hetzelfde medicijn, maar verschillende medicijnen.

Artikel zie: <http://www.c2w.nl/nano-ui.373857.lynkx>

<http://www.upenn.edu/pennnews/news/penn-research-develops-onion-vesicles-drug-delivery>



Powder XRD data⁴ collected in the lamellar crystalline phases of **10a**, its molecular model, and the model of onion-like dendrimersomes. Color code: blue as hydrophilic fragment, green as hydrophobic fragment, and red as the amide dendrimer core.

Bron: S. Zhang et al., (2014), Self-assembly of amphiphilic Janus dendrimers into uniform onion-like dendrimersomes with predictable size and number of bilayers, PNAS, 111 (25), 9058-9063, supporting information

Zie voor animaties van het vormen van een dubbellaag en een vesicle:

<https://pubs.acs.org/cen/news/88/i21/8821notw1.html> animaties van Russell H. DeVane and M. L. Klein, Institute for Computational Molecular Science, Temple University

Of:

1 Bilayer

Self-assembly of the bilayer part of a vesicle from an aqueous solution of Janus dendrimer.

https://pubs.acs.org/cen/multimedia/88/dendbilayer/index1.html?keepThis=true&TB_iframe=true&height=268&width=291

2 Self-Assembly

Self-assembly of a dendrimersome, from a homogeneous solution of Janus dendrimer in water into a vesicle.

https://pubs.acs.org/cen/multimedia/88/dendbilayer/index2.html?keepThis=true&TB_iframe=true&height=268&width=291

CENTRAAL VERWARMD NANODEELTJE

Klas:	5,6 v
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie,
Specificaties	Macro-micro, biodegradeerbaarheid, polymeren, innovatieve processen
Trefwoorden	Thermoplast, polycondensatie, lichtgevoeligheid, onderzoeken, gecontroleerde medicijnafgifte, laser, microniveau
Vaardigheidsvraag	Informatieselectievraag

www.c2w.nl, 2 april 2014

CENTRAAL VERWARMD NANODEELTJE

Nieuw idee voor gecontroleerde medicijnafgifte

Arjen Dijkgraaf

Dispergeer minuscule waterdruppels in kunststof nanodeeltjes, en ze worden gevoelig voor infrarood licht. Zo gemakkelijk was medicijnafgifte nog nooit te activeren, schrijven Californische onderzoekers in *ACS Nano*.

Het idee is dat je een laserbundel gebruikt met een golflengte die door watermoleculen wordt geabsorbeerd. Bijvoorbeeld 980 nm, in het nabije infraroodgebied. Het opgesloten water warmt dan sterk op en kan die warmte alleen kwijt aan de omringende kunststof, die hierdoor plaatselijk verweekt. Dat geeft een geneesmiddel of een andere stof, die eveneens in de kunststof is gedispergeerd, de mogelijkheid om te ontsnappen.

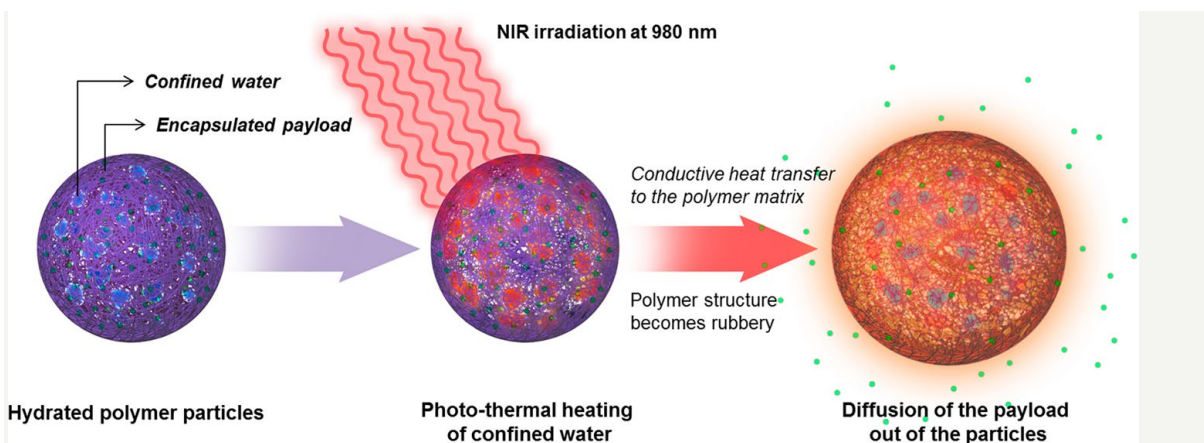
Haal je de laser weg, dan koelen de deeltjes snel weer af. Eventueel kun je het geneesmiddel dus in stappen laten vrijkomen, waarbij je de dosis per keer tamelijk nauwkeurig kunt instellen.

Het grote voordeel is dat de kunststof zelf niet lichtgevoelig hoeft te zijn. Je kunt in principe elk materiaal gebruiken dat een beetje gemakkelijk smelt, en je hoeft er ook niets doorheen te mengen dat eventueel toxisch zou kunnen zijn. Volgens de auteurs lukte het met alle biodegradeerbare polymeren die ze tot nu toe hebben uitgeprobeerd.

Ook heeft nabij-infraroodlicht het voordeel dat het dieper in weefsel doordringt dan de meeste andere golflengtes.

Volgens de onderzoekers kun je trouwens ook aan andere toepassingen denken, variërend van gecontroleerde katalyse tot intelligente zonnebrandcrème.

bron: UC San Diego



Medicijnen worden vaak via de mond (oraal) ingenomen. Een nadeel hiervan is dat het geneesmiddel dan overal in het lichaam terecht komt. Je wilt dat het geneesmiddel alleen werkt op die plek waar het nodig is. Als het geneesmiddel vervelende bijwerkingen heeft, dan is zo'n gecontroleerde afgifte des te beter.

- 1 Leg uit hoe het komt dat van medicijnen die je oraal inneemt het geneesmiddel overal in het lichaam terecht komt.

Het licht dat gebruikt wordt om het geneesmiddel te "laten ontsnappen" is afkomstig van een laser met een golflengte van 980 nm. Bij een laser is de intensiteit van het licht veel groter dan bij gewoon daglicht.

- 2 Leg uit waarom een laser wordt gebruikt.

Uit de tekst kun je opmaken of als polymeer een thermoplast of thermoharder wordt gebruikt.

- 3 Geef aan uit welke zin je kunt afleiden of een thermoharder of een thermoplast wordt gebruikt.
- 4 Leg uit of het een thermoharder of een thermoplast betreft.

Het geneesmiddel zit gedispergeerd in het polymeer. Dit betekent dat het verspreid in het polymeer zit.

- 5 Leg met behulp van schematische tekeningen op microniveau uit hoe de verweking helpt om het geneesmiddel te laten ontsnappen.

Het polymeer waarmee het onderzoek is uitgevoerd is PLGA, een co-polymeer van melkzuur en glycolzuur. Glycolzuur is hydroxyethaanzuur en melkzuur is 2-hydroxypropaanzuur.

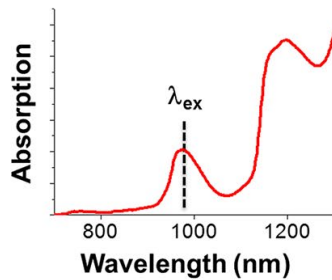
- 6 Verklaar de triviale naam PLGA voor dit polymeer.
- 7 Teken de structuurformules van melkzuur en glycolzuur.
- 8 Teken een stukje PLGA met minimaal 4 monomeren, waarbij de twee verschillende monomeren om en om gekoppeld zitten.

Het polymeer PLGA is biologisch afbreekbaar en wordt ook in het lichaam langzaam afgebroken. Dit kun je verklaren aan de hand van de eigenschappen van het polymeer op micro-niveau.

- 9 Noem twee eigenschappen op microniveau waarmee je de biologische afbreekbaarheid kunt verklaren.

Alle eerdere pogingen om gecontroleerde medicijnafgifte onder invloed van licht te laten plaatsvinden hadden grote bezwaren zoals giftigheid van stoffen in het polymeer of er was te veel energie nodig, zodat omliggend weefsel werd beschadigd.

Omdat infrarood licht van 980 nm wordt geabsorbeerd door water(zie figuur 1), kregen onderzoekers het idee om druppeltjes water in het polymeer in te sluiten.

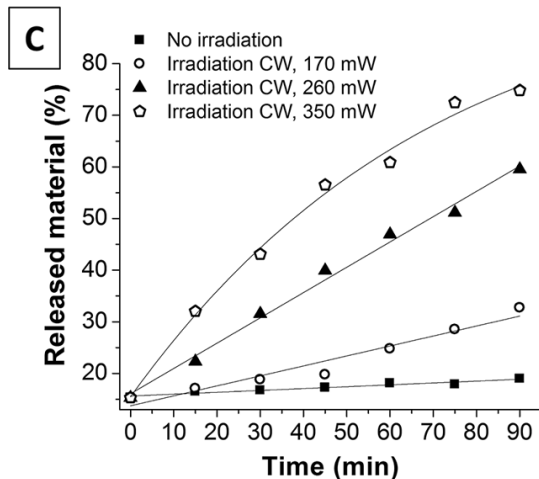


Figuur 1 Spectrum van water

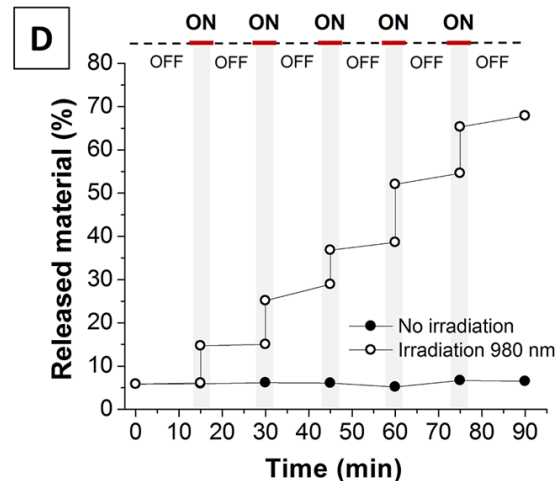
Bij 980 nm absorberen watermoleculen veel van de ingestraalde energie. Een infrarood spectrum is een soort vingerafdruk voor een stof. Vervolgens wordt de energie bij botsingen weer afgestaan aan andere watermoleculen waarbij de energie wordt omgezet in warmte-energie. Vervolgens wordt het omliggende polymeer warmer en verweekt het. Om hun theorie te toetsen dat het water inderdaad de afgifte van het geneesmiddel bewerkstelligt, hebben de onderzoekers de experimenten ook uitgevoerd met D₂O, zwaar water. D is het symbool voor deuterium, een isotoop van het waterstofatoom met massagetal 2.

10 Leg uit wat je verwacht voor de experimenten bij 980 nm met zwaar water.

De experimenten zijn bij allerlei omstandigheden uitgevoerd. De onderzoekers hebben lasers van verschillende intensiteit gebruikt (zie figuur 2). Ze hebben experimenten uitgevoerd waarbij ze stapsgewijs belicht hebben met een laser, 15 minuten uit, vervolgens 5 minuten aan (zie figuur 3).



Figuur 2 Intensiteit laser



Figuur 3 Tijdsduur laserbestraling

- 11 Beredeneer of uit figuur 2 blijkt dat een grotere intensiteit leidt tot een hogere afgifte van het geneesmiddel.
- 12 Leg uit of je conclusie uit vraag 11 logisch is te verklaren.
- 13 Leg de vorm van het diagram in figuur 3 uit.

In het artikel staat dat 'je de dosis per keer tamelijk nauwkeurig kunt instellen'.

- 14 Geef twee manieren aan waarmee je de dosis tamelijk nauwkeurig kunt instellen.

Een nadeel van deze gecontroleerde medicijnafgifte is dat het moet gebeuren onder toezicht van een geschoold persoon.

15 Leg uit waarom deze behandeling moeilijk thuis kan gebeuren.

De onderzoekers noemen twee andere toepassingen van deze methode, zoals gecontroleerde katalyse.

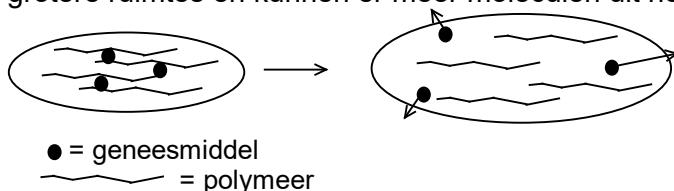
16 Leg uit hoe dat in zijn werking zal gaan.

Er is één groot verschil tussen de gecontroleerde afgifte van een geneesmiddel en een gecontroleerde katalyse.

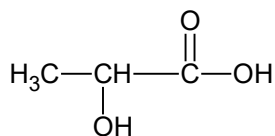
17 Leg uit wat dit grote verschil is.

Centraal verwarmd nanodeeltje

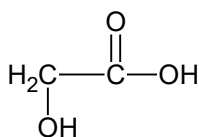
- 1 Bij orale inname wordt het geneesmiddel of in de maag of in de darmen opgenomen in het bloed. Het bloed vervoert het geneesmiddel naar alle hoeken in je lichaam.
- 2 Gewoon daglicht bevat ook wel licht met de gewenste golflengte, maar niet voldoende om het water op te warmen en zo de kunststof te verweken. De laser geeft veel meer licht van juist de gewenste golflengte.
- 3 'Het opgesloten water, die hierdoor plaatselijk verweekt'.
- 4 Het moet een thermoplast zijn, want anders verweekt de kunststof niet.
- 5 Polymeer ketens die eerst gerangschikt liggen met kleine ruimtes ertussen. Door de verweking kunnen de ketens meer ten opzichte van elkaar bewegen. Hierdoor ontstaan grotere ruimtes en kunnen er meer moleculen uit het kunststof ontsnappen.



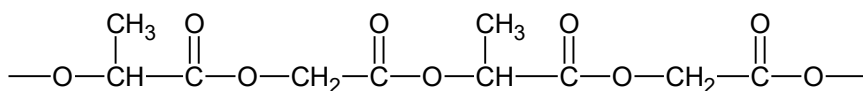
- 6 P: poly
 L: lactic acid (engels voor melkzuur)
 G: glycolzuur
 A: acid (zuur)
- 7 Structuurformule melkzuur:



Structuurformule glycolzuur:



8



- 9 Het zijn ketenvormige polymeermoleculen met een esterbinding. De esterbinding is onder de juiste omstandigheden te hydrolyseren. Een polymeer dat ketenmoleculen bevat is ook veel makkelijker af te breken dan een netwerkpolymeer.
- 10 D₂O zal bij een andere golflengte energie absorberen dan een H₂O molecuul. De molecuulmassa is verschillend. Je zult waarschijnlijk geen absorptie hebben bij 980 nm. Er zal dus ook minder of geen geneesmiddel worden afgegeven.
- 11 Wanneer de intensiteit van het laserlicht toeneemt van 170 mW naar 350 mW zie je dat de punten van de lijn in het diagram hoger komen te liggen. Er ontsnapt dus meer geneesmiddel uit de kunststof.
- 12 Ja, want bij een grotere intensiteit kan er meer energie worden geabsorbeerd. Het omliggende polymeer verweekt meer of meer polymeer verweekt. Hierdoor kan meer geneesmiddel ontsnappen.
- 13 In figuur 3 is weergegeven dat telkens een korte tijd wordt bestraald (bij 15, 30, 45, minuten). Je ziet dat op die tijdstippen er geneesmiddel ontsnapt, omdat de bovenste lijn daar stijgt. Bij de onderste lijn is het materiaal niet bestraald, daar verandert de hoeveelheid ontsnapt geneesmiddel nauwelijks.
- 14 Door het instellen van de intensiteit van de laser en de tijd gedurende welke je de plek bestraalt.
- 15 Thuis heb je meestal niet de beschikking over een laser. Bovendien weet je niet precies waar en hoelang je moet bestralen.

- 16 Bij gecontroleerde katalyse moet je de katalysator opsluiten in een kunststof met waterdruppeltjes. Vervolgens moet je de kunststof bestralen met een bepaalde intensiteit en gedurende een bepaalde tijd.
- 17 De katalysator blijft in het milieu zitten en blijft katalyseren. Aangezien een katalysator de reactie versnelt, maar niet wordt verbruikt, zal de reactie steeds doorgaan tot de reactanten op zijn.. Bij het geneesmiddel wordt het geneesmiddel gebruikt om te genezen. Ook wordt het geneesmiddel uit je lichaam verwijderd door afbraak of door uitscheiding.

GAS UIT LICHT EN WATER

Klas	5v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Verbrandingen, stofkringloop, elementkringloop, energie balans
Trefwoorden	CO ₂ , methaan, brandstof, milieu, kringloop, rendement
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

Delft Integraal, maart 2014

Gas uit licht en water

De overheid is op zoek naar technieken om nieuwe brandstof te maken uit CO₂, licht en water. Vijf miljoen euro kwam daarvoor eind vorig jaar beschikbaar van FOM, NWO en Shell. De TU deed een van de zeven gehonoreerde voorstellen.

Meer aardbevingen in Groningen en een Kamermeerderheid die de gaswinning daar wil verminderen. Het tekent het eind van een tijdperk waarin aardgas een vanzelfsprekende bron van energie en staatsinkomsten was. Ondertussen beschikt Nederland over een unieke infrastructuur aan gasleidingen. Zonde om die niet te gebruiken. Gas importeren uit Rusland is even onvermijdelijk als onverstandig. Zijn er op termijn wel alternatieven? Het onderzoeksprogramma 'CO₂-neutrale brandstoffen', dat NWO, FOM en Shell vorig voorjaar lanceerden, stelt vijf miljoen euro ter beschikking voor de schone productie van CO₂-neutrale brandstoffen uit water en kooldioxide. In een vrolijk filmpje is te zien wat de bedoeling is: elektriciteit uit zonnepanelen voedt een fabriek waarin water en kooldioxide (CO₂) omgevormd worden tot methaan (CH₄). Het gas stroomt door leidingen tot aan de verste uithoeken van ons land. Bij verbranding van het zonnegas komt kooldioxide en water vrij

waarmee de kring weer rond is. Zo kunnen we nog lang en gelukkig leven.

Ook vanuit het groeiende aandeel zonne-energie is het verstandig om over opslag na te denken, vindt dr.ir. Arno Smets (EWI). Dat is nu met één procent nog klein, maar wat doe je met al die zonnestroom als het tien tot twintig procent wordt? "Opslag wordt de bottleneck", denkt Smets. "We moeten stroom kunnen dumpen via een chemische omzetting." Dat kan bijvoorbeeld door waterstof op te wekken met elektrolyse (elektrische splitsing van H₂O in H₂ en O₂) en die met CO₂ om te vormen tot methaan (CH₄). Anders dan waterstof is methaan wel goed op te slaan, desnoods in de dan lege Groninger gasvelden.

Een filmpje over het onderzoek van Lihao Han (EWI) en Fatwa Abdi (TNW) naar een waterstof producerende zonnecel toont een glimp van de toekomst: we zien een eenvoudig vierkant plexiglas bakje. Het bakje staat los – er zijn geen draden aan bevestigd. Dan floept een

spot aan op de cel. De camera zoomt in en vanaf een roostertje in het midden van de cel borrelen kleine belletjes omhoog: waterstof uit licht. De onderzoekers scoorden er in juli een publicatie in Nature Communications¹ mee omdat niemand eerder een rendement van vijf procent had weten te behalen met zo'n geïntegreerde unit bestaande uit goedkope materialen. Dat is twee keer meer dan de natuur doet; planten leggen hooguit twee tot drie procent van de ingevangen zonne-energie vast als biomassa.

Abdi denkt dat uiteindelijk een rendement van tien procent haalbaar is: "We zitten nu al op de helft. En als we zoveel rendement halen met grootschalige installaties kunnen we de fossiele brandstoffen achter ons laten." Dan bedekken we onze daken met combicellen die waterstof opwekken waarmee we onze waterstofauto bijtanken. Gratis en zonder accijns.

APPEL

Met het geld van FOM en anderen (750 duizend euro) gaan twee nieuwe promovendi aan het werk met een herzien model waarvan de onderzoekers hoge verwachtingen hebben. In de aanvraag naar NWO/FOM stellen ze zelfs een totaalrendement (solar to hydrogen) van vijftien procent in het vooruitzicht.

"Nu we weten hoe de cel werkt, weten we ook waar de knelpunten zitten", legt Abdi's promotor chemicus prof.dr. Bernard Dam uit. Hij denkt aan de verbetering van de ladingscheiding (voorkomen dat elektron-gat paren verloren gaan doordat het elektron terugvalt), verbetering van de absorptie van het licht en optimalisatie van de mobiliteit van de ladingsdragers (zodat er meer op de elektroden aankomen).

Aanvragers Arno Smets en dr. Wilson Smith (uit de groep van Dam) komen in hun aanvraag Appel² met een heel andere opzet dan Abdi en Han. In feite keren ze het hele ontwerp om: waterstof ontstaat bij hun ontwerp aan een halfgeleidende fotokathode voorzien van een katalytische laag.

De komende jaren zullen de twee promovendi het nieuwe ontwerp verder uitwerken. Hoe,

bijvoorbeeld, bescherm je de halfgeleider tegen corrosie door het water? Het idee is een 'passivatielaag' te ontwikkelen die halfgeleider en water scheidt, maar wel elektronen doorlaat waarmee aan de kathode waterstof ontstaat.

Lange adem

Verder moeten er nieuwe katalysatoren ontwikkeld worden die zuurstof genereren, ter vervanging van het gebruikelijke platina. Ideaal zou zijn als de anode daarbij ook nog een deel van het licht zou absorberen. Hiertoe moet het gelige bismutvanadaat aan de oppervlakte van de cel vervangen door een ander, donkerder oxide dat een groter deel van het spectrum absorbeert. De hoop is dat daarmee een grotere stroom op gang komt die moet uitmonden in een hogere waterstofproductie. Kritisch is natuurlijk wel of de achterliggende zonnecellen met minder licht evenveel of meer stroom kunnen opwekken.

"Het is onderzoek met lange adem", weet Dam. Daarom zou Dam graag een meer structurele ondersteuning van het onderzoek zien. "Productie van waterstof uit zonlicht is essentieel voor een duurzame samenleving", zegt Dam die graag zou zien dat financiering van toegepast onderzoek zich meer op nieuwe industrieën zou richten dan op de bestaande.

Auteur: Jos Wassink

Lees het uitgebreidere artikel op delta.tudelft.nl/27734

1 Fatwa F. Abdi, Lihao Han, Arno H. M. Smets, Miro Zeman, Bernard Dam & Roel van de Krol, Efficient solar water splitting by enhanced charge separation in a bismuth vanadate-silicon tandem photoelectrode, Nature, 29 July 2013.

2 Earth Abundant Materials based Monolithic Photovoltaic-Photo Electrochemical Device toward 15% Solar-to-Hydrogen Conversion Efficiencies – Acroniem: APPEL

3 www.fom.nl/co2

Nieuwe brandstof maken uit CO_2 , licht en water. Het is de uitkomst van het onderzoeksprogramma 'CO₂-neutrale brandstoffen'. De eerste stap is dat met behulp van elektrische energie uit zonnepanelen methaan gevormd gaat worden uit water en koolstofdioxide.

- 1 Leg uit dat methaan niet het enige product kan zijn van het beschreven proces.
- 2 Geef de reactievergelijking voor de vorming van methaan uit koolstofdioxide en water.

Bij verbranding van 'zonnegas' komen dan weer koolstofdioxide en water vrij.

- 3 Geef de reactievergelijking van de verbranding van zonnegas.
- 4 Leg uit dat hiermee dan een kringloop doorlopen is.
- 5 Waarom kan dit een CO₂-neutrale kringloop genoemd worden?

Het groeiende aandeel zonne-energie kan problemen veroorzaken. Volgens dr.ir. Arno Smets moet er stroom gedumpt kunnen worden via een chemische omzetting.

- 6 Aan welk type proces denkt dr.ir. Smets?
- 7 Geef de reacties van beide genoemde stappen die hierbij optreden.

De gevormde methaan wil men opslaan in bijvoorbeeld lege Groningse aardgasvelden.

- 8 Waarom is opslag van methaan noodzakelijk?

Het rendement is nog zeer laag. Toch is men al best tevreden.

- 9 Licht deze schijnbare tegenstelling (rendement laag ↔ tevredenheid) toe.

De productie van het gas vindt plaats in een soort elektrolysecel.

- 10 Welke energieomzettingen vinden daarbij plaats?

Bij de elektrolyse ontstaan uiteindelijk twee stoffen, namelijk methaan en zuurstof.

- 11 Leg uit dat dit geen probleem oplevert bij de verdere verwerking zoals opslag.

Toch zijn er nog verschillende knelpunten te overwinnen voor beide onderzoeksgroepen.

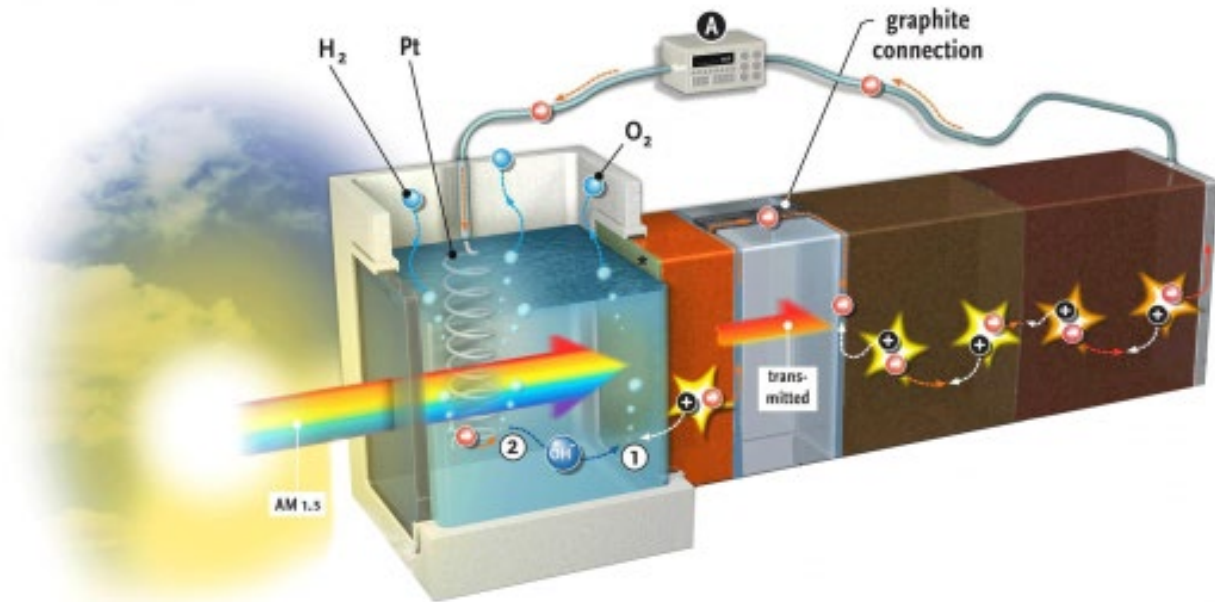
- 12 Welke knelpunten worden er genoemd voor elk van beide onderzoeksgroepen? En hoe denken de beide onderzoeksgroepen die knelpunten aan te pakken?

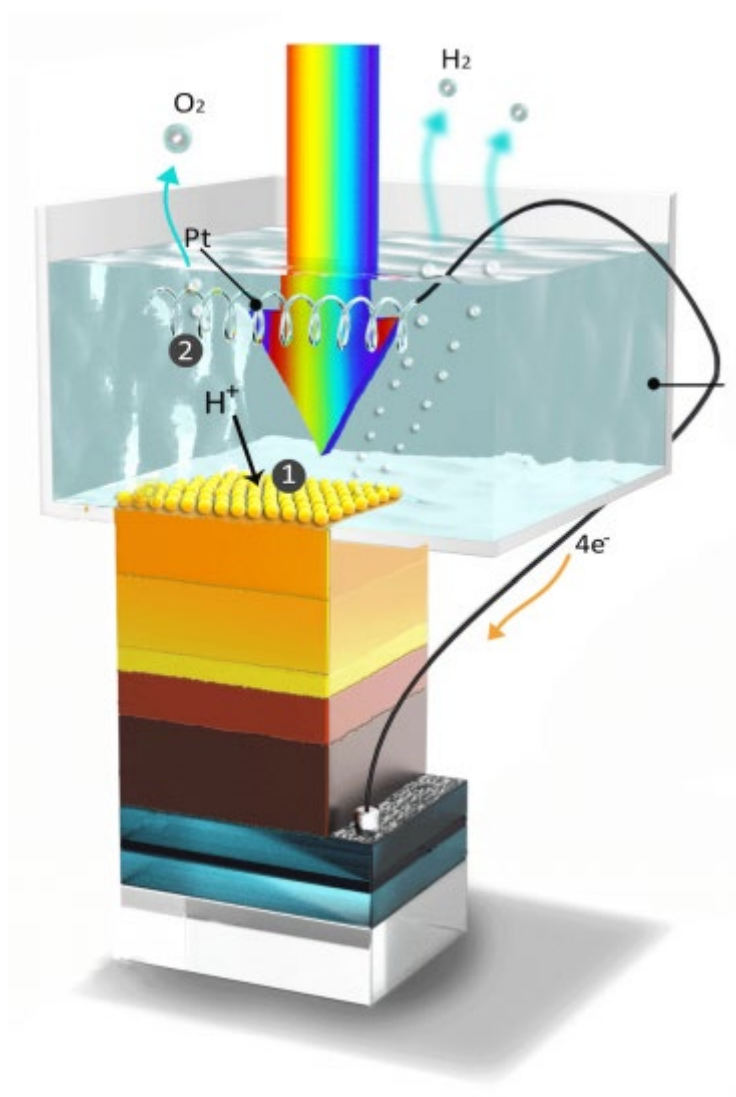
Gas uit licht en water

- 1 Koolstofdioxide en water bevatten ook nog zuurstofatomen.
- 2 $\text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{O}_2$.
- 3 $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$.
- 4 Je begint met koolstofdioxide en je eindigt weer met koolstofdioxide.
- 5 De hoeveelheid koolstofdioxide verandert niet.
- 6 Elektrolyse waarbij waterstof gevormd wordt die met koolstofdioxide omgezet wordt in methaan en water.
- 7 stap 1: $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$. Stap 2: $\text{CO}_2 + 4 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$.
- 8 Er wordt meer geproduceerd dan er op dat moment nodig is.
- 9 Het is veel hoger al dan de natuur realiseert.
- 10 Omzetting van zonne-energie in elektrische energie en van elektrische energie in chemische energie.
- 11 Bij de elektrolyse ontstaan waterstof en zuurstof aan aparte elektroden en zijn dus niet gemengd.
- 12 Abdi en Han: ladingsscheiding verbeteren: voorkomen dat elektrongat verloren gaat; verbeteren absorptie van licht: meer licht absorberen in dezelfde tijd; optimalisatie mobiliteit ladingsdragers: meer lading op de elektroden.
Smets en Smith: bescherming tegen corrosie: passiviteitslaag aanbrengen; nieuwe katalysator: katalysatoren die zuurstof genereren en daarbij ook als anode meer licht zouden absorberen.

Aanvullend

Bron: <http://delta.tudelft.nl/artikel/beter-dan-de-natuur/27734>





DOODZONDE OM OP TE STOKEN

Klas	5,6v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Organische reacties, polymeren
Trefwoorden	Lignine, bio-BTX, aromaat, fenol, bio-based, vanilline, sinapylalcohol, kraken, atomeconomie, E-factor
Vaardigheidsvraag	informatieselectievraag

Chemie Magazine, maart 2014

LIGNINE (HOUSTOF) HERBERGT EEN SCHAT AAN WAARDEVOLLE AROMATEN

DOODZONDE OM OP TE STOKEN

Onhandelbaar, weerbarstig en recalcitrant. Zo staat het houtpolymeër lignine bekend. Maar de stof vervangt steeds vaker fenol. En onderzoekers zijn hoopvol over de ontwikkeling van bio-BTX en koolstofvezels uit lignine.

Tekst: Marga van Zundert

Zonder lignine stond er geen boom in het bos en geen mais op de akkers. Het biopolymeer geeft planten stevigheid en bescherming. Bacteriën en schimmels bijten er al miljoenen jaren tevergeefs hun 'tanden' op stuk. Geen enkel micro-organisme slaagt erin om energie uit de stof te halen.

Sommige lukt het wel om lignine langzaam op te breken om zo het beter verteerbare cellulose te bereiken.

Ook de chemie bijt al meer dan een eeuw de tanden stuk op lignine. Het biopolymeer lost nauwelijks op in gangbare oplosmiddelen. Opbreken lijkt eenvoudig; de stof biedt wel zeven verschillende soorten bindingen om te knippen. Maar het verbreken

van één soort levert vaak andere, nieuwe bindingen elders in de structuur op. De weerstand leverde zelfs een industriële 'wijsheid' op: *You can make anything you want out of lignin, except money.*

Verbranden is nog steeds vrijwel de enige



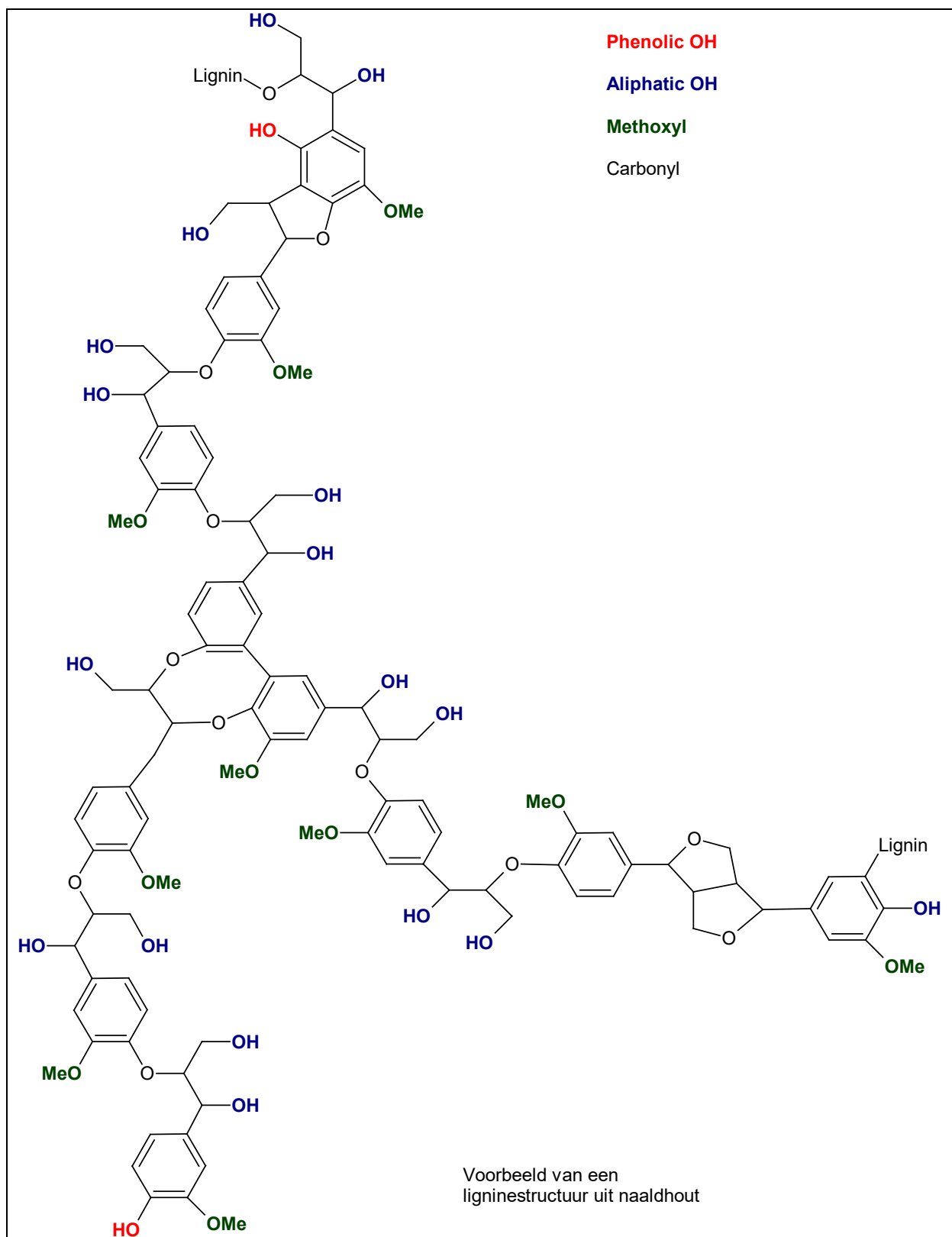
nuttige toepassing. Slechts een enkele procent van alle gewonnen lignine vindt op dit moment een andere toepassing.

Jackpot

Maar elke chemicus die naar de moleculaire structuur van lignine kijkt (zie tekening, voorbeeld van ligninestructuur, ziet dat opstoken doodzonde is. Lignine herbergt een schat aan waardevolle aromaten.

Wie het chaotische netwerk netjes weet op te breken, wint een 'jackpot'. De *biobased economy* vraagt om bio-BTX (benzeen, toluen, xyleen) en bio-fenol. De aromaten zijn belangrijke basischemicaliën. En lignine is goedkoop. Elk jaar groeit de natuur 'gratis' zo'n 200 miljard ton. De huidige pulp- en papierindustrie levert zeker een miljoen ton

lignine als restproduct en de toename in bioraffinage zal extra lignine opleveren. Omdat lignine geen voedingswaarde heeft legt het geen beslag op landbouwgrond.



Bron: Chemie Magazine, maart 2014

EEN CHAOTISCH EN WEERBARSTIG NETWERK VAN FENOLEN

Lignine is een chaotisch netwerk van onderling verknoopte fenolen.

Er is weinig regelmaat te ontdekken in de volgorde van monomeren of vertakkingen.

De basiseenheden in lignine zijn de drie monolignolen: sinapyl-, conferyl-, en coumarylalcohol. Ze worden gevormd uit het aminozuur fenylalanine. Enzymen initiëren de radicaalpolymerisatie tot lignine.

De precieze structuur verschilt van plantensoort tot plantensoort en wijzigt ook tijdens de groei. Lignine van de fijnspar is bijna uitsluitend opgebouwd uit coniferylalcohol, terwijl graslignine voor een belangrijk deel uit coumarylalcohol is gesynthetiseerd.

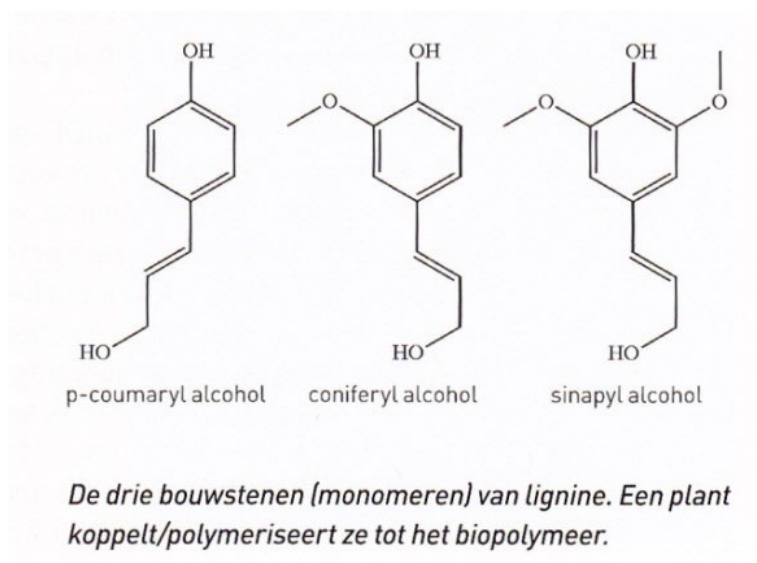
Geen enkele ligninestructuur is tot in detail opgehelderd. Dat komt niet alleen door de complexe structuur, maar ook doordat de stof bijzonder moeilijk te hanteren is. Het polymeer lost niet op in water en het opbreken van een of meer van de vele ether- of koolstofverbindingen resulteert meestal in de spontane vorming van nieuwe bindingen elders in het netwerk. Dit proces

Bron: *Chemie Magazine*, maart 2014

Lignine

Het houtpolymeer lignine staat als onhandelbaar, weerbarstig en recalcitrant bekend.

- 1 Licht deze omschrijving toe met voorbeelden.



Bron: *Chemie Magazine*, maart 2014

Lignine is deels opgebouwd uit fenolen.

- 2 Geef de structuurformule van fenol.

De drie bouwstenen van lignine worden monolignolen genoemd.

- 3 Leg aan de hand van de structuurformules van de monolignolen uit dat fenol het basismolecuul is bij de vorming van lignine.

Lignine biedt zeven verschillende soorten bindingen aan om te ‘knippen’.

4 Waardoor levert dat toch meestal geen brokstukken op?

Lignine herbergt een schat aan waardevolle aromaten.

5 Wat verstaat men onder aromaten?

De bio-based economy vraagt om bio-BTX en bio-fenol.

6 Waar staat de afkorting bio-BTX voor?

7 Geef de structuurformules van de molecuulsoorten in bio-BTX.

8 Leg uit dat er voldoende ligninegrondstof voorhanden is.

Kraken

KATALYTISCH KRAKEN KAN	
“We hebben bewezen dat het kan”, vat Pieter Bruijninx het Utrechtse onderzoekswerk naar de omzetting van lignine in bio-BTX samen. De katalyticus ontving in 2010 een Veni-beurs voor lignine-onderzoek en publiceerde onlangs in Green Chemistry een tweestapsroute van lignine naar BTX (benzeen, toluen, xyleen). “Het is een van de weinige voorbeelden van omzetting van echte lignine in BTX”, benadrukt Bruijninx. “Dus geen modelstof, maar lignine ‘uit de markt’.” De opbrengst bedraagt enkele procenten. “In het vervolgtraject, onderdeel van het CatchBio-programma, vergelijken we met een aantal onderzoeksgroepen verschillende routes, nemen de hele keten door en proberen die te optimaliseren. De trein moet	nog gebouwd worden, zeg maar. Pas daarna kun je wat zinnigs zeggen over de vraag of de route eventueel commercieel interessant is.” In het tweestapsproces wordt lignine, een bruin poeder, eerst gedepolymeriseerd in een alkalische water/ethanol-oplossing met een platina-aluminiumoxidekatalysator bij 225 graden Celsius. Het resultaat is een lignine-olie. De lignine is deels opgebroken in monomeren, dimeren en oligomeren. De monomeerfractie bedraagt zo’n 10 tot 20 procent. Onder waterstofdruk en bij hoge temperatuur vindt vervolgens omzetting plaats, waarbij voor een deel sprake is van volledige deoxygenatie tot BTX zonder verlies van aromaticiteit.

Bron: *Chemie Magazine*, maart 2014

Lignine kan met een redelijke opbrengst in BTX omgezet worden.

9 Maak een blokschema van het tweetrapsproces van de vorming van BTX.

10 Verklaar de benaming ‘deoxygenatie’.

De drie bouwstenen (monomeren) van lignine zijn alcoholen. In het stuk “een chaotisch en weerbarstig netwerk van fenolen” staat dat enzymen de radicaalpolymerisatie tot de vorming van lignine opstarten.

- 11 Hoe heet de eerste stap bij een radicaalpolymerisatie?
- 12 Leg uit dat het een additiepolymerisatie is.

In de toelichting bij een voorbeeldstructuurformule van lignine staat “phenolic OH” en “aliphatic OH”.

- 13 Neem de structuur van sinapyl alcohol over en wijs hierin deze twee verschillende OH-groepen aan.

Bij de deoxygenatie wordt de monomeerfractie omgezet in BTX.

- 14 Geef de reactie in structuurformules tussen sinapyl alcohol en waterstof waarbij benzeen, water en een tweetal alcoholen ontstaan.
- 15 Hoe kan uit dit mengsel benzeen vrij eenvoudig gescheiden worden van de rest? Licht je antwoord toe.
- 16 Geef de namen van de twee gevormde alcoholen.

Vanille

In het artikel in Chemie Magazine staat de winning van vanilline uit houtlignine vermeld als voorbeeld van de winning van een hoogwaardig aromaat:

Vanillesmaak Dat het winnen van een hoogwaardige aromaat uit lignine mogelijk is, bewees het Noorse bedrijf Borregaard overigens al meer dan vijftig jaar geleden. Sinds 1962 maakt het pulp- en papierbedrijf – dat zich inmiddels bioraffinaderij noemt – de smaakstof vanilline uit houtlignine. Deze stof (4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde) geeft, zoals de naam al suggereert, een vanillesmaak aan voedsel en is een van de meest verkochte smaakstoffen ter wereld. Maar	bijproduct is wellicht een juistere term voor vanilline uit hout. Ook al is de jaarproductie 2000 ton (circa 12 procent van de wereldmarkt), 1000 kilo hout levert slechts 3 kilo vanilline op. Theoretisch zou dat het honderdvoudige kunnen zijn. Zeker in de jaren na dit eerste succes is er wereldwijd driftig geprobeerd meer en andere aromaten te winnen. Maar zonder groot commercieel succes.
--	--

Bron: Chemie Magazine, maart 2014

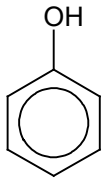
Lignine is dus niet volledig ontoegankelijk gebleken. Het Noorse bedrijf Borregaard maakt al 50 jaar de smaakstof vanilline uit houtlignine.

- 17 Teken de structuurformule van vanilline.
- 18 Bereken de atomeconomie en de *E*-factor van dit proces.
- 19 Verklaar de uitspraak ‘Maar bijproduct is wellicht een juistere term’.

Doodzonde om op te stoken

1 Geen enkel micro-organisme slaagt erin om er energie uit te winnen. Het lost nauwelijks op in gangbare oplosmiddelen. Bij verbreking van bindingen maakt de stof weer nieuwe bindingen.

2



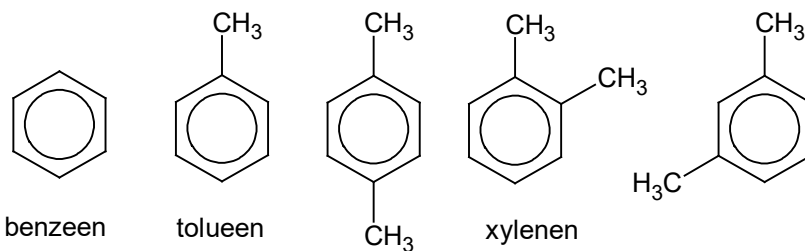
3 In alle drie de structuren is fenol als bouwsteen aanwezig: benzeenring met OH-groep.

4 Lignine maakt dan weer nieuwe bindingen ergens anders in de structuur.

5 Moleculen met een benzeenring.

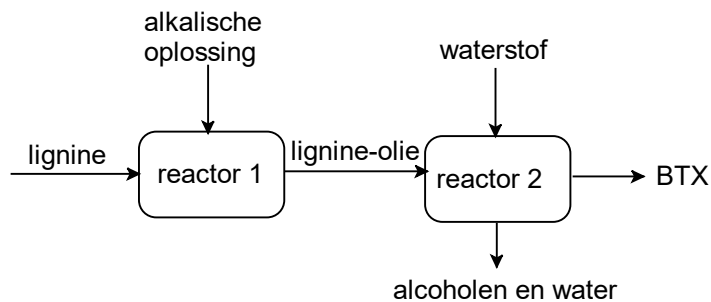
6 Biologisch geproduceerd benzeen, toluen en xyleen.

7



8 Elk jaar groeit er zo'n 200 miljard ton.

9

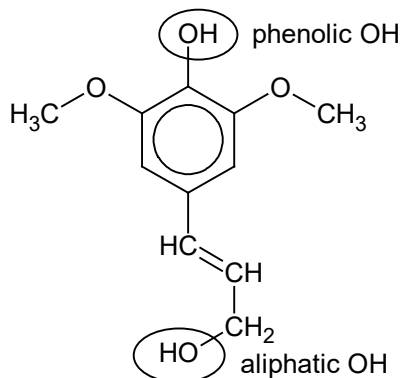


10 Deoxygenatie omdat er zuurstof verwijderd wordt.

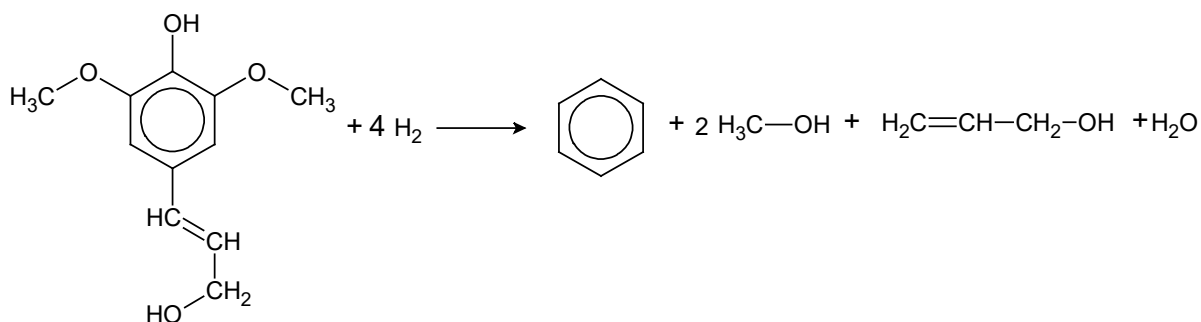
11 De initiatiestap.

12 Er worden steeds moleculen aan elkaar vastgemaakt zonder afsplitsing van een klein molecuul.

13



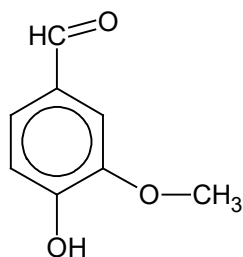
14



- 15 Bijvoorbeeld door destillatie, dat berust op verschil in kookpunt.. Benzeen heeft geen OH groepen, de andere drie moleculen wel. Moleculen met OH-groepen kunnen waterstofbruggen vormen (micro) waardoor de kookpunten veel hoger liggen dan stoffen van vergelijkbare grootte zonder die binding (macro).

- 16 Het zijn methanol en prop-2-ene-1-ol.

17



4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde

18

$$\text{atoomeconomie} = \frac{m_{\text{product}}}{m_{\text{beginstoffen}}} \times 100\% = \frac{3}{1000} \times 100\% = 0,3\%.$$

$$\text{E-factor} = \frac{m_{\text{begin}} - m_{\text{opbrengst}}}{m_{\text{opbrengst}}} = \frac{1000-3}{3} = 332.$$

- 19 Zoals je ziet is de atoomeconomie zeer klein zodat je niet van een hoofdproduct kunt spreken.

Nota bene

Voor het polymerisatiemechanisme zie:

http://www.ipst.gatech.edu/faculty/ragauskas_art/technical_reviews/Lignin%20Overview.pdf)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Lignin>

BIOAROMATEN IN OPMARS

Klas	5,6 v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Organische reacties, polycondensatie
Trefwoorden	Bio-aromaat, lignine, PET, FDCA, PEF
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W, 11 april 2014

Bioaromaten in opmars

Maar liefst drie consortia van instituten, universiteiten en bedrijven onderzoeken en ontwikkelen processen om bioaromaten te maken. Lignine als grondstof dient zich op grote schaal aan, maar blijkt een harde noot om te kraken. Wat maakt dit product zo interessant?

BASTIENNE WENTZEL

Vorig jaar ging Biorizon van start, een zogenoemd *shared research*-programma opgezet door TNO en haar Vlaamse zusterorganisatie Vito op de Green Chemistry Campus in Bergen op Zoom. Het doel: ontwikkelen van rendabele technologie voor de productie van aromatische verbindingen gemaakt uit biomassa. TNO en Vito staken vorig jaar 2,5 miljoen euro in Biorizon om het onderzoek op te starten. Op dit moment worden de eerste contracten gesloten met bedrijven die betalen voor het procestechnologische onderzoek dat in opdracht wordt uitgevoerd. Maar ook de al langer lopende onderzoeksprogramma's voor de bio-technologische en chemische omzetting van biomassa in chemicaliën, zoals BE-Basic en CatchBio, richten een aanzienlijk deel van hun pijlen op die bioaromaten. Aromaten maken dan ook bijna de helft uit van de industriële chemicaliënproductie.

PULP

Biorizon heeft de industrie gevraagd naar haar wensen wat betreft bioaromaten, vertelt Joop Groen van TNO, verantwoordelijk voor het ontwikkelen van nieuwe business binnen het programma. "Binnen de chemische industrie blijkt een enorme behoefte te zijn aan een nieuwe bron voor aromaten, enerzijds om te vergroenen. Maar belangrijker is dat aromaten nu worden geleverd als bijproduct van het kraken van aardolie. Het is eigenlijk een ondergeschoven kindje en daarom is het gevoelig voor grote prijs-schommelingen. De chemische industrie zoekt dus naar een meer betrouwbare levering van grondstoffen en een voorspelbare prijs."

**'De pulpfabriek wordt
mede een
bioraffinaderij'**

Een belangrijke drijfveer is de olieprijs, zegt ook Richard Gosselink, senioronderzoeker van Wageningen UR. Hij is een van de experts als het gaat om het maken van bioaromaten uit lignine en via het Wageningse Lignineplatform betrokken bij het CatchBio-programma (zie ook C2W3, 2012). "Het kraken van oliefracties levert aromatische verbindingen op die de chemische industrie gebruikt. Zolang de olieprijs laag is, is er geen behoefte aan een nieuwe grondstof voor de chemische industrie. Maar dat is de afgelopen vijf, zes jaar met een stijgende olieprijs duidelijk veranderd."

Er zijn grofweg twee grondstofstromen voor bioaromaten, samen ook wel ligno-cellulose genoemd. Cellulose en dan vooral de suikers waaruit dit polymeer is opgebouwd. En lignine, een sterk vertakt polymeer van aromatische bouwstenen dat cellulose in planten bij elkaar houdt. Het is na cellulose de meest voorkomende organische verbinding op aarde, maar ook een heel weerbarstige.

Lignine bestaat uit drie bouwstenen: p-coumarylalcohol, co-niferylalcohol en sinapylalcohol. Tussen verschillende houtsoorten zijn er grote verschillen in samenstelling. Zo is lignine uit naaldhout vooral opgebouwd uit coniferylmonomeren, lignine in grasachtige gewassen bevat juist meer p-coumaryl.

"Lignine is interessant omdat dat op grote schaal beschikbaar komt", zegt Gosselink. De grootste leverancier is de pulp- en papierindustrie die meer waarde wil creëren uit haar reststroom lignine. "Je ziet dat die bedrijven verschuiven van pulpfabriek naar bio-raffinaderij", zegt Gosselink.

FRISDRANKVERPAKKING

Volgens Gosselink wordt de productie van onder meer bioaromaten op termijn de drijvende kracht voor het gebruik van lignine. "Chemicaliën leveren een grote meerwaarde, tot wel 1.000 euro per ton. Lignine als brandstof levert maar 50 euro per ton op. Bovendien is de huidi-ge markt voor aromaten behoorlijk groot. Van benzeen,

tolueen en xylene (BTX) en fenol is zo'n 100 miljoen ton bouwstenen voor onder andere polymeren." Dit zijn belangrijke bouwstenen, bijvoorbeeld voor fenolharsen en kleurstoffen (polycarbonaat of fenylamine).

Het afbreken van het ligninenetwerk vereist nog wel een 'robuuste methode', aldus Gosselink. Binnen het CatchBio-programma ontwikkelden de Universiteit Utrecht en Wageningen UR bijvoorbeeld methodes waarbij lignine wordt opgelost in water of in een mengsel van water en ethanol. Bij een temperatuur van 250 °C en een druk van enkele tientallen bar zorgt een edelmetaal-katalysator voor afbraak van het netwerk. In Utrecht wordt ook waterstofgas toegevoegd, in Wageningen doen ze dat liever niet. Gosselink: "Lignine is reactief. Als je het in stukjes breekt, kunnen die weer recondenseren. Waterstof voorkomt dat en zorgt er ook voor dat je de grote hoeveelheid zuurstofatomen in de moleculen vermindert. Dat is beter voor de eindproducten. Maar wij gebruiken geen waterstof omdat het goedkoper is zonder." Zo'n twintig procent van de lignine wordt omgezet in een mengsel van twintig verschillende bruikbare aromatische verbindingen. De helft van die opbrengst betreft één verbinding, zegt Gosselink. Welke kan hij niet zeggen vanwege lopende octrooiaanvragen, maar typische producten zijn guaiacol en vanilline. Van die laatste, de smaakstof vanille, wordt wereldwijd al zo'n tien procent uit lignine geproduceerd via andere chemokatalytische routes. "De conversie en opbrengst die wij halen, is een stap in de goede richting, maar het moet nog aanzienlijk verbeterd worden. Uiteindelijk denk ik dat we er met een een- of tweestaps-proces niet zijn."

Tereftaalzuur is een geliefd doel voor onderzoekers

Frisdrankverpakking PET, gemaakt van tereftaalzuur, dat op zijn beurt weer gemaakt kan worden uit BTX, is een geliefd doel voor

de bioaromaat-onderzoekers (zie C2W14, 2012). Dit polymeer is het derde grootste petrochemische polymeer ter wereld met een productie-volume van 65 miljoen ton per jaar. Binnen het BE-Basicprogramma wordt gewerkt aan een productieroute om met micro-organismen C6-suikers zoals glucose om te zetten in furaandicarbonzuur (FDCA), een vervanger van tereftaalzuur die er erg op lijkt. Van FDCA kun je dan ook een biovervanger maken van PET, PEF gedoopt. FDCA heeft betere eigenschappen dan PET; het laat minder zuurstof en kooldioxide door, wat gunstig is wanneer je er verpakkingsmateriaal voor voedingsmiddelen van maakt. Bovendien is het materiaal steviger dan PET. Het Nederlandse chemiebedrijf Avantium, dat als eerste aantoonde dat FDCA betere eigenschappen heeft dan PET, ontwikkelde een chemische route om van C6-suikers FDCA te maken. Het gebruikt een tweestaps-proces met katalysatoren dat onder meer draait in een pilot-fabriek in Geleen (zie C2W20, 2012).

LIJM

"Een mooi voorbeeld van processen die op de markt zullen komen, is de omzetting van suikers naar specialty aromaten", denkt Groen. "Die specialties heb je letterlijk in honderden verschillende verbindingen." Biorizon zal dit jaar de experimenten in zijn continu reactoren opschalen naar kiloschaal. De routes voor die processen worden op dit moment geïdentificeerd. Ook bij Wageningen UR is een toepassing al bijna gereed: een lijm bestaand uit lignine. Gosselink laat een stukje multiplex zien dat verlijmd is met een polymeer van aromatische verbindingen dat uit lignine is gemaakt. "Lignine is van zichzelf al een soort lijm die de cellulose in de plant bij elkaar houdt. Voor de toepassing als lijm voor multiplex wordt het ligninenetwerk voor een deel afgebroken. Voor het lijmen voegen we een verharder toe, en vormt zich weer een netwerk van aromatische verbindingen."



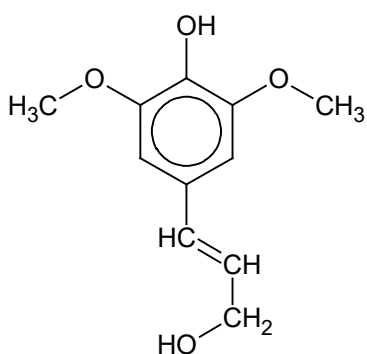
Lignine uit naaldhout bestaat voornamelijk uit coniferylalcohol (links), maar grasachtige gewassen bevatten juist meer p-coumarylalcohol (rechts)

Houtige biomassa is een veelbelovende grondstof voor de productie van chemicaliën. Maar liefst drie consortia onderzoeken en ontwikkelen processen om uit de houtige biomassa bioaromaten te produceren.

- 1 Wat versta je onder een aroma?
- 2 Welke twee grondstoffen zijn interessant voor de productie van bioaromaten?

Lignine

Sinapylalcohol is één van de bouwstenen in lignine.



Sinapylalcohol

- 3 Welke twee andere bouwstenen in lignine zijn er? Geef de namen.
- 4 Welke overeenkomsten hebben de drie bouwstenen?

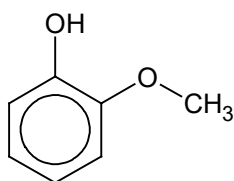
Uit lignine kunnen bioaromaten (BTX en fenol) geproduceerd worden.

- 5 Waar staat de afkorting BTX voor?
- 6 Geef de structuurformules van de BTX-stoffen en hun rationele namen..
- 7 Geef de structuurformule van fenol.
- 8 Leg uit dat het aannemelijk is dat de genoemde stoffen uit lignine gemaakt kunnen worden.

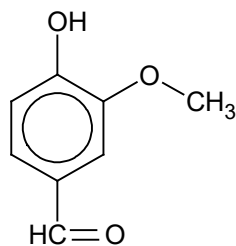
Bij de afbraak van het netwerk in lignine kan waterstof toegevoegd worden.

- 9 Welke dubbelfunctie heeft het waterstof?

Twee typische producten bij de afbraak van lignine zijn guaiacol en vanilline.



guaiacol



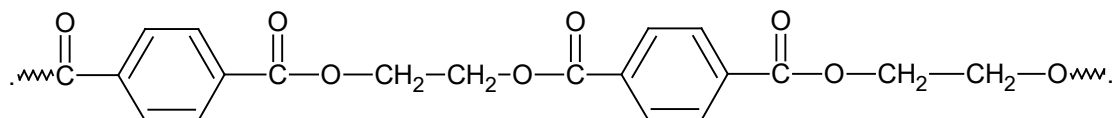
vanilline

- 10 Licht toe dat dit stoffen zijn in de tussenstadia tussen lignine en BTX.

PET

Een geliefd doel voor onderzoek is de productie van PET uit bioaromaten.

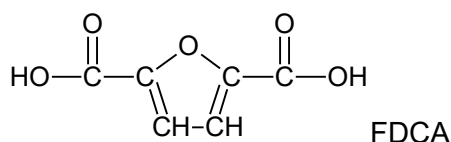
De frisdrankverpakking PET wordt gemaakt uit tereftaalzuur (benzeen-1,4-dicarbonzuur) dat op zijn beurt weer gemaakt wordt uit BTX. Hieronder is een stuk van de structuurformule van PET weergegeven.



- 11 Welke stof is naast tereftaalzuur nodig voor de productie van PET? Geef de rationele naam.

FDCA en PEF

Een ander onderzoek richt zich op de productieroute om met micro-organismen C6-suikers zoals glucose om te zetten in furaandicarbonzuur, FDCA. De reactie vindt plaats met behulp van katalysatoren en zuurstof als oxidator.



- 12 Geef de halfreactie van de oxidator.
 13 Geef de halfreactie van de reductor in molecuulformules weer.
 14 Stel de totaalvergelijking op.

Van FDCA kun je een 'bioervanger' maken van PET die PEF genoemd wordt. PEF ontstaat door een polycondensatiereactie tussen FDCA en glycol, ethaan-1,2-diol.

- 15 Teken een stuk uit het midden van een PEF-keten.

In het artikel staat tot tweemaal toe een foutieve naam als PEF bedoeld wordt.

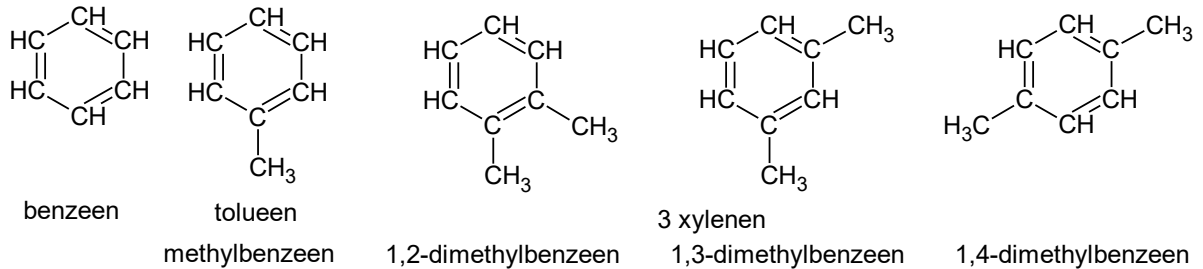
- 16 Welke foutieve naam wordt bedoeld?

De stof PEF heeft betere eigenschappen dan PET.

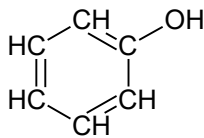
- 17 Welke eigenschappen zijn dat?
 18 Voor welke toepassing is PEF daardoor zeer geschikt?

Bioaromaten in opmars

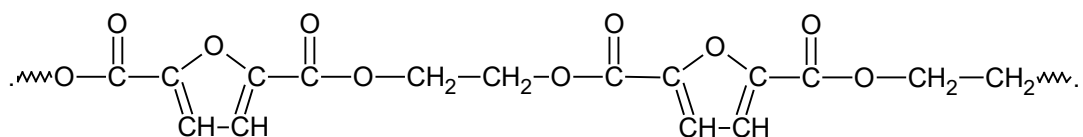
- 1 Een stof met een structuurformule met een benzeenring.
- 2 Cellulose en lignine.
- 3 Coniferylalcohol en p-coumarylalcohol.
- 4 Ze hebben een benzeenring, een OH-groep aan die ring en een propenylalcoholgroep als zijketen.
- 5 BTX staat voor benzeen, toluen en xyleen.
- 6



7



- 8 Lignine bevat benzeenringen. Door afsplitsing van de zijketens door middel van zuurstof kan BTX als mengsel overblijven.
- 9 Waterstof voorkomt recondensatie van de brokdelen uit lignine. Het zorgt er ook voor dat de grote hoeveelheid zuurstofatomen in de moleculen wordt verminderd.
- 10 Beide stoffen hebben al deels de zijketens met zuurstof uit het lignine afgesplitst. Guaiacol is al de propenylalcoholgroep en een methoxygroep kwijt geraakt, terwijl vanilline ook een methoxy en een groot deel van de propenylalcoholgroep is kwijt geraakt.
- 11 Dat is glycol, ethaan-1,2-diol.
- 12 $O_2 + 4 H^+ + 4 e^- \rightarrow 2 H_2O$.
- 13 $C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_6H_4O_5 + H_2O + 6 H^+ + 6 e^-$.
- 14 $2 C_6H_{12}O_6 + 3 O_2 \rightarrow 2 C_6H_4O_5 + 8 H_2O$.
- 15



- 16 Er staat: FDCA heeft betere eigenschappen dan PET. En verderop nogmaals.
- 17 Het laat minder zuurstof en koolstofdioxide door en het is steviger.
- 18 Als verpakkingsmateriaal voor voedingsmiddelen.

Opmerking: zie ook opgave Biobased kunststoffen in Chemie Aktueel nummer 73.