

DUIZEND LITER BAKOLIE IN BRAND BIJ AVIKO

<i>Klas</i>	3 hv
<i>Subdomein</i>	Processen en reacties
<i>Vaardigheid</i>	Informatie
<i>Specificaties</i>	Verbranden
<i>Trefwoorden</i>	Blussen, brandvoorwaarden, reactievergelijking, zonnebloemolie
<i>Vaardigheidsvraag</i>	informatieverwerkingsvraag

www.limburger.nl, 3 september 2017

Duizend liter bakolie in brand bij aardappelverwerker Aviko in Lomm



Foto: David Dunnaway

De brandweer is zondagochtend met groot materiaal uitgerukt naar aardappelverwerker Aviko in Lomm. In een van de frietovens was brand uitgebroken.

De brand ontstond omstreeks 11:00 uur in het bedrijf gelegen aan de Spikweien. Volgens de brandweer ging het om bijna duizend liter bakolie die in brand stond.

Omdat het risico bestond op uitbreiding van de brand werd meteen opgeschaald.

Geblost met schuim

Door de grote hoeveelheid bakolie moest er geblost worden met schuim. Om voldoende blusmiddelen ter beschikking te hebben werden er extra voertuigen uit de omgeving opgeroepen.

Brand onder controle

Even na 12:00 uur werd het sein brand meester gegeven. De productie van het bedrijf is tijdelijk stilgelegd.

Oorzaak

De oorzaak van de brand is nog onduidelijk.

Bij aardappelverwerker Aviko stond 1000 liter bakolie in brand. Als er brand is, dan wordt voldaan aan de drie brandvoorwaarden.

1 Geef de drie brandvoorwaarden.

De brandweer bluste deze bakoliebrand niet met water maar met schuim.

2 Leg uit welke brandvoorwaarde de brandweer wegneemt door te blussen met schuim.

3 Leg uit waarom ze niet met water kunnen blussen.

Bij Aviko wordt, afhankelijk van het product, als bakolie gebruik gemaakt van olijfolie, zonnebloemolie of palmolie. Het kookpunt/kooktraject van die drie oliën is verschillend

- palmolie: 351-352 °C;
- zonnebloemolie: 140 °C;
- olijfolie: 150°C-200 °C.

4 Leg uit of het voor de brandweer belangrijk is om te weten welke olie in brand staat.

5 Wat zegt het of er gesproken wordt over een kookpunt of over een kooktraject?

Stel dat er bij Aviko zonnebloemolie in brand stond. De gemiddelde molecuulformule van zonnebloemolie is $C_{54}H_{101}O_6$.

6 Noteer de reactievergelijking voor de volledige verbranding van zonnebloemolie.

7 Leg uit of het waarschijnlijk is dat in de fabriek volledige verbranding van de zonnebloemolie optreedt.

Duizend liter bakolie in brand bij AVIKO

- 1 De voorwaarden zijn: er moet voldoende brandstof zijn, en ook voldoende zuurstof. De temperatuur moet voldoende hoog zijn.
- 2 Schuim sluit de luchttoevoer af.
- 3 Olie en water mengen niet. Olie heeft een kleinere dichtheid dan water, dus olie drijft op water. De olie kan dus gewoon verder branden. De brandende olie zal zich verspreiden over het wateroppervlak.
- 4 De damp van de olie ontbrandt. Hoe lager het kookpunt, des te eerder zal bij afkoelen de temperatuur onder de ontbrandingstemperatuur komen. Hoe hoger het kookpunt des te hoger de ontbrandingstemperatuur. Dus het is belangrijk voor de brandweer om te weten welke olie het is.
- 5 Kooktraject: mengsel van een aantal stoffen. Kookpunt: zuivere stof.
- 6 $4 \text{ C}_{54}\text{H}_{101}\text{O}_6 + 305 \text{ O}_2 \rightarrow 216 \text{ CO}_2 + 202 \text{ H}_2\text{O}$
- 7 Het is niet waarschijnlijk dat er volledige verbranding optreedt want je hebt hiervoor heel veel zuurstof en een goede menging van de zuurstof met de oliedamp nodig.

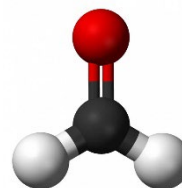
Artikel: http://www.limburger.nl/cnt/dmf20170903_00045878/brand-in-frietoven-bij-aardappelverwerker-aviko-in-lomm

JE EIGEN FORMALDEHYDE

Klas	5 v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Organische reacties
Trefwoorden	Foliumzuur, formaldehyde, formaat, formiaat 1C-cyclus, adenine, guanine, serine
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W, 8 september 2017

Je eigen formaldehyde



Zoogdiercellen maken zélf de gifstof formaldehyde aan, als essentieel onderdeel van hun metabolisme. Foliumzuur dient daarbij als grondstof en dat doet de vraag rijzen of je van dat voedingssupplement ook te veel kunt innemen. Vooral wanneer je een kankercel bent, blijkt uit een publicatie in *Nature*.

Tot nu toe stond alleen vast dat mensen te *weinig* foliumzuur binnen kunnen krijgen, vooral wanneer ze zwanger zijn. En formaldehyde werd beschouwd als een stof die ze alleen binnenkrijgen dankzij milieuvervuiling.

Dat formaldehyde is toxisch omdat het DNA-strengen permanent chemisch aan elkaar knoopt zodat ze niet meer zijn af te lezen. Sinds kort is bekend dat cellen er een dubbele verdediging tegen hebben. Het enzym alcoholdehydrogenase 5 (ADH5) zet formaldehyde om in formaat, het anion van mierenzuur. En als dat niet helpt is er een reparatiemechanisme dat de DNA-strengen weer ontkoppelt.

Britse onderzoekers onder leiding van Ketan Patel hebben nu om te beginnen ontdekt dat formaldehyde ook in het lichaam zelf ontstaat. Het is één van de producten van de ontleding van folaat, het anion van foliumzuur.

En cellen blijken dat formaldehyde vervolgens te kunnen doorsluizen naar het zogeheten *one carbon metabolism*, zo genoemd omdat het fragmenten met maar één koolstofatoom verplaatst van het ene naar het andere molecuul. Dit stukje metabolisme, ook bekend als de 1C-cyclus, is onder meer essentieel voor de productie van adenine en guanine, twee van de vier 'letters' in DNA.

De fragmenten komen vooral voort uit afbraak van het aminozuur serine, maar formaat is ook als zodanig bruikbaar. En door formaldehyde te labelen met koolstof-13 hebben Patel en collega's nu laten zien dat cellen deze stof kunnen gebruiken als bron van formaat: je vindt die koolstof-13 gewoon in de producten van de 1C-cyclus terug. Mogelijk dient het als back-up bij tijdelijk gebrek aan serine.

Patel concludeert dat in zoogdiercellen eigenlijk sprake is van een complete formaldehydecyclus, die zorgt dat de concentratie te laag blijft om een risico te vormen. Die cyclus lijkt overigens prima bestand tegen een beetje extra foliumzuur. Mogelijk moet

je er alleen mee uitkijken wanneer je door een zeldzame mutatie één van beide verdedigingsmechanismes mist.

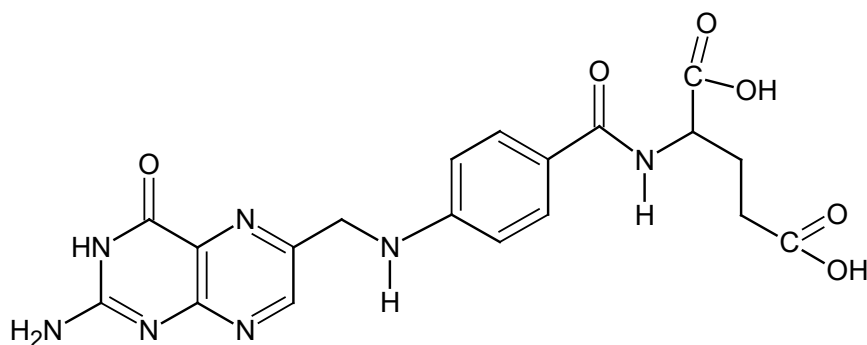
En dat laatste is onder meer het geval bij BRCA-1 en BRCA-2, twee erfelijke vormen van borstkanker. Die cellen staan er om bekend dat het DNA-reparatiemechanisme niet goed werkt. Met een combinatie van foliumzuurderivaten en een stof die ADH5 blokkeert zou je zulke cellen selectief kunnen doden zonder dat gezond weefsel er last van heeft, vermoedt Patel.

bron: Medical Research Council

Britse onderzoekers zijn meer aan de weet gekomen over de rol van foliumzuur in het lichaam.

Foliumzuur wordt wel voorgeschreven aan zwangere vrouwen om de kans voor het ontstaan van een 'open ruggetje' bij de baby tegen te gaan.

De structuurformule van een foliumzuurmolecuul is afgebeeld in figuur 1.



Figuur 1 Structuurformule foliumzuurmolecuul

Foliumzuur lost goed op in water.

- 1 Leg op microniveau uit waardoor foliumzuur goed oplost in water.

In foliumzuur zijn onder andere peptidebindingen aanwezig.

- 2 Geef in de bijlage in de structuurformule van foliumzuur de peptidebinding(en) aan.

De stof formaldehyde wordt beschouwd als gifstof. Toch maken zoogdieren zelf die stof aan. Foliumzuur is hierbij de uitgangsstof voor de vorming van formaldehyde.

- 3 Zoek in Binas de rationele naam voor formaldehyde en noteer deze naam.
- 4 Teken de structuurformule van formaldehyde.
- 5 Waardoor is formaldehyde een toxische stof?

Het lichaam heeft een dubbele verdediging tegen de giftige stof formaldehyde.

- 6 Welke dubbele verdediging wordt genoemd?
- 7 Geef de halfreactie in structuurformules die optreedt als ADH5 zijn werk doet.

Ook in het lichaam zelf kan formaldehyde ontstaan bij afbraak van het zuurrestion van foliumzuur.

- 8 Geef in de bijlage aan welk deel van het zuurrestion van foliumzuur bij afbraak formaldehyde zal kunnen leveren. Licht je antwoord toe.

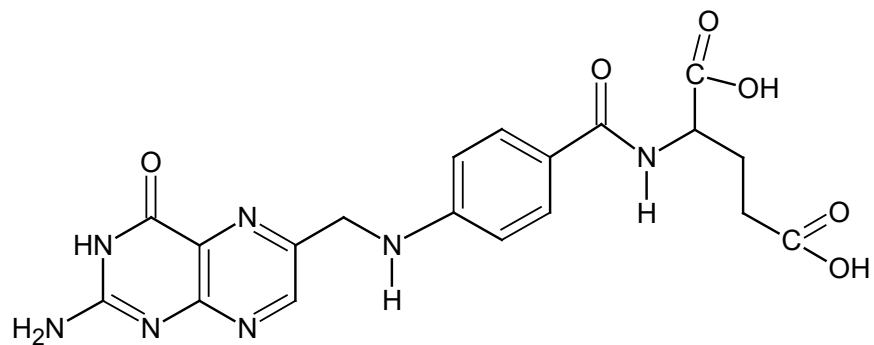
Cellen kunnen formaldehyde 'doorsluizen' naar de zogenaamde C-cyclus. Dat is essentieel voor de productie van adenine en guanine. In plaats van serine kunnen cellen ook formaat (formiaat) gebruiken dat uit formaldehyde gevormd wordt.

- 9 Hoe heeft men kunnen bewijzen dat ook formaldehyde aan de 1C-cyclus meedoet?
- 10 Geef de structuurformules van adenine, guanine en serine.
- 11 Leg aan de hand van de structuurformule van serine uit welke brokstukken daarvan bruikbaar zijn bij de vorming van adenine en guanine.

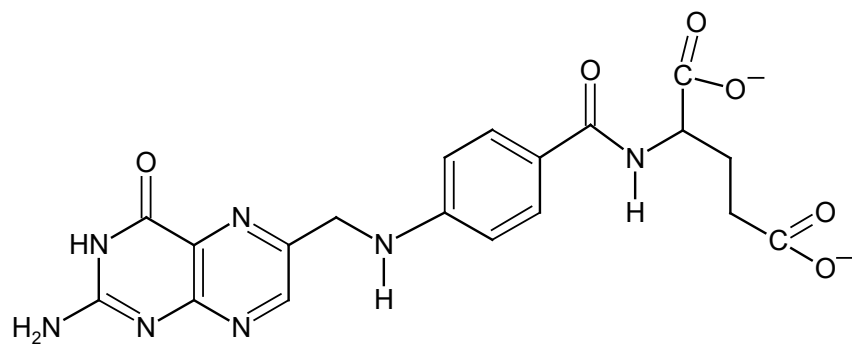
Is formaldehyde dan toch niet schadelijk voor het lichaam? Onderzoeker Patel trekt een conclusie ten aanzien van het risico ervan.

- 12 Welke conclusie trekt Patel?

Bijlage vraag 2



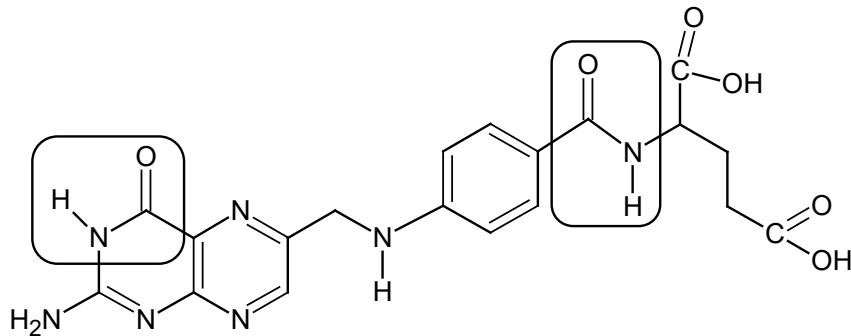
Bijlage vraag 8



Je eigen formaldehyde

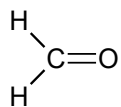
- 1 Foliumzuurmoleculen bevatten heel veel NH- en OH-groepen die met watermoleculen H-bruggen kunnen vormen.

2



- 3 Formaldehyde is de triviale naam voor methanal.

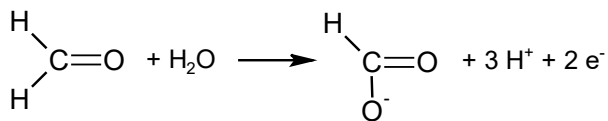
4



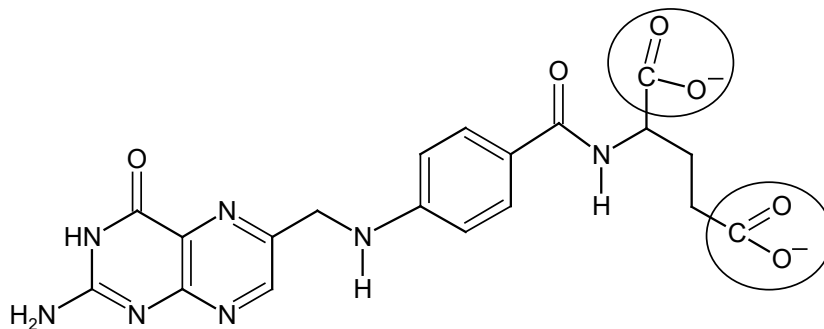
- 5 Formaldehyde is toxisch omdat het DNA-strengen (via crosslinks) permanent chemisch aan elkaar bindt waardoor het DNA niet meer afgelezen kan worden.

- 6 Het enzym ADH5 zet formaldehyde om in het ion formaat (formiaat). En er is nog een reparatiemechanisme dat de DNA-strengen weer ontkoppelt.

7



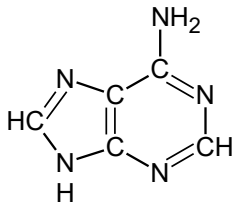
8



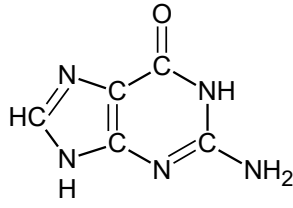
De COO^- groepen kunnen tot HCO -groepen omgevormd worden.

- 9 Men heeft formaldehyde met C-13 atomen toegepast. C-13 is een radioactief atoom. Het bleek dat na verloop van tijd ook C-13 atomen in de producten van de C1-cyclus aanwezig waren.

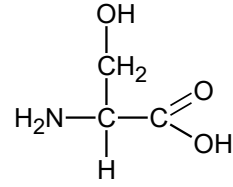
10



adenine (A)

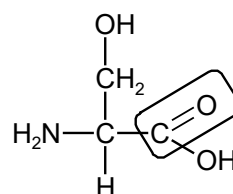
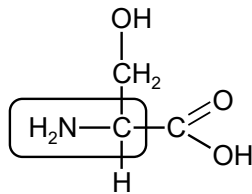
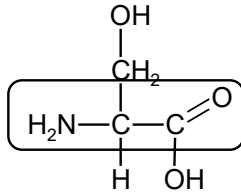


guanine (G)



serine (Ser)

11



De brokstukken geven de —N—C—C=O , de —N—C— en de C=O delen aan die in adenine en guanine voorkomen.

12 Doordat er eigenlijk sprake is van een complete formaldehydecyclus blijft de concentratie te laag om een risico te vormen.

HET WAS PIONIEREN

Klas	5 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Organische reacties
Trefwoorden	Glycerol, vetzuren, milieu, duurzaam, vergisting, biogas
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Chemie magazine, augustus 2017

Het was pionieren

Met het project 'Quarterback', waarbij energie wordt gewonnen uit glycerine, won Croda de Responsible Care-prijs 2017. Het bijproduct glycerinewater wordt niet langer ingedampt, wat veel energie scheelt, maar levert in de vergister energie op in de vorm van biogas. *Site engineering manager projects* Danny Zwakhals en plantmanager Abdoul El Mahi vertellen over het ontstaan van het idee, de zoektocht naar een werkbaar proces en de hobbels op weg naar het eindresultaat.

Croda produceert in Gouda een breed scala aan halffabricaten voor onder meer de verzorgings-, de verf- en de smeermiddelenindustrie. De grondstoffen zijn plantaardige oliën, voornamelijk raapolie, en een klein deel dierlijke vetten. Deze worden gesplitst in vetzuren en glycerinewater met 14 procent glycerine. De vetzuren worden gezuiverd en verwerkt tot eindproducten voor de klanten. Het glycerinewater werd voorheen verkocht aan bedrijven die het zuiveren en doorverkopen. Maar eerst moest Croda het in een speciale installatie indampen tot 85 procent. "Anders vervoer en verkoop je water," legt plantmanager Abdoul El Mahi uit. "De glycerine is een bijproduct."

Biodiesel-industrie

Zwakhals had ooit opgevangen dat een voormalig zusterbedrijf in Italië de glycerine gebruikte in een co-vergisting, dus samen met andere voeding.

Hij verdiepte zich in de materie en kwam in de literatuur veel informatie tegen over vergisting van glycerine, die in enorme hoeveelheden vrijkomt in de biodiesel-industrie.

De anaerobe (de organismen hebben voor hun stofwisseling geen zuurstof nodig) vergister werd vorig jaar juni in gebruik genomen en draait inmiddels volop. De investering bedraagt 10 miljoen euro, inclusief alle aanpassingen eromheen, zoals de WKK, de waterzuivering ("je krijgt een ander soort slib") en de behandeling van het biogas. Het biogas wordt gebruikt in de hoofdketel voor stoom of in de WKK voor stroom en warm water. Daarmee is de totale gasrekening 10 procent lager geworden. Zwakhals: "Het vervangen van aardgas door biogas dekt 9 procent, de besparing op gasgebruik door het achterwege blijven van de indampingstap 6 procent en de energie-efficiëncywinst met de nieuwe WKK bedraagt 10 procent." Tevens is een waterbesparing gerealiseerd van 12 procent. De CO₂-uitstootreductie zal uiteindelijk 25 procent bedragen (12.000 ton CO₂ per jaar). Het project is daarom 'Quarterback' (een 'kwart') gedoopt.

De beoogde capaciteit van de vergister is 300 ton glycerinewater per dag. Momenteel wordt zo'n 90 procent van het aanbod vergist. De resterende 10 procent wordt nog ingedampt. Die uitwijkmogelijkheid is nodig omdat er nog aanpassingen plaatsvinden aan de vergister. Zwakhals: "We lopen nog tegen een aantal problemen aan. Zo blijven de reactoren oplopen in temperatuur, één tot anderhalve graad per week.

Het bedrijf Croda is op verschillende manieren bezig om afvalproducten te benutten en energiezuinig te werken.

Croda verwerkt voornamelijk raapolie om er vetzuren uit te winnen. Raapolie wordt daarbij gesplitst in vetzuren en glycerinewater met 14% glycerine.

- 1 Wanneer spreek je van een olie en wanneer van een vet?
- 2 Welk proces treedt op bij de splitsing van raapolie in vetzuren en glycerine?
- 3 Leg uit waarom glycerine wel en de vetzuren niet in water oplossen. Gebruik Binas.

De moleculen in raapolie bevatten verzadigde en onverzadigde vetzuren.

- 4 Leg het verschil uit tussen deze typen vetzuren aan de hand van gegevens uit Binas.
- 5 Wat kun je zeggen over het gehalte aan verzadigde en onverzadigde vetzuren in raapolie?

Het glycerinewater werd tot voor kort ingedampt tot een mengsel van 85% glycerine en de rest water.

- 6 Leg uit dat bij indampen het water verdampt en niet de glycerine.
- 7 Waarom is dit indampen een duur proces?

Croda heeft nu een alternatieve manier voor de verwerking van glycerinewater uitgewerkt. Het betreft een vergistingsinstallatie waarbij de glycerine omgezet wordt in biogas, een mengsel van methaan, waterstof en koolstofdioxide.

- 8 Teken de structuurformule van glycerine.
- 9 Geef de vergelijking van de daarbij optredende vergistingsreactie in molecuulformules weer.
- 10 Leid uit het artikel af of de vergisting een endotherm of exotherm proces is.

Duurzaamheid is een hot item in de chemie. Termen als atomeconomie en *E*-factor kom je daarbij vaak tegen. Het gevormde biogas kan deels verbrand worden om er energie mee op te wekken.

- 11 Welk deel van het gevormde biogas kan verbrand worden en welk deel niet?
- 12 Bereken de atomeconomie van de vergistingsreactie.
- 13 Bereken ook de *E*-factor van dit proces.
- 14 Leg uit of je dit proces groen kunt noemen.

Het was pionieren

- 1 Je spreekt van een olie als de stof vloeibaar is bij kamertemperatuur en van een vet als de stof vast is bij kamertemperatuur.
- 2 Hydrolyse: reactie van water (met de moleculen in de olie).
- 3 Glycerine, rationele/systematische naam propaan-1,2,3-triol. Vetzuren zijn moleculen met een polaire kop en een lange apolaire staart. Glycerinemoleculen kunnen door de aanwezigheid van drie OH-groepen waterstofbruggen vormen met watermoleculen. Vetzuurmoleculen hebben een lange apolaire staart die geen waterstofbruggen kan vormen met watermoleculen.
- 4 Verzadigde vetzuren bevatten geen C=C bindingen, onverzadigde vetzuren bevatten per molecuul één of meer C=C binding(en).
- 5 De moleculen van een olie bevatten meer onverzadigde vetzuren dan verzadigde vetzuren.
- 6 Water heeft een lager kookpunt dan glycerine: kookpunt water 373 K, kookpunt glycerine 563 K.
- 7 Het kost veel energie om water te verdampen.
- 8

$$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_2 \\ | \quad | \quad | \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$$
- 9 $2 \text{ C}_3\text{H}_8\text{O}_3 \rightarrow 3 \text{ CH}_4 + 3 \text{ CO}_2 + 2 \text{ H}_2$.
- 10 Er staat dat de temperatuur in de reactor elke week 1-1,5 graad oploopt. Het is dus een exotherm proces want er komt energie vrij.
- 11 Methaan en waterstof kunnen verbrand worden, koolstofdioxide niet.
- 12 $\text{atoomeconomie} = \frac{\text{massa gewenst product}}{\text{massa beginstoffen}} \times 100\% = \frac{3 \times 16,043 + 2 \times 2,016}{2 \times 92,094} \times 100\% = 28,32\%$.
- 13 $E\text{-factor} = \frac{\text{massa beginstoffen} - \text{massa werkelijke opbrengst product}}{\text{massa werkelijke opbrengst product}} = \frac{184,188 - 52,161}{52,161} = 2,53$.
- 14 Nee, want E -factor is relatief hoog en atomeconomie is laag.

Samenstelling oliën

	Pinda-olie	Kokosolie	Lijnzaad-olie	Maisolie	Olijfolie	Palmolie	Raapzaad-olie	Saffloer-olie	Soja-olie	Zonnebloemolie
Verzadigde vetzuren										
C6:0 Capronzuur		0,4-0,6								
C8:0 Caprylzuur		5-10								
C10:0 Caprinezuur		4,5-8								
C12:0 Laurinezuur		43-51				< 0,4				
C14:0 Myristinezuur		16-21				0,5-2			< 0,5	
C15:0 Pentadecanezuur										
C16:0 Palmitinezuur	6-16	7,5-10	4-7	9-14	7,5-20	41-47	2,5-6	2-10	7-14	3-10
C17:0 Heptadecaanzuur										
C18:0 Stearinezuur	1,3-6,5	2-4	2-5	0,5-4	0,5-5	3,5-6	0,8-2,5	1-10	3-5,5	1-10
C20:0 Arachidezuur	1-3			< 1	< 0,6	< 1	0,1-1,2	< 0,5	< 0,6	< 0,5
C22:0 Beheenzuur	1-5							< 0,5		
C24:0 Lignocerinezuur	0,5-3			< 0,5						
Enkelvoudig onverzadigde vetzuren										
C16:1 Palmitolezuur	< 1,0			< 0,5	0,3-3,5	< 0,6	< 0,6	< 0,5	< 1	< 1
C17:1 Heptadeceenzuur										
C18:1 Oliezuur	35-72	5-10	12-34	24-42	55-83	36-44	50-66	7-42	18-26	14-35
C20:1 Gadoleinezuur	0,5-2,1			< 0,5			0,1-4,3	< 0,5	< 1	
C22:1 Erucazuur	0,5-3			< 0,5						
Meervoudig onverzadigde vetzuren										
C18:2 Linolzuur	13-45	1-2,5	7-27	34-62	3,5-21	6,5-12	18-28	55-81	50-57	55-75
C18:3 Linoleenzuur (ALA)	< 0,3		35-65	< 2	< 1,5	< 0,5	6-14	< 1	5,5-10	< 0,3

Bron: M. Bockisch, AOCS Press, 1998

Bron: www.etan-bewegen.nl/wp-content/uploads/2013/04/Vetzuursamenstelling-oliën.pdf

PLA VAN GECERTIFICEERD SUIKERRIET

Klas	5 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Polymeren
Trefwoorden	PLA, biobased, biodegradeerbaar, melkzuur
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Chemie magazine, september 2017

PLA VAN GECERTIFICEERD SUIKERRIET

Total Corbion is begonnen met de levering van polymelkzuur-bioplastisch (PLA) van gecertificeerd suikerriet. De grondstoffen voldoen aan de Chain of Custody-certificeringseisen, wat betekent dat de telers werken volgens principes van duurzame landbouw en dat de herkomst volledig transparant is. De joint venture Total Corbion werd eind 2016 opgericht door de twee naamgevende bedrijven en is gevestigd in Nederland. Om uitbreiding mogelijk te maken, bouwt het bedrijf in

Thailand een nieuwe fabriek met een productiecapaciteit van 75.000 ton per jaar. PLA is een biobased en biologisch afbreekbaar polymeer op basis van suiker of zetmeel, dat via fermentatie in melkzuur kan worden omgezet. PLA wordt vooral toegepast in verpakkingsmateriaal voor voedingsproducten en in wegwerpbestek en -textiel. Verder vindt het product zijn weg ook naar de olie- en gasindustrie, de elektronicasector, de auto-industrie en het 3D-printsegment.

De stof melkzuur wordt steeds belangrijker als grondstof voor bioplastics. Melkzuur ontstaat door fermentatie van suikers.

- 1 Zoek in Binas de rationele naam voor melkzuur. Noteer deze naam.
- 2 Geef de structuurformule van melkzuur.
- 3 Geef de fermentatie van glucose weer in een reactievergelijking met molecuulformules.

Melkzuurmoleculen kunnen met elkaar reageren en vormen daarbij een polyesterketen.

- 4 Teken een deel uit het midden van de polymelkzuurketen. Teken minstens drie eenheden.

In de chemie wordt vaak gebruik gemaakt van afkortingen. PLA is zo'n (Engelstalige) afkorting. PLA staat voor polylacticacid, in het Nederlands polymelkzuur genoemd. PLA is 'biobased' en biodegradeerbaar.

- 5 Wat is het verschil tussen biobased en biodegradeerbaar?
- 6 Waarom zie je steeds vaker biobased materialen op de markt komen?

Het bedrijf Total Corbion bouwt een nieuwe fabriek in Thailand met een productiecapaciteit van 75.000 ton PLA per jaar.

- 7 Bereken hoeveel ton melkzuur daarvoor nodig is.

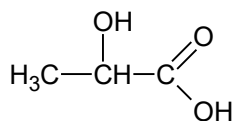
Duurzaamheid is een hot item in de chemie. Termen als atomeconomie en *E*-factor kom je daarbij vaak tegen.

- 8 Bereken de atomeconomie van het productieproces van PLA uit melkzuur.
- 9 Bereken ook de *E*-factor van dit proces.
- 10 Leg uit of je dit proces groen kunt noemen.

PLA van gecertificeerd suikerriet

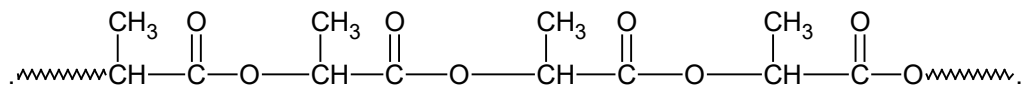
1 Rationele naam: 2-hydroxypropaanzuur.

2



3 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$.

4



5 Biobased betekent dat het gemaakt is uit hernieuwbare grondstoffen. Biodegradeerbaar betekent dat micro-organismen het materiaal kunnen afbreken.

6 Hernieuwbare grondstoffen kunnen steeds bijgemaakt worden. Dat is niet het geval bij grondstoffen uit fossiele brandstoffen.

7 De reactie die optreedt is: $n \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 \rightarrow (\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2)_n + n \text{H}_2\text{O}$.

75.000 ton PLA = $75 \cdot 10^9 \text{ g} \equiv 75 \cdot 10^9 / n \times 72,06 = 1,04 \cdot 10^9 / n \text{ mol PLA}$. Dit is gevormd uit $n \times 1,04 \cdot 10^{12} / n \text{ mol melkzuur} = 1,04 \cdot 10^9 \times 90,08 = 94 \cdot 10^{12} \text{ g} = 94.000 \text{ ton melkzuur}$.

8 $\text{atoomeconomie} = \frac{\text{massa gewenst product}}{\text{massa beginstoffen}} \times 100\% = \frac{75000}{94000} \times 100\% = 80\%$.

9 $E\text{-factor} = \frac{\text{massa beginstoffen} - \text{massa werkelijke opbrengst product}}{\text{massa werkelijke opbrengst product}} = \frac{94000 - 75000}{75000} = 0,25$.

10 Ja, want *E-factor* is laag, dus weinig afval. Verder werk je ook met biologisch verkregen grondstoffen, dus hernieuwbaar.

GOUDVISSSEN MAKEN ZELF ALCOHOL AAN OM TE OVERLEVEN IN IJSMEREN

Klas	5,6 v
Subdomein	Processen en reacties, Chemisch rekenen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Redoxreactie, Chemische berekening
Trefwoorden	Halfreacties, pyrodruivenzuur, ethanol, ethanol, pH berekening, buffer, dubbellaag, fosforlipiden
Vaardigheidsvraag	Informatie

<https://nl.metrotime.be>, 15 augustus 2017

Goudvissen maken zelf alcohol aan om te overleven in ijsmeren



Foto Pexels

Goudvissen kunnen maandenlang overleven in water dat aan de oppervlakte bevroren is en dus geen zuurstof meer bevat. Hun geheim: ze zetten giftige stoffen in hun lichaam om in alcohol, dat in het water oplost.

Wanneer het water aan de oppervlakte van meren in de winter bevroert, zitten alle levende wezens onder de ijslaag met een groot probleem. Als de zuurstof op is, maakt hun lichaam het giftige melkzuur aan en sterven ze. Maar dat is niet het geval voor de goudvis. Die blijft rustig verder zwemmen.

Dat is omdat de goudvis het melkzuur omzet in ethanol, of alcohol. Onderzoekers van de universiteit van Oslo hebben een proteïne ontdekt bij de vis, dat geactiveerd wordt bij een zuurstoftekort. Het maakt de ethanol aan, die daarna langs de kieuwen van het dier in het water terechtkomt.

Mag niet achter het stuur van een auto kruipen

Niet alle alcohol verdwijnt uit het lichaam van de kleurrijke vis. Tijdens de koude maanden in het water kan de alcoholconcentratie in het bloed van een kroeskarper, een neef van de goudvis, stijgen tot 50 mg per 100 milliliter. Dat is meer dan de toegelaten hoeveelheid voor mensen die achter het stuur van een auto willen kruipen.

“Deze diersoort benadrukt het belang van soorten die zich aanpassen aan onherbergzame omgevingen”, zegt Cathrine Elisabeth Fagernes, de hoofdauteur van de studie aan NDTV. “Het laat de vis toe om concurrentie en natuurlijke vijanden in het zuurstofarme water te vermijden.”

Onder normale *aerobe* omstandigheden zetten goudvissen in hun spieren glucose met behulp van zuurstof om in koolstofdioxide en water waarbij energie vrij komt.

- 1 Noteer de vergelijking van de reactie onder aerobe omstandigheden in *molecuulformules*.

De vrijgekomen energie wordt in de cel opgeslagen in de vorm van ATP.

- 2 Hoeveel mol ATP wordt gemaakt per mol glucose? Noteer het nummer van de (Binas)tabel waar je het gegeven opgezocht hebt.

Vorming melkzuur

Zonder een voortdurende toevoer van zuurstof kunnen de mitochondriën, de krachtbron in de cellen, niet hun werk doen om energie te leveren. Daar heeft de goudvis een oplossing voor. Onder deze *anaerobe* omstandigheden wordt glucose in de cel, via het tussenproduct pyruvaat, omgezet in melkzuur.

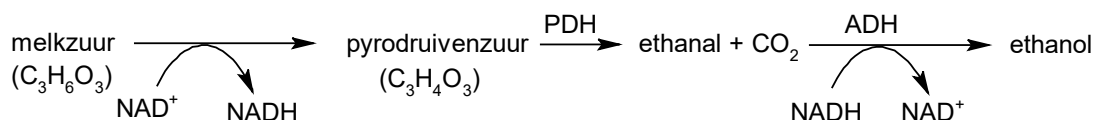
- 3 Geef de structuurformule van het melkzuurmolecuul.
- 4 Noteer de vergelijking van de reactie onder anaerobe omstandigheden in *molecuulformules*.

Onder anaerobe omstandigheden wordt per mol glucose 2 mol ATP gemaakt.

- 5 Leg uit wat dit betekent voor het functioneren van de goudvis.

Vorming ethanol

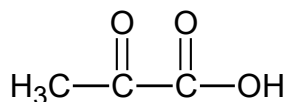
De goudvis heeft het probleem van zuurstofgebrek heel lang geleden opgelost door een nieuw enzym te maken dat in zuurstofloze omstandigheden ervoor zorgt dat uit het melkzuur ethanol wordt gemaakt. Dit gebeurt in enkele stappen (figuur 1).



PDH = pyruvaatdehydrogenase
ADH = alcoholdehydrogenase

Figuur 1

In de eerste stap wordt uit melkzuur pyrodruivenzuur gevormd. De molecuulformule van pyrodruivenzuur is $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$ en voor de structuurformule zie figuur 2.



Figuur 2 Structuurformule pyrodruivenzuur

Bij de omzetting van melkzuur in pyrodruivenzuur treedt een redoxreactie op met behulp van NAD^+ . De twee onvolledige halfreacties zijn:



6 Neem de onvolledige halfreacties over en maak ze kloppend.

In stap 2 wordt pyrodruivenzuur omgezet in ethanal en CO_2 .

7 Noteer de vergelijking van de reactie in structuurformules.

In de laatste stap wordt ethanal omgezet in ethanol met behulp van NADH .

8 Noteer de halfreactie in structuurformules voor de omzetting van ethanal in ethanol.

Giftig melkzuur

Als de goudvis of de kroeskarper het enzym om ethanol te maken niet lang geleden had ingezet, zou hij in zuurstofloze omstandigheden sterven door acidose, een abnormaal zure toestand van het bloed. De acidose wordt veroorzaakt door de verhoogde aanwezigheid van melkzuur.

Het bloed van goudvissen/kroeskarpers heeft onder normale omstandigheden een pH van 7,7. Bij een $\text{pH} < 7,4$ treedt bij goudvissen/kroeskarpers acidose op. In het bloed is de koolzuurbuffer $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$ de belangrijkste buffer.

9 Bereken de verhouding $\frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$ in het bloed van de vis onder normale omstandigheden.

Voor het bloed van een goudvis/kroeskarper geldt $[\text{HCO}_3^-] = 14 \text{ mmol L}^{-1}$.

10 Bereken $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ in het goudvissenbloed.

Als het melkzuur, dat onder zuurstofloze omstandigheden in de cel is gevormd, in het bloed terecht komt, reageert het met het waterstofcarbonaat ion uit de buffer volgens:



11 Leg met behulp van gegevens uit Binas uit dat deze reactie inderdaad kan optreden.

Uit 1 mol melkzuur wordt uiteindelijk 1 mol ethanol gevormd. Volgens het artikel is er uit het melkzuur maximaal 50 mg ethanol per 100 mL bloed gevormd.

12 Bereken hoeveel mol melkzuur per liter bloed is omgezet voor de vorming van deze hoeveelheid ethanol.

Stel dat het speciale enzym niet aanwezig zou zijn en dat het melkzuur dus niet omgezet wordt in ethanol, maar dat het in het bloed heeft gereageerd met HCO_3^- .

13 Bereken $[\text{HCO}_3^-]$ en $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ als de hoeveelheid melkzuur volledig reageert met HCO_3^- .

14 Bereken de pH van het vissenbloed als alle melkzuur heeft gereageerd met HCO_3^- .

In het artikel staat "Als de zuurstof op is, maakt hun lichaam het giftige melkzuur aan en sterven ze".

- 15 Leg uit of de gevormde hoeveelheid melkzuur, zonder het extra enzym, voor de goudvis/kroeskarper giftig is.

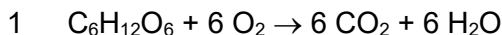
Wel of niet op transport

Het melkzuur kan niet via de kieuwen worden afgegeven aan het water waarin de goudvis/kroeskarper zwemt. De ethanol wel.

Om in het water terecht te kunnen komen moet de stof een celmembraan passeren. Dit celmembraan is opgebouwd uit een dubbellaag fosfolipiden (Binastabel 67G3).

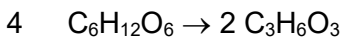
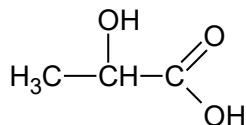
- 16 Geef een reden waardoor ethanol de dubbellaag kan passeren.
17 Leg uit waardoor melkzuur de dubbellaag niet/moeilijk kan passeren.

Goudvissen maken zelf alcohol aan om te overleven in ijsmeren

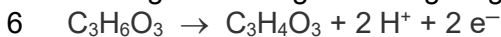


2 $2 + 34 = 36 \text{ mol ATP}$, Binas tabel 68A.

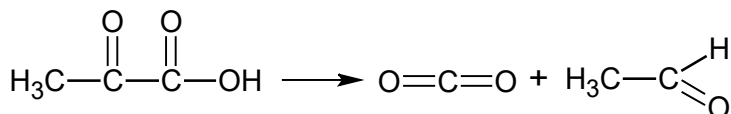
3



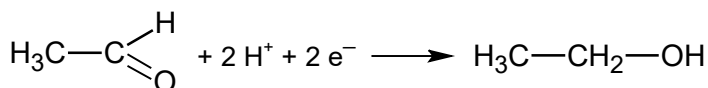
5 De goudvis heeft veel minder energie, dus zal er spaarzaam mee om moeten gaan: verlaagde hartslag en weinig/langzaam bewegen.



7



8



9 $\text{pH} = 7,7 \rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-7,7} = 2,0 \cdot 10^{-8}$

$$K_z = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \text{ Ingevuld: } 4,5 \cdot 10^{-7} = 2,0 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \rightarrow \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = 4,5 \cdot 10^{-7} / 2,0 \cdot 10^{-8} = 23$$

10 $\frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = 23 \rightarrow [\text{H}_2\text{CO}_3] = 14/23 = 0,62 \text{ mmol/L}$

11 In Binastabel 49 staat melkzuur als zuur boven HCO_3^- als base. Dit betekent dat bij deze reactie het zwakkere zuur $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$ (H_2CO_3) ontstaat, dus de reactie verloopt.

12 Molaire massa ethanol = 46,069 g/mol, Binas tabel 98.

$$50 \text{ mg ethanol} / 100 \text{ mL bloed} = 500 \text{ mg C}_2\text{H}_6\text{O} / \text{L} \equiv 500 / 46,069 = 10,85 \text{ mmol ethanol/L} \equiv 10,85 \text{ mmol melkzuur/L} = 10,85 \cdot 10^{-3} \text{ mol melkzuur/L}$$

Juiste significantie: 11. $10^{-3} \text{ mol melkzuur/L}$.

13 Oorspronkelijk aanwezig 14 mmol HCO_3^-/L , er reageert weg 10,85 mmol/L. Over $14 - 10,85 = 3,15 \text{ mmol HCO}_3^-/\text{L}$.

Oorspronkelijk aanwezig 0,62 mmol $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{L}$. Er ontstaat 10,85 mmol/L. Er is aanwezig $0,62 + 10,85 = 11,47 \text{ mmol/L}$. Juiste significantie: 11 mmol/L.

14 $K_z = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$ Ingevuld: $4,5 \cdot 10^{-7} = \frac{[\text{H}^+] \cdot 3,15}{11,47} \rightarrow [\text{H}^+] = 1,64 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L}$. Dit betekent $\text{pH} = 5,8$.

15 De pH is gedaald tot lager dan 7,4. Er treedt acidose op: de goudvis gaat dood.

16 Ethanol is een klein molecuul. Het heeft een ongeveer even grote polaire kop (-OH) en apolaire staart.

17 Melkzuurmolecuul is groter. De polaire kop is veel groter dan de apolaire staart. Dit zal dus zorgen dat de apolaire dubbellaag minder makkelijk gepasseerd kan worden.

Artikel: <https://nl.metrotime.be/2017/08/15/must-read/goudvissen-maken-zelf-alcohol-aan-om-overleven-ijsmeren/>

WATER HAALT DE SMAAK VAN JE WHISKY OP

Klas	4 hv
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Hydrofiel, hydrofoob,
Trefwoorden	Whisky, smaak, dichtheid, simulatie, concentratie
Vaardigheidsvraag	Informatie-begripsvraag

wibnet.nl, 22 augustus 2017



WHISKY: Met of zonder water? Onderzoekers lossen het raadsel op!

Water haalt de smaak van je whisky op

Nieuw onderzoek bevestigt wat whiskykenners al tientallen jaren beweren: met een scheutje water komt de smaak van je whisky tot zijn recht.

door Michael Friislund

Zoals veel whiskyfanaten je kunnen vertellen moet je een scheutje water bij je whisky doen als je hem straight drinkt, want dan zouden de smaak en geur van de edele drank volop tot ontplooiing komen.

Nu hebben twee Zweedse onderzoekers van Linnaeus University bewezen dat water niet alleen maar je whisky verdunt. De Zweedse studie bevestigt namelijk dat water tot grote veranderingen in de smaak kan leiden. De wetenschappelijke verklaring luidt dat de smaak van whisky onder meer verband houdt met het molecuul guaiacol, dat vooral veel voorkomt in Schotse whisky met de kenmerkende rokerige smaak.

Water haalt de smaak op

Het guaiacol-molecuul houdt niet van water en beweegt naar de gebieden met de hoogste concentratie alcohol. Zodra water de alcohol naar de oppervlakte verdringt, gaan de guaiacol-moleculen mee. Ze gaan aan de oppervlakte liggen en komen daar meer tot hun recht voor je smaak en reuk.

Maar is een scheutje genoeg?

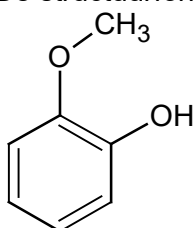
De studie toont aan dat de verandering in smaak afhangt van de hoeveelheid water die je bij je whisky schenkt.

De meeste whisky's hebben een alcoholpercentage van 40 of hoger, maar de smaak komt het meest tot zijn recht als je de whisky mengt met 1/3 water, zodat het percentage op 27 komt. Je kunt ook een paar ijsblokjes in je glas whisky doen en steeds proeven wat het smeltwater doet met de smaak.

Een onderzoek voor 18+? Als 'model' voor het onderzoek kijken we naar een mengsel van drie stoffen: alcohol, water en guaiacol.

- 1 Leg op microniveau met behulp van de structuurformules uit waarom alcohol (ethanol) en water goed mengen.
- 2 Geef in een tekening met structuurformules de wisselwerking tussen de moleculen weer.

De structuurformule van het guaiacolmolecuul is



Guaiacol heeft zowel een hydrofoob als een hydrofiel gedeelte in het molecuul.

- 3 Neem de structuurformule over en geef het hydrofiel gedeelte weer.
- 4 Neem de structuurformule nogmaals over en geef het hydrofobe gedeelte weer.

Pasgestookte whisky bevat veel alcohol. Na drie jaar in een vat gerijpt te hebben heeft de whisky enige alcohol verloren door verdamping. Het alcoholpercentage ligt dan, afhankelijk van het merk, tussen de 45 en 70 volume %. De rokerige smaak van whisky komt van fenolen (hydroxybenzenen).

Guaiacol hoort tot die groep.

Stel dat een bepaalde whisky 4 mg guaiacol per liter bevat.

- 5 Bereken de concentratie van guaiacol in deze whisky in mol/L.

Guaiacol lost beter op in alcohol dan in water.

- 6 Leg uit waardoor guaiacol beter oplost in alcohol dan in water.

Bij het onderzoek bestudeerden de Zweden het verschijnsel dat whisky met meer dan 45 volume % alcohol beter gaat smaken wanneer een scheutje water wordt toegevoegd.

Bij de simulatie met computermodellen van het mengen met alleen water- en alcoholmoleculen is ontdekt dat bij hogere alcoholconcentraties de beide molecuulsoorten niet zo goed mengen als gedacht. Je hebt geleerd dat water- en alcoholmoleculen in alle verhoudingen met elkaar mengen.

Dat dit niet het geval is, blijkt ook uit een studie van de dichtheid van mengsels van alcohol en water. De dichtheid van water is $1,0 \text{ g ml}^{-1}$ en van alcohol $0,80 \text{ g ml}^{-1}$.

- 7 Bereken de te verwachten dichtheid van een mengsel, dat ontstaat door bijeenvoegen van 55 mL water en 45 mL alcohol.

Uit de experimenten bleek de dichtheid echter $1,011 \text{ g ml}^{-1}$ te zijn. Aangezien de massa's van het water en ethanol niet veranderen, moet het volume gewijzigd zijn. Er is meer of minder dan 100 mL ontstaan.

8 Bereken het volume dat is ontstaan door het mengen.

De verklaring voor de verandering in volume is bij de computersimulaties gevonden. De alcoholmoleculen hebben de neiging om clusters te vormen, ook wel micellen genoemd. De alcoholmoleculen richten hun hydrofobe kanten naar elkaar toe en de —OH groepen bevinden zich dan aan de buitenkant van de cluster.

9 Teken zo'n cluster.

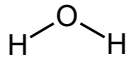
Bij een hoge alcoholconcentratie bevinden de moleculen guaiacol zich in de alcoholclusters. Wanneer je water toevoegt, wordt een aantal clusters verbroken en komen de guaiacol moleculen vrij. Zij bewegen zich naar het oppervlak van de whisky.

10 Leg uit waardoor guaiacolmoleculen zoveel mogelijk aan het oppervlak gaan zitten.

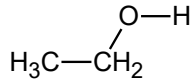
11 Verklaar nu de titel van het artikel.

Water haalt de smaak van je whisky op

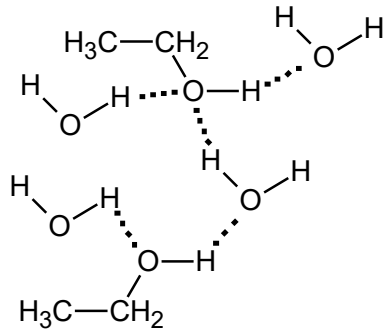
- 1 Water: H_2O heeft per molecuul 2 $-\text{OH}$ groepen, die H-bruggen kunnen vormen.



Alcohol, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ heeft ook een $-\text{OH}$ groep, die H-bruggen kan vormen.

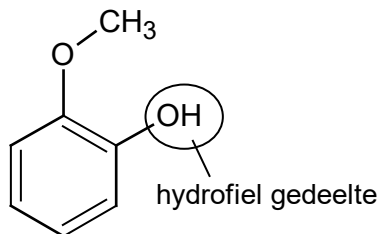


2

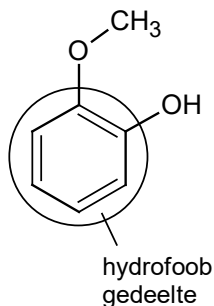


---- waterstofbrug
— covalente binding

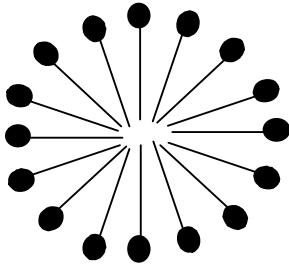
3



4



- 5 De molecuulmassa van guaiacol is $7 \times 12,01 + 2 \times 16,00 + 8 \times 1,008 = 124,13 \text{ u}$.
 $4,0 \text{ mg}$ komt overeen met $4,0 \cdot 10^{-3} / 124,13 = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$. $[\text{guaiacol}] = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ M}$.
- 6 Het hydrofobe gedeelte van guaiacol is groter dan het hydrofiel gedeelte. Dus lost het beter op in ethanol dan in water.
- 7 Dichtheid mengsel = $(55 \times 1,0 + 45 \times 0,80) / 100 = 0,91 \text{ g ml}^{-1}$.
- 8 Er is 55 g water en $45 \times 0,80 = 36 \text{ g}$ ethanol. Samen 91 g mengsel.
 De werkelijke dichtheid van het mengsel is $1,011 \text{ g ml}^{-1}$. Het volume is $91 / 1,011 = 90 \text{ mL}$ geworden.



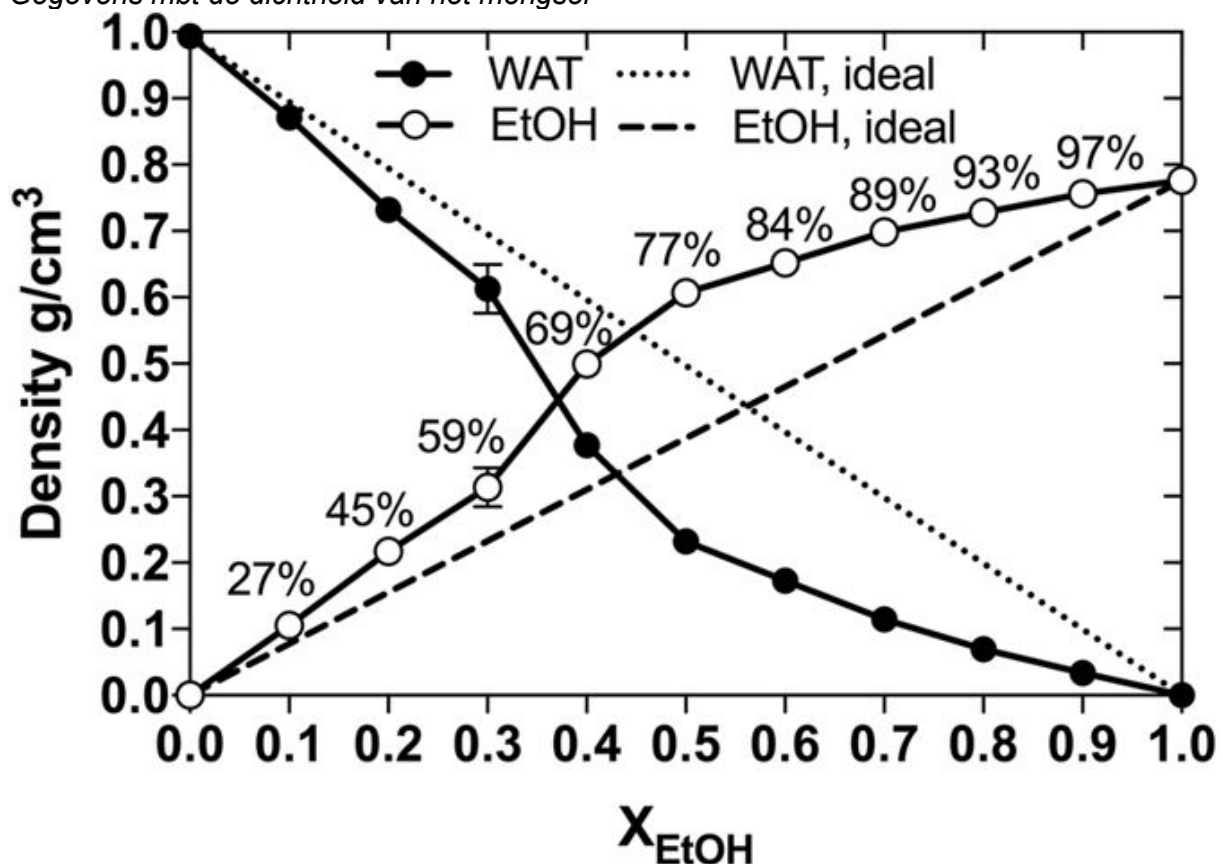
De streepjes zijn de $\text{CH}_3\text{—CH}_2$ groepen. De zwarte cirkeltjes de —OH groepen, die naar de watermoleculen gericht zijn.

- 10 Lucht is ook hydrofoob. Dus op het oppervlak tussen vloeistof en lucht steken de guaiacolmoleculen hun hydrofobe deel in de lucht.
- 11 Een smaakbeleving heb je door zowel reuk als smaak. Er zitten nu meer guaiacol moleculen aan het oppervlak van je whisky. Je ruikt deze stof dus meer. Bovendien zit er meer guaiacol in de eerst slok en die bepaalt de smaak.

Opmerking: Eventueel kunt u vraag 7 en 8 laten vervallen. U moet dan de tekst verwijderen tussen: “Je hebt geleerd dat water- en alcoholmoleculen Tot aan computersimulaties gevonden.”

Artikel: <http://wibnet.nl/techniek/voeding/water-haalt-de-smaak-van-je-whisky-op>

Gegevens mbt de dichtheid van het mengsel



KUNSTENAAR MAAKT WATER MET WATER

Klas	3 hv
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Stofeigenschappen
Trefwoorden	Water, derde wereld, waterwinning, dauwpunt, condenseren, faseovergang
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

de Gelderlander, 3 september 2017

Kunstenaar maakt water met...water

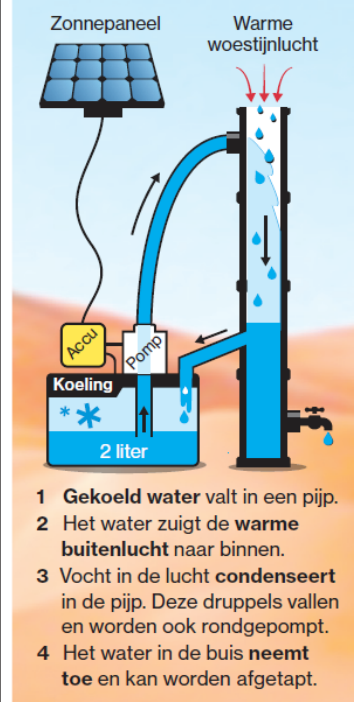
Het klinkt zo logisch dat je je bijna afvraagt waarom niemand eerder op dit idee is gekomen. De natuur doet namelijk niet anders. Water verdampt, vormt een wolk en komt als regen weer naar beneden. Toch zegt Verheggen de eerste te zijn die een waterdruppel gebruikt om een nieuwe te maken.

Met niet meer dan twee flesjes van een liter kan de kunstenaar duizenden liters vocht produceren. Het zou een zegen kunnen zijn voor mensen die wonen in gortdroge gebieden. Rond de 700 miljoen mensen hebben wereldwijd geen toegang tot drinkwater. Experts voorspellen dat de oorlogen van de toekomst gaan over water, als er niets gebeurt. „Daar kunnen wij met dit apparaat dus iets aan doen”, zegt Verheggen.

De uitvinding deed Verheggen in zijn kantoor op een doodgewoon industrieterrein langs de Nieuwe Maas. Verwacht geen ingewikkelde, high-tech constructies in dit geïmproviseerde 'laboratorium'. Verheggen en zijn compagnon Peter van Geloven knutselen hier met eenvoudige spullen - de maatbeker komt van de Action - aan hun vinding.

Om water met water te maken heeft de kunstenaar vijf cruciale onderdelen nodig. Een klein zonnepaneel. Een mini-accu. Een waterpomp. Een koeler en een vat. De zon voorziet de kleine accu van stroom. Hierop wordt een kleine koeler aangesloten die overdag het water in het vat ijskoud maakt. In de accu zit genoeg stroom om 's avonds het water op te pompen en in een pijp te laten vallen. Warme buitenlucht wordt hierin meegezogen, maar omdat de temperatuur van de pijp door het koude water onder het dauwpunt komt, condenseert de lucht in de pijp. De nieuwe waterdruppels hechten zich direct aan het stromende water. „Eigenlijk maken we zo een waterval die maar blijft groeien”, zegt Verheggen.

Water winnen uit woestijnlucht



De kunstenaar Verheggen heeft een oplossing bedacht voor het watergebrek in droge gebieden. Hij “keek zijn idee af” bij de natuur. De natuur doet niets anders dan water met water maken. Er ontstaat dan een kringloop.

1 Beschrijf deze kringloop.

Om 'water met water' te maken heeft de kunstenaar vijf cruciale onderdelen nodig.

- 2 Welke vijf onderdelen zijn dat?
- 3 Beschrijf de functie van elk van de vijf onderdelen.

Het principe van de methode berust op faseovergangen.

- 4 Licht dit toe.
- 5 Wat wordt bedoeld met het dauwpunt?

Met twee flesjes water zou Verheggen met deze opstelling duizenden liters water kunnen produceren.

- 6 Licht toe hoe dat mogelijk is.

Deze methode zou toegepast kunnen worden in 'gortdroge' gebieden.

- 7 Leg uit dat deze opstelling voor derde wereldlanden goed bruikbaar is.

Een faseovergang heeft ook altijd een energie-effect.

- 8 Is de faseovergang van waterdamp naar vloeibaar water een endotherm of exotherm proces? Licht je antwoord toe.

Kunstenaar maakt water met water

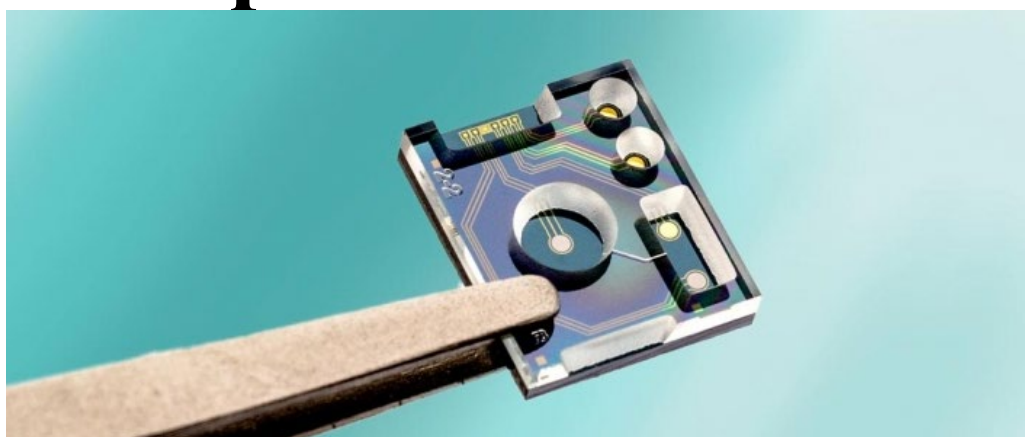
- 1 Water verdampt, vormt wolken en komt als regen weer naar beneden.
- 2 Een zonnepaneel, een accu, een waterpomp, een koeler en een vat.
- 3 Zonnepaneel: moet elektrische energie opwekken die in de accu opgeslagen wordt.
Accu: is nodig om elektrische energie in op te slaan.
Waterpomp: moet het water tot boven in de pijp pompen.
Koeler: moet het water sterk afkoelen.
Vat: dient als opslagruimte voor het water.
- 4 Waterdamp in de buitenlucht condenseert in de pijp.
- 5 Het dauwpunt is de temperatuur waarbij waterdamp condenseert ('als dauw neerslaat').
- 6 Het water wordt rond gepompt: koud water wordt boven in de pijp gebracht, waterdamp uit de buitenlucht condenseert waardoor water opwarmt. Dit wordt weer gekoeld waarna het proces zich herhaalt.
- 7 Het is vrij goedkoop om aan de onderdelen te komen. En in de meeste derde wereldlanden is er voldoende zonlicht voorhanden om de accu op te laden.
- 8 Bij verdampen heb je energie nodig dus bij condenseren, het omgekeerde proces, komt juist warmte vrij.

EEN CHIP VOL IONENSSENSOREN

Klas	5 v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Elektrochemische cel
Trefwoorden	pH, halfreacties, potentiaal cel, ionensensoren, chlorideconcentratie
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W, 25 september 2017

Een chip vol ionensensoren



Water controleren op pH, zouten en zware metalen. Dankzij een chip vol ionensensoren van imec kan dat straks tegelijk en goedkoop.

Eén compacte chip

Marcel Zevenbergen, senior onderzoeker sensoren bij imec/Holst Centre, probeert de verschillende sensoren te integreren in één compacte chip. De allernieuwste versie van die ionensensor meet pH en chloride en heeft aan slechts 5 μ l monster genoeg. Bovendien kun je de meetchip vrij eenvoudig uitbreiden met sensoren om meer parameters te bepalen.

De chip bevat ion-selectieve elektrodes en een referentie-elektrode. Die zijn dicht naast elkaar aangebracht op een siliciumondergrond. De pH bepaal je met een iridiumoxide-elektrode, de chlorideconcentratie met een zilver/zilverchloride-elektrode. De referentie-elektrode (ook Ag/AgCl) heeft een intern reservoir gevuld met een 1 M KCl-oplossing. Het reservoir staat via een kanaaltje van circa 10 μ m doorsnee in contact met de te meten vloeistof.

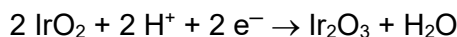
Je kunt de pH van een oplossing eenvoudig bepalen met universeelindicatorpapier, maar dat levert geen nauwkeurige waarden op.

1 Waaruit bestaat universeelindicatorpapier?

De pH van een oplossing kan wel nauwkeurig gemeten worden met behulp van een pH-elektrode. Onderzoeker Marcel Zevenbergen probeert deze onder te brengen in een compacte chip. De nieuwste versie van zijn ionensensor kan de pH en de chlorideconcentratie meten.

pH meting

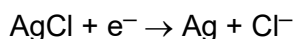
Nieuw is een microchip waarmee onder meer de pH bepaald kan worden. Voor de pH-meting wordt een iridiumoxide-elektrode gebruikt. De halfreactie waarop de methode berust is:



met een potentiaal van $V = V_{\text{Ir}}^0 + 0,059 \log [\text{H}^+] = V_{\text{Ir}}^0 - 0,059 \text{ pH}$. Gegeven: $V_{\text{Ir}}^0 = 0,926 \text{ V}$.

- 2 Leg uit dat de formule $V = V_{\text{Ir}}^0 + 0,059 \log [\text{H}^+]$ en $V = V_{\text{Ir}}^0 - 0,059 \text{ pH}$ hetzelfde weergeven.
- 3 Leg uit dat je deze potentiaal niet apart kunt meten maar dat je het moet doen ten opzichte van een referentie-elektrode.

Naast de iridiumelektrode bevat de meetcel op de chip ook een referentie-elektrode. Dit is een Ag/AgCl-elektrode in een KCl-oplossing van 1,0 M. De halfreactie voor deze elektrode is:



De potentiaal van deze elektrode bereken je volgens $V = V_{\text{Ag}}^0 - 0,059 \log [\text{Cl}^-]$, waarin $V_{\text{Ag}}^0 = 0,22 \text{ V}$.

- 4 Laat zien dat de potentiaal van de Ag/AgCl-referentiehalfcel gelijk is aan 0,22 V, dus dat $V = V_{\text{Ag}}^0$.
- 5 Laat zien dat voor het potentiaalverschil (de spanning) van de meetcel geldt $V_{\text{cel}} = 0,71 - 0,59 \text{ pH}$.

Tussen de pH en het potentiaalverschil (de spanning) van de meetcel bestaat een lineair verband.

- 6 Laat via berekeningen zien dat er een lineair verband bestaat tussen pH en potentiaalverschil.

Elektrodes voor de meting van de pH en concentraties van ionen bestaan al langer.

- 7 Wat is het bijzondere aan het werk van onderzoeker Zevenbergen?

Een chip vol ionensensoren

- 1 Universeelindicator is een mengsel van een aantal indicatoren waarmee in het gebied van pH 0 tot 14 ruwweg de pH bepaald kan worden.
- 2 Er geldt dat $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$.
- 3 Je kunt alleen een potentiaalverschil meten.
- 4 De $[\text{Cl}^-]$ in de referentiehalfcel is 1,0 M. ingevuld levert dit $V = 0,22 - 0,059 \log [1,0] = 0,22 \text{ V}$.
- 5 $V_{\text{cel}} = V_{\text{ox}} - V_{\text{red}} = 0,926 - 0,059 \text{ pH} - 0,22 = 0,71 - 0,059 \text{ pH}$.
- 6 Bij $\text{pH} = 2,00$ geldt dat $V_{\text{cel}} = 0,59 \text{ V}$. Bij $\text{pH} = 4,00$ geldt dat $V_{\text{cel}} = 0,47 \text{ V}$. Bij $\text{pH} = 6,00$ geldt dat $V_{\text{cel}} = 0,36 \text{ V}$. Bij $\text{pH} = 8,00$ geldt dat $V_{\text{cel}} = 0,24 \text{ V}$.
Bij steeds eenzelfde toename van de pH zie je eenzelfde afname van V_{cel} .
De vergelijking voor het potentiaalverschil heeft de functie van een rechte lijn $y = ax + b$
- 7 De ionensensor is geminiaturiseerd: verschillende sensoren zitten op één chip en deze heeft genoeg aan $5 \mu\text{L}$ monster

Mogelijke extra vraag tussen vraag 6 en 7:

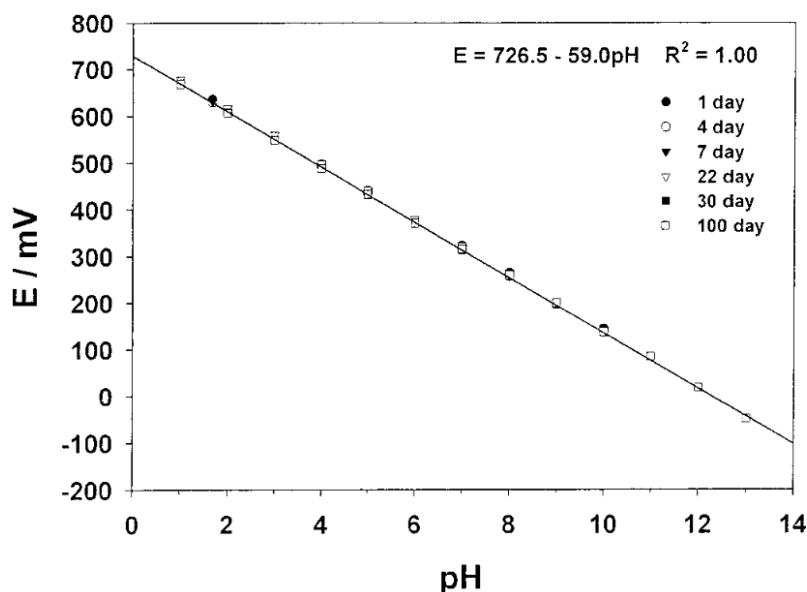
Chloride-meting

De chloride-concentratie van een oplossing kan worden bepaald door als meetelektrode een zilverdraadje met een laagje AgCl te gebruiken en het potentiaalverschil (de spanning) te meten tussen het draadje en de eerder beschreven referentie-elektrode (die natuurlijk beide in dezelfde oplossing staan).

- V Leg uit hoe met behulp van het gemeten potentiaalverschil (de spanning) van deze meetcel de $[\text{Cl}^-]$ van het watermonster bepaald kan worden.
- A $V_{\text{cel}} = V_{\text{ox}} - V_{\text{red}} = 0,22 - (0,22 - 0,059 [\text{Cl}^-]) = 0,059 [\text{Cl}^-]$. Als je dus het potentiaalverschil (de spanning) gemeten hebt, kun je daar de $[\text{Cl}^-]$ mee berekenen.

Opmerking:

Verband tussen potentiaal en pH voor de meetcel:



Bron: http://www.uta.edu/rfmems/GI_Sensor/papers/pH_Electrode_Base_on_Melt-Oxidized_Iridium_Oxide.pdf

GROENE CO₂ BIJ BIOMCN

Klas	5 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen-reactieproducten
Trefwoorden	Bio-methanol, aardgas, methaan, CO ₂ , groene chemie
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Chemie magazine, september 2017

Groene CO₂ bij BioMCN

Voor haar bio-methanolproductie gebruikt BioMCN sinds kort CO₂ die vrijkomt bij biogas-productie. Deze tweedegeneratie groene CO₂ wordt geïnjecteerd in een reactor. Hiermee kan BioMCN 15.000 ton bio-methanol extra produceren. Naast vergroening leidt dit tot extra werkgelegenheid. Uit de testperiode, die inmiddels is afgerond, zijn verbetervoorstellen gekomen die in het najaar worden geïmplementeerd. In de eerste helft van september is de eerste groene CO₂ verwerkt. De grootste uitdaging was om de bestaande installatie, met twee opslagtanks en een injectie-*nozzle*, te bouwen in een draaiende fabriek.

Het belangrijkste hierbij was het inrichten van het beveiligingssysteem op de aanpassing in de fabriek. Het complete leidingwerk is inmiddels geïsoleerd, anders verdampt de CO₂, die bij zeer lage temperaturen vloeibaar is, te vroeg. De CO₂ wordt vloeibaar geïnjecteerd. Het gebruik van tweedegeneratie groene CO₂ scheelt op jaarbasis 12 miljoen m³ aardgas (hoogcalorisch gas, onder andere afkomstig uit Rusland en Noorwegen). BioMCN, sinds 2015 onderdeel van OCI, investeert ruim 1,2 miljoen euro in dit vernieuwingsproject. Vanuit de provincie Groningen, de Economic Board Groningen en het Rijk wordt een subsidie verleend van 110.000 euro.

Biomethanol wordt bij het bedrijf BioMCN geproduceerd uit de grondstoffen glycerol, methaan en water. Eerst wordt glycerol onder hoge druk en hoge temperatuur omgezet in synthesesgas, een mengsel van koolstofmono-oxide en waterstof.

- 1 Geef de systematische naam voor glycerol.
- 2 Teken de structuurformule van glycerol.
- 3 Geef de omzetting van glycerol in synthesesgas weer in een reactievergelijking met molecuulformules.

Koolstofmono-oxide en waterstof reageren daarna in een volgende reactor tot methanol.

- 4 Geef de vergelijking van de optredende reactie.

Synthesesgas kan ook door reactie van stoom met methaan worden gemaakt.

- 5 Geef de vergelijking van de daarbij optredende reactie.
- 6 Leg uit dat uit *dit* synthesesgas geen *bio*-methanol ontstaat.

Het bedrijf BioMCN gebruikt sinds kort groene CO₂ om meer biomethanol te produceren. Koolstofdioxide wordt daartoe in vloeibare toestand geïnjecteerd in de reactor.

- 7 Leg uit waarom men hier spreekt van *groene* CO₂.
- 8 Leg aan de hand van Binas uit waarom het vreemd is dat men *vloeibare* koolstofdioxide injecteert.

Koolstofdioxide kan in de reactor reageren met waterstof tot koolstofmono-oxide en waterdamp.

- 9 Geef de vergelijking van de optredende reactie.

Volgens het artikel kan BioMCN hierdoor 15.000 ton bio-methanol extra produceren.

- 10 Laat via een berekening zien hoeveel ton koolstofdioxide er dan verwerkt wordt.

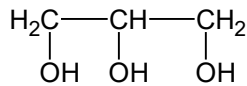
Volgens het artikel scheelt het gebruik van tweedegeneratie groene CO₂ op jaarbasis 12 miljoen m³ hoogcalorisch aardgas.

- 11 Leg uit wat bedoeld wordt met 'tweedegeneratie' in 'tweedegeneratie groene CO₂'.

Groene CO₂ bij BioMCN

1 Rationele naam: propaan-1,2,3-triol.

2



3 $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 \rightarrow 3 \text{CO} + 4 \text{H}_2$.

4 $\text{CO} + 2 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$.

5 $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3 \text{H}_2$.

6 Er wordt methaan uit aardgas, een niet-hernieuwbare grondstof, gebruikt.

7 Groen omdat het CO₂ betreft dat gevormd wordt uit een hernieuwbare grondstof. Het maakt dus al deel uit van de koolstofkringloop.

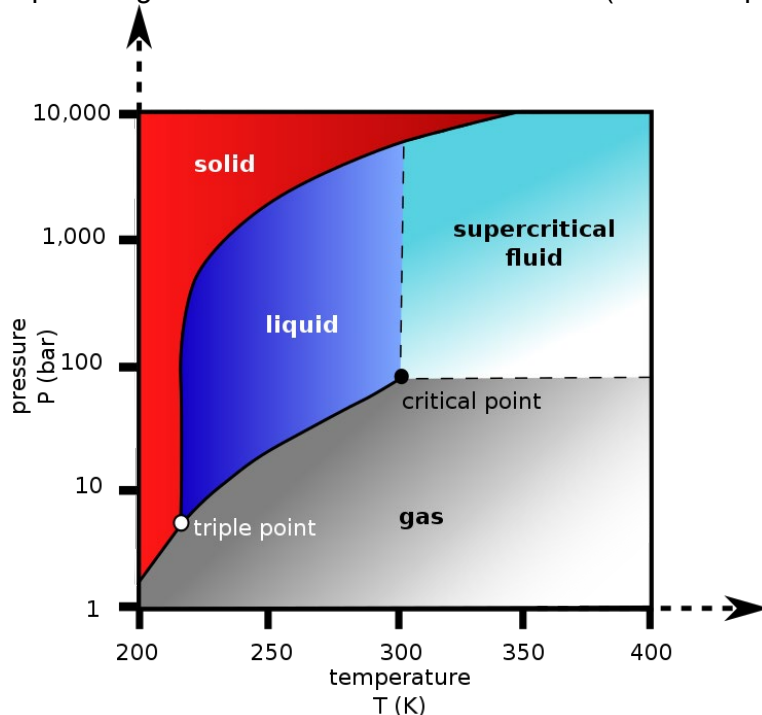
8 In Binas tabel 42A staat er geen smeltpunt voor CO₂ gegeven. Alleen een sublimatiepunt van 195K. Sublimeren betekent de rechtstreekse overgang van vast naar gas. (zie ook opmerking na vraag 11.)

9 $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$.

10 $15.000 \text{ ton} = 15 \cdot 10^9 \text{ g methanol} \equiv 15 \cdot 10^9 / 32,042 = 4,7 \cdot 10^8 \text{ mol methanol}$. Hiervoor is $4,7 \cdot 10^8 \text{ mol CO}$ nodig die gevormd is uit evenveel mol CO₂. Dus er wordt verwerkt $4,7 \cdot 10^8 \times 44,010 = 21 \cdot 10^9 \text{ g} = 21.000 \text{ ton CO}_2$.

11 Het CO₂ wordt gewonnen bij de biogasproductie uit biomassa. De biomassa die daarbij gebruikt wordt is een tweede generatie biobrandstof.

Opmerking over de fasen van koolstofdioxide (bron: Wikipedia)



Bij normale druk kan koolstofdioxide niet vloeibaar zijn. Pas onder hogere druk, vanaf ongeveer 7 bar, is het mogelijk om koolstofdioxide in de vloeibare fase te krijgen.

SUIKERS, HET NIEUWE ZWARTE GOUD

<i>Klas</i>	5 h, 5,6 v
<i>Subdomein</i>	Processen en reacties
<i>Vaardigheid</i>	Informatie
<i>Specificaties</i>	Organische reacties
<i>Trefwoorden</i>	Suikerbiet, FDCA, HMF, PEF, duurzaam, atomeconomie, E-factor, industriële chemie
<i>Vaardigheidsvraag</i>	Informatiebegripsvraag

Chemie Magazine, augustus 2017

DE TOEKOMST VAN DE NEDERLANDSE CHEMIE

SUIKERS, HET NIEUWE ZWARTE GOUD

Een kansrijke richting is furanen uit suikers. Het bekendste voorbeeld is Synvina. In Antwerpen bouwt deze joint venture tussen het duurzame-chemiebedrijf Avantium en BASF een 300 miljoen euro kostende fabriek voor de jaarlijkse productie van maximaal 50.000 ton furaandicarbonzuur. Ook de Nederlandse melkzuurfabrikant Corbion zet zwaar in op deze biobased tegenhanger van plastic.

TNO ontwikkelt (binnen het onderzoeksproject *Shared Research Center Biorizon*) furanen door naar bioaromaten. Want, zegt Monique Wekking, *senior business developer* voor de duurzame chemische industrie bij TNO: “Furaan-chemie is een van de meest kansrijke cases voor de chemische industrie, technologisch én economisch.” Het proces houdt in dat de suikers die aanwezig zijn in biomassa worden omgezet naar furanen. Hier kunnen vervolgens bio-aromaten van worden gemaakt, zoals fenolen en ftalaten, die onder meer in plastics, coatings en smeermiddelen komen. De markt voor producten gemaakt van aromaten is – met jaarlijks 90 miljoen ton – groot en groeiende.

Bij het Shared Research Center Biorizon ligt de focus vooral op aromaten met functionele eigenschappen, zoals voor coatings.

Langetermijnvisie

TNO, dat voor furanen samenwerkt met de Wageningen University & Research en Avantium, produceert inmiddels op *benchscale* kilo's furanen uit biomassa door naar bioaromaten. In 2020 moet dat opgeschaald zijn naar een pilotplant, mits wet- en regelgeving meewerkt. Wat verder helpt, is dat bio-aromaten via via vaak hun weg vinden naar consumenten-producten, zoals van Ikea, Lego en Unilever. “En die bedrijven hebben duurzaamheidsdoelstellingen, zoals CO₂-neutraal opereren of een vast percentage grondstoffen uit biomassa. Zij trekken daarom enorm aan de keten die grondstoffen levert.” En dus houdt Wekking er vertrouwen in. “Het gaat lukken. En de tractie bij het bedrijfsleven neemt echt toe. Zij doen dit niet voor het idealisme, maar voor het economisch perspectief.”

Fermentatiesoep

Een van die bedrijven is melkzuurfabrikant Corbion, dat vooral focust op FDCA, een biobased alternatief voor PTA en daarmee een grondstof voor biobased PEF-plastic. Corbion zet suikers eerst om in een intermediair (HMF), waar na fermentatie FDCA uit ontstaat. Na zuivering tot monomeren kan hier PEF van gemaakt worden.

Stephan Roest, *market development manager* van de afdeling Biobased Innovations, vertelt dat FDCA ‘heel dicht’ tegen markt-introductie aan zit. “Al onze fabrieken zijn heel goed in het fermenteren van suikers en het opzuiveren van organische zuren uit deze fermentatiesoep”, legt Roest uit. “Voor FDCA gebruiken we een vergelijkbare route, dus die kunnen we heel goed in onze huidige assets implementeren.”

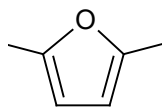
De interesse in FDCA ontstond toen Corbion in 2013 het bedrijf Bird Engineering overnam, inclusief de door deze TU Delft-spin-off ontwikkelde productieroute van FDCA via fermentatie. “Dat hebben we hier verder ontwikkeld, want FDCA zit in de top-12 van meest kansrijke biobased bouwstenen.” Corbion is nu stapsgewijs de FDCA-productie aan het opschalen, van de huidige 1 ton naar 50 kiloton per jaar. Het bedrijf bouwt daarvoor een pilotplant in Thailand – waar het ook al een grondstoffenfabriek heeft – die in 2018 in bedrijf gaat.

Hinder ondervinden

Wel moeten aan de vraagkant volgens Roest drempels geslecht worden.

“De tractie voor FDCA en PEF is heel groot. Dat is positief. Maar het kost tijd voordat iedereen in de keten een nieuw molecuul en een nieuw soort plastic accepteert en onderkent wat de voordelen zijn.”

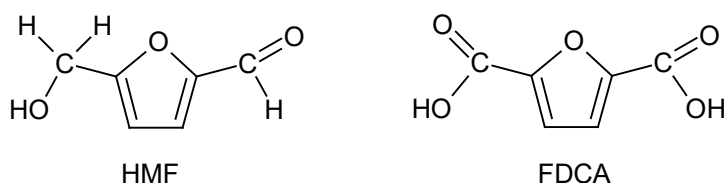
Enkele Nederlandse bedrijven willen op grote schaal furanen gaan maken. Furanen hebben als kenmerkend onderdeel in hun molecuulstructuur het fragment in figuur 1



Figuur 1 Kenmerkend fragment in furanen

Je kunt furanen maken uit suikers, die je onder andere kunt winnen uit biomassa. Een eenvoudige suiker is glucose.

De melkzuurfabrikant Corbion zet suikers, zoals glucose en zetmeel, eerst om in hydroxymethylfurfural, HMF, waar na fermentatie FDCA uit ontstaat. FDCA staat voor furaandicarboxylic acid (furaandicarbonsuur). De structuurformule van een HMF molecuul en die van een FDCA molecuul staan in figuur 2.



Figuur 2

- 1 Geef de molecuulformules van glucose, HMF en van FDCA.
- 2 Geef de reactievergelijking in molecuulformules voor de vorming van HMF uit glucose.

Vergelijk de structuurformules van HMF en FDCA.

- 3 Welk type reactie treedt er op bij de vorming van FDCA uit HMF? Licht je antwoord toe.
- 4 Geef ook de reactievergelijking in molecuulformules van de omzetting van HMF met zuurstof in FDCA.

In het artikel noemt men deze omzetting een fermentatie.

- 5 Leg uit dat deze omzetting eigenlijk geen fermentatie reactie is.

Er wordt in het artikel over opschaling gesproken.

- 6 Geef aan welke opschaling bedoeld wordt.

Om vanuit een idee een product voor “de markt” te ontwikkelen moet men een aantal stappen doorlopen.

- 7 Welke stappen worden doorlopen van idee tot markt?

Bedrijven als Ikea, Lego en Unilever hebben duurzaamheidsdoelstellingen.

- 8 Welke duurzaamheidsdoelstellingen hebben de genoemde bedrijven?
- 9 Leg uit dat de genoemde doelstellingen duurzaam genoemd kunnen worden.

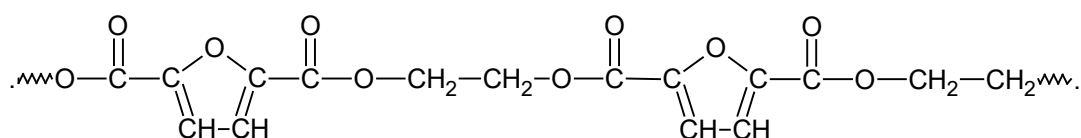
Het bedrijf Synvina bouwt een fabriek waar jaarlijks 50.000 ton FDCA geproduceerd gaat worden. FDCA wordt gebruikt als grondstof voor de productie van de nieuwe plastic PEF. De grondstof is de suikerbiet. Suikerbieten bevatten zo'n 15 tot 20 massa% sacharose. Sacharose kan door hydrolyse omgezet worden in fr suikers glucose en fructose. Beide suikers (monosachariden) kunnen omgezet worden in HMF.

- 10 Geef de totaalvergelijking van het proces van suikerbiet tot FDCA in molecuulformules.
- 11 Bereken hoeveel ton suikerbieten nodig zijn voor de productie van 50.000 ton FDCA. Ga uit van een suikergehalte van 16% van de suikerbiet.
- 12 Bereken de atomeconomie van het totale proces.
- 13 Bereken de *E*-factor van het totale proces.

Op milieugebied is het van belang dat er zo weinig mogelijk afval ontstaat, dus dat de atomeconomie hoog en de *E*-factor laag is.

- 14 Licht toe dat de atomeconomie hoog en de *E*-factor laag moet zijn om zo weinig mogelijk afval te laten ontstaan.
- 15 Licht toe dat het proces van suikerbiet tot FDCA toch als groen proces betiteld kan worden.

Een veelbelovend product van de furaanchemie is PEF, een polyester. Een stukje uit de keten van deze polyester staat weergegeven in figuur 3.



Figuur 3

- 16 Leg uit welke twee grondstoffen nodig zijn voor de productie van PEF.
- 17 Neem het getekende stukje van de polyesterketen over en omlijn hierin de estergroepen.

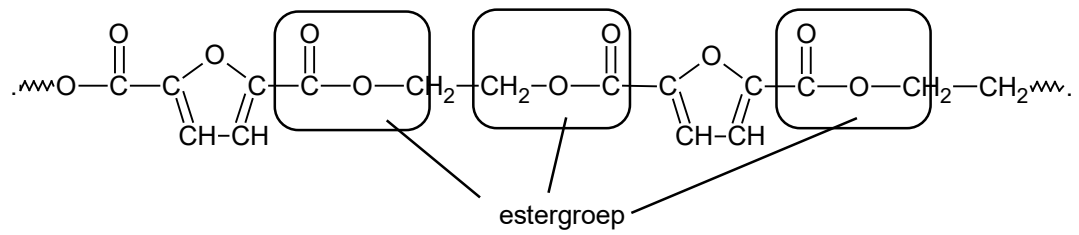
Furanen vormen de grondstof voor veel meer producten dan PEF.

- 18 Geef twee stukjes tekst uit het artikel waaruit blijkt dat men van de furaanchemie veel verwacht.

Suikers en hout, het nieuwe zwarte goud

- 1 Glucose: $C_6H_{12}O_6$; HMF: $C_6H_6O_3$; FDCA: $C_6H_4O_5$.
- 2 $C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_6H_6O_3 + 3 H_2O$.
- 3 Een oxidatiereactie: de OH-groep en de C=O groep worden omgezet in een carboxylgroep, COOH-groep.
- 4 $2 C_6H_6O_3 + 3 O_2 \rightarrow 2 C_6H_4O_5 + 2 H_2O$.
- 5 Fermentatie is een afbraakreactie die plaatsvindt in afwezigheid van zuurstof terwijl bij deze reactie juist zuurstof gebruikt wordt.
- 6 De opschaling van de huidige 1 ton fabriek naar 50 kiloton fabriek.
- 7 Idee ontstaat in het laboratorium, daarna opschaling in proeffabrieken naar steeds grotere hoeveelheden en steeds meer onder fabrieksomstandigheden.
- 8 CO₂-neutraal opereren en/of een vast percentage grondstoffen uit biomassa gebruiken.
- 9 CO₂-neutraal betekent dat er geen extra uitstoot is van CO₂ dus geen verhoging van het CO₂-gehalte in de atmosfeer. Biomassa is een hernieuwbare grondstof.
- 10 $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 2 C_6H_{12}O_6$.
 $2 C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_6H_6O_3 + 6 H_2O$.
 $2 C_6H_6O_3 + 3 O_2 \rightarrow 2 C_6H_4O_5 + 2 H_2O$.
 $C_{12}H_{22}O_{11} + 3 O_2 \rightarrow 2 C_6H_4O_5 + 7 H_2O$.
- 11 2 mol FDCA is gevormd uit 1 mol sacharose. $50.000 \text{ ton FDCA} = 50 \cdot 10^9 \text{ g} = 50 \cdot 10^9 / 156,09 = 3,2 \cdot 10^8 \text{ mol FDCA}$. Dit is gevormd uit $3,2 \cdot 10^8 / 2 = 1,6 \cdot 10^8 \text{ mol sacharose}$ $= 1,6 \cdot 10^8 \times 342,30 = 5,5 \cdot 10^{10} \text{ g sacharose} = 16 \text{ massa\%}$. Nodig aan suikerbieten dan $5,5 \cdot 10^{10} \times 100 / 16 = 3,4 \cdot 10^{11} \text{ g suikerbieten} = 340.000 \text{ ton suikerbieten}$.
- 12 $\text{atoomeconomie} = \frac{\text{massa gewenst product}}{\text{massa beginstoffen}} \times 100\% = \frac{50.000}{340.000} \times 100\% = 15\%$.
 $\text{atoomeconomie} = \frac{\text{massa gewenst product}}{\text{massa beginstoffen}} \times 100\% = \frac{2 \times 156,09}{(342,30 \times \frac{100}{16}) + 96,00} \times 100\% = 14\%$.
Toelichting: beginstof is de suikerbiet. De suiker, sacharose, is slechts 16% van de totale massa. Dus die 16% verrekenen met de molaire massa van sacharose.
- 13 $E\text{-factor} = \frac{\text{massa beginstoffen} - \text{werkelijke opbrengst gewenst product}}{\text{werkelijke opbrengst gewenst product}} = \frac{340.000 - 50.000}{50.000} = 5,8$.
 $E\text{-factor} =$
 $\frac{\text{massa beginstoffen} - \text{werkelijke opbrengst gewenst product}}{\text{werkelijke opbrengst gewenst product}} = \frac{(342,30 \times \frac{100}{16}) - 2 \times 156,09}{2 \times 156,09} = 5,85$.
- 14 Atoomeconomie moet hoog zijn want dan zijn er slechts weinig atomen (atoomeconomie) die niet in het reactieproduct zitten. De E-factor moet laag zijn want dan ontstaat maar weinig afval.
- 15 Als je uitgaat van de gewonnen suiker krijg je:
 $\text{atoomeconomie} = \frac{\text{massa gewenst product}}{\text{massa beginstoffen}} \times 100\% = \frac{2 \times 156,09}{342,30 + 96,00} \times 100\% = 71\%$.
 $E\text{-factor} =$
 $\frac{\text{massa beginstoffen} - \text{werkelijke opbrengst gewenst product}}{\text{werkelijke opbrengst gewenst product}} = \frac{(342,30 + 96,00) - 2 \times 156,09}{2 \times 156,09} = 0,40$.
De rest van de suikerbiet wordt als veevoer gebruikt, wordt dus ook nuttig gebruikt, is dus eigenlijk geen afval.
Nu is de atoomeconomie redelijk hoog en de E-factor laag.
- 16 Je hebt nodig FDCA en ethaan-1,2-diol. De OH-groepen van FDCA reageren met de OH-groepen van ethaan-1,2-diol onder afsplitsing van water.

17

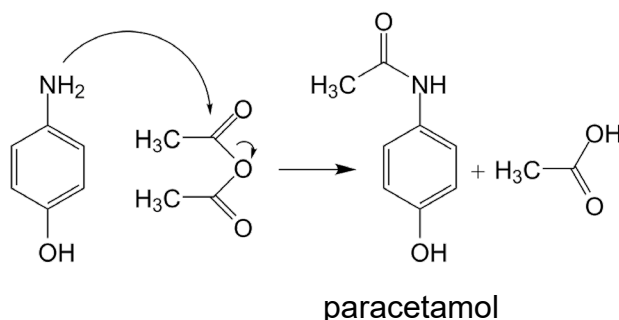


18 Een kansrijke richting in de furanen. Suikers, het nieuwe zwarte goud.

Paracetamol.

Gedurende een flink aantal jaren bereiden wij op de TU/e zelf paracetamol.

Paracetamol wordt bereid uit 4-aminofenol en azijnzuuranhydride. Zie onderstaande reactievergelijking.



Vervolgens analyseren we zelfgemaakte paracetamol op zuiverheid.

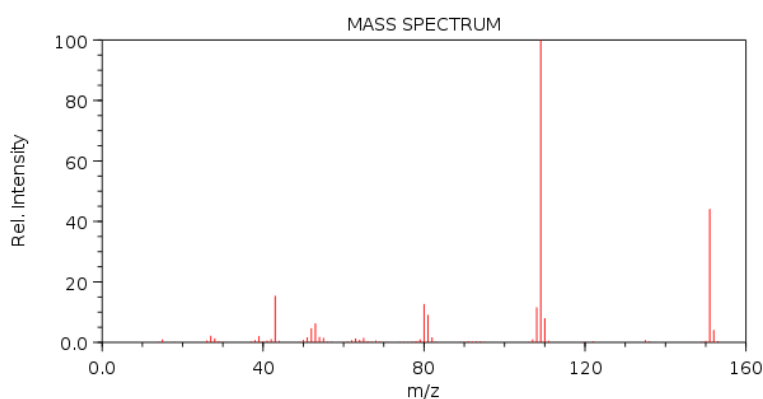
We maken o.a. gebruik van GCMS ofwel gaschhromatografie, meteen gevolgd door massaspectrometrie en IR.

Bij een van de groepjes werd de paracetamol (bewust) flink verontreinigd met 4-aminofenol. Dat bleek al uit het “smeltpunt”, dat helemaal niet klopte.

Uit het gaschromatogram was ook af te leiden dat de paracetamol verontreinigd was. Tevens kon je de mate van verontreiniging aflezen.

- a. Leg duidelijk uit hoe je uit het gaschromatogram kon aflezen dat paracetamol verontreinigd was en in welke mate de paracetamol verontreinigd was.

Van een niet bewust verontreinigd monster van een groepje werd onderstaand massaspectrum opgenomen.



Dit massaspectrum komt perfect overeen met dat van zuiver paracetamol.

In het massaspectrum van zuiver paracetamol komen vooral pieken voor bij $m/z = 43$, 109 en 151.

- b. Teken de structuurformules van de brokstukken die horen bij deze 3 m/z waarden.

In het massaspectrum van 4-aminofenol en van paracetamol komt ook een piek voor bij een m/z waarde van 80. Het heeft heel wat hoofdbrekens gekost om hier een structuurformule aan toe te kennen. Het wilde maar niet lukken tot, met hulp van een oud-leerling, bekend werd wat de structuurformule is. Verrassenderwijze gebeurt er iets met de benzeenring. In een benzeenring komen om en om dubbele en enkelvoudige bindingen tussen de koolstofatomen voor. In de scheikunde noemen we dit een geconjugerd systeem (van $C=C$ om en om met $C-C$). Moleculen met zo'n geconjugerd systeem zijn heel stabiel, maar kennelijk niet stabiel genoeg om de benzeenring in tact te houden.

Er ontstaat een nieuwe ringverbinding (5-ring). In die ringverbinding is ook sprake van een geconjugerd systeem. In totaal komen er 3 dubbele bindingen in het molecuul voor.

- c. Geef de structuurformule van het deeltje dat hoort bij $m/z = 80$.



Antwoord bij m/z = 80:

Toen ik deze vraag voor de eerste keer, als bonus, stelde, wist ik zelf het antwoord niet (maart 2013). Toen ik de toets besprak, kon ik dus geen antwoord geven.

Leerlingen verbaasd natuurlijk.

Ik kon dit natuurlijk niet op me laten zitten. Ik raadpleegde mijn toenmalige baas, een jaar genoot van mij. Die wist het ook niet.

Toen even gedacht om de Paus te raadplegen. Die heeft ook scheikunde gestudeerd.

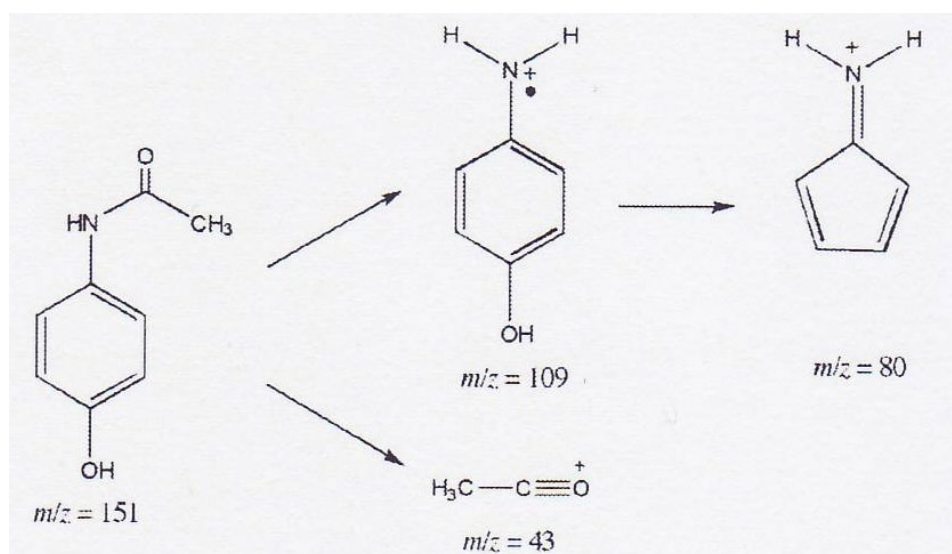
Intussen was ik naar de promotie van een oud-leerling Bob Jakobs aan de TU/e geweest. Tijdens het gezellig samenzijn achteraf heb ik hem het probleem voorgelegd. Niet veel later kreeg ik een email met de oplossing.

Ik heb dit verkort uitgewerkt en deze uitwerking bij het diploma van de leerlingen gestopt. Zie volgende pagina.

Beste oud-leerlingen,

Jullie hebben zelf paracetamol gemaakt en geanalyseerd op zuiverheid. Hierbij is o.a. gebruik gemaakt van massaspectrometrie. Het massaspectrum bevatte een flinke piek bij $m/z = 80$. Een verklaring hiervoor konden we niet geven. Ik heb allerlei mensen aan het werk gezet, zoals onze nieuwe rector, die ook scheikunde heeft gestudeerd. Uiteindelijk is het gelukt. Ik ben naar de promotie van een oud-leerling, Bob Jakobs, geweest en heb hem dit probleem voorgelegd. Hij heeft me uiteindelijk verwezen naar een artikel, waar de oplossing van het probleem terug te vinden is (Journal of Chromatographic Science).

Zie het ingekorte schema hieronder.



Bij de overgang van $m/z = 109$ naar $m/z = 80$ splitst nog een $H-C=O$ radicaal af.

Een bewijs hiervoor wordt geleverd door de reactie uit te voeren met paracetamol waarin de 3 H atomen van de methylgroep vervangen zijn door Deuterium atomen. Dit zijn H-atomen met massagetal 2 ipv massagetal 1 (ze bezitten naast 1 proton ook nog 1 neutron in de kern).

In het massaspectrum vind je nu pieken bij 110 (1 van de 2 H-atomen van de NH_2 -groep is vervangen door een D-atoom), bij 46 (de 3 H-atomen zijn vervangen door D-atomen) en bij 81 (1 van de 2 H-atomen van de NH_2 groep is vervangen door een D-atoom).

Zo, dat probleem is ook weer opgelost en zo blijkt maar weer dat contact houden met oud-leerlingen de moeite waard is. Het is niet zo dat ik er slecht van heb geslapen, dat ik het antwoord niet kon geven op de bonusvraag, maar het voelt toch prima dat ik de oplossing weet.

Ik sluit af met jullie een fijne vakantie te wensen. Veel succes met de vervolgstudie. Laat af en toe weten als je iets bijzonders hebt meegemaakt en dan zie ik jullie eind volgend schooljaar bij de terugkomdag "bakken en braden".

Piet

Shrinky Dinks, een vormgeheugen kunststof

Shrinky Dinks® of Krimpie Dinkie is speelgoed dat in 1973 door twee huisvrouwen in Amerika is bedacht. Dit speelgoed was in de jaren tachtig erg populair en is ook nu nog steeds verkrijgbaar. Tegenwoordig zijn wetenschappers bezig met het vinden van praktische toepassingen ervan, zoals bijvoorbeeld het maken van microreactoren¹.



Figuur 1: Shrinky Dinks voor en na verwarmen

Shrinky Dinks® bestaat uit dunne, flexibele transparante vellen amorf polystyreen. De vellen zijn bi-axiaal uitgerekt. Bij het verwarmen van een vel in de oven krimpt het plastic tot ongeveer $\frac{1}{3}$ van zijn oorspronkelijke grootte en wordt het negen keer dikker. Na verwarmen is het product harder en stijver dan de oorspronkelijke vellen. Vóór het verwarmen kunnen de dunne, flexibele vellen gekleurd en in vormen gesneden worden. De vorm en de kleuren van het ontwerp blijven behouden na het krimpen. Uit ervaring, een topper bij kinderfeestjes: het zelf maken van buttons, hangers en oorbellen met Shrinky Dinks®! De vraag is waardoor het krimpen veroorzaakt

wordt. Shrinky Dinks® is te koop in hobbywinkels, speelgoedwinkels en via internet. Maar ook kunnen polystyreenverpakkingen met recycleersymbool 06 gebruikt worden, met name de heldere varianten die je tegenkomt als deksels van verpakkingen van sandwiches, salades, taarten en gourmetschotels. Ook dit materiaal kan gesneden, geschuurd en bewerkt worden zoals Shrinky Dinks®.

Polystyreen

De speciale eigenschappen van Shrinky Dinks® zijn het gevolg van het productieproces van de dunne vellen polystyreen. Polystyreen is bij kamertemperatuur stijf, licht en transparant, waardoor het zeer geschikt is voor voedselverpakkingen en vergelijkbare producten. Wanneer het verwarmd wordt tot een temperatuur boven 190°C verweekt het en kan het gemakkelijk in allerlei vormen worden gebracht. Polystyreen is een thermoplast en in het geval van Shrinky Dinks® bestaat het uit atactische polymeerketens.

Bi-axiaal

De eigenschappen van vaste materialen, dus ook kunststoffen, zijn meestal afhankelijk van hun bewerkingsgeschiedenis. De temperatuur, de werkwijze en de snelheid van de bewerking zijn belangrijke variabelen. De meeste plastic films en sheets worden door extrusie geproduceerd. Extruderen is het persen van een vervormbare massa door een matrijs, waardoor het zijn vorm krijgt. Het oprekken van het materiaal na extrusie kan in één richting optreden, axiaal georiënteerd, of in twee richtingen

loodrecht op elkaar, bi-axiaal georiënteerd. Bi-axiaal uitgerekt polystyreen 'onthoudt' de oorspronkelijke configuratie van voor de rek: als het wordt verwarmd, keert het terug naar die oorspronkelijke vorm. Het polystyreen van Shrinky Dinks® is bij de productie bi-axiaal uitgerekt. Het polystyreen wordt verweekt bij 190°C en geëxtrudeerd door een matrijs met de vorm van een sleuf. De resulterende film verlaat de matrijs bij een temperatuur boven de glasovergangstemperatuur T_g (ongeveer 100°C). Dit betekent dat het materiaal zacht en vervormbaar is. Na de matrijs vindt strekking in de lengterichting van de film plaats. Om een bi-axiaal uitgerekte film te maken, moet er ook strekking in de richting loodrecht op de lengterichting (dwarsrichting, zie figuur 3) plaatsvinden². De uitgerekte film wordt vervolgens geleid over een aantal rollers die kunnen koelen. Voor Shrinky Dinks® is de film na de matrijs 2,3 mm dik. Terwijl de film nog warm is wordt door strekking de dikte teruggebracht naar 0,3 mm.

Macro-meso

Door de snelle afkoeling tijdens de fabricage van de film behoudt deze de bi-axiaal uitgerekte vorm en 'bevriest' de moleculaire rangschikking van het polystyreen in de uitgestrekte configuratie. Wanneer de film wordt verwarmd, keren de polystyreenketens terug naar hun oorspronkelijke, meer willekeurige, configuratie. De polystyreenketens hebben hun meest stabiele (willekeurige) configuratie 'onthouden', ook al waren ze 'bevoren' in een minder stabiele configuratie bij de snelle afkoeling. Het

gedrag van het bi-axiaal georiënteerde polystyreen is ongebruikelijk voor vaste stoffen. De meeste objecten verzachten en/of smelten bij verhitting. Soms ontleden ze als de temperatuur hoog genoeg is. Het polystyreen krimpt echter terug naar zijn oorspronkelijke, kleinere vorm, terwijl de massa hetzelfde blijft. De verkleining van het oppervlak wordt gecompenseerd door een vergroting van de dikte. Polystyreen wordt door deze krimpeigenschap gerekend tot de vormgeheugen polymeren.

Vormgeheugen polymeer

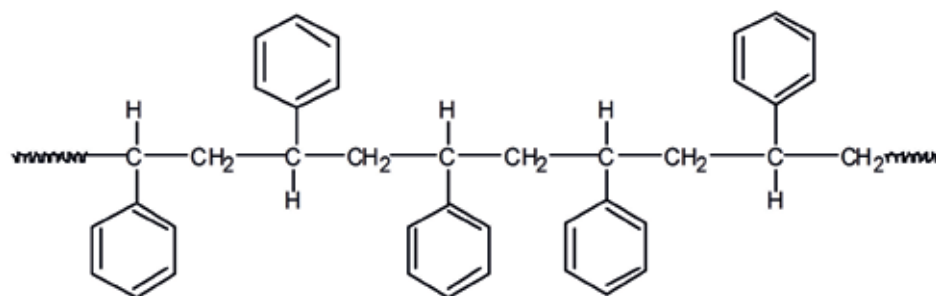
Kunststof met vormgeheugen kan van vorm veranderen onder invloed van temperatuur, licht, elektriciteit, magnetisme of pH. De werking van thermisch vormgeheugen kunststoffen is als volgt: Verwarm de vormgeheugen kunststof tot boven zijn glasovergangstemperatuur T_g . Bij deze temperatuur verandert de kunststof van stijve toestand in een plastische toestand. In deze plastische toestand kan de kunststof gemakkelijk van vorm worden veranderd. Zodra het materiaal is afgekoeld beneden T_g , blijft het in de vorm waarin het was toen het vervormd werd. Als het opnieuw verwarmd wordt, gaat het weer terug naar zijn oorspronkelijke vorm. Polystyreen is een thermisch vormgeheugen polymeer. Men gebruikt voor vormgeheugen polymeren de afkorting SMP, dat is afgeleid van *shape memory polymer*.

Vier verschillende temperaturen zijn belangrijk bij een thermische SMP: glasovergangstemperatuur (T_g), vervormingstemperatuur (T_v), opslagtemperatuur (T_o) en hersteltemperatuur (T_h).

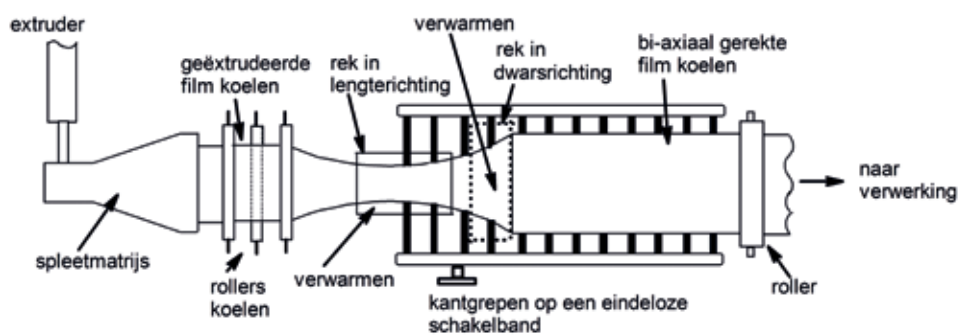
De vervorming- en het herstelgedrag van een thermische SMP zijn als volgt (zie figuur 4):

- verwarm de SMP tot T_v ($> T_g$), en pas krachten toe om de SMP te vervormen,
- pas geen krachten meer toe bij het bereiken van de gewenste vorm en koel snel af tot T_o om de tijdelijke vorm van de SMP te bewaren en
- de SMP tot T_h ($> T_g$) te verwarmen om de oorspronkelijke vorm van de SMP te herstellen.

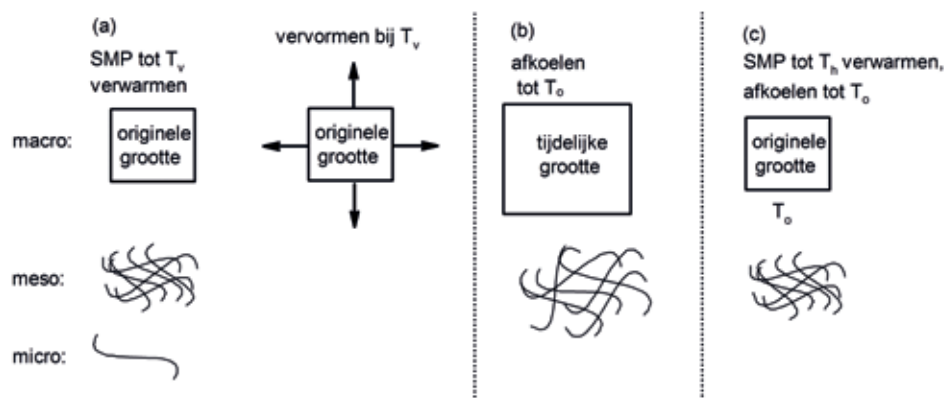
Voor polystyreen geldt: $T_g = 95^\circ\text{C}$, $T_v = 110^\circ\text{C}$, $T_o = 20^\circ\text{C}$ (kamertemperatuur) en $T_h = 120\text{--}160^\circ\text{C}$ (afhankelijk van product). Men werkt altijd lager dan de smeltemperatuur van polystyreen (ongeveer 250°C).



Figuur 2: Structuurformule atactische polystyreenketen. Tekening door Toon de Valk



Figuur 3: Bi-axiale oriëntatie. Tekening door Toon de Valk



Figuur 4: Schematische weergave van vervorming en herstelgedrag van een thermische SMP. Tekening door Toon de Valk

In de klas

In de onderbouw kunt u van Shrinky Dinks® de verandering in lengte, breedte en dikte laten vaststellen. Door het polystyreen van verschillende voorwerpen te gebruiken, kunnen leerlingen onderzoeken bij welke meer of minder rek tijdens de bi-axiale oriëntatie heeft plaats gevonden. Bepaling van de massa voor en na verwarmen kan een bijdrage leveren aan de vraag of het krimpen van polystyreen/Shrinky Dinks® een chemisch proces is³.

In de nieuwe examenprogramma's staat als specificatie in domein B4 (Bindingen, structuur en eigenschappen) dat de kandidaat een verband kan leggen tussen de bouw van een stof en de vervormbaarheid, en maakt daarbij gebruik van de structuur van polymere

materialen, thermoplasten. In subdomein A12 staat dat de kandidaat de relatie kan beschrijven tussen de macroscopische eigenschappen van stoffen/materialen en de structuren op meso- en (sub)microniveau. Het produceren en krimpen van Shrinky Dinks® sluit goed bij deze specificaties aan en kan dus mooi als voorbeeld gebruikt worden. ●

NOTEN

- <https://www.embs.org/about-biomedical-engineering/our-areas-of-research/micro-nanotechnologies/>
- Bi-axiale oriëntatie kan ook in één stap plaats vinden.
- Bij Chemie Aktueel (www.chemieaktueel.nl) verschijnt een opdracht over ShrinkyDinks®.

De zoutwaterauto

Een klok die werkt op zout water, een aardappel of een citroen; we weten dat elektrochemie daarin een rol speelt. Een raceautootje dat ongeveer 15 minuten lang zelfstandig kan rijden op een paar druppels zout water. Waar werkt die op, wat laat het raceautootje rijden?

Op een van de sites (zie Noten) waar de zoutwaterauto te koop is, staat “Marlin zout water auto. Geen benzine, diesel of gas. Nee ook geen elektriciteit... Dit is pas echt het voorbeeld van alternatieve energie. Enkele druppels ZOUT WATER en deze auto gaat rijden. Koop deze auto en verbaas je zelf!” In de handleiding van de auto staat “Dit verbazingwekkende product gebruikt het nieuwste in de brandstofcel-technologie om de auto te laten rijden”. Een andere uitspraak: “Na een paar minuten is het zoute water op en moet je nieuw zout water toevoegen om te auto te laten rijden”.

De auto

Je koopt een raceauto, of motor, monstertruck, *bobcat buggy* auto of rijdende robot (figuur 1) als bouw pakket. De motor van de auto is verbonden met twee metalen plaatjes (figuur 2). De auto kan rijden als hij elektrische energie krijgt. In figuur 3 staan de onderdelen van de module die de elektrische energie levert als ze met de twee metalen plaatjes verbonden worden. De module bestaat uit een luchtkathode, een stukje stof en een plaatje magnesium. In de auto is dus een magnesium-lucht batterij aanwezig.

Chemische achtergrond

Het magnesiumplaatje is de anode ofwel de negatieve elektrode in de magnesium-lucht batterij en reageert tijdens stroomlevering met als halfreactie: $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^-$. Aan de zwarte luchtkathode, de positieve elektrode, worden de elektronen opgenomen. De zwarte stof zou grafiet kunnen zijn. Vanwege de naam luchtkathode kun je vermoeden dat zuurstof uit de lucht reageert volgens de



Figuur 1: Gadgets die rijden op zout water

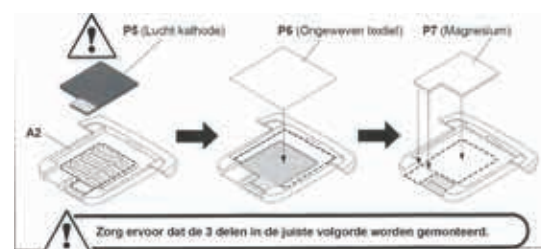


Figuur 2: De motor van de auto

halfreactie: $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$. Als totaalreactie voor de batterij geldt $2\text{Mg} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Mg}(\text{OH})_2$, een exotherme reactie. Een tweede mogelijkheid is dat aan de positieve elektrode alleen water reageert: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$.

In de klas

In de nieuwe examenprogramma's staat dat kandidaten in de context van batterijen kunnen aangeven wat wordt bedoeld met een elektrochemische cel (vwo subdomein C1.8). Kan de kandidaat in de context van batterijen en brandstofcellen vergelijken van halfreacties geven (vwo C1.14, havo C1.8) en kan hij redeneren over aspecten van duurzaamheid die een rol spelen bij de omzetting van chemische in elektrische energie (vwo en havo F3.5). De chemie die het autootje en de andere



Figuur 3: De magnesium-lucht batterij
Bron: gebruiksaanwijzing auto

zoutwater gadgets laat rijden/bewegen, sluit goed aan bij de examenprogramma's: zowel de halfreacties, als een schematische tekening van de magnesium-lucht batterij. Tekst uit de handleiding en van de verkoopsites kan kritisch bekeken worden aan de hand van de chemische achtergrond. Er wordt daarin naast elkaar 'batterij' en 'brandstofcel' gebruikt, welke term past hier? Het zoute water alleen laat de auto dus niet lopen. Maar is wel van wezenlijk belang, want zonder elektrolyt, werkt de magnesium-lucht batterij niet. Leerlingen kunnen teksten aanpassen, zodat het chemisch juist is. Uit handleidingen blijkt dat het zoutgehalte van het zoute water in de magnesium-lucht batterij van invloed is op de rijtijd. Hier kunnen leerlingen onderzoek aan doen. Verder kunnen leerlingen de magnesiumelektrode in de batterij vervangen door andere metalen en kijken wat dat voor invloed heeft. De zoutwaterauto: een aansprekende gadget met veel mogelijkheden! ●

TER INFORMATIE

Via de volgende sites kun je zoutwatervoertuigen bestellen:

- <https://www.ultragadgets.nl/>
- <https://www.bespaarbazaar.nl/>
- <https://dealbanana.com/>
- <http://www.greenenergytoys.nl>
- <https://www.internet-toys.com>