

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	Serius 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
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
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			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			

[illegible]

[illegible]

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

[illegible]

[illegible]

[illegible]

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

[illegible]

[illegible]

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

[illegible]

[illegible]

ROBOTPIL KAN INJECTIES OVERBODIG MAKEN

Klas	4,5 hv
Subdomein	Ontwerpen
Vaardigheid	-
Specificaties	Programma van eisen
Trefwoorden	Robotpil, citroenzuur, natriumwaterstofcarbonaat, ontwerp opdracht
Vaardigheidsvraag	

<http://www.nu.nl>, 18 februari 2014

ROBOTPIL KAN INJECTIES OVERBODIG MAKEN



GADGETS

Een Indische wetenschapper werkt met financiering van Google aan een robotpil zonder elektronica die bijvoorbeeld het spuiten van insuline overbodig moet maken.

Dat meldt *the Wall Street Journal* dinsdag.

Onderzoeker Mir Imran startte enkele jaren geleden al het bedrijf Rani Therapeutics en kreeg een financiering van Google Ventures, de investeringstak van de zoekgigant. Naar verluidt zou het om zeker tien miljoen dollar gaan.

Daarmee heeft Imran een robotpil ontworpen die zelf zijn weg naar de dunne darm vindt en daar een insuline-injectie kan geven.

Werking

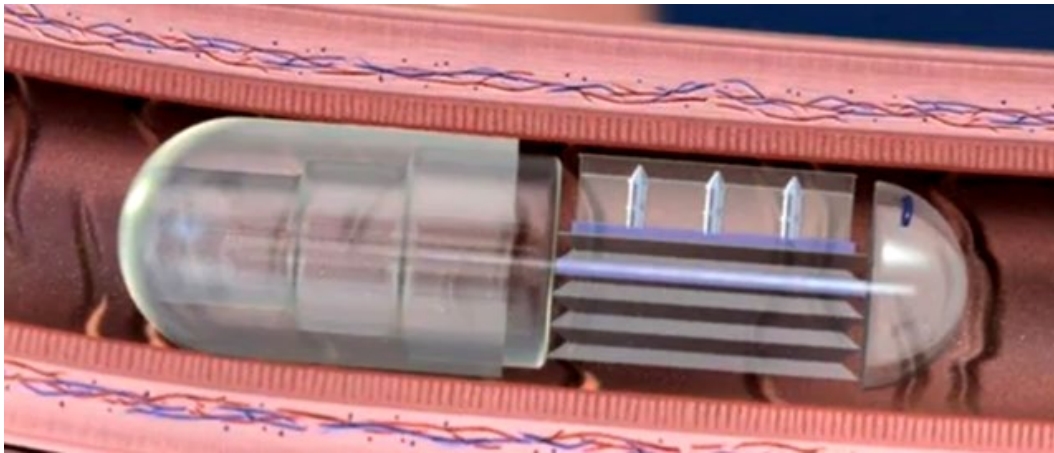
De pil bestaat uit een oplosbaar polymeer en kleine holle naalden van suiker. De pil is stevig genoeg om in de maag niet kapot te gaan. Eenmaal in de dunne darm wordt de pil door de spijsvertering geactiveerd.

De buitenste laag lost op en een klein klepje tussen twee compartimenten in de pil gaat open. Daardoor komen citroenzuur en natriumbicarbonaat bij elkaar waardoor kooldioxide ontstaat. Dat wordt gebruikt als energiebron voor het opblazen van een soort kleine ballon. Deze ballon drukt dan de suikernaalden in de darm en laat het medicijn los.

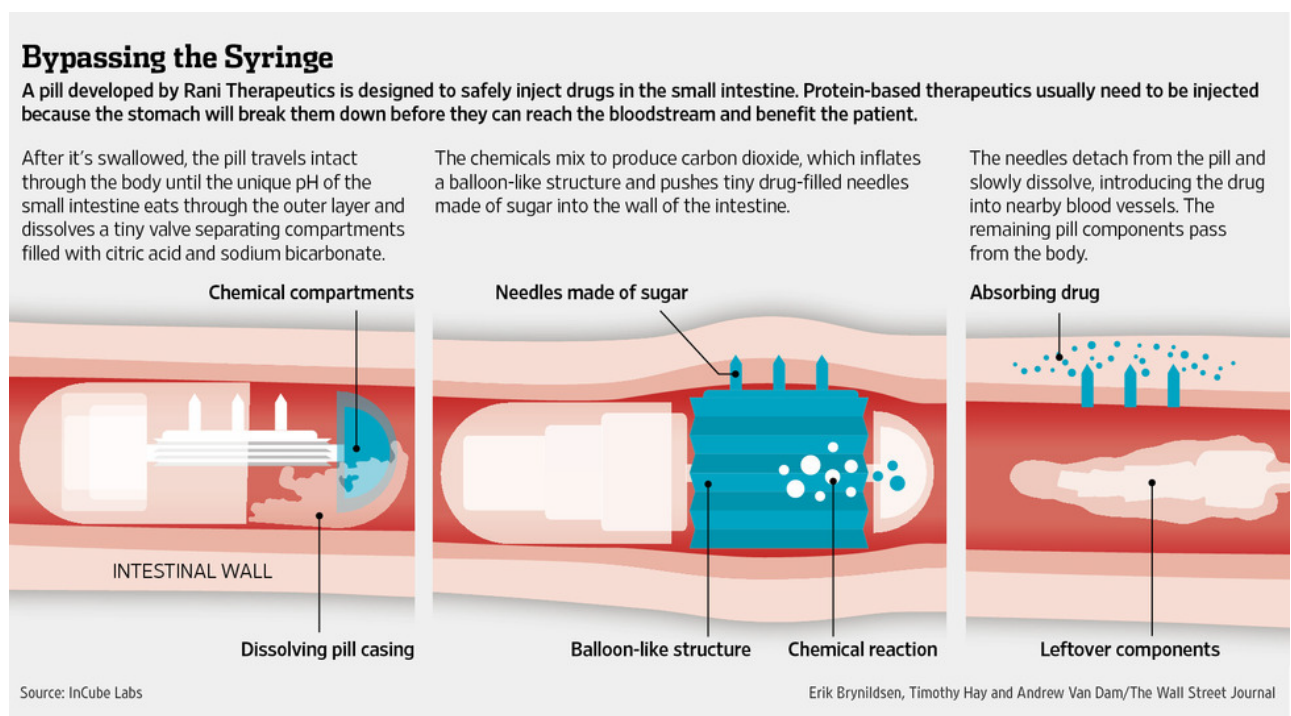
De overblijfselen van de pil verlaten op natuurlijke wijze het lichaam.

Bekijk een animatie van de robotic pill bij The Wall Street Journal:

<http://live.wsj.com/video/can-robotic-pills-replace-injections/A85C0E05-0AB4-4B97-BF22-8C74B550C157.html#!A85C0E05-0AB4-4B97-BF22-8C74B550C157>



In onderstaande figuur is het proces ook weergegeven.



Bron:

<http://online.wsj.com/news/interactive/ROBOTPILL0218?ref=SB10001424052702304899704579389042422328308>

In de volgende opdracht maak je kennis met de stappen die in een ontwerpcyclus voorkomen. Je gaat ontwerpen, maar dan precies in omgekeerde volgorde: je begint met een bestaand product en gaat terug redeneren om de oorspronkelijke ontwerpopdracht te achterhalen. We noemen dit “omgekeerd ontwerpen”.

Nadat je de opdracht hebt uitgevoerd, kun je volgorde van de cyclus omdraaien en heb je de volgorde van stappen die in ontwerpen gebruikelijk is.

Voer de opdracht in een groepje uit zodat je kunt overleggen.

Het idee van de robotpil is het eindresultaat van een ontwerpproces. Lees het artikel en bekijk de film.

Beantwoord nu achtereenvolgens de volgende vragen:

- 1 Welke *eigenschappen* van de robotpil kom je tegen in de informatie? Noem minimaal vier eigenschappen.
- 2 Waardoor heeft de robotpil de eigenschappen die je hebt genoemd bij vraag 1? Met andere woorden: Welke *gebruikseigenschappen* of welke *functie* geven ze de robotpil? Geef voor elke eigenschap die je bij vraag 1 hebt genoemd aan welke gebruikseigenschap/functie je daar aan kunt verbinden.
- 3 Welke *eisen* waren er dan aan het ontwerp gesteld waaraan de robotpil moest voldoen? Beantwoord deze vraag voor elk van de bij 2 genoemde gebruikseigenschappen.

Aan de hand van de eisen die je in stap 3 hebt opgesteld kun je een mogelijke *ontwerpopdracht* bedenken op basis waarmee de ontwerper tot het idee van de robotpil is gekomen.

- 4 Schrijf in één zin een mogelijke ontwerpopdracht op voor de ontwerper.

Robotpil kan injecties overbodig maken

<i>1 materiaaleigenschappen</i>	<i>2 gebruikseigenschappen</i>	<i>3 eisen</i>
Bestand tegen maagzuur	moet zonder problemen de maag passeren	Bestand tegen maagzuur: uittesten dat bij die pH geen reactie optreedt
Lost pas op in de darm	moet onder de omstandigheden in de darm wel oplossen (spijsvertering)	moet getest worden onder die omstandigheden
door reactie worden naalden met insuline in de bloedbaan geduwd	door chemische reactie ontstaat een gas die alles wegduwt	er moet voldoende gas uitkomen zodat de naalden in de bloedbaan komen, dus uittesten.
restanten pil worden afgevoerd zonder bijwerkingen	geen bijwerking vertonen in je lichaam.	Afval: testen dat dit geen bijwerkingen vertoont in het lichaam

- 4 Bouw een pil met insuline die ongehinderd de maag passeert en pas in de darm de insuline afgeeft in de bloedbaan.

Video

Als u bijvoorbeeld Real Player heeft geïnstalleerd kunt u de video downloaden van:

<http://live.wsj.com/video/can-robotic-pills-replace-injections/A85C0E05-0AB4-4B97-BF22-8C74B550C157.html#!A85C0E05-0AB4-4B97-BF22-8C74B550C157> (gezien 30 april 2014)

EFFICIËNTE ELEKTROLYSETECHNIEK VOOR WATERSTOFPRODUCTIE

Klas	5v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Redoxreacties, verbrandingen
Trefwoorden	Elektrolyse, waterstof, energie, groene chemie, milieu
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

www.technischweekblad, 20 maart 2014

EFFICIËNTE ELEKTROLYSETECHNIEK VOOR WATERSTOFPRODUCTIE

Rijkert Knoppers

Het Amerikaanse bedrijf Proton OnSite gaat in Hamburg een elektrolyse-installatie bouwen voor de productie van waterstof uit water bij lage temperatuur.

Het gaat hierbij om een zogeheten proton exchange membrane (PEM) elektrolyseur, waarbij een polymeermembraan de vloeistof scheidt in twee compartimenten. Aan de anode wordt water omgezet in zuurstof en protonen. Die laatste bewegen door het membraan naar de kathode, waar zij met elektronen worden omgezet tot waterstof. Dankzij de toepassing van het proton exchange membrane en het feit dat de cel bij relatief lage temperatuur werkt, zijn zaken als afdichting, montage en bediening minder complex dan bij de meeste andere elektrolyseurs.

Het gebruik van een elektrolyseur is een interessant alternatief voor tankstations die waterstof willen aanbieden, maar niet zijn aangesloten op een waterstofpijpleiding. Duitsland telt momenteel vijftien waterstoftankstations voor brandstofcelauto's. Het samenwerkingsverband H2 Mobility, waaraan Daimler, Shell, Total, OMV, Air Liquide en Linde deelnemen, wil dit aantal opkrikken tot vierhonderd in het jaar 2023.

'Het gebruik van een elektrolyseur is in Duitsland vooral nuttig, omdat met het overschot aan opgewekte elektriciteit van windturbines en zonnepanelen uitstekend waterstof valt te maken', vertelt Jan Piet van der Meer, directeur van de in Amersfoort gevestigde Nederlandse Waterstof en Brandstofcel Associatie (NWBA). 'Als je vervolgens waterstof overhoudt is dat geen enkel probleem, omdat je de waterstof onder 100 tot 150 bar in lege zoutcavernes kan opslaan.'

Ook particulieren

In ons land heeft alleen het waterstoftankstation in Amsterdam een op groene stroom draaiende elektrolyseur; dit tankstation was tot voor kort uitsluitend in gebruik voor de waterstofbussen die in de hoofdstad rondrijden, maar binnenkort kunnen ook particuliere brandstofcelauto's hier terecht. Het waterstoftankstation in Arnhem heeft een reformer, die uit aardgas waterstof maakt, het waterstofstation Helmond krijgt de benodigde waterstof uit gasflessen.

'Het gaat bij dit soort ontwikkelingen uiteindelijk om het terugdringen van de koolstofdioxide-uitstoot', aldus Van der Meer. 'Als we in 2021 gemiddeld hooguit 95 g koolstofdioxide-uitstoot per auto willen hebben, zoals in Europa is afgesproken, zullen we deze waterstof

Het Amerikaanse bedrijf ProtonOnSite wil een elektrolyse-installatie bouwen voor de productie van waterstof.

- 1 Maak een tekening van de opstelling die in het artikel wordt beschreven. Noteer bij alle onderdelen de namen.

- 2 Geef de halfreacties die aan kathode en anode plaatsvinden tijdens elektrolyse.
- 3 Welke voordelen heeft deze elektrolyse-installatie?
- 4 Waarom is het gebruik van een elektrolyseur vooral in Duitsland nuttig?
- 5 Licht toe dat de gevormde waterstof een groene brandstof genoemd mag worden.
- 6 Geef de vergelijking van de reactie die verloopt met waterstof als brandstof.

Tijdens de elektrolyse heb je elektrische energie nodig.

- 7 Aan welke voorwaarden moet het opwekken van die elektrische energie voldoen om ervoor te zorgen dat de koolstofdioxide-uitstoot zeer laag is?

Waterstof wordt in ons land niet alleen door middel van elektrolyse verkregen.

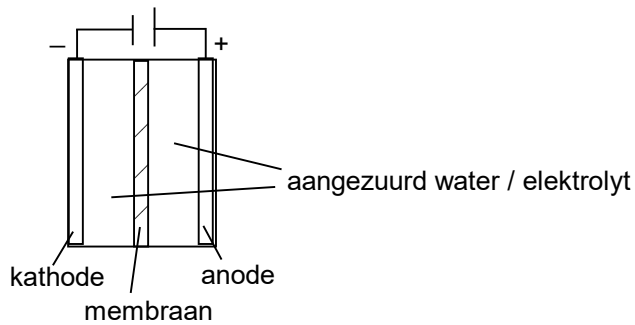
- 8 Noteer de reactievergelijking van het proces dat in Arnhem wordt gebruikt waarbij naast waterstof ook CO wordt gevormd..

Bij de beschreven ontwikkeling gaat het uiteindelijk om het terugdringen van de koolstofdioxide uitstoot.

- 9 Waarom is het terugdringen van de uitstoot van koolstofdioxide belangrijk?

Efficiënte elektrolysetechniek voor waterstofproductie

1



- 2 Anode: $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$; kathode: $2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$.
- 3 De elektrolyse vindt bij lage temperatuur plaats waardoor minder eisen worden gesteld aan de opstelling. De waterstofproductie kan op elke plek gerealiseerd worden, ook dichtbij tankstations.
- 4 Het overschot aan opgewekte elektriciteit door windturbines en zonnepanelen kan daarvoor gebruikt worden. Duitsland heeft dat overschot.
- 5 De gebruikte elektriciteit is duurzaam opgewekt dus de gevormde waterstof ook.
- 6 Reactie: $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$.
- 7 De opwekking moet duurzaam plaatsvinden dus gebruikmakend van hernieuwbare bronnen.
- 8 $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3 \text{H}_2$
- 9 Koolstofdioxide vrijkomend uit de verbranding van fossiele brandstoffen levert een versterkt broeikaseffect op waardoor de gemiddelde temperatuur op aarde stijgt.

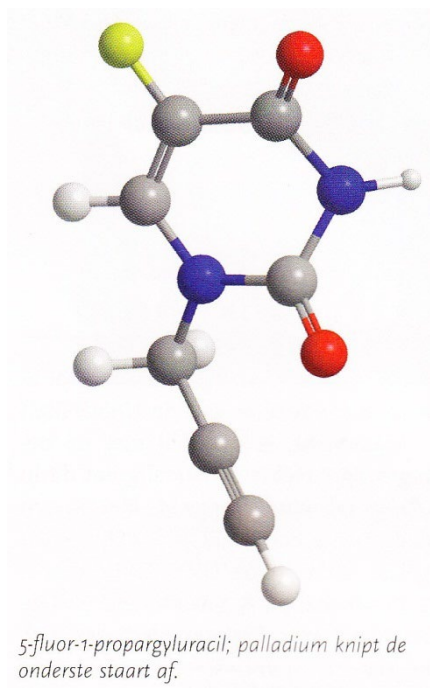
DE KAT OP DE TUMOR BINDEN

Klas	5v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Organische reacties, beginstoffen/reactieproducten
Trefwoorden	Katalysator, nano, tumor, palladium, alkylering
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

C2W Life Sciences, 14 maart 2014

DE KAT OP DE TUMOR BINDEN

Onderzoekers uit Edinburgh willen metaaldeeltjes implanteren in tumoren, waar ze de chemo lokaal kunnen activeren. Bijvoorbeeld het veelgebruikte 5-fluoruracil (5FU), dat je tijdelijk onwerkzaam maakt door omzetting in 5-fluor-1-propargyluracil. Op een palladiumoppervlak wordt deze *prodrug* gedealkyleerd tot 5FU. Door deze methode blijft de rest van het lichaam gespaard voor bijwerkingen. In *Nature Communications* melden de Schotten dat ze het hebben uitgeprobeerd op tumorcellen in vitro en in zebrafisembryo's. Het palladium verpakten ze als nanodeeltjes in een kunsthars. In die vorm is het van zichzelf niet toxisch maar met fluorpropargyluracil erbij gaan er wél cellen dood. Als het ook bij mensen werkt, zou het wel eens de eerste klinische toepassing van heterogene katalyse kunnen worden.



Een titel kan wel eens op het eerste gezicht vreemd overkomen.

1 Wat wordt bedoeld met 'kat' in de titel?

Onderzoekers uit Edinburgh willen palladiumdeeltjes implanteren in tumoren.

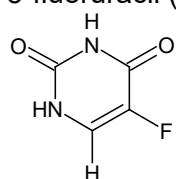
2 Waarom juist in de tumor?

Het palladium verpakken ze als nanodeeltjes in een kunsthars.

3 Waar slaat de aanduiding 'nano' op?

4 Waarom verpakken ze het palladium in een kunsthars?

Bij inname is het medicijn een 'prodrug' met 5-fluor-1-propargyluracil als naam (zie de figuur in het artikel). Bij de dealkylering op het palladiumoppervlak in de tumor ontstaat dan 5-fluoruracil (5FU):



5-fluoruracil (5FU)

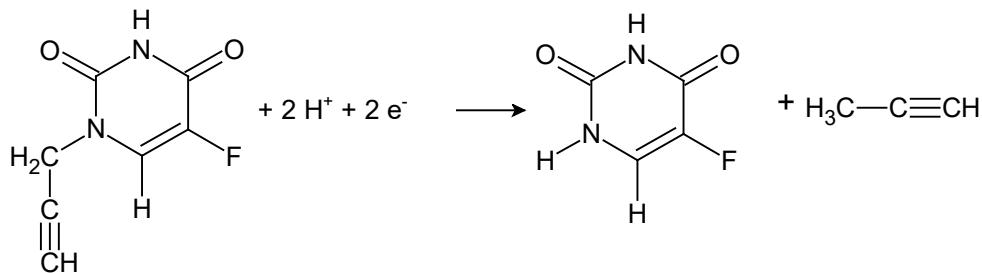
- 5 Wat versta je onder een 'prodrug'?
- 6 Leg uit dat je de genoemde omzetting een dealkylering kunt noemen.

Bij de dealkylering wordt een gebufferd systeem gebruikt.

- 7 Wat versta je onder een gebufferd systeem?
- 8 Noteer de halfreactie van de omzetting van de prodrug 5-fluor-1-propargyluracil in 5FU in structuurformules weer.
- 9 Waar slaat de aanduiding 'heterogeen' op in 'heterogene katalyse' op?
- 10 Wat is het grote voordeel van de beschreven werkwijze?

De kat op de tumor binden

- 1 Kat is de afkorting van katalysator.
- 2 Het palladium dient als katalysator. In de tumor wordt de prodrug omgezet in de werkzame stof 5FU en kan daar zijn werk gaan doen. Hierdoor veroorzaakt het medicijn 5 FU minder bijwerkingen.
- 3 Nano geeft de orde van grootte aan: 10^{-9} m.
- 4 In die vorm is het zelf niet toxisch maar gaan met de drug samen wel de kankercellen dood.
- 5 Een drug die in die vorm nog niet werkzaam is maar met een kleine ingreep wel omgezet kan worden in de werkzame stof.
- 6 Er wordt een alkylgroep afgeknipt van de prodrug.
- 7 Een gebufferd systeem betekent dat gewerkt wordt bij een constant gehouden pH.
- 8



- 9 Heterogeen betekent dat de katalysator in een andere fase aanwezig is dan de prodrug.
- 10 De rest van het lichaam wordt dan gespaard voor de bijwerkingen van de chemo.

WETENSCHAPPERS MAKEN ETHANOL UIT KOOLSTOFMONOXIDE

Versie I

Klas	5 v
Subdomein	Vaardigheden
Vaardigheid	Chemische processen
Specificaties	Natuurwetenschappelijk instrumentarium
Trefwoorden	Elektrolyse, fermentatie, informatie selecteren, analyseren, weergeven,
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

Versie II

Klas	5 v
Subdomein	Chemische processen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Elektrolyse
Trefwoorden	Fermentatie, CO, ethanol, acetaat, CuO elektrode, reactiewarmte, katalysator
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

www.engineeringnet.nl, 16 april 2014

Wetenschappers maken ethanol uit koolstofmonoxide



Een onderzoeksteam van Stanford University slaagde erin ethanol te ontwikkelen uit koolstofmonoxide. Op die manier zou men biobrandstoffen kunnen maken zonder voedingsgewassen te gebruiken.

ENGINEERINGNET – Onderzoekers van de Amerikaanse Stanford Universiteit slaagden erin een efficiënte manier te ontwikkelen om vloeibare ethanol te destilleren uit koolstofmonoxide gas.

“We ontdekten de eerste metalen katalysator die significante hoeveelheden ethanol kan produceren uit koolstofmonoxide op kamertemperatuur en druk, wat toch een zeer complexe elektrochemische reactie verondersteld”, vertelt Matthew Kanan, assistent Professor Scheikunde.

De meeste ethanol wordt geproduceerd op hoge temperatuur door de fermentatie van gewassen zoals maïs of suikerriet. Maar de teelt van gewassen die eigenlijk voedingsgewassen zijn, vergt uiteraard

veel grondoppervlakte, water en bemesting. De vraag die men zich dan ook stelt is, hoe ecologisch verantwoord de productie van brandstoffen dan nog wel is, zeker in een context van voedselschaarste.

De nieuwe techniek baseert zich niet op fermentatie. Alles begon 2 jaar geleden toen Kanan en zijn team een nieuwe elektrochemische cel ontwikkelden met koperoxide. Ze plaatsen deze cel in water met koolstofmonoxide.

Wanneer er stroom wordt gezet op klassieke elektroden wordt water bij de ene elektrode omgezet in zuurstof en bij de andere in waterstof. Met de kathode uit koperoxide wordt water niet omgezet in waterstof maar wordt koolstofmonoxide omgezet in ethanol.

De resultaten zijn verbluffend, daar waar gewoon koper niet zo efficiënt is werd met de nieuwe elektrochemische cel 57% van de elektrische stroom gebruikt om ethanol en acetaat uit koolstofmonoxide te maken.

Er is nog werk aan de winkel. Het is niet de bedoeling om koolstofmonoxide rechtstreeks te halen uit de verbranding van fossiele brandstoffen. Kanan denkt er reeds aan om CO₂ rechtstreeks uit de atmosfeer te halen en om te zetten in koolstofmonoxide en vervolgens in de katalysator in te brengen om opnieuw brandstof te maken. En zo is de cirkel telkens weer rond.

“De technologie om van CO₂ koolstofmonoxide te maken bestaat al maar het ontbrekende puzzelstuk was het omzetten van koolstofmonoxide in een bruikbare, bij voorkeur vloeibare brandstof. Dit kan nu met de elektrochemische cel die we bouwden op basis van koperoxide,” besluit Kanan.

(Saskia Van Hoyweghen) (Foto: Wikipedia)

Versie I

Jij werkt als voorlichter bij Stanford University. Voor middelbare scholen wil men een videocollege van de heer Matthew Kanan opnemen. Ter ondersteuning zijn daarvoor vier dia's nodig in een power point presentatie.

- *Dia 1:* Reactievergelijking van fermentatieproces van suiker naar ethanol. Ook de bezwaren tegen deze productiemethoden die in artikel vermeld staan.
- *Dia 2:* Schematische tekening van elektrolyse cel met klassieke elektroden met de halfreacties die optreden aan de elektroden. Noteer in de tekening ook de namen van de onderdelen van de elektrolyse cel met de klassieke elektroden.
- *Dia 3:* Schematische tekening van elektrolyse cel met onder andere de CuO elektrode met de halfreacties die optreden aan de elektroden. Noteer in de tekening ook de namen van de onderdelen van deze elektrolyse cel.
- *Dia 4:* De methode (met reactievergelijking) om CO₂ uit de atmosfeer om te zetten in CO.

Versie II

- 1 Leg in maximaal 20 woorden uit welke vinding de onderzoekers van de Amerikaanse Stanford Universiteit hebben gedaan.

In het artikel staat: "...slaagden erin een efficiënte manier te ontwikkelen om vloeibare ethanol te destilleren uit koolstofmonoxide gas."

In 'van Dale', Groot Woordenboek van de Nederlandse taal staat over het woord *distilleren*:

Distilleren

- 1 (nat) (mbt een vloeistof bv. water) door verdamping en daarop volgende condensatie zuiveren (variant: destilleren)
- (chem) (mbt gemengde vloeistoffen) van elkaar scheiden
- 2 (in 't bijzonder) sterke drank bereiden uit alcoholhoudende vloeistoffen of vaste stoffen (variant: destilleren; synoniem: stoken, branden)
- 3 (figuurlijk) (op min of meer gezochte wijze ofwel met enige moeite) afleiden (variant: destilleren): uit iemands woorden een bedoeling distilleren

- 2 Leg uit dat de term distilleren in het artikel niet juist gebruikt is.
- 3 Wijzig dit deel van de zin ".....om vloeibare ethanol te destilleren uit koolstofmonoxide gas." zó dat de vinding van de onderzoekers chemisch juist wordt weergegeven.

Ethanol wordt tot nu toe vooral gemaakt door de fermentatie van suikers uit bijvoorbeeld suikerriet.

- 4 Welke twee bezwaren noemt het artikel tegen deze productiemethode van ethanol via fermentatie.
- 5 Noteer de reactievergelijking van het fermentatieproces in molecuulformules. Ga uit van de suiker glucose.

In het nieuwe proces maakt men gebruik van een elektrochemische cel. Het beschreven proces is een elektrolyse.

- 6 Neem het gegeven in het artikel over waaruit blijkt dat je met een elektrolyse te maken hebt.
- 7 Maak een schematische tekening van een elektrolyse cel met *klassieke elektroden*. Noteer in de tekening ook de namen van de onderdelen.
- 8 Noteer in de tekening bij elke elektrode de vergelijking van de halfreactie die optreedt. Vermeld tevens of het de positieve dan wel negatieve pool is.
- 9 Maak een schematische tekening van de elektrolyse cel met *de CuO elektrode*. Noteer in de tekening ook de namen van de onderdelen van de elektrolyse cel.
- 10 Noteer in de tekening bij elke elektrode de vergelijking van de halfreactie die optreedt.

Scheikundigen van een andere Amerikaanse Universiteit hebben het probleem van de bereiding van CO uit CO₂ opgelost:

Superkatalysator zet CO₂ om in CO

Teake Zuidema

Scheikundigen van de University of Delaware schrijven in Nature Communications dat ze een katalysator van nanoporeus zilver hebben ontwikkeld die drieduizend maal actiever is dan polykristallijn zilver bij het omzetten van koolstofdioxide (CO₂) in koolstofmonoxide (CO).

Bron: www.technischweekblad.nl, 18 februari 2014

- 11 Bereken de reactiewarmte voor de omzetting van CO_2 in CO waarbij ook O_2 vrijkomt.
- 12 Leg uit waarom het belangrijk is om een erg actieve katalysator te ontwikkelen.

De auteur van het artikel "Wetenschappers maken ethanol uit koolstofmonoxide" heeft een foto op Wikipedia gezocht en die toegevoegd.

- 13 Leg uit of je vindt dat de foto de lading van het artikel dekt.

Wetenschappers maken ethanol uit koolstofmonoxide

Versie I

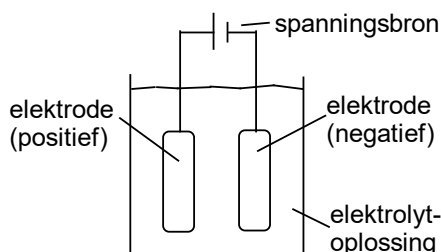
Zie voor de antwoorden:

	Antwoord in versie II
Dia 1	Antwoord vraag 5
Dia 2	Antwoord vraag 7/8
Dia 3	Antwoord vraag 9/10
Dia 4	Reactievergelijking uit vraag 11

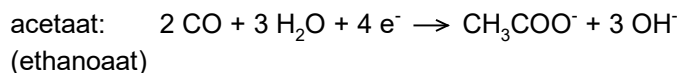
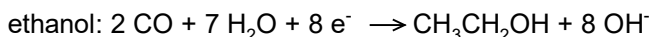
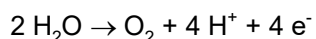
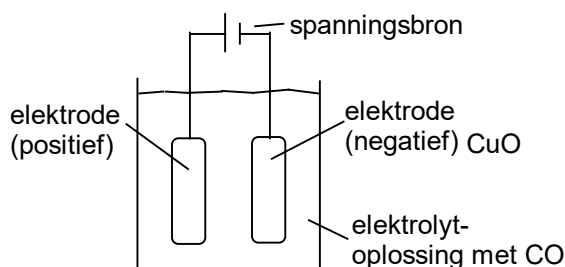
Versie II

- 1 Via een elektrolyse met CuO als kathode wordt CO in water omgezet in óf ethanol óf acetaat.
- 2 Betekenis 1: Er vindt geen verdamping plaats (en ook geen scheiding van gemengde vloeistoffen). Betekenis 2: er wordt geen sterke drank gemaakt uit alcoholhoudende vloeistoffen. Betekenis 3: je leidt niets af.
- 3 “.....om vloeibare ethanol te *maken* uit koolstofmonoxide gas *en water*.”
- 4 Teelt van de gewassen vergt veel grondoppervlak, water en bemesting. Het gebruik van grondoppervlak voor gewassen die ethanol opleveren in plaats van voedsel.
- 5 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 2 \text{CO}_2$
- 6 “Wanneer er stroom wordt gezet op”

7/8



9/10



- 11 $2 \text{CO}_2 \rightarrow 2 \text{CO} + \text{O}_2$; $\Delta E_{\text{reactie}} = -2 E_{\text{vorm CO}_2} + 2 E_{\text{vorm CO}} =$
 $-2 (-3,935 \cdot 10^5) + 2 (-1,105 \cdot 10^5) = 5,660 \cdot 10^5 \text{ J/2 mol CO}_2 = +2,830 \cdot 10^5 \text{ J/mol CO}_2$
- 12 De reactie is endotherm, dus daarom al een hoge activeringsenergie. Hoe beter (actiever) de katalysator die je gebruikt, des te lager de activeringsenergie.
- 13 Mening leerlingen.

ONZE SLINKENDE ENERGIEVOORRAAD

Klas	4hv
Subdomein	Chemisch rekenen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Bekende chemische berekeningen
Trefwoorden	Energie, autojaar, fossiele brandstof, milieu
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

New Scientist, maart 2014

Onze slinkende energievoorraad

1 AUTOJAAR
= 954 liter olie

Het is algemeen bekend dat onze fossiele brandstofvoorraden langzaam opraken. De details daarvan zijn minder bekend. Hoeveel van de brandstofvoorraden hebben we nog over? En hoe lang kunnen we daar nog mee vooruit?

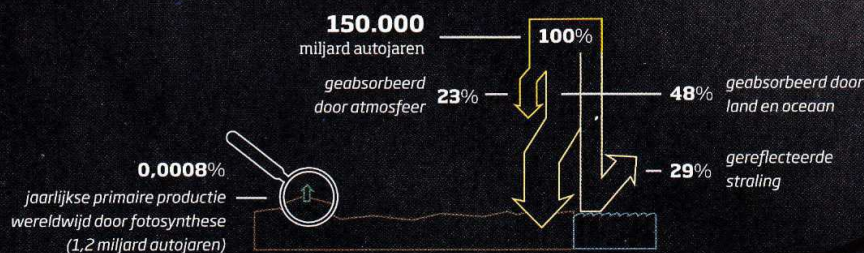
'Autojaar'

De hoeveelheid energie die wereldwijd wordt geproduceerd en geconsumeerd gaat ons voorstellingsvermogen te boven. Bovendien hebben de conventionele energie-eenheden (bijv. joule of kCal) geen directe betekenis in ons dagelijks leven. Het gebruik van hogere machten (zoals 10^{19} of 10^{24}) maakt het er niet veel begrijpelijker op. Om het wereldwijde brandstofverbruik inzichtelijker te maken, hebben we de energiestromen daarom uitgedrukt in 'autojaren'. **1 autojaar staat voor de hoeveelheid energie die nodig is om één auto een jaar lang rond te kunnen laten rijden.** We zijn er daarbij van uitgegaan dat een gemiddelde personenauto **20.000 kilometer per jaar** aflegt en **1 op 20** rijdt. Het jaarlijkse verbruik aan brandstof komt daarmee uit op 6 olievaten van elk **159 liter**, die samen een energiewaarde bevatten van **3,7 miljard joule** ($3,7 \cdot 10^9$ joule).



ENERGIEBALANS VAN DE AARDE

In procenten van de jaarlijks inkomende zonnestraling op aarde



Het zal geen verrassing voor je zijn: de fossiele brandstoffen raken een keer op.

1 Welke fossiele brandstoffen ken je?

In het artikel wordt gesproken over een autojaar aan energie.

2 Wat stelt een autojaar aan energie voor?

Veronderstel dat benzine de brandstof is.

3 Reken met behulp van Binas tabel 28B uit hoeveel energie een autojaar is.

Ruwe olie heeft een energiewaarde van 10,7 kWh per L. Volgens het artikel komt een autojaar overeen met 6 vaten ruwe olie van elk 159 L.

4 Laat via een berekening zien hoeveel energie 6 olievaten van elk 159 L leveren.

5 Vergelijk je uitkomst met het getal in het artikel. Wat is je commentaar?



In de figuur hierboven staat de voorraad fossiele brandstoffen in miljard autojaren in 2010 vermeld. Op internet kun je vinden dat de huidige aardolievoorraad op 1366,9 miljard vaten olie geschat wordt.

6 Laat met een berekening zien of dit overeen met het aantal autojaren aan energie.

Onze slinkende energievoorraad

- 1 Steenkool, aardgas, aardolie, bruinkool, schaliegas.
- 2 Eén autojaar staat voor de hoeveelheid energie die nodig is om één auto een jaar lang rond te kunnen laten rijden: een afstand van 20 000 km en een verbruik van 1 L op 20 km.
- 3 Stookwaarde van benzine: $33 \cdot 10^9 \text{ J m}^{-3}$. 20 000 km met 1 : 20 betekent 1000 L = 1 m^3 . Dan dus $33 \cdot 10^9 \text{ J}$, ofwel $3,3 \cdot 10^{10} \text{ J}$.
- 4 De zes vaten is $6 \times 159 = 954 \text{ L}$ aardolie. Dit levert $954 \times 10,7 = 10200 \text{ kWh} = 10200 \times 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$ (tabel 5) = $3,7 \cdot 10^{10} \text{ J}$ voor een autojaar.
- 5 In het artikel wordt $3,7 \cdot 10^9 \text{ J}$ genoemd, een factor 10 lager. Waarschijnlijk is er een kommafout gemaakt.
- 6 De 1366,9 miljard vaten bevatten $1366,9 \cdot 10^9 \times 159 = 2,17 \cdot 10^{14} \text{ L}$ olie. Dit bevat $2,17 \cdot 10^{14} \times 10,7 \times 3,6 \cdot 10^6 = 8,37 \cdot 10^{21} \text{ J}$. Dit komt overeen met 2200 miljard autojaren dus $3,7 \cdot 10^9 \times 2200 \cdot 10^9 = 8,1 \cdot 10^{21} \text{ J}$. Dus redelijke overeenkomst.

NU IS PINDAKAAS OF CHOCOLA AL NET ZO SLECHT ALS TABAK

Versie I

Klas	5,hv
Subdomein	Vaardigheden
Vaardigheid	Chemie van het leven
Specificaties	Informatie en communiceren
Trefwoorden	AGE's, Maillard, aminozuur, glucose, suiker, presenteren, informatie verzamelen
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

Versie II

Klas	3-6 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Onderzoeken
Specificaties	Hydrolyse
Trefwoorden	Maillard, aromastoffen
Vaardigheidsvraag	-

Versie III

Klas	5,6 v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Organische reacties
Trefwoorden	AGE's, Maillard, additie, hydrolyse, redox, aminozuur, glucose
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

de Volkskrant, 28 april 2014

Nu is pindakaas of chocola al net zo slecht als tabak

VAN ONZE VERSLAGGEEFSTER
ELLEN DE VISSER

Zodra je een boterham roostert of een biefstuk bakt, ontstaan ze waar je bij staat, maar ze zitten ook in een pot pindakaas of een chocoladereep: AGE's. Het zijn verraderlijke stoffen, zegt de Amerikaanse hoogleraar Helen Vlassara, die het vlees een bruine rand geven en voeding geur en smaak leveren maar die in hoge concentraties uiterst giftig zijn. Vlassara trekt al jaren ten strijde tegen AGE's die volgens haar net zo schadelijk zijn als tabak. AGE's (advanced glycation end products) zijn chemische verbindingen van suiker en eiwitten die ontstaan bij

de bereiding van voedsel. De hoogleraar geneeskunde en veroudering deed er tientallen onderzoeken naar en schreef er een boek over, waarvan ze vandaag op een bijeenkomst in Amsterdam de Nederlandse vertaling ontvangt. AGE's bedreigen de volksgezondheid, is haar boodschap en het wordt hoog tijd dat het publiek wordt gewaarschuwd. Vandaar dat ze bij haar boek ook meteen een antiAGE-dieet aanlevert. Een van de aanbevolen menu's wordt vanmiddag tijdens het symposium geserveerd.
(.....)

AGE's (advanced glycation end products) zijn bijproducten van de zogeheten Maillard reactie.

De term Advanced Glycation End Products (AGEs) zou vertaald kunnen worden met *voortgeschreden-versuikeringseindproducten*. AGE's zijn eiwitten die veranderd zijn in de

aanwezigheid van suikers zonder de hulp van enzymen. In de scheikunde wordt deze reactie met suikers *glycatie* of *glycation* genoemd

Maillardreactie

Uit Wikipedia, de vrije encyclopedie

De **Maillardreactie** (ook wel *niet-enzymatische bruinkleuring* genoemd) is de verzamelnaam voor een complexe reeks chemische reacties die optreden tussen reducerende suikers en aminozuren (bijvoorbeeld in eiwitten) onder invloed van warmte.

Tijdens het bakken worden voedingsmiddelen bruin en dit bruinen wordt de Maillardreactie genoemd. Het bruinen is een chemische reactie tussen reducerende suikers en aminozuren. Omdat er altijd wel eiwitten en suikers aanwezig zijn in ingrediënten, bedrijft iedere kok onwillekeurig Maillard-chemie. In principe verloopt de Maillardreactie op iedere temperatuur, maar hoe lager de temperatuur hoe langzamer de reactie verloopt.

In levensmiddelen leidt de Maillardreactie tot een verandering van smaak, geur en voedingswaarde. Bij een verregaande reactie soms tot de vorming van mutagene en antimutagene stoffen. Het meest zichtbaar is de veranderende kleur waarbij een bruin-gele kleur ontstaat. De Maillardreactie treedt onder meer op bij koken, de bereiding van bier, brood, chocolade, vlees en koffie en in vrijwel alle producten die gebakken of gebraden worden.

De Maillardreactie is genoemd naar de Franse arts en chemicus Louis Camille Maillard. Maillard hield zich vooral bezig met onderzoek naar nierziekten en onderzocht onder andere het effect van suiker en aminozuren op de nieren. Later heeft Maillard zich ook beziggehouden met onderzoek naar levensmiddelen.

Volgens enkele onderzoekers is de Maillardreactie verantwoordelijk voor het ontstaan van een afbeelding op de Lijkwade van Turijn

Bron: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Maillardreactie>

Versie I

De informatie over AGE's en de Maillardreactie uit het artikel in de Volkskrant en van Wikipedia roept vragen op als:

- wat zijn AGE's?
- wat zijn de gevaren van AGE's?
- onder welke omstandigheden ontstaan AGE's/treedt de Maillardreactie op?
- zijn de beginstoffen en eindproducten van de Maillardreactie hetzelfde bij de bereiding van verschillende levensmiddelen?
- komen er als bijproducten van de Maillardreactie nog andere schadelijke stoffen vrij?
- kan de Maillardreactie voorkomen worden bij de bereiding van levensmiddelen? En zo ja, op welke manier(en)?
- Wat is de chemie van de Maillard reactie?
- Wat is de chemie van de vorming van AGE's?
- Wat is je mening over de de titel van het artikel in de Volkskrant?
-

Opdracht

Als groep ga je op zoek naar antwoorden op deze vragen. Tijdens jullie zoektocht kom je ongetwijfeld nog andere interessante zaken tegen die je kunt gebruiken.

Maak een presentatie (met/voor moderne media) over AGE's en de Maillardreactie.

Versie II, De geur

Eiwitten zijn opgebouwd uit aminozuren. Om de Maillardreactie na te bootsen laat je in deze proef een suiker met een aminozuur reageren.

Benodigdheden

- Maisstroop (te koop in o.a. natuurvoedingswinkels) of glucosestroop (o.a. te koop via <http://www.deleukstetaartenshop.nl/> of zelf maken)
- Een aminozuur (sommige zijn te koop als pillen bij drogist)
- hittebestendig bekeerglas 50 mL
- theelepel
- spatel
- roerstaaf
- brander, gaasje, driepoot, lucifers, tang

Werkwijze

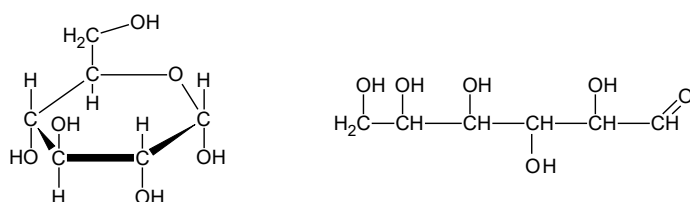
- Breng een theelepel maisstroop/glucosestroop in het bekeerglas.
- Ruik aan de maisstroop/glucosestroop. Noteer je waarneming.
- Ruik aan het aminozuur. Noteer je waarneming.
- Voeg een spatelpunt van het aminozuur of de hoeveelheid van een (fijngemalen) pil met aminozuur toe.
- Roer goed.
- Verwarm het bekeerglas met inhoud tot de inhoud bruin wordt, roer af en toe.
- Wat ruik je? Noteer je waarneming.

Versie III, De chemie

De eerste reactie, die optreedt in de zogenaamde bruiningsreacties van voedsel, is een reactie tussen suikers en de aminogroepen van eiwitten. Zowel suikers als eiwitten zijn in de meeste voedingsmiddelen aanwezig zijn. Vervolgens kunnen vele omleggings-, condensatie- en oxidatie-reacties optreden. De hele reactieketen staat bekend als de Maillard-reactie, genoemd naar zijn Franse ontdekker.

Suiker

In voedsel komen vele soorten suikers voor, mono-, di- en polysachariden. Bovendien kan één suiker in verschillende vormen voorkomen. Voor de eerste stap in de reactie is niet de gesloten ringvorming van de suiker nodig maar de open vorm.



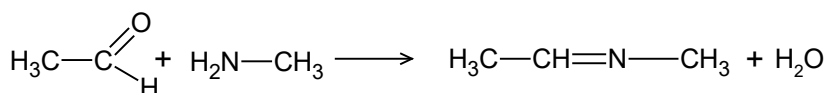
Figuur 1: D-Glucose, gesloten ring vorm en open, lineaire vorm

In Binas tabel 66A staat de naam van de open vorm van glucose.

- 1 Neem de structuurformule van de lineaire vorm van glucose over en verklaar de naam.

Eerste stap

In de eerste stap van de Maillardreactie reageert de aldehydegroep van een suikermolecuul met een NH₂ groep van de eiwitketen via een additiereactie. Bij deze reactie ontstaan een zogenoemd imine (ofwel N-glycoside) en water. Een voorbeeld van de vorming van een imine is de reactie tussen ethanal en methaanamine:



Figuur 2

Het C1-atoom van de lineaire vorm van glucose is gedeeltelijk positief geladen. Daardoor kan een nucleofiel op het C1-atoom aanvallen. De aminogroep in een eiwit is een voorbeeld van een dergelijk nucleofiel.

Lysine is een voorbeeld van een aminozuur dat voor een donkerbruine kleur zorgt bij het bakken.

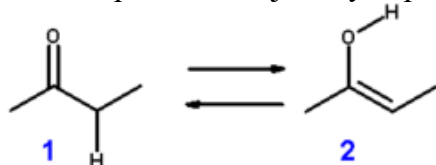
- 2 Geef de vergelijking van de reactie van glucose met lysine in structuurformules weer. Let op, **niet** de NH₂ groep naast de COOH groep van lysine reageert met glucose, maar: de NH₂ groep uit de zijketen.
- 3 Geef de naam van de reactie die optreedt.

Het gevormde imine is instabiel. Er treedt onmiddellijk een reactie op die bekend staat als de Amadori-omlegging.

Een andere bekende omlegging is de keto-enol- omlegging:

Keto-enolautomerie

Uit Wikipedia, de vrije encyclopedie



Keto-enolautomerie: 1 is de keto-, 2 de enolvorm

Keto-enolautomerie is een vorm van tautomerie waarbij een keton of aldehyde reversibel kan worden omgezet in een enol. Tautomeervorming is mogelijk op voorwaarde dat naast de functionele groep (het keton) een koolstofatoom met minstens één gebonden waterstof ligt. Dit waterstofatoom is dan het verplaatsbare proton.

Het principe van keto-enolautomerie werd in 1880 vastgesteld en geformuleerd door Emil Erlenmeyer.

Mechanisme: van enol- naar ketovorm

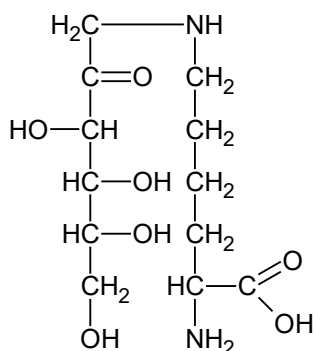
Het mechanisme bestaat uit twee stappen. In elke stap vindt een protontransfer plaats. Laat ons vertrekken van een enol, dit is een alcohol waarvan de koolstof die de hydroxylgroep draagt ook deel uitmaakt van een dubbele binding.

- Stap 1: Wanneer het enol in waterige zure oplossing komt, kan de dubbele binding geprotoneerd worden, door een afname van een proton van een hydronium ion. Hierbij ontstaat een carbokation (een positief geladen koolstofatoom).
- Stap 2: Vervolgens wordt een proton verplaatst van de zuurstof van hydroxyl naar de zuurstof van water. Het keton is nu gevormd.

Bron: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Keto-enolautomerie>

- 4 Geef het mechanisme van de keto-enol omlegging zoals beschreven in bovenstaande bron in structuurformules met vrije elektronenparen weer. Geef tevens met pijlen aan welke elektronenparen zich verplaatsen

In figuur 3 is een andere vorm van het koppelingsproduct van glucose en lysine weergegeven.



Figuur 3

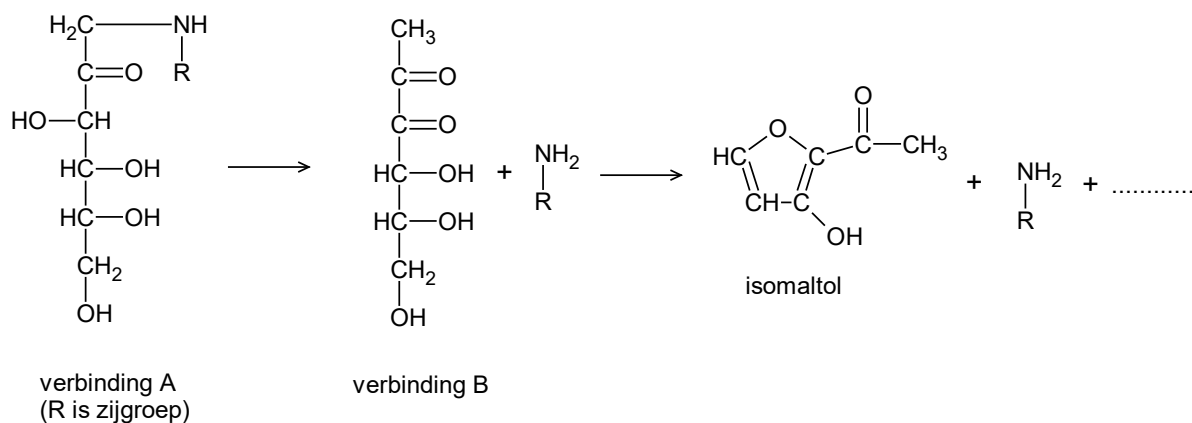
- 5 Leg uit of deze omlegging bij het koppelingsproduct van glucose en lysine analoog zal verlopen als bij de keto-enol omlegging.

Vorming aromastoffen

Vanuit de koppelingsproducten die gevormd zijn in de eerste stap kunnen langs verschillende wegen aromastoffen ontstaan.

Isomaltol

Isomaltol, een aromastof in een broodkorst, ontstaat als volgt uit verbinding A:



Figuur 4

6 Met welke suiker zal verbinding A gevormd zijn? Teken de structuurformule en licht je antwoord toe.

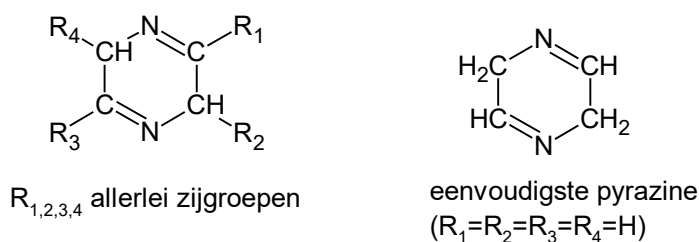
Uit verbinding B wordt isomaltol gevormd.

7 Leg uit welke stof naast isomaltol en de amine hierbij ook vrij komt.

8 Leg uit hoe de ring van isomaltol gevormd wordt uitgaande van verbinding B.

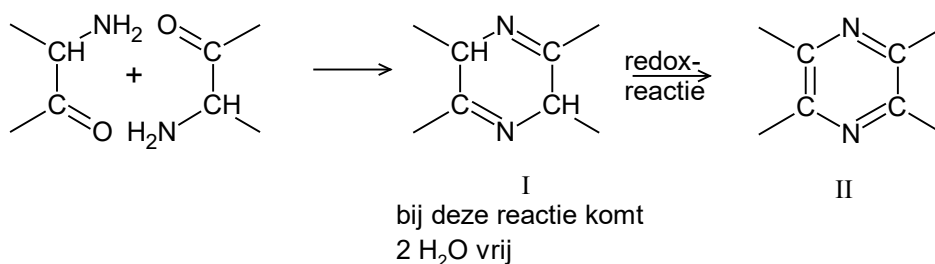
Pyrazines

Pyrazines zijn aromatische stoffen, met een geur van vers gebakken brood, koekjes of pinda's, die ook tijdens de Maillard reactie ontstaan. Een algemene structuurformule voor pyrazines is:



Figuur 5 Structuurformules pyrazines

Een reactie van twee aminoketonen levert pyrazines. Deze aminoketonen ontstaan tijdens de Maillardreactie ook uit eerder genoemde koppelingsproducten van amines en monosachariden.



Figuur 6

9 Verklaar de naam aminoketon.

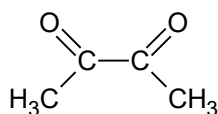
Bij de eerste stap treedt een additie reactie op bij één van beide C=O bindingen en waarna door afsplitsing van water stof I wordt gevormd.

10 Teken de structuurformule van het additieproduct van waaruit stof I gevormd kan worden.

De omzetting van stof I naar stof II verloopt via een redoxreactie.

11 Licht dit toe.

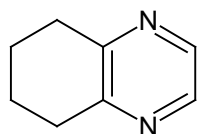
Dimethylglyoxal (botersmaak) is ook een product dat uit de koppelingsproducten ontstaat



Figuur 7 Dimethylglyoxal

12 Noteer de systematische naam van dimethylglyoxal.

Pyrazines kunnen ook uit een reactie van dimethylglyoxal en een andere stof ontstaan. Als je product ruikt naar vers gebakken brood en pinda's kan onderstaand pyrazine aanwezig zijn:



Figuur 8 De pyrazine: 5,6,7,8-tetrahydroquinoxaline

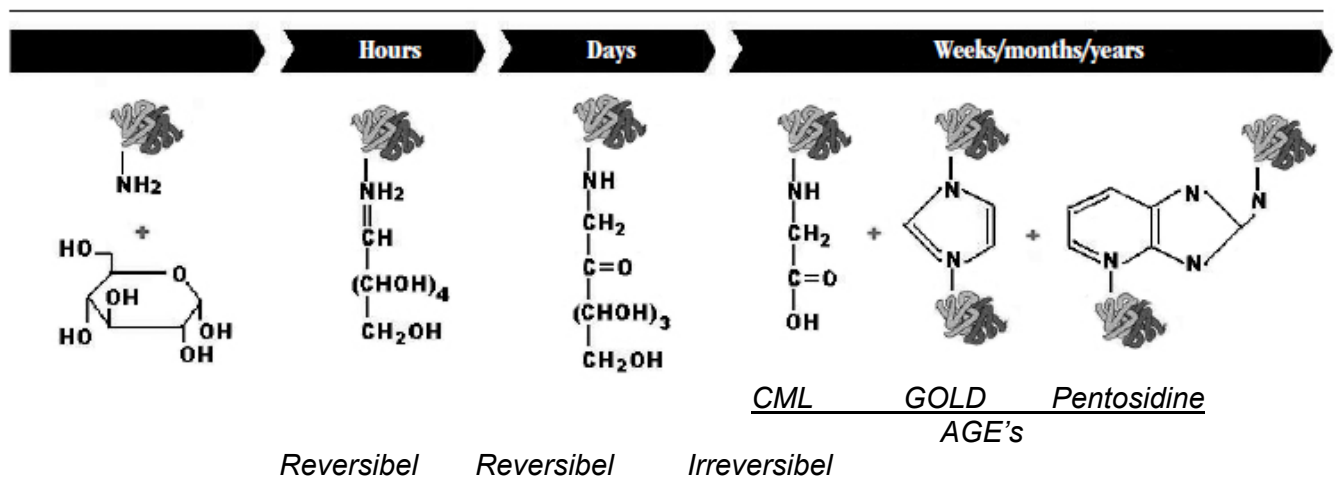
13 Noteer de structuurformule van de stof waarmee dimethylglyoxal moet reageren om de pyrazine uit figuur 8 te laten ontstaan.

Glyoxalen zoals dimethylglyoxal zijn in staat om een glycatie reactie te ondergaan.

AGE's

In een reageerbuis kunnen via de Maillardreactie gemakkelijk aromastoffen ontstaan uit suikers en *aminozuren*. Bij de voedselbereiding en in het lichaam leiden de reacties tussen suikers en *aminozuren in de eiwitketen* tot AGE's.

In figuur 9 staat dit weergegeven.



Figuur 9 bron: J. Bras. Patol. Med. Lab. vol.49 no.2 p. 97, 2013

Bij de reacties zijn dus *eiwitten* betrokken.

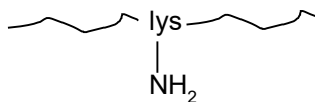
Bij eiwitten spreekt men over primaire, secundaire, tertiaire en quaternaire structuren.

14 Welke structuur van een eiwit staat afgebeeld in figuur 9?

15 Leg uit of mensen met suikerziekte een grotere, gelijke of kleinere kans hebben op de vorming van AGE's in hun lichaam.

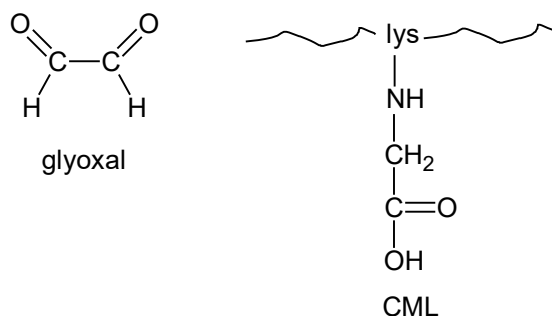
AGE CML

Het AGE CML wordt gevormd als bijvoorbeeld lysine in de eiwitketen aanwezig is. We geven de keten met het lysine, waarvan slechts één NH₂ groep deelneemt aan de reactie als volgt weer:



Figuur 10 Schematische weergave eiwitketen met lysine

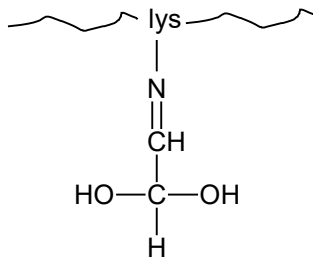
CML ontstaat als glyoxal (ethaandial) met de NH₂ groep reageert via een aantal stappen. In de eerste stap wordt er een imine gevormd.



Figuur 11 Glyoxal en CML

16 Noteer de reactievergelijking voor de vorming van het imine uit glyoxal en lysine (in de eiwitketen). Gebruik structuurformules.

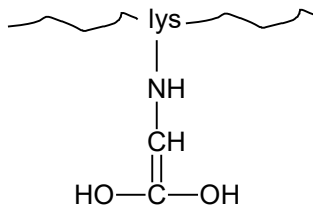
In de volgende stap treedt een additie op aan de carbonyl binding waardoor onderstaande diol ontstaat:



Figuur 12 'diol'

17 Leg uit welke stof is geaddieerd.

De *diol* uit figuur 12 is in evenwicht met de *eendiol* in figuur 13



Figuur 13 'eendiol'

Uit deze eendiol wordt CML gevormd.

18 Geef de naam van deze reactie.

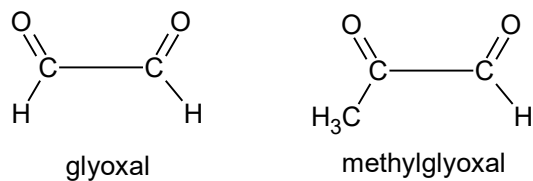
Crosslinking of niet

Er zijn twee typen AGE's: bij de ene vindt geen crosslinking plaats tussen de eiwitketens en bij de ander wel.

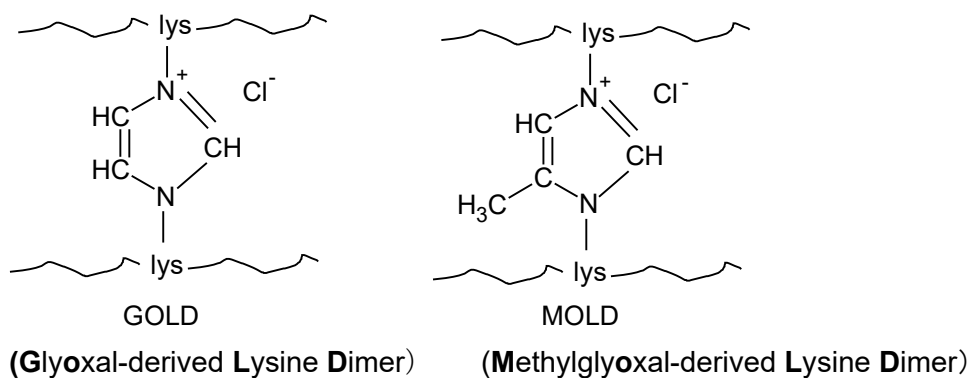
Zit het aminozuur arginine in een eiwit dan zal bij glycation/glycatie geen crosslink met een andere eiwitketen optreden. Bij lysine juist wel.

19 Licht dit toe.

Als de aminogroep van lysine in een eiwit reageert met glyoxal in zoutzuur vindt er altijd crosslinking plaats waarbij het AGE GOLD wordt gevormd, Bij gebruik van methylglyoxal ontstaat MOLD (zie figuur 15).



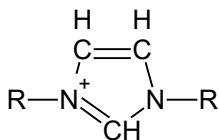
Figuur 14 Glyoxal en methylglyoxal



Figuur 15 GOLD en MOLD

20 Leg uit welke stof er naast glyoxal en methylglyoxal (beide in zoutzuur) nog nodig is om vanuit een eiwitketen met lysine respectievelijk GOLD en MOLD te vormen.

De brug tussen de twee “lysinegroepen” wordt het imidazoliumion genoemd.

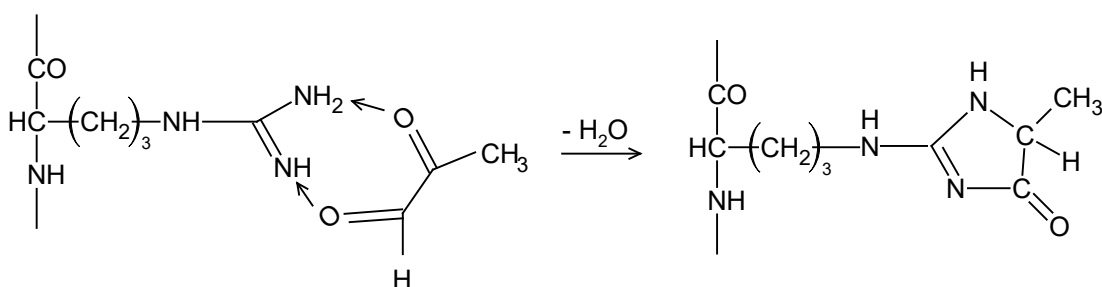


Figuur 16 Imidazoliumion

In het positieve ion treedt mesomerie op.

21 Teken twee andere mogelijke mesomere structuren van het imadazoliumion en de grensstructuur.

Als arginine in de eiwitketen aanwezig is kan het op meerdere manieren reageren met bijvoorbeeld methylglyoxal. In figuur 17 is een van de mogelijke reacties afgebeeld.



Figuur 17

22 Teken, op de manier zoals in figuur 17 twee reacties die kunnen optreden tussen de staart van arginine en methylglyoxal.

In het voorgaande zijn enkele mogelijke reacties bekeken die bij de bereiding van voedsel met eiwitten en suikers kunnen optreden. De AGE's die daarbij kunnen ontstaan noemt de Amerikaanse hoogleraar Helen Vlassara “verraderlijke stoffen”.

23 Noem de positieve en de negatieve kant van de (vorming van) AGE's.

AGE's komen overal voor waar (door de Maillard reactie) voedingsmiddelen bruinen bij de bereiding.

24 Welk gezondheidsadvies kun je halen uit de tekst "Maillardreactie"?

Nu is pindakaas of chocola al net zo slecht als tabak

Versie I

Mogelijke bronnen voor leerlingen:

<http://www.food-info.net/nl/colour/maillard.htm>

<http://www.brouw-bier.nl/theorie/chemie/maillard.aspx>

<http://sciencefare.org/2011/06/01/tv-poster-maillard-reaction/>

<http://flandersfood.com/artikel/2007/05/15/technieken-om-acrylamide-te-verminderen-aardappelen-en-chips>

<http://sphx.col.ynu.edu.cn/myfoodweb4/foodchemistry/maillard.html>

<http://www.azaquar.com/en/doc/food-chemicals-changes>

<http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/37707.pdf>

http://www.ata.nl/sites/default/files/atabc_presentaties/atabc2013_joostmeeusen.pdf

<http://icdm2013.diabetes.or.kr/slide/EC2-1%20Hee%20Jung%20An.pdf>

Versie II

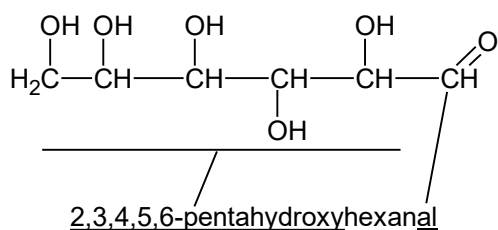
Alternatieve werkwijze: Meng in een reageerbuis 100 mg van een aminozuur en 100 mg glucose. Voeg een paar druppels water toe. Verwarm de reageerbuis met inhoud eerst voorzichtig en daarna sterker. Controleer een paar keer de geur die vrijkomt. Stop met verwarmen als je denkt dat de geur optimaal is.

Waarnemingen

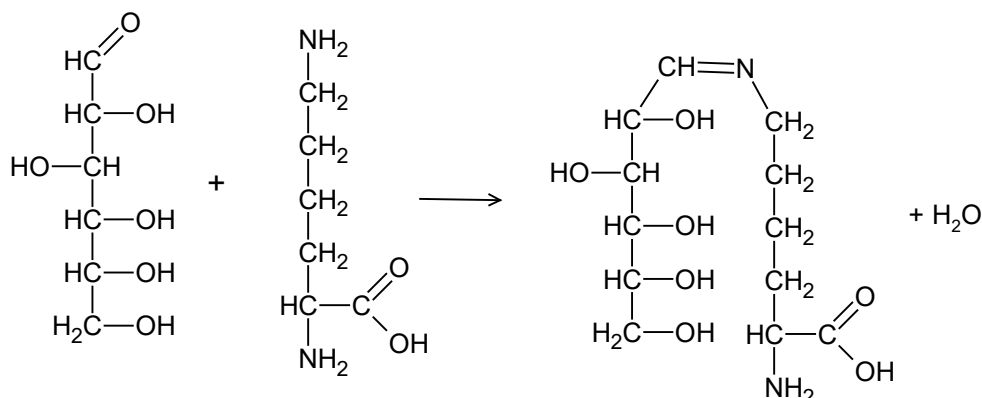
Aminozuur	Geur
Cysteïne	Gebraden vlees (kort verwarmen) Verbrande uien (lang verwarmen)
Methionine	Aardappelen
Proline	Vers brood, popcorn
Alanine	Gebakken brood
Glutaminezuur	Koeken
Glycine	Karamel

Versie III

1

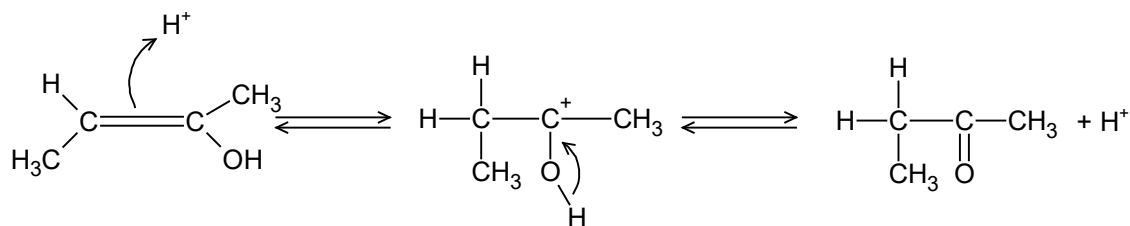


2



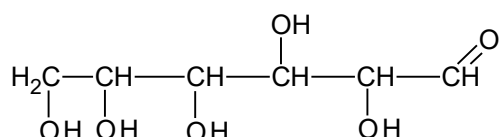
3 Hydrolyse.

4



5 Nee, want bij keto-enol wordt, van links naar rechts gelezen, de C=C binding gevormd vanuit de C van de C=O binding. Terwijl er hier nog een CH₂ groep tussen zit.

6

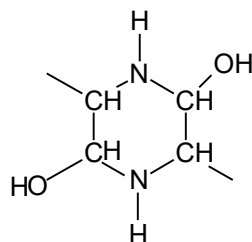


7 Water, H₂O. Verbinding B heeft als molecuulformule C₆H₁₀O₅, isomaltol: C₆H₆O₃, er zijn 4 H atomen en 2 O atomen weg: 2 H₂O

8 Uit glucose, want die heeft 6 koolstofatomen en aan vier C-atomen OH groepen. Zie tabel 66A en 67F1

9 NH₂: amino; C=O: heeft twee zijgroepen aan de C: keton.

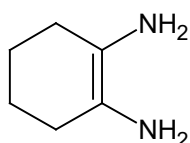
10



11 Het oxidatiegetal van twee C-atomen (De CH in verbinding I) is veranderd van 4+ naar 2+ in verbinding II.

12 Butaandion

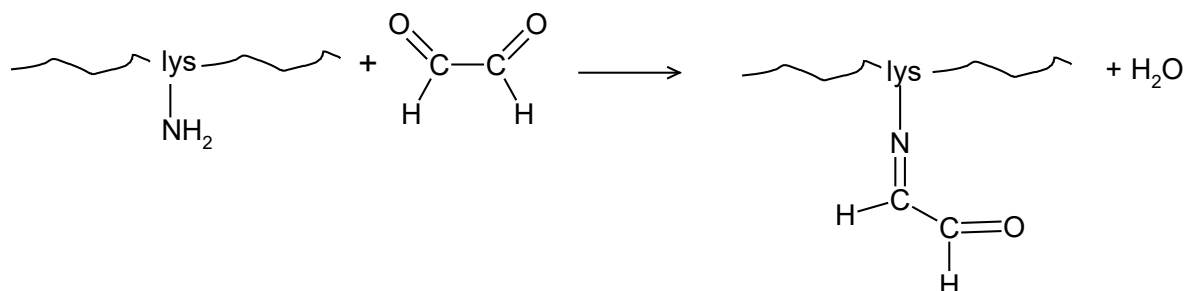
13



14 Tertiaire structuur.

15 Mensen met suikerziekte hebben een grotere kans om AGE's te vormen doordat de hoeveelheid glucose in hun bloed vaker hoger is.

16

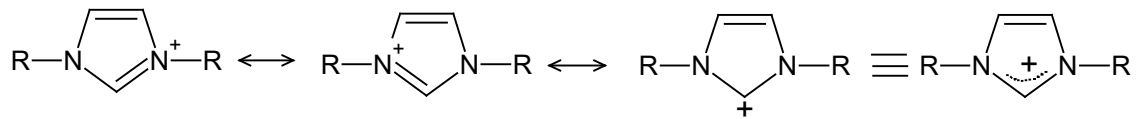


17 Water, aan de C=O is aan de C een OH-groep en aan de O een H-atoom gekomen.

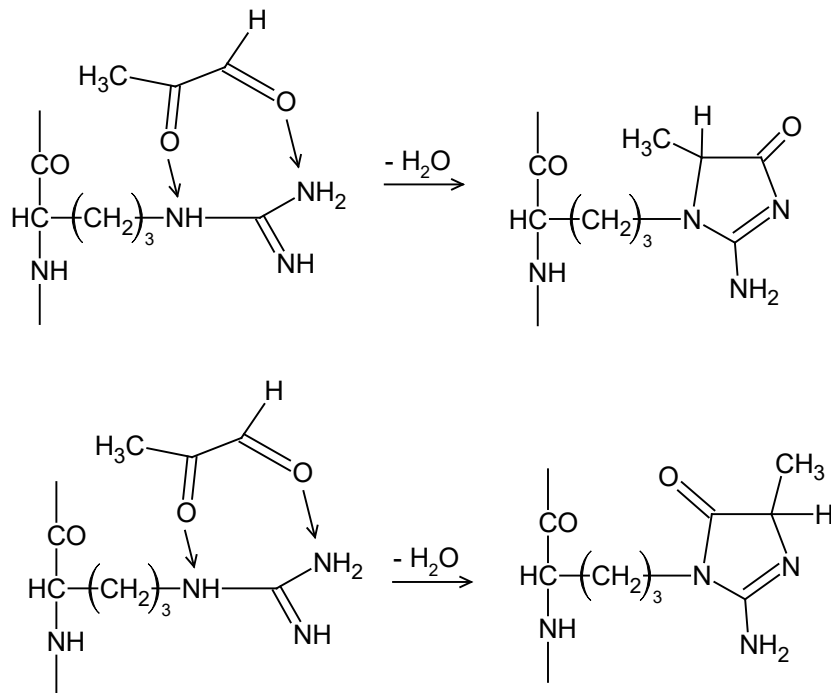
18 Keto-enol omlegging

- 19 Lysine bevat als het in de eiwitketen zit slechts één vrije NH_2 groep, Arginine bevat dan een vrije NH_2 groep en twee NH groepen aan het einde van de zijketen.
- 20 $\text{H}_2\text{C}=\text{O}$, methanal, voor additie aan een NH_2 is een $\text{C}=\text{O}$ binding nodig, in dit geval mag molecuul maar één C-atoom bevatten.

21



22



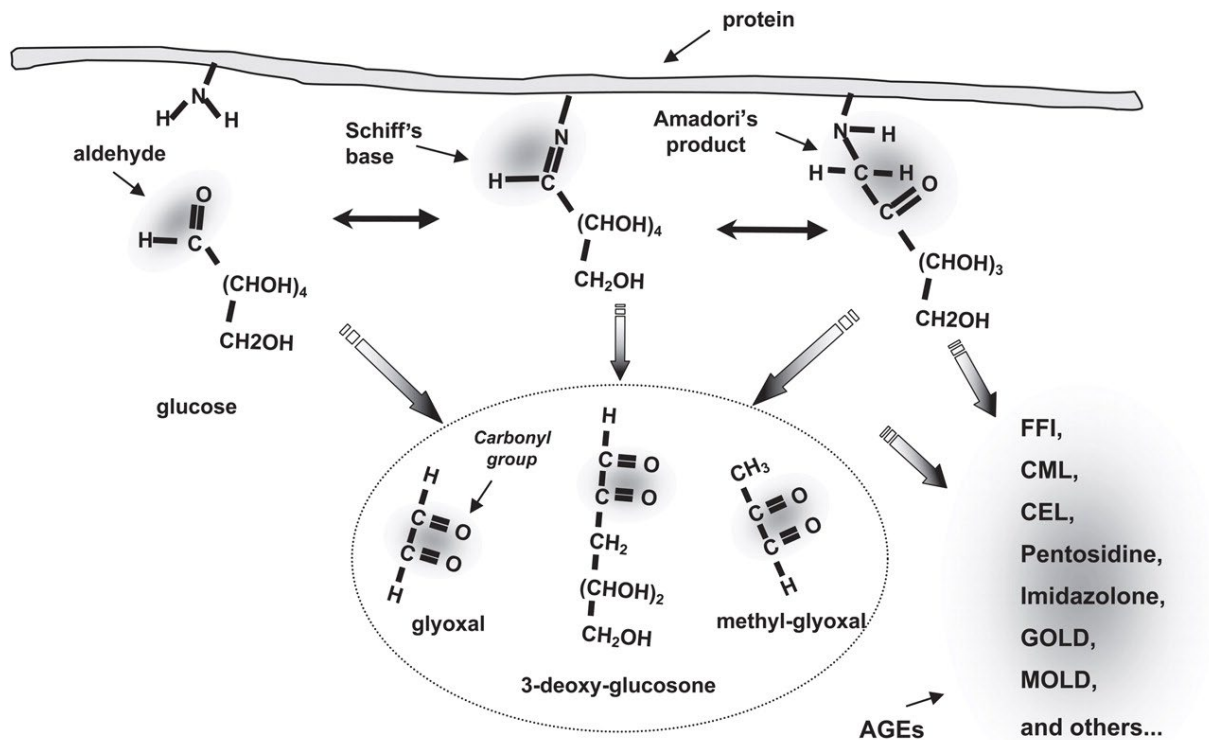
- 23 Positief: ze geven voeding geur en smaak en een aantrekkelijk uiterlijk. Negatief: In hoge concentraties zijn ze uiterst giftig.
- 24 “..... hoe lager de temperatuur, hoe langzamer de reactie verloopt.”

Nota bene

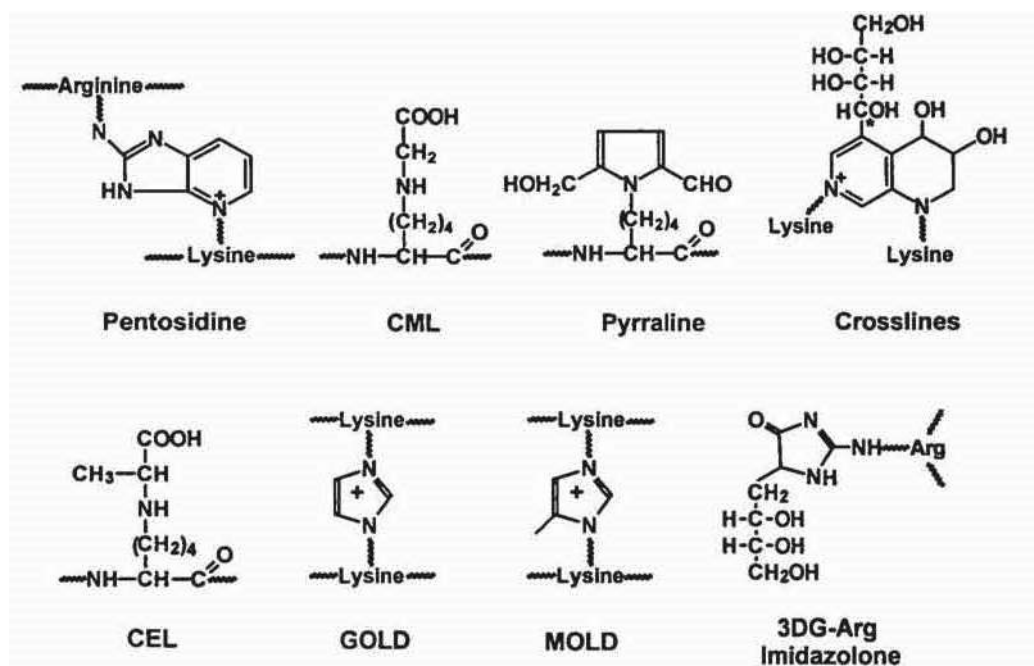
Maillard reaction: Aromas generated from various sugars / amino acids

	<u>Glycine</u>	<u>Glutamic Acid</u>	<u>Lysine</u>	<u>Methionine</u>	<u>Phenylalanine</u>
Glucose	Burnt candy	Chicken tray	Burnt fried potatoes	Cabbage	Caramel
Fructose	Beef broth	Chicken	Fried potatoes	Bean soup	Dirty dog
Maltose	Beef broth	Baked ham	Stale potato	Harsh horseradish	Sweet
Sucrose	Beef broth	Charred meat	Boiled meat	Overcooked cabbage	Chocolate

Bron: <https://www1.hs-bremerhaven.de/pli/assets/applets/maillard.pdf>



Bron: <http://cardiovascres.oxfordjournals.org/content/63/4/582>



Bron: Wells-Knecht KJ (1996) Nephrol Dial Transplant, New biomarkers of Maillard reaction damage to proteins 11 Suppl 5:41-7.

Nu is pindakaas of chocola al net zo slecht als tabak

VAN ONZE VERSLAGGEEFSTER
ELLEN DE VISSER

Zodra je een boterham roostert of een biefstuk bakt, ontstaan ze waar je bij staat, maar ze zitten ook in een pot pindakaas of een chocoladereep: AGE's. Het zijn verraderlijke stoffen, zegt de Amerikaanse hoogleraar Helen Vlassara, die het vlees een bruine rand geven en voeding geur en smaak leveren maar die in hoge concentraties uiterst giftig zijn. Vlassara trekt al jaren ten strijde tegen AGE's die volgens haar net zo schadelijk zijn als tabak. AGE's (advanced glycation end products) zijn chemische verbindingen van suiker en eiwitten die ontstaan bij de bereiding van voedsel. De hoogleraar geneeskunde en veroudering deed er tientallen onderzoeken naar en schreef er een boek over, waarvan ze vandaag op een bijeenkomst in Amsterdam de Nederlandse vertaling ontvangt. AGE's bedreigen de volksgezondheid, is haar boodschap en het wordt hoog tijd dat het publiek wordt gewaarschuwd. Vandaar dat ze bij haar boek ook meteen een antiAGE-dieet aanlevert. Een van de aanbevolen menu's wordt vanmiddag tijdens het symposium geserveerd. Hebben we iets gemist? Is sprake van een overgewaaide Amerikaanse gezondheidshype of moeten we na de transvetzuren (in frituurvet), acrylamide (in patat en chips) en PAK's (in zwartgeblakerd vlees op de barbecue) ons voedsel ook controleren op deze nieuwe, schadelijke stof? Nederlandse hoogleraren reageren voorzichtig. In ons lichaam ontstaan voortdurend AGE's doordat eiwitten spontaan met suikers reageren, zegt Casper Schalkwijk, hoogleraar experimentele interne geneeskunde in Maastricht. Normaal gesproken worden die versuikerde eiwitten grotendeels

opgeruimd maar als ze zich ophopen, kan schade ontstaan. Dat gebeurt vooral bij mensen met diabetes, die veel glucose in hun bloed hebben en dus over een flinke hoeveelheid grondstof beschikken voor die versuikering. Schalkwijk doet al jaren onderzoek bij diabetici en ontdekte dat een hoge concentratie AGE's bij hen leidt tot complicaties aan hart en bloedvaten. Maar, benadrukt hij, daarbij gaat het om AGE's die door het lichaam zelf worden gevormd. De vraag is nu: kan voeding ook een bron van AGE's zijn? Komen de versuikerde eiwitten uit de gebakken biefstuk in hoge concentraties in ons bloed terecht en richten ze daar schade aan? Schalkwijk heeft aangetoond dat de AGE's die door bereiding in voedsel ontstaan precies dezelfde zijn als de AGE's die spontaan in het lichaam worden gemaakt. Maar of de AGE's die we opeten, zoals Vlassara beweert, het dna beschadigen, vastkleven in bloedvaten en immuuncellen activeren en zo diabetes, hartinfarcten, nierproblemen, dementie, staar en rimpels veroorzaken, daar is nog onvoldoende wetenschappelijk bewijs voor, zegt Schalkwijk. Ook Edith Feskens, hoogleraar voeding en het metabool syndroom aan Wageningen Universiteit, vindt de gezondheidsclaims van de Amerikaanse nogal ver gaan. Het meeste onderzoek is gedaan bij muizen, zeggen de hoogleraren, en de onderzoeksresultaten bij mensen zijn nog niet erg overtuigend. Ondertussen kan het geen kwaad om een blik te werpen op het antiAGE-dieet, zegt Feskens. Of het nou wel of niet door de AGE's komt, minder fastfood, meer groenten en fruit en gestoomd in plaats van gebakken vlees maakt ons vast gezonder. Feskens: 'Behalve dat mensen zich nu mogelijk schuldig gaan voelen bij het eten van een gegrilde kip'.

NIEUW CHEMISCH MIDDEL BELOOFT REVOLUTIE IN PAPIERINDUSTRIE

Klas	4,5 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Stofeigenschappen, oplosbaarheid, allerlei mengsels
Trefwoorden	Papier, cellulose, lignine, scheiden, H-brug
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

New Scientist, april 2014

Nieuw chemisch middel belooft revolutie in papierproductie

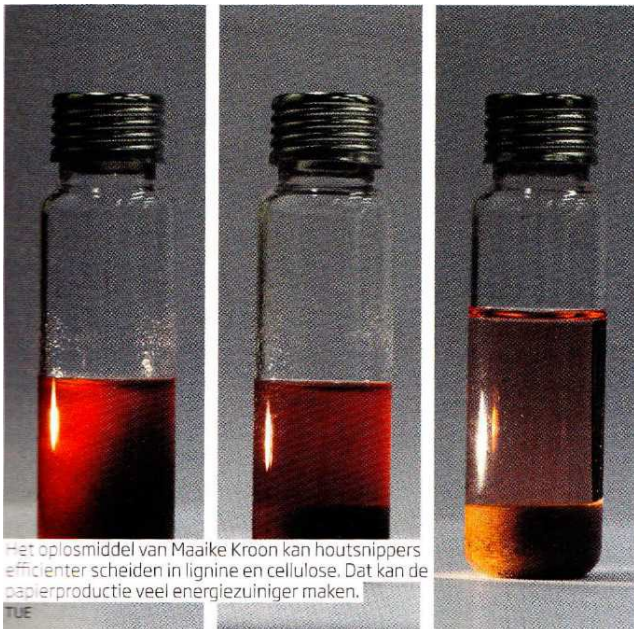
Een nieuw oplosmiddel ontwikkeld door chemicus Maaïke Kroon van de TU Eindhoven staat op het punt een revolutie te veroorzaken in de papierindustrie. Papierproducenten zijn enthousiast en investeren alvast in de nieuwe techniek.

Papier maken kan met een nieuw oplosmiddel mogelijk veel energiezuiniger. Het oplosmiddel bestaat uit een mengsel van twee stoffen die pas vloeibaar worden nadat ze met elkaar

gemengd zijn. 'Dit is een *game changer*', stelt Henk van Houtum, voorzitter van de vereniging van Nederlandse papieren kartonfabrieken in een persverklaring. 'De papierindustrie zal er hierdoor over twintig jaar heel anders uitzien dan nu.' Ten grondslag aan de revolutie ligt een oplosmiddel dat werd ontwikkeld door de Nederlandse scheikundig technoloog Maaïke Kroon, verbonden aan de TU Eindhoven. Bij de productie van papier moet het plantaardige basismateriaal van papier, zoals houtsnippers, worden gescheiden in haar twee voornaamste bestanddelen: lignine en cellulose. Van dat laatste wordt papier gemaakt.

Tot voor kort waren die twee componenten heel erg moeilijk te scheiden. Het proces verloopt nu nog bij hoge temperaturen en meestal onder hoge druk, en is daardoor erg duur. Het oplosmiddel van Kroon biedt echter een oplossing.

'Het oplosmiddel zorgt ervoor dat de chemische bindingen tussen lignine en cellulose kapot worden gemaakt', zegt Kroon. Dat gebeurt omdat het oplosmiddel sterke chemische bindingen - zogeheten waterstofbruggen - vormt met lignine. Het middel doet dat veel minder met cellulose. Doordat de lignine bindt aan het oplosmiddel en de cellulose niet, kunnen onderzoekers en papierproducenten de cellulose gemakkelijk uit de oplossing halen.



Het oplosmiddel van Maaïke Kroon kan houtsnippers efficiënter scheiden in lignine en cellulose. Dat kan de papierproductie veel energiezuiniger maken.

TUE

Hoewel lignine niet wordt gebruikt voor het maken van papier, is het wel zeer nuttig. Het komt onder meer van pas bij de productie van lijm en sommige plastics. Met het oplosmiddel van Kroon is het relatief gemakkelijk om zeer veel zuivere lignine te maken. Dat gebeurt door water toe te voegen aan lignine dat is gebonden aan het oplosmiddel. 'Water vormt veel sterkere waterstofbruggen dan lignine, zodat het lignine neerslaat en naar de bodem zakt', zegt Kroon. Beide processen - het scheiden van lignine en cellulose, en het terugwinnen van lignine - gebeuren vrij gemakkelijk en kosten weinig energie. Alleen de derde en laatste stap van het productieproces, het scheiden van het water en het oplosmiddel zodat het oplosmiddel kan worden hergebruikt, kost relatief veel energie. 'Daar zijn wel al verschillende technieken voor', zegt Kroon. In totaal is bij het productieproces

'De papierindustrie zal er hierdoor over 20 jaar heel anders uitzien dan nu'

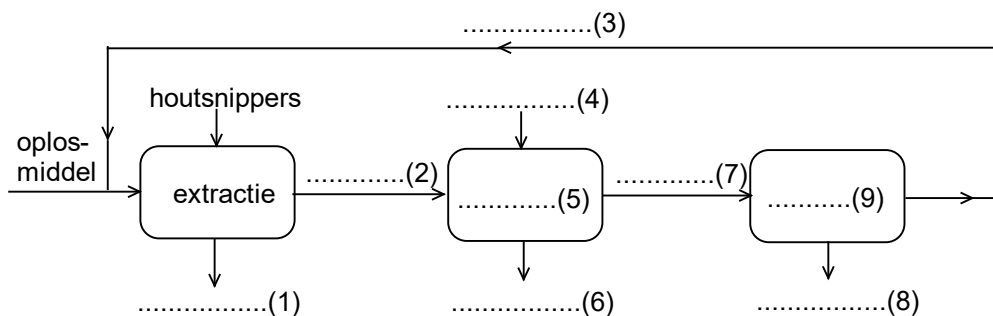
ongeveer 40 procent minder water en energie nodig dan bij het huidige pulpproces, schat Kroon. De TU Eindhoven tekende afgelopen februari alvast een intentieovereenkomst met veertien Europese papierbedrijven, waaronder zeven Nederlandse, om het oplosmiddel verder te ontwikkelen. Met het geld dat dat oplevert, kan Kroon twee onderzoekers aanstellen die de weg zullen voorbereiden voor de bouw van een proeffabriek die met de nieuwe productiemethode papier gaat maken. -GvH

Een nieuw oplosmiddel zou tot een revolutie kunnen leiden in de papierindustrie.

- 1 Leg uit dat de revolutie in de papierindustrie niet morgen al plaatsvindt.

Het volgende (onvolledige) blokschema beschrijft het nieuwe proces.

- 2 Neem het blokschema over en vul het aan bij de nummers (1) tot en met (9).



- 3 Hoe wordt de scheiding van lignine en cellulose bereikt?
- 4 Op welk principe berust de scheiding van lignine en cellulose? Licht je antwoord toe.

Na toevoeging van water in de tweede stap treedt een soort verdringingsproces op.

- 5 Licht kort toe dat je dit een verdringingsproces kunt noemen.

Een bepaald type binding speelt een cruciale rol bij de scheiding.

- 6 Welk type binding speelt die cruciale rol?

7 Geef in een schematische tekening de genoemde binding, uit je antwoord op vraag 6, weer.

De laatste stap, het scheiden van het water van het oplosmiddel, kost de meeste moeite.

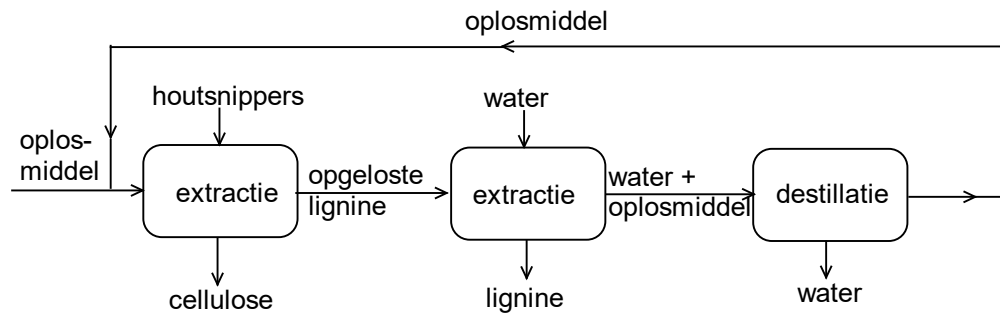
8 Waarom spreekt men in het artikel wel over hergebruik van het oplosmiddel maar niet van hergebruik van het water?

9 Hoe zouden het oplosmiddel en het water van elkaar gescheiden kunnen worden?

Nieuw chemisch middel belooft revolutie in papierindustrie

1 Uiteindelijk kan het nog 20 jaar duren voordat dit nieuwe proces werkelijk volledig bruikbaar is.

2



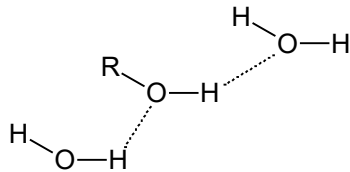
3 Door het toevoegen van een (selectief) oplosmiddel.

4 Berust op verschil in oplosbaarheid tussen lignine en cellulose.

5 Watermoleculen gaan H-bruggen aan met het oplosmiddel en verdringen daarmee de lignine dat dan neerslaat.

6 De waterstofbrug.

7



8 Het oplosmiddel is veel duurder dan water en waarschijnlijk slecht voor het milieu.

9 Waarschijnlijk door destillatie waarbij gebruik wordt gemaakt van verschil in kookpunt tussen het water en het oplosmiddel.

SOLAR-JET MAAKT KEROSINE UIT ZONLICHT

Klas	3 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Reactievergelijking, elementbehoud
Trefwoorden	Endotherm, benzine, katalysator, Fischer-Tropsch
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Chemie Magazine, mei 2014

SOLAR-JET MAAKT KEROSINE UIT ZONLICHT

Het Europese innovatieproject Solar-Jet is erin geslaagd om door middel van geconcentreerd, gesimuleerd zonlicht kerosine te maken. Het licht veroorzaakt warmte die CO₂ en water omzet in koolmonoxide en waterstofgas. Dit syngas kan vervolgens worden omgezet in brandstoffen zoals kerosine en benzine. Deze zijn dan zonder problemen in bestaande motoren te gebruiken.

Solar-Jet gebruikt voor het project een reactor die is ontwikkeld aan de ETH in Zürich en die gebruikmaakt van de gevoeligheid van ceriumoxide voor zeer hoge temperaturen. Voor omzetting naar brandstof maken de onderzoekers gebruik van het Fischer-Tropsch-proces. Dit proces zet de geproduceerde gassen met een katalysator om tot een vloeibare brandstof. Er is nog maar één glas zonne-kerosine geproduceerd in het laboratorium, maar dit betekent toch een doorbraak volgens de onderzoekers. “Met dit bewezen concept zetten we een belangrijke stap naar vrijwel onbeperkte, duurzame brandstoffen in de toekomst”, aldus projectcoördinator Andreas Sizmann.

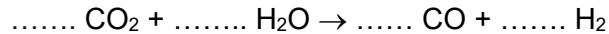
In het innovatieproject Solar-Jet heeft men iets nieuws ontwikkeld.

- 1 Leg in je eigen woorden kort uit wat er is ontwikkeld.
- 2 Waarvoor is deze nieuwe ontwikkeling van belang?
- 3 Kunnen we over een jaar al benzine tanken die op deze manier is gemaakt? Licht je antwoord toe.

In het artikel staat omschreven hoe men de nieuwe benzine/kerosine maakt via een aantal stappen. Onder andere meldt het artikel: "Het licht veroorzaakt warmte die CO₂ en water omzet in kool-monoxide en waterstofgas."

4 Leg uit of deze omzetting een endotherm of exotherm proces is.

De niet kloppende reactievergelijking voor de omzetting van CO₂ en water in koolstofmonoxide ('koolmono-oxide') en waterstofgas is:



5 Leg uit dat deze reactievergelijking niet kloppend gemaakt kan worden.

Je gaat nu bekijken wat er dan wel gebeurt. In het artikel staat dat er bij het proces ceriumoxide betrokken is. Het totale proces verloopt in de volgende drie deelstappen:

- *Als eerste reageert bij hoge temperatuur de katalysator ceriumoxide CeO₂ naar CeO waarbij zuurstof vrij komt.*
- *Het ontstane CeO reageert bij lage temperatuur met CO₂ tot koolstofmonoxide waarbij weer CeO₂ ontstaat.*
- *Op dezelfde manier als bij koolstofdioxide reageert water tot waterstofgas.*

6 Noteer voor elk van de drie hierboven beschreven deelstappen de reactievergelijking.

7 Stel met behulp van de reactievergelijkingen van de drie deelstappen de reactievergelijking op van het totale proces.

Als je het goed hebt gedaan in vraag 7, zie je dat er in de reactievergelijking van het totale proces geen CeO₂ en CeO meer staat. Ceriumoxide(CeO₂) is in dit proces een katalysator. Voor een katalysator geldt een bepaalde omschrijving: "een katalysator wordt wel, maar niettijdens een chemisch proces".

8 Neem de zin "een katalysator wordt wel, maar niettijdens een chemisch proces" over en vul de ontbrekende woorden in.

Uit het geproduceerde syngas wordt via het Fischer Tropsch proces benzine gemaakt. Hierbij ontstaat naast bijvoorbeeld benzine ook water.

9 Noteer de reactievergelijking voor de vorming van benzine uit syngas. Neem voor benzine de gemiddelde formule C₈H₁₈.

De titel van dit artikel dekt niet de lading van dit artikel.

10 Leg uit dat de titel van dit artikel de lading van het artikel niet dekt.

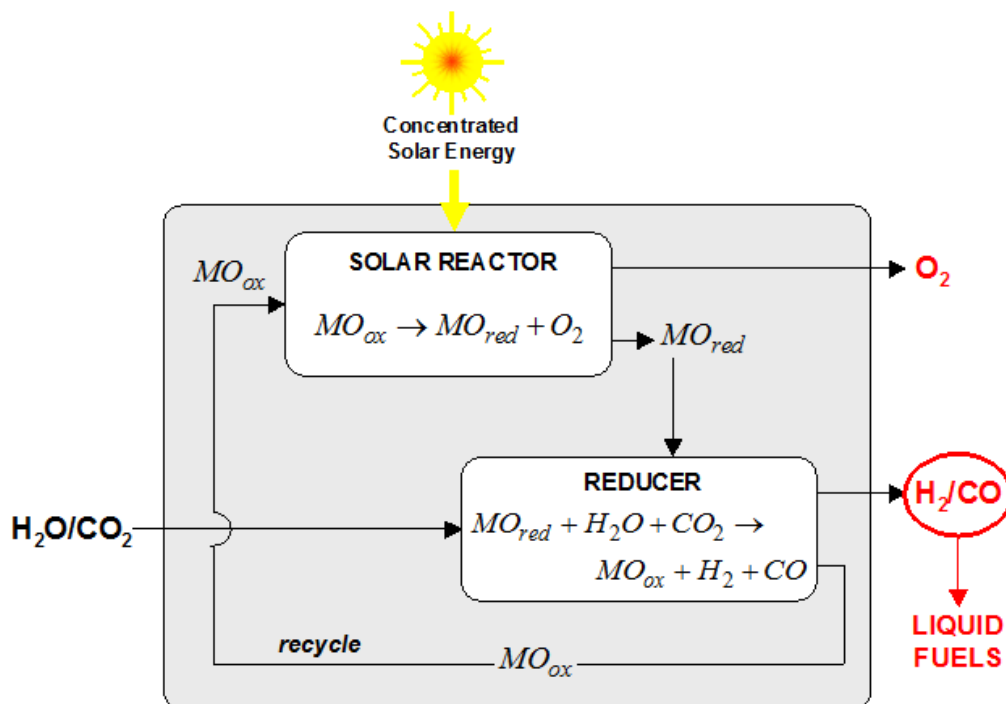
11 Waarom zal de auteur van dit artikel toch voor deze titel gekozen hebben?

Solarjet maakt kerosine uit zonlicht

- 1 Men wint benzine/kerosine niet uit aardolie maar met zonlicht uit koolstofdioxide en water.
- 2 Het levert duurzame brandstoffen.
- 3 Nee alleen het concept is bewezen, ze hebben nu pas één glas kerosine gemaakt.
- 4 Endotherm proces, want het licht maakt warmte dat zorgt dat de reactie verloopt. Je stopt er dus energie in.
- 5 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$. Uit CO_2 moet één O atoom verdwijnen en dus opgenomen worden, dit zelfde geldt voor H_2O . Maar na de pijl staan er geen moleculen waar meer O atomen in zitten.
- 6 $2 \text{CeO}_2 \rightarrow 2 \text{CeO} + \text{O}_2$
 $\text{CeO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CeO}_2 + \text{H}_2$
 $\text{CeO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CeO}_2 + \text{CO}$
- 7 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2 + \text{O}_2$
- 8 Een katalysator wordt wel *gebruikt*, maar niet *verbruikt* tijdens een chemisch proces.
- 9 $8 \text{CO} + 17 \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_8\text{H}_{18} + 8 \text{H}_2\text{O}$
- 10 Het proces verloopt met behulp van de energie van het zonlicht maar de stoffen voor het proces worden niet geleverd door het zonlicht.
- 11 Hij wil graag iets aansprekends/uitdagends gebruiken.

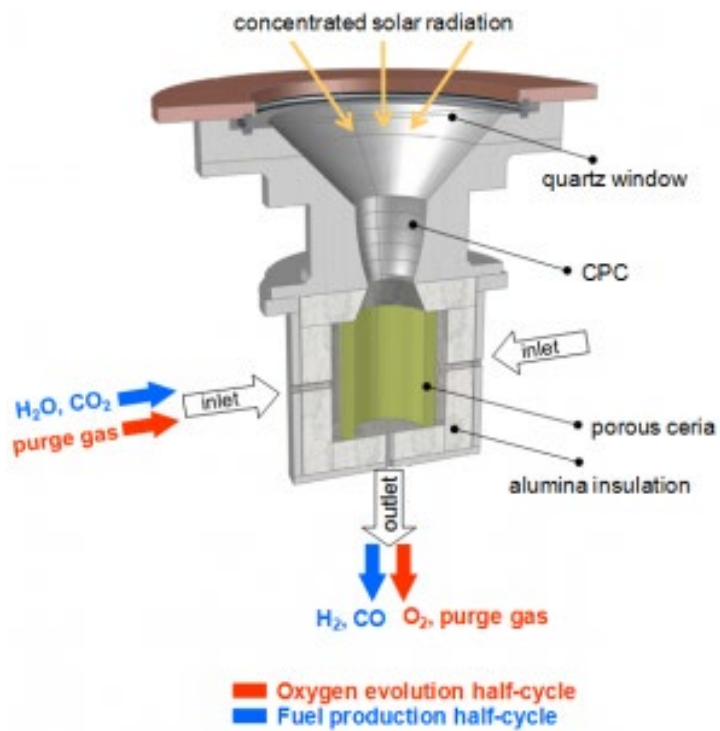
Opmerkingen

- 1 Er treedt geen reactie op van CeO_2 naar CeO maar naar CeO_{2-x} . Voor klas 3 hebben we het vereenvoudigd naar CeO . Volgens literatuur:
 $\text{CeO}_2 \rightarrow \text{CeO}_{2-x} + x/2 \text{O}_2$
 $\text{CeO}_{2-x} + x \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CeO}_2 + x \text{H}_2$
 $\text{CeO}_{2-x} + x \text{CO}_2 \rightarrow \text{CeO}_2 + x \text{CO}$
- 2 Zie voor de werking van de katalysator:
<http://www.pre.ethz.ch/research/projects/?id=solarjet> en de links naar de artikelen.



Bron: <http://www.pre.ethz.ch/research/projects/?id=solarjet>

- 3 Het produceren van syngas en het conditioneren van de katalysator verlopen niet gelijktijdig, maar na elkaar in verschillende (half)cycli.



Bron: <http://www.solar-jet.aero/>

POWER-TO-GAS-INSTALLATIE

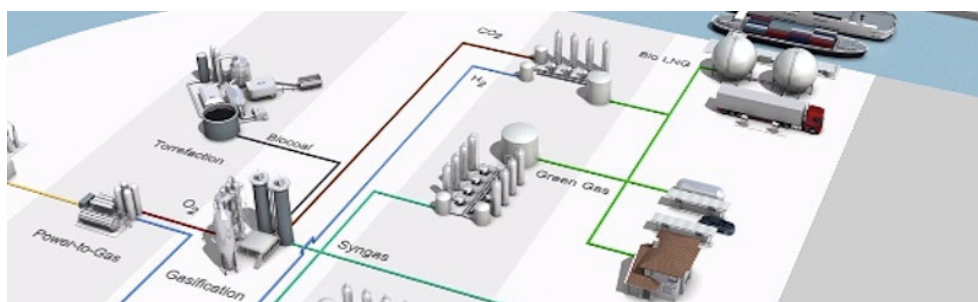
Klas	5 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Redoxreactie, brandstofcel, verbrandingen
Trefwoorden	Groene chemie, duurzaam, brandstofcel, elektrolyse
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Chemie Magazine, april 2014

GROOTSTE IN ZIJN SOORT

12

MEGAWATT POWER-TO-GAS- INSTALLATIE IN DELFZIJL



In Delfzijl wordt binnen twee jaar de eerste groot-schalige, volledig geïntegreerde *power-to-gas*-installatie ter wereld gebouwd. De installatie van 12 megawatt gaat duurzaam waterstof en syngas produceren voor de chemische industrie. Behalve een flinke stap in de vergroening van de chemische industrie vormt de *power-to-gas*-technologie ook een oplossing voor de opslag van wind- en zonnestroom.

Power-to-gas is een proces waarbij met behulp van groene stroom via elektrolyse water wordt omgezet in waterstof en zuivere zuurstof. Waterstof vormt aller-eerst een grondstof voor de chemische industrie. Als waterstof wordt gecombineerd met CO₂ wordt methaan (aardgas) geproduceerd. Dat kan ingevoerd worden in het aardgasnet, maar kan ook in vloeibare (bio-LNG) of samengeperste (bio-CNG) vorm dienen als schone brandstof voor de transportsector. De duurzame waterstof kan ook dienen als CO₂-vrije brandstof voor elektrisch aangedreven brandstofcel-voertuigen. De geproduceerde zuurstof wordt gebruikt in de vergassingsinstallatie van Torrgas, waar biomassa wordt vergast tot syngas, dat op zijn beurt ook een waardevolle grondstof voor de chemische industrie is. De intentieverklaring is op 10

april op de Hannover Messe in aanwezigheid van een aantal noordelijke bestuurders ondertekend door de betrokken partijen Torrgas, Siemens, Stedin, Gasunie, A.Hak, Hanzehogeschool/EnTranCe en stichting Energy Valley.

De installatie wordt niet alleen de eerste in Nederland, maar ook de grootste in zijn soort. In Duitsland zijn al veel *power-to-gas*-initiatieven, maar kleiner. Uniek in dit project is het gebruik van de zuurstof uit elektrolyse in het vergassingsproces van Torrgas. In de meeste andere projecten wordt de duurzame zuurstof niet verder gebruikt. Omdat dit hier wel gebeurt zijn noodzakelijke investeringen in een additionele *air separation unit* niet nodig. *Power-to-gas* kan op termijn ook een oplossing bieden voor de opslag van tijdelijk overvloedige elektriciteit van windturbines of zonnepanelen. De gasinfrastructuur gaat dan fungeren als een enorm opslagmedium. Om de rol van energiebuffer en producent van duurzame grondstoffen voor de chemische industrie te kunnen vervullen, zal het *power-to-gas*-concept uiteindelijk op grote schaal moeten worden toegepast. De *power-to-gas*-installatie in Delfzijl vormt een belangrijke stap in het verkennen van dit opschalings-proces.

In Delfzijl wordt een 12 MW power-to-gas-installatie gebouwd. Power-to-gas betekent in dit geval dat als eerste stap in het proces water met behulp van groene stroom als proces geëlektrolyseerd wordt

- 1 Wat versta je onder groene stroom?
- 2 Geef de vergelijking van de totaalreactie die bij de elektrolyse optreedt.

Waterstof is een belangrijke grondstof in de chemische industrie. De duurzaam geproduceerde waterstof kan ook in brandstofcellen gebruikt worden.

- 3 Leg uit hoe een brandstofcel werkt waarbij waterstof als brandstof dient.
- 4 Geef de optredende totaalreactie in een brandstofcel met waterstof als brandstof.
- 5 Leg uit waarom gesproken wordt van *duurzaam* geproduceerde waterstof.

Met de geproduceerde waterstof kan men bijvoorbeeld koolstofdioxide omzetten in methaan.

- 6 Noem twee toepassingen uit het artikel waarvoor het geproduceerde methaan gebruikt kan worden.
- 7 Leg uit dat methaan niet het enige product kan zijn bij deze omzetting.
- 8 Noteer de reactievergelijking voor de omzetting van koolstofdioxide in methaan.

Bij de elektrolyse van water ontstaat ook zuurstof. Dit wordt gebruikt in de vergassingsinstallatie waarin biomassa vergast tot syngas, een mengsel van koolstofmonoxide en waterstof.

- 9 Geef de vergelijking van de reactie die in de vergassingsinstallatie optreedt. Gebruik voor biomassa de formule $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Uniek in het beschreven project is het nuttig gebruik van de geproduceerde zuurstof. Hierdoor is een additionele *air separation unit* niet nodig, zegt het artikel.

- 10 Waarvoor is een *air separation unit* bij de vergassing van biomassa normaal wél noodzakelijk?
- 11 Hoe werkt een *air separation unit*? Geef een beschrijving van het principe.

Bij wind- en zonne-energie kan tijdelijk te veel elektriciteit worden geproduceerd en op een ander moment juist niets. Het power-to-gas project kan een oplossing hiervoor bieden.

- 12 Welke rol kan het project hierin spelen?

Power-to-gas-installatie

- 1 Groene stroom betekent dat deze opgewekt is door gebruik te maken van duurzame brandstoffen of met zonne-, wind- of waterenergie.
- 2 $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$.
- 3 Een brandstofcel heeft twee elektroden en een elektrolyt. Aan de positieve elektrode wordt zuurstof door opname van elektronen omgezet in water, aan de negatieve elektrode wordt waterstof omgezet in waterstofionen door afgifte van elektronen. De waterstofionen verplaatsen zich door een membraan naar de andere elektrode terwijl de elektronenstroom extern plaatsvindt en daarbij energie levert.
- 4 $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$.
- 5 De waterstof is gevormd gebruikmakend van hernieuwbare energie.
- 6 Invoeren in het aardgasnet en gebruiken als schone brandstof (voor de transportsector).
- 7 Koolstofdioxide bevat zuurstofatomen die niet verloren gaan, dus zal er waarschijnlijk ook water ontstaan.
- 8 $\text{CO}_2 + 4 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$.
- 9 $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + n \text{O}_2 \rightarrow 6n \text{CO} + 10n \text{H}_2$.
- 10 Je wilt alleen de zuurstof uit de lucht gebruiken dus moet het gescheiden worden van de rest.
- 11 Lucht vloeibaar maken en dan destilleren: de stikstof heeft het laagste kookpunt en zal dus het gemakkelijkst verdampen. Wat overblijft is een vloeistof die rijk is aan zuurstof.
- 12 Het proces kan elektriciteit omzetten in gas, dat later weer gebruikt kan worden.