

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

31c	Nu is pindakaas of chocola al net zo slecht als tabak versie III	1409-6c	5,6v
32	Nieuw chemisch middel belooft revolutie in papierindustrie	1409-7	4,5hv
33	Solarjet maakt kerosine uit zonlicht	1409-8	3hv
34	Power-to-gas-installatie	1409-9	5hv
35a	3D geprinte fopframboos versie I	1410-1a	3,4hv
35b	3D geprinte fopframboos versie II	1410-1b	5h; 5,6v
36	Hoeveel zuurstof produceert een boom gemiddeld?	1410-2	4,5hv
37	Planten maken groene stroom	1410-3	5v
38	Waar komt de batterij vandaan?	1410-4	5v
39	Nano-ui	1410-5	5,6v
40	Centraal verwarmd nanodeeltje	1410-6	5,6v
41	Gas uit licht en water	1410-7	5v
42	Doodsonde om op te stoken	1410-8	5,6v
43	Bioaromaten in opmars	1410-9	5,6v
45	Kat maakt etheen van methaan	1411-1	5,6v
46a	Oude accu wordt nieuwe zonnecel	1411-2a	5v
46b	Oude accu wordt nieuwe zonnecel	1411-2b	5h
46c	Oude accu wordt nieuwe zonnecel	1411-2c	5hv
47	Botten gemaakt van bier	1411-3	4hv
48	Zonnepanelen produceren mierenzuur	1411-4	3hv
49	Tijdelijke tatoeage haalt stroom uit zweet	1411-5	5,6v
50	Naar 50km op zoetjes, kaarsvet en lachgas	1411-6	3hv
51	Krypton dateert eeuwig ijs	1411-7	4hv
52	Enzym duikt in furanen	1411-8	5,6v
53	Te simpel	1411-9	5,6v
54	Tot het laatste kooltje	1411-10	4hv
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			

[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]

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
Elektrolyse, 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]

[illegible]

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

[illegible]

[illegible]

[illegible]

KAT MAAKT ETHEEN VAN METHAAN

Klas	5,6 v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen naar reactieproducten; organische reacties
Trefwoorden	Methaan, etheen, katalysator, brandstof, milieu
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W, 6 juni 2014

KAT MAAKT ETHEEN VAN METHAAN

Van aardgas naar chemicaliën in één stap?

In China is bedacht hoe je methaan rechtstreeks omzet in etheen, zonder roet en CO₂ als ongewenste bijproducten. Het zou de energievervlindende omweg via synthesegas (CO + H₂) overbodig kunnen maken.

Probleem met methaan is dat het lastig is er één H af te wrikken zonder dat de andere drie ook mee komen. Xinhe Bao, van het Institute of Chemical Physics in Dalian, zoekt de oplossing in 0,5 massa-procent ijzer, als losse atomen verspreid in inert SiO₂. Op zijn eentje zet zo'n ijzer-

kern wel CH₄ om in ●CH₃-radicalen, maar voor vervolgreacties zijn er meer nodig en daarvoor is de onderlinge afstand te groot. Vandaar dat de radicalen noodgedwongen desorberen en doorreageren in de gasfase, zonder ijzer. Het gevormde ethaan wordt direct gedehydrogeneerd tot etheen of een ●C₂H₃-radicaal. Uiteindelijk krijg je etheen, benzeen, naftaleen en waterstof.

Volgens Bao haal je bij 1.363 K een omzetting van 48 procent. De katalysator was na 60 uur nog volop actief. (ADIJ) |

Methaan omzetten in etheen gaat vaak via de omweg van synthesegas.

- 1 Wat is synthesegas?
- 2 Geef de vergelijking van de reactie tussen methaan en stoom waarbij synthesegas ontstaat.
- 3 Laat via een berekening zien dat deze stap energievervlindend is.

Uit synthesegas kan etheen gemaakt worden.

- 4 Geef de reactievergelijking van de vorming van etheen uit synthesegas. Er ontstaat ook water(damp).

In China heeft men een nieuwe bereidingswijze van etheen uit methaan bedacht. Hierbij wordt als eerste een waterstofatoom onttrokken aan een methaanmolecuul.

- 5 Waarom was dit voorheen erg lastig?
- 6 Hoe heeft men dit probleem opgelost, dus hoe werkt deze methode?
- 7 Leg uit welke stof bij deze reactie als katalysator dienst doet.

Er ontstaan bij deze nieuwe methode methylradicalen als er één waterstofatoom onttrokken is. Toch verloopt de vervolgreactie naar etheen niet of nauwelijks.

- 8 Waarom niet?
- 9 Wat doen de methylradicalen dan wel?
- 10 Geef de reactievergelijking die daarbij optreedt.

Het gevormde product wordt direct gedehydrogeneerd tot bijvoorbeeld etheen.

- 11 Geef de reactie in structuurformules weer.

Ook kunnen bij de reactie radicalen ontstaan. In het artikel staat het $\text{C}_2\text{H}_3\bullet$ radicaal genoemd.

- 12 Van welk molecuul is dit een radicaal?
- 13 Licht toe hoe deze $\text{C}_2\text{H}_3\bullet$ radicalen kunnen ontstaan.

Uiteindelijk ontstaat een viertal reactieproducten.

- 14 Geef de structuurformules van deze vier reactieproducten.

Ook de nieuwe methode kost nogal wat aan energie.

- 15 Hoe kun je dat uit het artikel afleiden?

In diverse tussenstappen ontstaan radicalen.

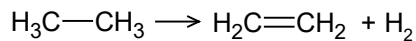
- 16 Beschrijf in algemene termen wat een radicaal voor deeltje is.

Het onderzoek van Xinhe Bao richt zich op het omzetten van methaan in etheen.

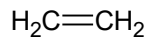
- 17 Waarom zou je methaan willen omzetten?
- 18 Waarom zou je etheen willen maken?

Kat maakt etheen van methaan

- 1 Synthesegas is een mengsel van koolstofmonoxide en waterstof.
- 2 $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{CO} + 3 \text{H}_2$.
- 3 Reactiewarmte = $+0,75 \cdot 10^5 + 2,42 \cdot 10^5 - 1,105 \cdot 10^5 = +2,07 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.
- 4 $2 \text{CO} + 4 \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$.
- 5 Meestal werden dan ook de overige waterstofatomen losgemaakt van het koolstofatoom.
- 6 Men gebruikt ijzer, als losse atomen verspreid in SiO_2 , als katalysator.
- 7 IJzeratomen zorgen voor de specifieke omzetting van methaan in methylradicalen.
- 8 Er zijn meer methyldeeltjes nodig die op korte afstand dan met elkaar moeten reageren. De onderlinge afstand is echter te groot.
- 9 Ze desorberen en reageren dan tot ethaan omdat er geen ijzerdeeltjes in de gasfase aanwezig zijn om dienst te doen als katalysator voor verdere afbraak.
- 10 $2 \text{CH}_3\cdot \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6$.
- 11



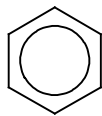
- 12 Etheen.
- 13 Etheen staat dan een waterstofatoom af.
- 14



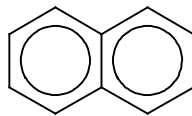
etheen



waterstof



benzeen



naftaleen

- 15 Er moet gewerkt worden bij een temperatuur van 1363 K.
- 16 Een radicaal is een deeltje met een ongepaard elektron, het heeft dus een oneven aantal elektronen.
- 17 Er wordt heel veel aardgas gewonnen en dat bevat voornamelijk methaan.
- 18 Etheen is een grondstof voor de chemische industrie.

OUDE ACCU WORDT NIEUWE ZONNECEL

Klas	5 v
Subdomein	Industriële processen en Groene Chemie
Vaardigheid	Natuurwetensch. instrumentarium
Specificaties	Blokschema, structuren, video proces
Trefwoorden	Spincoaten, duurzaam, accu, zonnecel
Vaardigheidsvraag	informatiebewerkingsvraag

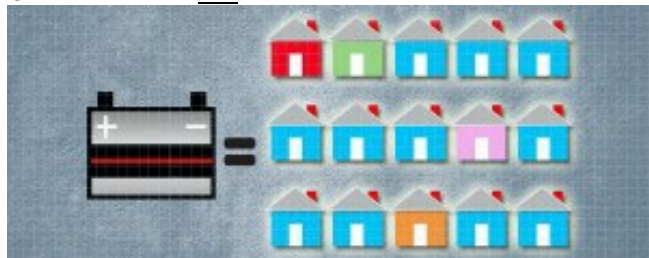
Klas	5 h
Subdomein	Industriële processen en Groene Chemie
Vaardigheid	Natuurwetensch. instrumentarium
Specificaties	Blokschema, structuren, video proces
Trefwoorden	Duurzaam, accu, zonnecel
Vaardigheidsvraag	informatiebewerkingsvraag

Klas	5 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Zuur-base, redox,
Trefwoorden	Lood, PbO, PbO ₂ , lood(II)jodide, ethaanzuuroplossing, salpeterzuuroplossing
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

www.kijkmagazine.nl, 19 augustus 2014

Oude accu wordt nieuwe zonnecel

Geschreven door [JPK](#)



Amerikaanse wetenschappers kunnen een nieuw type zonnecel produceren uit afgedankte loodaccu's van auto's.

Doordat auto's steeds vaker worden uitgerust met lithium-ion-accu's, zullen we op een gegeven moment blijven zitten met een enorme berg ouderwetse loodaccu's. Kunnen we daar niets nuttigs mee doen? Jazeker, zeggen MIT-hoogleraren Paula Hammond en Angela Belcher in het wetenschappelijke tijdschrift *Energy & Environmental Science*: je kunt ze gebruiken om zonnecellen van te maken.

Dertig huizen uit één accu

Hammond en Belcher hebben het dan over zonnecellen van perovskiet, een veelbelovend nieuw type dat een stuk simpeler en goedkoper is om te maken dan reguliere zonnecellen. Ook op het gebied van efficiëntie zijn deze nieuwe cellen met een aardige inhaalslag bezig. Nadeel is alleen dat er lood in verwerkt moet worden – en het winnen van lood brengt gevaren voor gezondheid en milieu met zich mee. Tenzij je dat lood uit oude accu's haalt, stellen de onderzoekers.

Daarbij geldt ook nog eens dat een zonnecel een laagje perovskiet nodig heeft dat maar een halve

micrometer dik is. Hierdoor kun je met het lood uit één enkele accu meer dan 700 vierkante meter aan zonnecellen produceren; genoeg om ruim dertig huizen van energie te voorzien. Aangezien alleen al de VS op den duur zo'n 200 miljoen loodaccu's over zal hebben, vallen op die manier heel wat zonnecellen te maken...

Giftige zonnepanelen?

En is een zonnepaneel waarin lood is verwerkt dan niet giftig? Dat valt mee, stellen de onderzoekers. Het dunne laagje perovskiet wordt namelijk helemaal bedekt door andere materialen. En als de zonnecel na lange tijd eindelijk is versleten, kan het lood weer worden gebruikt voor nieuwe exemplaren. Tenzij we tegen die tijd een nog betere methode hebben bedacht om zonnecellen te maken natuurlijk.

Bekijk het filmpje om te zien hoe je van een oude accu een nieuwe zonnecel maakt:



https://www.youtube.com/watch?v=X3omqERE1AA&feature=player_embedded#t=0

Versie 1

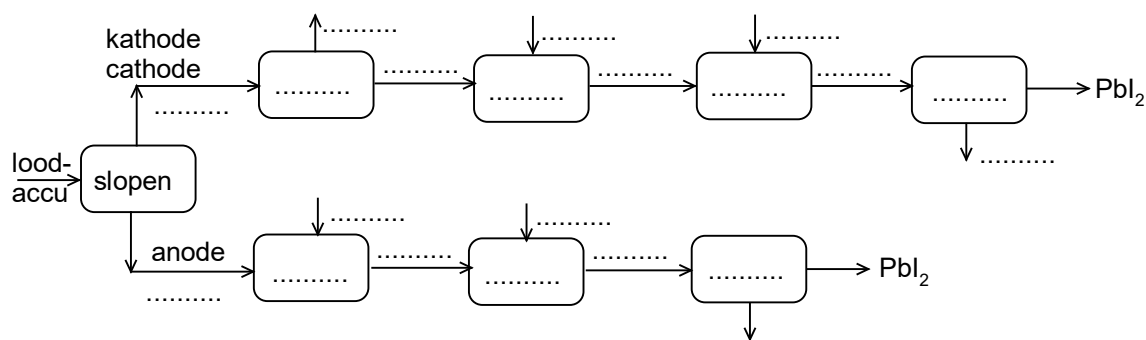
Onderzoekers van MIT gebruiken de materialen uit oude loodaccu's om zonnecellen te maken. In het filmpje gemaakt door MIT zie je gedetailleerd de synthese van loodjodideperovskiet kristallen uitgaande van een oude loodaccu.

- 1 Bekijk het filmpje en vertaal de verschillende stappen van het proces in het Nederlands. Noteer van elke stap de vertaling.
- 2 Geef het proces uit het filmpje in een blokschema weer.
- 3 Ga met behulp van internet na wat spin-coating is. Noteer je bevindingen in eigen woorden.

Versie 2

Onderzoekers van MIT gebruiken de materialen uit oude loodaccu's om zonnecellen te maken. In het filmpje gemaakt door MIT zie je gedetailleerd de synthese van loodjodideperovskiet kristallen uitgaande van een oude loodaccu.

Bekijk het filmpje en vul het onderstaande blokschema met betrekking tot stap 2 in.



Versie 3

Onderzoekers van MIT gebruiken de materialen uit oude loodaccu's om zonnecellen te maken. In het filmpje gemaakt door MIT zie je gedetailleerd de synthese van loodjodideperovskiet kristallen uitgaande van een oude loodaccu. Bekijk het filmpje.

Stap 2A

In het proces is sprake van het roosten van PbO_2 .

- 1 Noteer de reactievergelijking van het roosten.
- 2 Wat voor type reactie is dit? Licht je antwoord toe.
- 3 Is het roosten een exotherm of endotherm proces? Licht je antwoord toe met een berekening van de reactie-energie (bij kamertemperatuur).
- 4 Leg uit of je antwoord op vraag 3 ondersteund wordt door gegevens uit het filmpje.

Stap 2B

De wetenschappers laten lood reageren met een salpeterzuuroplossing. Dit is een redoxreactie.

- 5 Leg aan de hand van de waarnemingen bij de reactie in het filmpje uit welk van onderstaande twee halfreacties zal optreden:

A $\text{NO}_3^- + 4 \text{H}^+ + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{NO}(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

B $\text{NO}_3^- + 2 \text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{NO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- 6 Noteer de halfreactie die voor het lood optreedt.
- 7 Noteer de totaalvergelijking voor de reactie van lood en salpeterzuuroplossing.

Stap 2C

Het product van het roosten laat men reageren met een ethaanzuuroplossing.

- 8 Noteer de reactievergelijking.
- 9 Wat voor type reactie is dit? Licht je antwoord toe.

Stap 2D

- 10 Geef de naam van het type reactie dat optreedt als men in stap 2D kaliumjodide-oplossing toevoegt.
- 11 Noteer de vergelijking van de reactie in stap 2D.
- 12 Geef de naam van PbI_2 .

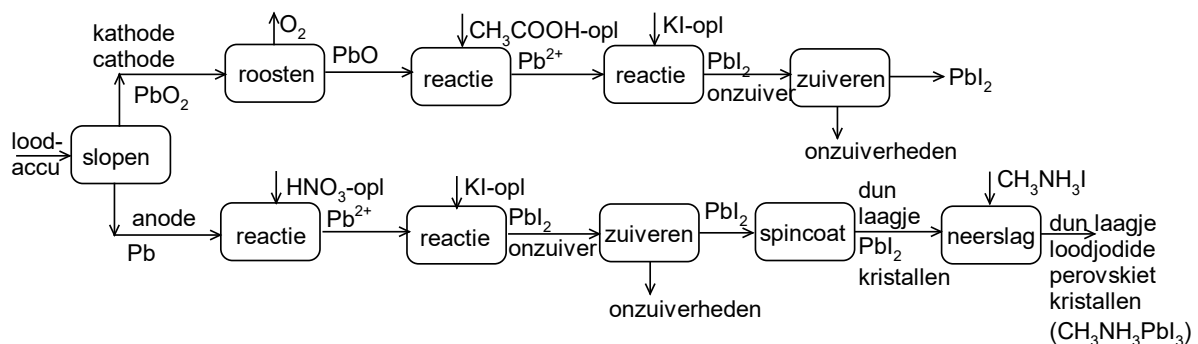
Oude accu wordt nieuwe zonnecel

Versie 1

1

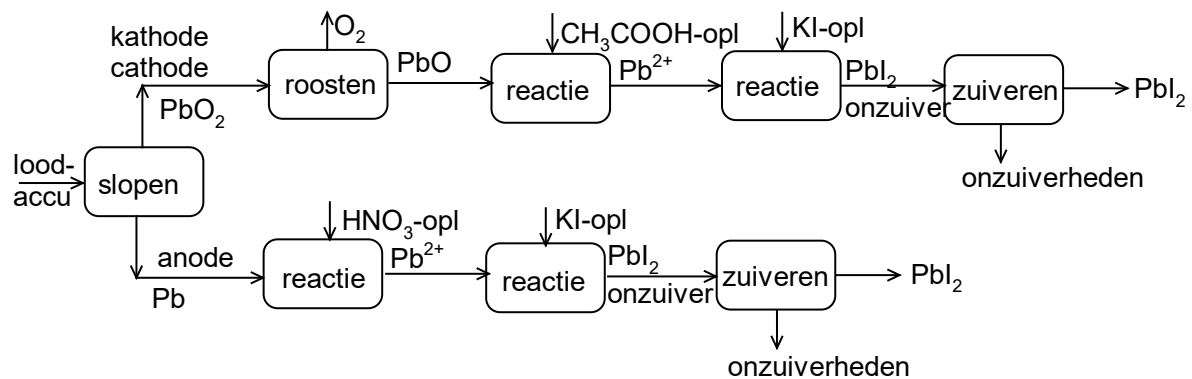
1	Oogsten van het materiaal van de anode en kathode van de accu
1A	Koppel de accu los
1B	Laat hem uitlekken en spoel met water
1C	Demonteer droge accu
1D	Haal de elektroden eruit
2	Synthese van loodjodide (PbI_2) uit het verzamelde materiaal
2A	Roosten van PbO_2 bij 600°C gedurende 5 uur
2B	Oplossen van Pb in oplossing van HNO_3
2C	Oplossen van PbO in oplossing van CH_3COOH
2D	Mengen met KI oplossing
2E	Zuiveren
3	Neerslaan van loodjodideperovskietkristallen
3A	Spincoaten van PbI_2 in DMF op FTO substraat
3B	Neerslaan van loodjodideperovskiet

- 2 Blokschema als bij versie 2 maar nu nog aangevuld (zie bij uitwerking versie 2 onderaan).



- 3 Een dunne egale deklaag (coating of film) op een ondergrond (substraat) aan te brengen.

Versie 2

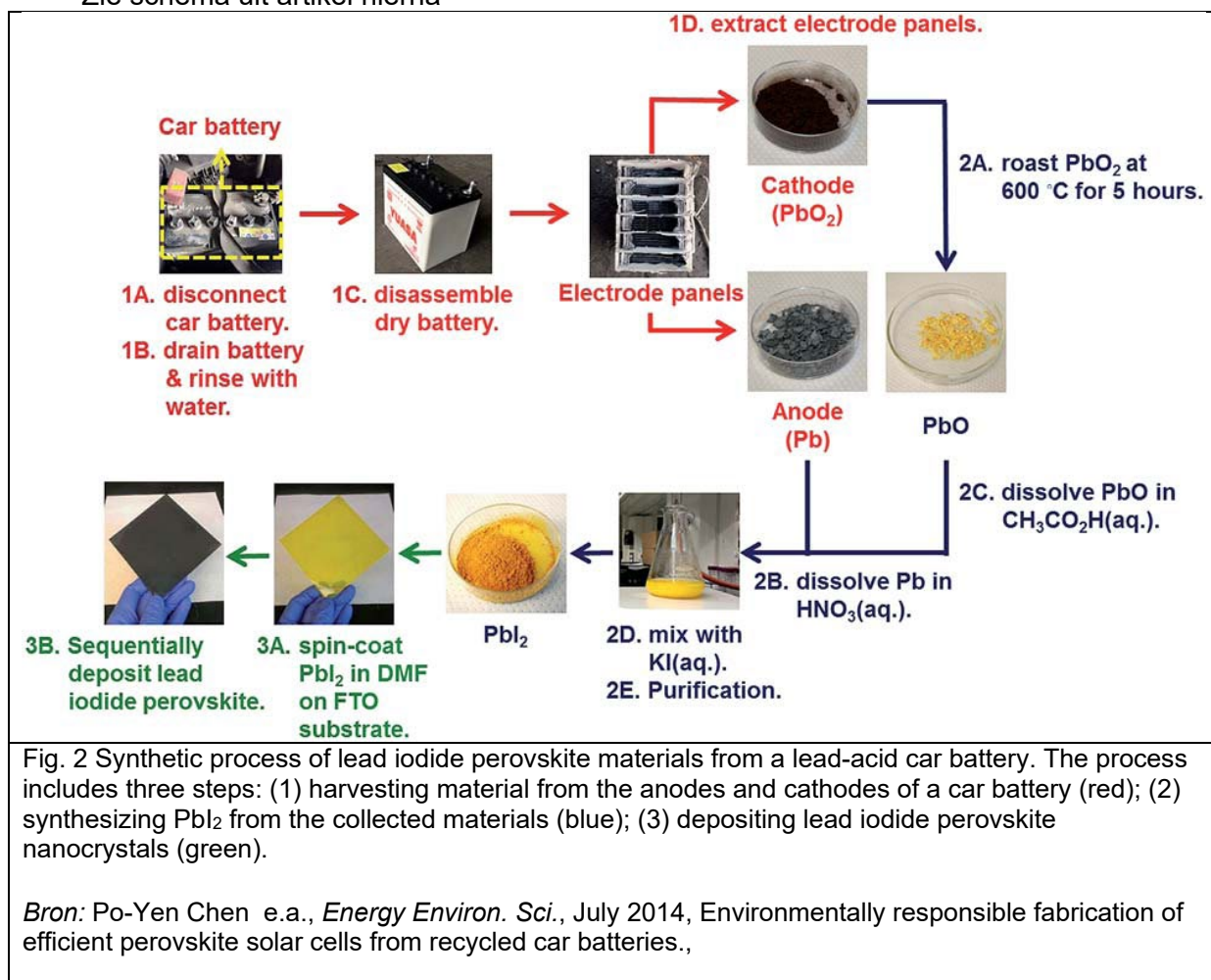


Versie 3

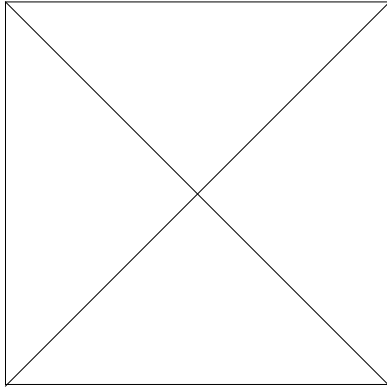
- 1 $2 \text{PbO}_2 \rightarrow 2 \text{PbO} + \text{O}_2$
- 2 Redoxreactie: Voor de pijl in PbO_2 : Pb^{4+} , na de pijl in PbO : Pb^{2+} . Er heeft elektronenoverdracht plaats gevonden.
- 3 $\Delta E_{\text{reactie}} = (2,77 - 2,19) \cdot 10^5 = 0,58 \cdot 10^5 \text{ J/mol PbO}_2$. Dus een endotherme reactie.
- 4 Ja want er wordt veel warmte toegevoerd: het proces vindt plaats bij 600°C .
- 5 Tabel 65B: kleur NO_2 is bruin. NO wordt niet vermeld dus kleurloos. In het filmpje blijft de oplossing en de omgeving boven het reactiemengsel kleurloos: halfreactie A
- 6 $\text{Pb} \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 2 \text{e}^-$
- 7 $\text{NO}_3^- + 4 \text{H}^+ + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{NO(g)} + 2 \text{H}_2\text{O(l)}$ x2
 $\text{Pb} \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 2 \text{e}^-$ x3
 $3 \text{Pb} + 2 \text{NO}_3^- + 8 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{NO(g)} + 3 \text{Pb}^{2+} + 4 \text{H}_2\text{O}$
- 8 $\text{PbO} + 2 \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 2 \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$
- 9 Een zuur-base reactie. CH_3COOH geeft H^+ af aan O^{2-} in PbO .
- 10 Neerslagreactie
- 11 $\text{Pb}^{2+} + 2\text{I}^- \rightarrow \text{PbI}_2$
- 12 Lood(II)jodide.

Opmerkingen

- Uiteraard kunt u de verschillende versies combineren.
- de formule van loodjodideperovskietkristallen is: $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$. Na het spincoaten wordt de $\text{PbI}_2/\text{TiO}_2$ film gedoopt in een oplossing met $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$ waarbij de kleur omgezet wordt van geel (PbI_2) naar donkerbruin ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$)
- Bron artikel: <http://www.kijkmagazine.nl/nieuws/oude-accu-wordt-nieuwe-zonnecel/>
- Zie schema uit artikel hierna



- Ook over perovskiet: C2W, pag 10, 6 juni 2014 “Perovskiet als hoogste nieuwe binnenkomer”. “Het hybride anorganisch-organisch loodzout methylammoniumloodtrijodide ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$)”
- Tip: De film bewaren voor de toekomst: download de film van youtube via <http://www.downloadyoutubevideo.nl/>
- Mocht u de film willen laten starten door op het beeld (pijl) te klikken vervang dan het plaatje in het artikel door onderstaande figuur:



BOTTEN GEMAAKT VAN BIER

Klas:	4h, 4v
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Oplossen, hydrofiel, toepassing zout
Trefwoorden	Botaangroei, bierbostel, verhoudingsformules, dubbelzout, zoutformule
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.newscientist.nl, 23 juni 2014

Botten gemaakt van bier

Door Kevin Liebrand

Tijdens het WK in Brazilië wordt heel wat bier gedronken. Hoewel veel mensen nogal wat schade ondervinden na een voetbalavond flink drinken, lijkt het populaire drankje een oplossing te zijn in de medische wereld. Het restproduct van bier kan namelijk dienen als mal voor bottransplantaten.

Scheikundigen, verbonden aan de Technische Universiteit van Madrid, ontdekten dat het restafval van bier een ideale ondergrond is voor de productie van kunstmatige botten. De productie van bottransplantaten vanuit dat restafval is volgens de onderzoekers een stuk goedkoper en milieuvriendelijker dan huidige productiemethoden. De onderzoekers maakten hun bevindingen bekend in het vakblad Royal Society of Chemistry.



Na verhitting vormt het restafval een structuur die lijkt op bot. Bron: CSIC

Het restproduct van bier, genaamd bostel, is een mengsel rijk aan silicium, fosfor, calcium en magnesium. Tegenwoordig verkopen bierbrouwers dat restafval als veevoer aan melkveehouders. Die gebruiken het om het eiwitgehalte in veevoer te verhogen. Het blijkt dat het restafval niet alleen een goed voedingssupplement is voor melkkoeien. Ook botcellen doen het goed op het afval.

Dat restafval is ook nog eens goed vormbaar tot een mal die lijkt op de natuurlijke botstructuur van mensen. Door bostel kort te verhitten tot 700°C vormt het op natuurlijke wijze een structuur met daarin kleine poriën. De diameter van die poriën, tussen de 50 en 500 micrometer, is ongeveer gelijk aan de poriën die van nature voorkomen in bot. Botvormende cellen van muizen, genaamd osteoblastcellen, lijken het goed te doen op die kunstmatige botstructuur. Dat transplantaten ook daadwerkelijk gebruikt kunnen worden voor mensen is nog niet onderzocht. De komende jaren moet volgens de onderzoekers uit klinische studies blijken of het materiaal toepassing kan vinden in de medische wereld. Andere methoden voor de productie van bottransplantaten zijn al langer beschikbaar. Het nadeel daarvan is dat veel tijd, energie en dure materialen nodig zijn voor de productie van die botstructuur. Het goedkope bierafval is daarom mogelijk een duurzame oplossing, omdat het verwerken van deze grondstof tot een bottransplantaat een stuk minder energie kost en het niet op lijkt te raken zolang we bier blijven drinken.

Het artikel zegt dat bierbostel wordt gebruikt om het eiwitgehalte in veevoer te verhogen. Dit lijkt geen verband te houden met een eerder genoemd gegeven over bierbostel.

- 1 Leg uit met welk eerder vermeld gegeven dit geen verband lijkt te houden.

Botweefsel bestaat uit sterke collageenvezels en mineralen, die aan het collageen zijn gebonden. Collageen is een eiwit. Een van de mineralen is hydroxyapatiet, dat de ionen Ca^{2+} , PO_4^{3-} en OH^- bevat. Hydroxyapatiet heeft de verhoudingsformule $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$.

- 2 Leg uit waarom botcellen het bierbostel goed kunnen gebruiken.

Er zijn ook andere mogelijkheden voor de verhoudingsformule van een dubbelzout met dezelfde ionen als in hydroxyapatiet.

- 3 Leid een andere mogelijke verhoudingsformule af voor een mineraal met dezelfde ionen als in hydroxyapatiet.

Om het bierbostel geschikt te maken voor botaangroei moet het een bewerking ondergaan.

- 4 Noem de bewerking en het resultaat ervan.

Het bierbostel wordt gebruikt als een soort steiger, waaraan nieuw bot kan groeien. Het materiaal van de 'steiger' mag geen gezondheidsproblemen geven en het moet in het lichaam afgebroken kunnen worden. Het materiaal moet aanleiding geven tot een hoge bio-activiteit (snelle aangroei van natuurlijk bot), het moet stabiel zijn (niet te oplosbaar, geen reacties aangaan) en het moet poriën bevatten.

- 5 Leg uit wat het belang van de poriën in het materiaal is.

Tot nu toe werden vaak 'steigers' gebruikt van calciumfosfaat.

- 6 Geef de formule van calciumfosfaat.

Een groot bezwaar van het gebruik van calciumfosfaat is dat deze verbinding geproduceerd moet worden uit een erts.

- 7 Geef twee redenen waarom het gebruik van bierbostel beter is dan calciumfosfaat.

Bierbostel bevat ook "magnesium" en "silicium". Bij een calcium-arm hydroxyapatiet zijn calciumionen vervangen door magnesiumionen. In calcium-arm hydroxyapatiet is zowel de bio-activiteit als de oplosbaarheid van het materiaal hoger.

- 8 Geef een formule van een dubbelzout waarin in het hydroxyapatiet één of meer calciumionen zijn vervangen door magnesiumionen.
- 9 Geef de vergelijking voor het oplossen van dit dubbelzout.
- 10 Leg uit of calcium-arm hydroxyapatiet sneller of langzamer is uitgewerkt.

Silicium is in bierbostel aanwezig als siliciumdioxide met een hoge bio-activiteit en een hoge afbraaksnelheid. Zuiver siliciumdioxide, $\text{SiO}_2(\text{s})$, heeft een atoomrooster. De hoge bio-activiteit van het 'silicium' in bierbostel wordt verklaard doordat aan de buitenkant van het siliciumdioxiderooster vaak OH-groepen voorkomen.

- 11 Teken de structuurformule van een stukje van de buitenkant van een kristal siliciumdioxide met een aantal OH-groepen.

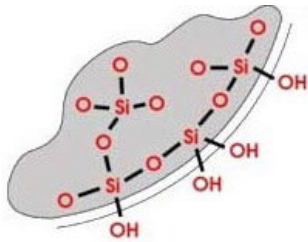
- 12 Leg uit waarom de aanwezigheid van OH-groepen bij siliciumdioxide de bio-activiteit zal verhogen.

Het onderzoek naar het gebruik van bierbostel lijkt veelbelovend.

- 13 Wat is al bereikt en wat (nog) niet?

Botten gemaakt van bier

- 1 Silicium, fosfor, calcium en magnesium zitten niet in eiwitten. Het bierbostel is volgens het artikel rijk aan mineralen.
- 2 Voor botten heb je in ieder geval fosfor en calcium nodig. Dat zit in bierbostel.
- 3 $\text{Ca}_2(\text{PO}_4)\text{OH}$
- 4 Kort verhitten tot 700 °C levert een structuur met kleine poriën.
- 5 De poriën vergroten het contactoppervlak. Hierdoor kan het doorstromende bloed meer natuurlijk bot afzetten.
- 6 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.
- 7 Bierbostel is een duurzaam product. Het kost de bouw van installaties en energie om calciumfosfaat te produceren uit erts. Dat bespaar je door gebruik van bierbostel.
- 8 $\text{Ca}_3\text{Mg}_2(\text{PO}_4)_3\text{OH}$.
- 9 $\text{Ca}_3\text{Mg}_2(\text{PO}_4)_3\text{OH} \rightarrow 3 \text{Ca}^{2+} + 2 \text{Mg}^{2+} + 3 \text{PO}_4^{3-} + \text{OH}^-$
- 10 Het is sneller uitgewerkt, omdat het sneller oplost en dus verdwijnt uit je lichaam.
- 11



- 12 OH-groepen zijn hydrofiel, worden omringd door watermoleculen. Die watermoleculen kunnen in de waterige omgeving van bloed dus sneller ionen uit het bloed hydrateren.
- 13 Botvormende cellen van muizen lijken het goed te doen op de kunstmatige botstructuur. Het gebruik voor mensen is nog niet onderzocht.

ZONNEPANELEN PRODUCEREN MIERENZUUR

Klas	3 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen-reactieproducten
Trefwoorden	Koolstofdioxide, mierenzuur, reactievergelijking
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

www.kijkmagazine.nl, 4 juli 2014

Zonnepanelen produceren mierenzuur

KIJK-redactie



De strijd tegen de klimaatverandering gaat gestaag door. Natuurkundigen hebben nu een manier bedacht om koolstofdioxide om te zetten in een handig zuur.

De uitstoot van koolstofdioxide verminderen, is niet genoeg om klimaatverandering tegen te gaan, volgens sommige wetenschappers. Er zit namelijk al te veel van in de lucht. Er worden daarom steeds meer manieren gezocht om het al aanwezige, overtollige broeikasgas uit de lucht op te nemen. Wetenschappers aan de Princeton-universiteit hebben nu zonnepanelen ontworpen die koolstofdioxide omzetten in mierenzuur. En dit zuur kan goed van pas komen.

De ontworpen zonnepanelen bestaan uit drie elektrochemische cellen die samen net iets minder dan 2 procent koolstofdioxide omzetten in mierenzuur. Dat klinkt als weinig, maar het is twee keer zoveel als de natuur zelf omzet met behulp van fotosynthese. Bovendien verslaat het ontwerp de vorige recordhouder van Panasonic: dit systeem wist slechts 0,2 procent mierenzuur te produceren.

Het verkregen zuur – dat ook voorkomt in diverse planten en dieren – kan voor verschillende doeleinden worden gebruikt. De meest belovende eigenschap van dit product is dat het waterstof gemakkelijk om kan zetten in een veilige, natuurvriendelijke brandstof. Naast de opname van koolstofdioxide uit de lucht, helpen de zonnepanelen het milieu dus ook indirect op deze manier.

Bronnen: Science, Princeton Journal Watch via Engadget

- 1 Waarom willen wetenschappers de uitstoot van koolstofdioxide verminderen?

In de natuur zetten planten koolstofdioxide om via fotosynthese. De onvolledige reactievergelijking van dit proces is: CO_2 + H_2O → $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ + O_2 .

- 2 Geef de naam van de stof met formule $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.
- 3 Neem de onvolledige reactievergelijking over en maak hem kloppend.

Wetenschappers van de Princeton-universiteit hebben zonnepanelen ontworpen die koolstofdioxide kunnen omzetten in mierenzuur. Zonnepanelen zetten zonne-energie om in energie.

- 4 Wat hoort er op de stippeltjes te staan in de zin “Zonnecellen zetten zonne-energie om in energie”?

De zonnecellen bestaan onder andere uit elektrochemische cellen. Elektrolysecellen behoren tot de elektrochemische cellen.

- 5 Leg uit waaruit je kunt concluderen dat in het proces inderdaad een elektrolyse plaats vindt.

De molecuulformule van mierenzuur is H_2CO_2 . In de cellen reageert koolstofdioxide met water tot mierenzuur en zuurstof.

- 6 Noteer de vergelijking voor deze reactie.

- 7 Waarom zijn de wetenschappers in Princeton wel tevreden met het door hen ontwikkelde systeem?

In het artikel staat: “De meest belovende eigenschap van dit product is dat het waterstof gemakkelijk om kan zetten in een veilige, natuurvriendelijke brandstof.”
In onderstaande tekst staat hierover meer vermeld.

De chemische krachttoer van de onderzoekers opent perspectieven voor de ontwikkeling van een veilig gebruik van waterstof als brandstof. Mierenzuur zou immers als een vorm van tussenbrandstof kunnen dienen. Eerst wordt waterstof omgezet in mierenzuur – in een denkbeeldige waterstofraffinaderij, bijvoorbeeld. Vervolgens kan dit vloeibare, relatief ongevaarlijke goedje met een zeer beperkt veiligheidsrisico aan de pomp worden getankt. Tijdens het rijden wordt het mierenzuur liter per liter weer omgezet in waterstofgas, dat de verbrandingsmotor aandrijft.

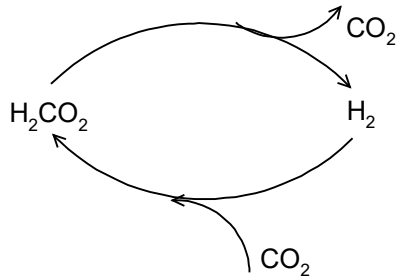
<http://www.argusactueel.be/europees-nieuws/mierenzuur-maakt-van-waterstof-een-veilige-brandstof>

Je kunt de beide processen die in bovenstaande tekst worden vermeld in een kringloop weer geven.

- 8 Geef de kringloop in een tekening weer.

Zonnepanelen produceren mierenzuur

- 1 Om klimaatveranderingen tegen te gaan.
- 2 Glucose.
- 3 $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$
- 4 Elektrische energie.
- 5 Elektrische energie betekent stroom. Elektrolyse vindt plaats met stroom.
- 6 $2 \text{ CO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{CO}_2 + \text{O}_2$
- 7 Er wordt meer CO_2 omgezet dan in natuurlijke processen.
- 8



Artikel: <http://www.kijkmagazine.nl/nieuws/zonnepanelen-produceren-mierenzuur/>

TIJDELIJKE TATOEAGE HAALT STROOM UIT ZWEET

Klas	5,6 v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Elektrochemische cel
Trefwoorden	Pyruvaat, lactaat, chemisch rekenen
Vaardigheidsvraag	informatiebewerkingsvraag

www.nu.nl, 14 augustus 2014

Tijdelijke tatoeage haalt stroom uit zweet

Onderzoekers hebben een tijdelijke tatoeage gemaakt waarmee via zweet energie opgewekt kan worden. Op termijn willen ze horloges, hartslagmeters en wellicht smartphones kunnen opladen.

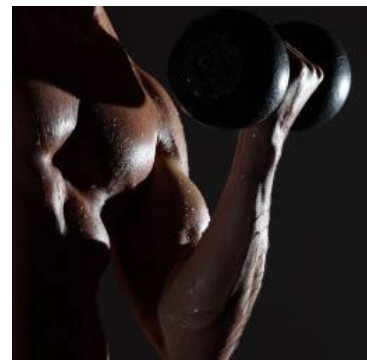


Foto: 123RF  Bekijk video

Dat blijkt uit een presentatie tijdens een bijeenkomst van de American Chemical Society.

Onderzoekers van de University of California San Diego presenteerde daar hun plaktatoeage waarmee lactaat kan worden gemeten.

Lactaat is een stofje dat vrijkomt bij het glycolyseproces. Dat proces treedt op tijdens sporten wanneer het lichaam niet genoeg zuurstof krijgt om suikers op de gebruikelijke manier te verbranden. Het lichaam maakt daarom lactaat aan. Hoe zwaarder de oefening, hoe meer lactaat.

Sportprestaties

Het stofje kan worden gebruikt om sportprestaties te meten, maar dat gebeurt momenteel via bloedmetingen. Topsporten moeten daarom tijdens hun training bloed laten aftappen om inzicht te krijgen in de exacte prestaties van hun lichaam.

Lactaat is van nature echter ook aanwezig in zweet en met de plaktatoeage met een ingebouwde lactaatsensor, zijn de onderzoekers erin geslaagd het stofje te meten.

Dat zorgt dus voor eenvoudigere metingen van sportprestaties. De onderzoekers hebben de tatoeage echter ook uitgerust met een enzym dat een kleine hoeveelheid stroom uit lactaat kan halen.

Stroom opwekken

Zo kon er bij proefpersonen maximaal 70 microwatts (0,000070 watt) per vierkante centimeter aan huid worden opgewekt. Omdat de sensor zelf slechts enkele millimeters groot is, werd er in de praktijk slechts 4 microwatt opgewekt.

Opvallend is dat mensen die minder fit zijn meer energie opwekten omdat bij hen eerder glycolyse optreedt omdat het lichaam minder zuurstof op kan nemen.

Voor het aandrijven van een horloge is volgens de onderzoekers 10 microwatt nodig. Ze richten zich nu op het efficiënter maken van de sensor zodat in de toekomst draagbare apparaten zoals

hartslagmeters tijdens het sporten automatisch van stroom kunnen worden voorzien.

De onderzoekers speculeren zelfs dat in de verre toekomst smartphones mogelijk kunnen worden voorzien van stroom. Smartphones hebben echter al snel zo'n 2 watt nodig om op te laden. Dat komt neer op 2 miljoen microwatt en dat lijkt dus nog ver weg.

1 Wat is voor sporters het voordeel van deze plaktatoelage?

Lactaat is het sleutelwoord. Het lactaatgehalte in het bloed heeft ook invloed op het lactaatgehalte in het zweet.

2 Welk verband bestaat er tussen beide gehaltenes.

3 Hoe kun je dat verband verklaren?

In het artikel van nu.nl is sprake van het glycolyseproces waarbij lactaat vrij komt.

"Glycolyse" betekent "suiker splijten".

Glycolyse is het proces waarbij glucose (suiker) met behulp van enzymen in tien stappen wordt afgebroken tot pyrodruivenzuur. (...) Eén glucosemolecuul levert twee moleculen pyrodruivenzuur.

Lactaat (de zuurrest van melkzuur) is het eindproduct uit het glucosemetabolisme onder zuurstofarme omstandigheden (anaerobe glycolyse) en levert energie aan skeletspieren tijdens zware inspanning.

Onder anaerobe omstandigheden wordt melkzuur gevormd uit pyrodruivenzuur via het enzym melkzuurdehydrogenase.

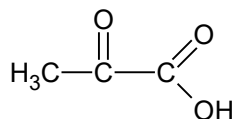
Bron: Wikipedia

Glycolyseproces

In het artikel van nu.nl staat: "Lactaat is een stofje dat vrijkomt bij het glycolyseproces. Dat proces treedt op tijdens sporten wanneer het lichaam niet genoeg zuurstof krijgt om suikers op de gebruikelijke manier te verbranden."

4 Noteer de reactievergelijking in molecuulformules van het glycolyseproces *met voldoende zuurstof* om glucose op de gebruikelijke manier in het lichaam te verbranden.

Bij glycolyse wordt glucose in eerste instantie omgezet in pyrodruivenzuur:



Structuurformule pyrodruivenzuur.

5 Zoek de rationele naam van pyrodruivenzuur op in Binas en noteer deze naam.

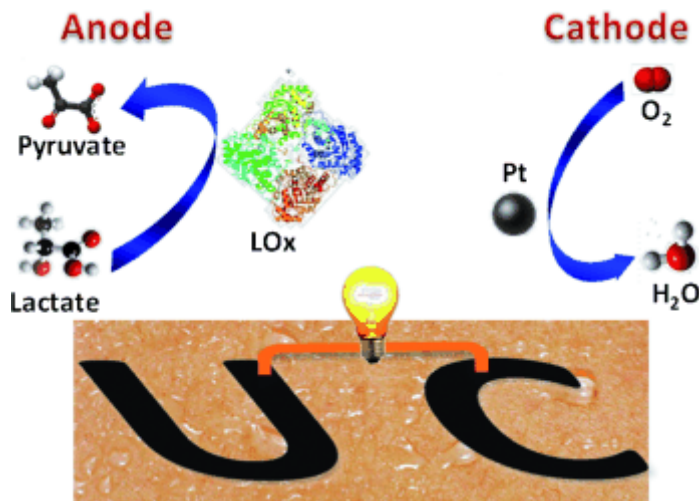
6 Neem de structuurformule van pyrodruivenzuur over en leg aan de hand hiervan de rationele naam van pyrodruivenzuur toe.

Onder zuurstofarme omstandigheden ontstaat bij het glycolyseproces lactaat, het zuurrestion van melkzuur.

- 7 Teken de structuurformule van melkzuur.
- 8 Leg uit dat de formule van het lactaation $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^-$ is.

De tatoeage

In figuur 1 staat een schematische weergave van een plaktatoeage met de ingebouwde lactaatsensor.



Figuur 1

Bron: Wenzhao Jia, e.a. (2013), *Epidermal Biofuel Cells: Energy Harvesting from Human Perspiration*, *Angewandte Chemie International Edition*, 52 (28), 7233–7236

Aan de anode reageert het lactaat tot pyruvaat. In de figuur staat naast de pijl onder het woord anode “LOx” aangegeven.

- 9 Wat is de functie van LOx?

De formule van pyruvaat is $\text{C}_3\text{H}_3\text{O}_3^-$. De onvolledige halfreactie aan de anode is:
 $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^- \rightarrow \text{C}_3\text{H}_3\text{O}_3^-$

- 10 Neem de vergelijking van deze halfreactie over en maak hem kloppend.
- 11 Noteer de vergelijking van de halfreactie die aan de kathode (cathode) optreedt.

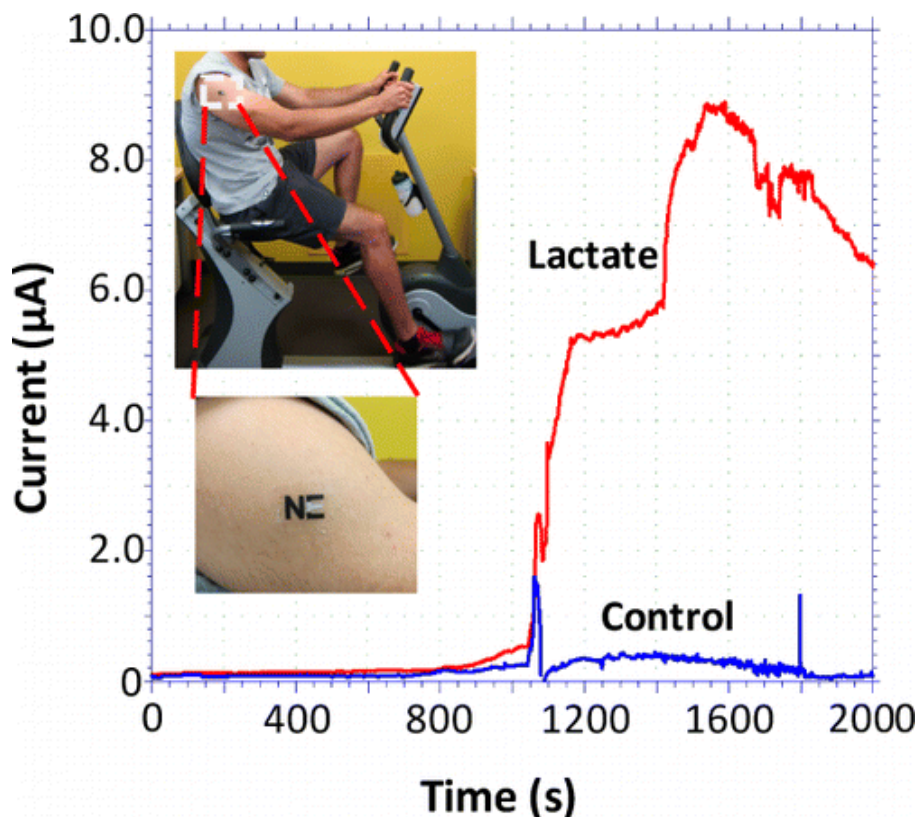
Stroomlevering

- 12 Leg uit hoe in deze sensor de elektronenstroom zal gaan, *van de anode naar de kathode* of *van de kathode naar de anode*.

Met de omzetting van lactaat wordt dus stroom opgewekt. In figuur 2 staat een I-t diagram van de sensor bij een meting aan een proefpersoon.

- 13 Leg uit waardoor de stijgingen van de stroom worden veroorzaakt bij ongeveer 1100 s en bij ongeveer 1400 s.

Met dit diagram kun je uitrekenen hoeveel mg lactaationen in een bepaalde tijdsduur wordt omgezet.



Figuur 2

Bron: http://joewang.ucsd.edu/index.php?option=com_content&task=view&id=17&Itemid=35

Je kunt met behulp van de formule $Q = I \cdot t$ de hoeveelheid lading uitrekenen. Hierin is Q de lading in Coulomb, I de stroomsterkte in A (ampère) en t de tijd in seconden.

- 14 Bereken met behulp van de formule $Q = I \cdot t$, de hoeveelheid lading die door de sensor stroomt tussen $t = 1150$ s en $t = 1400$ s. Neem voor de I de gemiddelde waarde in die periode.
- 15 Bereken met een gegeven in Binas tabel hoeveel mol elektronen zijn gepasseerd in deze periode.
- 16 Bereken het aantal mg lactaat dat in deze periode is omgezet.

Het lactaat ontstaat uit glucose.

- 17 Noteer de reactievergelijking voor de omzetting van glucose in lactaationen.
- 18 Bereken hoeveel glucose de proefpersoon tussen 1150 en 1400 seconden heeft omgezet.

Voor het vermogen geldt $P = U \cdot I$, waarin P = vermogen in Watt, U = spanning in volt en I = stroomsterkte in ampère. In het artikel staat dat de sensor een vermogen leverde van 4 microwatt.

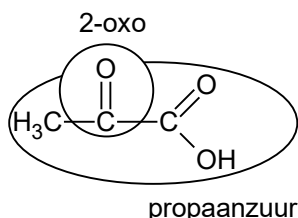
- 19 Bereken hoe groot de spanning van de sensor was bij de gemiddelde stroomsterkte in de periode van 1150-1400 seconden.

De onderzoekers van de University of California San Diego willen hun sensor efficiënter maken.

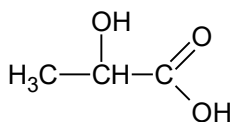
- 20 Noem een aspect dat zij zouden kunnen verbeteren zodat de sensor efficiënter wordt.

Tijdelijke tatoeage haalt stroom uit zweet

- 1 Ze hoeven geen bloed meer te laten aftappen.
- 2 Bij een hoger lactaatgehalte in het bloed krijg je ook een hoger lactaatgehalte in het zweet.
- 3 Zweet is lichaamsvocht net als bloed. De concentratie lactaat in bloed en in zweet zal dus met elkaar samenhangen.
- 4 $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O$
- 5 Binas tabel 65: 2-oxopropaanzuur.
- 6



7

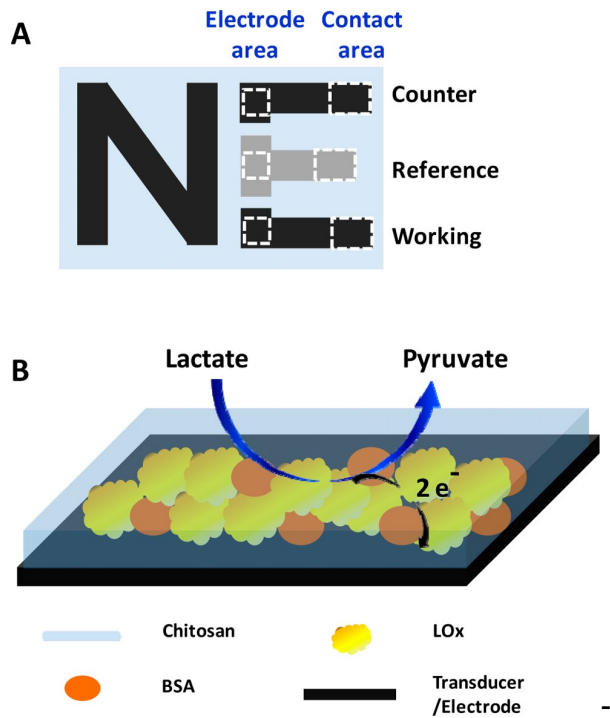


- 8 Molecuulformule melkzuur is $C_3H_6O_3$; afsplitsing van de H van de $-COOH$ groep levert zuurrest op: $C_3H_5O_3^-$.
- 9 Dit is het enzym dat lactaat omzet in pyruvaat.
- 10 $C_3H_5O_3^- \rightarrow C_3H_3O_3^- + 2 H^+ + 2 e^-$
- 11 $O_2 + 4 H^+ + 4 e^- \rightarrow 2 H_2O$
- 12 De elektronen stromen van de anode naar de kathode, via het "lampje": bij de anode komen elektronen vrij en bij de kathode zijn ze nodig.
- 13 Bij ongeveer 1100 s begint het anaerobe proces, bij ongeveer 1400 s gaat de proefpersoon harder fietsen.
- 14 Controlestroom $0,15 \mu A$, Gemiddelde stroomsterkte lactate: $5,4 \mu A$.
 $Q = I \cdot t = (5,4 - 0,15) \cdot 10^{-6} \cdot 250 = 1,31 \cdot 10^{-3} C$.
- 15 Binas tabel 7: Constante van Faraday $9,645 \cdot 10^4 C mol^{-1}$.
 $1,31 \cdot 10^{-3} C \equiv 1,31 \cdot 10^{-3} / 9,645 \cdot 10^4 = 0,13 \cdot 10^{-7} mol$ elektronen.
- 16 $0,13 \cdot 10^{-7} mol$ elektronen $\equiv 0,13 \cdot 10^{-7} / 2 mol C_3H_5O_3^- \equiv$
 $0,066 \cdot 10^{-7} \times (3 \cdot 12,01 + 5 \cdot 1,008 + 3 \cdot 16,00) = 0,066 \cdot 10^{-7} \times 89,07 = 5,65 \cdot 10^{-7} g = 0,57 \cdot 10^{-3} mg$ lactaationen.
- 17 $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_3H_5O_3^- + 2 H^+$
- 18 $0,066 \cdot 10^{-7} mol C_3H_5O_3^- \equiv 0,033 mol C_6H_{12}O_6 \equiv 0,033 \cdot 10^{-7} \times 180,16 = 5,9 \cdot 10^{-7} g =$
 $0,59 \cdot 10^{-3} mg$ glucose
- 19 $P = U \cdot I$; $4 \cdot 10^{-6} = U \cdot (5,4 - 0,15) \cdot 10^{-6} \rightarrow U = 4 \cdot 10^{-6} / 5,25 \cdot 10^{-6} = 0,76 V$.
- 20 Mogelijke antwoorden: oppervlakte van de elektroden optimaliseren, overdracht elektronen van "oplossing met lactase" naar elektrode optimaliseren.

- Bron artikel: <http://www.nu.nl/tech/3851926/tijdelijke-tatoeage-haalt-stroom-zweet.html>

- Voor video zie: http://www.youtube.com/watch?v=3_D7JOd07M8

Schematische voorstelling plaktatoeage (bron: Wenzhao Jia, e.a. (2013), *Electrochemical Tattoo Biosensors for Real-Time Noninvasive Lactate Monitoring in Human Perspiration*, *Anal. Chem.*, 85, 6553–6560)



(A) Schematic illustration of a three-electrode “NE” tattoo biosensor for electrochemical epidermal monitoring of lactate. (B) Constituents of the reagent layer of the working electrode which is coated by biocompatible polymer (chitosan).

NAAR 50 KM OP ZOETJES, KAARSVET EN LACHGAS

Klas:	3 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Verbranding, beginstoffen-reactieproducten
Trefwoorden	Lachgas, raket
Vaardigheidsvraag	Informatieselectievraag

Technische weekblad, 23 juni 2014

Naar 50 km op zoetjes, kaarsvet en lachgas

Studenten TU Delft willen eigen hoogterecord breken met zelfgebouwde raket

Mischa Brendel

Begin oktober zal de studentenvereniging voor raketbouwers, DARE (Delf Aerospace Rocket Engineering) met een zelfgebouwde raket proberen het Europese hoogterecord van 12,5 km te verbreken.

Dit record werd in 2009 gevestigd en staat al op naam van DARE. Maar waar de Stratos I een tweetrapsraket was met alleen vaste brandstof aan boord, heeft Stratos II een zogenoemde hybride aandrijving met vaste en vloeibare brandstof.

Op 12 juni opende aan de TU Delft het Korolevlab: een eigen locatie voor DARE-studenten om aan hun project te werken bij de faculteit elektrotechniek, wiskunde en informatica. De opening van het Korolevlab werd meteen aangegrepen door de leden van DARE om Stratos II aan de buitenwereld te tonen.

Met een lengte van bijna 7 m is Stratos II een stuk groter dan zijn voorganger, die net onder de 4 m bleef. Die lengte is vooral nodig voor de extra brandstof die de raket mee moet nemen om tot een hoogte van 50 km te komen.

‘De vaste brandstof in de raket bestaat uit een ongebruikelijke mix van koffiezoetjes, kaarsvet en aluminiumpoeder’, grapt projectleider Rob Hermesen. Het gaat natuurlijk niet om deze stoffen zelf, maar om enkele van de bestanddelen, licht hij toe: ‘De eerste twee zijn in werkelijkheid sorbitol en paraffine. De vloeibare brandstof, de oxidator, is N_2O , lachgas.’

De vaste brandstof bevindt zich onderin de raket; de oxidator wordt hier via een injector overheen gespoten. Allereerst moet de verbrandingskamer echter worden opgewarmd en daarna moet de brandstof worden ontstoken. Hermesen: ‘We vullen de verbrandingskamer met wat lachgas en sturen dan een klein beetje stroom door een ontsteker, waardoor een bolletje staalwol gaat vonken. Dat is samen met een beetje lachgas voldoende om de kamer op te warmen voor de echte ontsteking.’ De studenten hebben de motor van Stratos II geheel zelf ontwikkeld, maar hebben daarbij wel advies gekregen vanuit het bedrijfsleven, waaronder hoofdsponsor Dutch Space.

Eenmaal gestart, brandt de motor circa 20 s lang, waarbij deze de raket versnelt tot 100 km/h in 0,7 s. ‘De topsnelheid ligt rond de Mach 4’, aldus Hermesen. Dat is viermaal de snelheid van het geluid, bijna 5.000 km/h.

De 180 kg wegende raket neemt ongeveer 75 kg aan vloeibare en 25 kg aan vaste brandstof mee; de rest van het gewicht is van de raket zelf en van de payload. Die payload bestaat uit drie experimenten. Het bedrijf Delft Dynamics stuurt een camera met zendapparatuur mee in een poging de camera beelden live naar de grond te laten streamen. Het tweede experiment komt van de Radboud Universiteit Nijmegen, die tijdens de vlucht radiogolven uit de ruimte probeert op te vangen, om te onderzoeken tot hoever deze doordringen in de atmosfeer. Experiment drie is afkomstig van een Hongaarse universiteit: met een zelfgebouwde geigerteller willen de studenten onderzoeken hoeveel straling er tijdens de vlucht de raket bereikt en hoeveel er wordt tegengehouden door de atmosfeer.

Hoewel Stratos II tijdens de parabolische vlucht ook een deel van de data naar de grond stuurt via een radioverbinding, worden de meeste gegevens lokaal opgeslagen, wat een veilige landing van de neus met hierin de payload noodzakelijk maakt. ‘Om hiervoor te zorgen heeft Stratos II twee

parachutes', vertelt Martin Olde, lid van het ontwikkelteam van de neus van de raket. Om te zorgen dat deze op tijd loslaat van de raket en de parachutes op tijd opengaan, gebruikt Stratos II diverse sensoren, waaronder een luchtdruksensor en een versnellingsmeter. Ook meet de raket de sterkte van het aardmagnetisch veld. Olde: 'Nadat de maximale hoogte is bereikt, maakt de neus zich los en opent de eerste parachute. Maar omdat de lucht op die hoogte zo ijl is, zal de raket pas echt gaan afremmen op een hoogte van 35 km.' Op 3 km hoogte opent ook de tweede parachute, zodat de neus uiteindelijk veilig neerkomt.

Eind september vertrekt het DARE-team naar de lanceerbasis in Zuid-Spanje; op 1, 2, of 3 oktober, afhankelijk van de weersomstandigheden, mogen de studenten hun raket de lucht in schieten.

Koffiezoetjes, kaarsvet en aluminiumpoeder worden gebruikt als brandstof.

- 1 Leg uit of je uit de tekst kunt afleiden of koffiezoetjes uit een zuivere stof of een mengsel bestaan.

Om een verbranding te laten optreden, moet er aan drie voorwaarden worden voldaan.

- 2 Aan welke drie voorwaarden moet er worden voldaan?

Eén van deze voorwaarden is bij de raket anders dan bij een 'normale' verbranding.

- 3 Leg uit welke voorwaarde dat is.

Voordat de brandstof wordt ontstoken, moet eerst de ontbrandingskamer worden verwarmd. Dit gebeurt door een reactie van staalwol met lachgas.

- 4 Wat kun je hieruit afleiden over de ontbrandingstemperatuur van staalwol in vergelijking met die van aluminiumpoeder?

Één van de brandstoffen in de raket is sorbitol (molecuulformule $C_6H_{14}O_6$).

- 5 Geef in een reactievergelijking de volledige verbranding van sorbitol weer.
- 6 Geef in een reactievergelijking de reactie van sorbitol met lachgas weer. Hierbij ontstaat onder andere stikstofgas.

Paraffine is een mengsel van koolwaterstoffen met een formule C_nH_{2n+2} . Deze stoffen heten alkanen. Wanneer $n=1$ is de formule CH_4 . Dit is de formule voor methaan. Dit is het hoofdbestanddeel van aardgas. Wij kennen ook butaan als hoofdbestanddeel van butagas. Bij butaan is $n=4$.

- 7 Geef de molecuulformule van butaan.
- 8 Geef de vergelijking voor de reactie van paraffine met lachgas. Gebruik voor paraffine $n=12$.

In de brandstof zit ook aluminiumpoeder.

- 9 Geef de formule van de stof aluminium.
- 10 Geef de naam van de stof die ontstaat wanneer aluminium met zuurstof reageert.

De titel van het artikel is een grapje van projectleider Rob Hermsen.

- 11 Leg uit of je vindt dat de titel van het artikel de lading van het artikel dekt.

De raket wordt gebouwd door een studentenvereniging in Delft, waardoor je de indruk kunt krijgen dat het om een gewone wedstrijd gaat. In het artikel staan twee zaken genoemd waaruit blijkt dat het serieuzer is dan een gewone wedstrijd.

12 Noem die twee zaken.

Naar 50 km op zoetjes, kaarsvet en lachgas

- 1 Koffiezoetjes zijn een mengsel, want de projectleider licht toe dat het gaat om enkele van de bestanddelen.
- 2 Er moet een brandstof aanwezig zijn, zuurstof en de ontbrandingstemperatuur.
- 3 Er is geen zuurstof aanwezig, maar lachgas dat het zuurstof moet leveren.
- 4 De ontbrandingstemperatuur van aluminiumpoeder is blijkbaar hoger dan van staalwol, anders was de ontsteking niet nodig.
- 5 $2 \text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6 + 13 \text{O}_2 \rightarrow 12 \text{CO}_2 + 14 \text{H}_2\text{O}$
- 6 $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6 + 13 \text{N}_2\text{O} \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 13 \text{N}_2 + 7 \text{H}_2\text{O}$
- 7 C_4H_{10}
- 8 $\text{C}_{12}\text{H}_{26} + 37 \text{N}_2\text{O} \rightarrow 12 \text{CO}_2 + 13 \text{H}_2\text{O} + 37 \text{N}_2$
- 9 Al(s)
- 10 Aluminiumoxide.
- 11 *Ja*, twee van de drie brandstoffen in de nieuwe raket worden ludiek maar ook behoorlijk correct beschreven.
Nee, de gebruikte brandstoffen worden te eenvoudig voorgesteld.
- 11 Het is de vereniging van studenten in de raketbouw. Er gaan drie experimenten mee van bedrijven en universiteiten, waarmee onderzoek wordt gedaan.

Opmerking bij antwoord vraag 4: Waarschijnlijk is het aluminiumpoeder gemengd met sorbitol en dus minder toegankelijk om de reactie op gang te brengen.

KRYPTON DATEERT EEUWIG IJS

Klas	4hv
Subdomein	Deeltjes modellen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Atoommodel
Trefwoorden	Krypton, isotoop, halfwaardetijd
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W, 6 juni 2014

KRYPTON DATEERT EEUWIG IJS

Aan de hand van kryptonisotopen kun je ijsmonsters dateren die al anderhalf miljoen jaar bevroren zijn, melden onderzoekers van Oregon State University in *PNAS*. Wat ze doen lijkt op koolstof-14-datering. Door inwerking van kosmische straling in de hogere luchtlagen wordt stabiel krypton-83 omgezet in radioactief krypton-81. In de atmosfeer krijg je een evenwicht, waarbij die laatste isotoop even snel wordt aangevuld als dat hij uiteenvalt. Maar in luchtbelletjes in ijs, waar die straling moeilijk bij komt, loopt het krypton-81-gehalte langzaam terug. Wat overblijft, is een maat voor de leeftijd van die belletjes. De halfwaardetijd van krypton-81 is ongeveer 230.000 jaar, dus in principe kun je veel verder terug dan met koolstof-14. Alleen heb je het overdermate lage concentraties dat een betrouwbare meting tot voor kort onmogelijk was.

In 2011 hebben fysici van het Argonne National Laboratory (VS) echter een



nieuw detectie-apparaat ontwikkeld, de Atom trap trace analysis, dat desnoods letterlijk atomen kan tellen. Daarmee is het nu gelukt om Zuidpoolijs te dateren door vier blokken van elk 350 kilogram te smelten, alle opgesloten lucht op te vangen en de oogst aan radio-isotopen te meten. Dit monster bleek 'slechts' 120.000 jaar oud, maar technisch gezien moet je tot anderhalf miljoen jaar terug kunnen gaan. Om zo de hypothese te testen dat er 800.000 jaar geleden een grote klimaatverandering is geweest. |

Men denkt dat er 800.000 jaar geleden een grote klimaatverandering is geweest. Een nieuw apparaat kan zeer lage concentraties atomen detecteren. Aan de hand van isotopen van krypton kun je daarmee ijsmonsters dateren tot 1,5 miljoen jaar geleden.

1 Wat zijn isotopen?

Door middel van kosmische straling wordt stabiel krypton-83 omgezet in radioactief krypton-81.

- 2 Noteer de kernsamenstelling van het radioactieve krypton-81.
- 3 Wat heeft er bij het ontstaan van krypton-81 plaatsgevonden in de kernen van krypton-83?

De hoeveelheid krypton-81 blijft in de atmosfeer stabiel.

- 4 Licht toe hoe dat kan.

In luchtbelletjes in het ijs loopt het gehalte krypton-81 langzaam terug.

- 5 Waarom blijft in die luchtbelletjes het gehalte krypton-81 niet stabiel?

De halfwaardetijd is de tijd waarin de helft van de hoeveelheid radioactieve stof omgezet is.

- 6 Waarom kun je met behulp van de isotopen van krypton veel verder terug in de tijd als bij de C-14 koolstofdatering?
- 7 Bereken hoeveel procent van de oorspronkelijke hoeveelheid Kr-81 na 1,5 miljoen jaar nog aanwezig is.

Krypton dateert eeuwig ijs

- 1 Isotopen zijn atomen met hetzelfde atoomnummer maar een verschillend massagetal, dus met eenzelfde aantal protonen maar een verschillend aantal neutronen in de atoomkern.
- 2 Krypton-81: kern met 36 protonen en $81-36=45$ neutronen.
- 3 Er zullen twee neutronen uitgestoten zijn want het massagetal is met twee afgenomen.
- 4 De omzetting van krypton-83 in krypton-81 is in evenwicht met de afbraak van krypton-81.
- 5 In die ingesloten luchtbelletjes dringt geen kosmische straling door zodat alleen de afbraak van krypton-81 (Kr-81) plaatsvindt.
- 6 De halfwaardetijd van Kr-81 is ongeveer 230000 jaar terwijl de halfwaardetijd van C-14 slechts 5730 jaar is. Dus Kr-81 vervalt veel langzamer, daardoor kun je nog veel langer de overgebleven atomen (via de radioactiviteit) meten.
- 7 Dan is er $1500000/230000 = 6,5$ x de halfwaardetijd gepasseerd dus heb je nog $1/2^{6,5} \times 100\% = 1,1\%$ van de oorspronkelijke hoeveelheid Kr-81 over.

ENZYM DUIKT IN FURANEN

Klas	5,6v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen naar reactieproducten; redoxreacties
Trefwoorden	Redox, HMF, FDCA
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W, 6 juni 2014

ENZYM DUIKT IN FURANEN

Oxidase kan vier stappen van PEF-productie in zijn eentje aan.

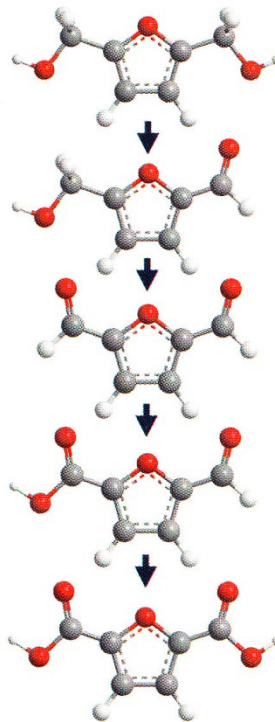
Eén natuurlijk enzym kan de complete oxidatie van 5-hydroxymethylfurfural (HMF) tot furan-2,5-dicarboxylzuur (FDCA) katalyseren. Dat maakt de productie van bioplastics veel simpeler, suggereert een Groningse publicatie in *Angewandte Chemie*.

Willem Dijkman en Marco Fraaije presenteerden HMF-oxidase (HMFO) eerder dit jaar in *Applied Environmental Microbiology*. Het gen komt uit de bodembacterie *Methylovorus* sp. MP688, en is overgeplaatst in *E.coli* om grotere hoeveelheden in handen te krijgen. Volgens de auteurs is het het eerste enzym dat überhaupt HMF oxideert. Het Nederlandse bedrijf Avantium, dat dit proces op industriële schaal wil gaan uitvoeren als onderdeel van de productie van colaflesjes uit plantensuikers, gebruikt een niet-enzymatische katalysator.

Inmiddels is duidelijk dat HMFO afhankelijk is van flavine adenine dinucleotide (FAD) als cofactor, en dat het een zeldzaam breed palet aan substraten oxideert. In principe 'pakt' het alleen alcoholen, maar aldehyden zijn ook welkom op momenten dat ze even worden gehydrateerd tot een zogeheten gem-diol. Vandaar dat het alledrie de stappen van HMF naar FDCA kan verzorgen, en ook nog de stap van (5-hydroxymethylfuran-2-yl)methanol naar HMF die er vlak voor zit. En dat kan

allemaal bij kamertemperatuur en omgevingsdruk, zodat het energieverbruik stukken lager is dan bij Avantium.

Nadeel is dat met name de laatste oxidatiestap heel traag verloopt. Het duurt 24 uur om een conversie van 95 procent te halen. Het enzym houdt het daar overigens wel lang genoeg voor uit. (ADIJ) |



HMFO in actie; tweede van boven is HMF.

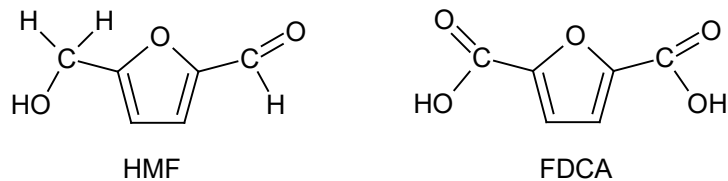
Natuurlijke (hernieuwbare) grondstoffen vormen een ideale basis voor de chemische industrie van de toekomst. Maar hun omzetting is soms moeilijk met de traditionele chemie.

- 1 Hoe wordt in dit artikel de katalysator aangeduid voor de nu nog vaak gebruikelijke omzetting van planten?

Groningse onderzoekers hebben ontdekt dat één enzym de complete oxidatie van HMF tot PDCA kan katalyseren.

- 2 Welk enzym is dat?
- 3 Leg uit dat slechts weinig van dit enzym nodig zal zijn.

In de tekening in het artikel staan vier opeenvolgende oxidatiestappen weergegeven die het enzym kan katalyseren. Toelichting: grijze bolletjes zijn C-atomen, rode (in zw/w donkergrijze) bolletjes zijn O-atomen en witte (in zw/w lichtgrijze) bolletjes H-atomen. Als voorbeeld zijn hieronder de structuurformules van HMF (de tweede structuur) en FDCA (de vijfde structuur) weergegeven.



- 4 Geef de vergelijkingen van de halfreacties van alle omzettingen die in de tekening staan in structuurformules weer.

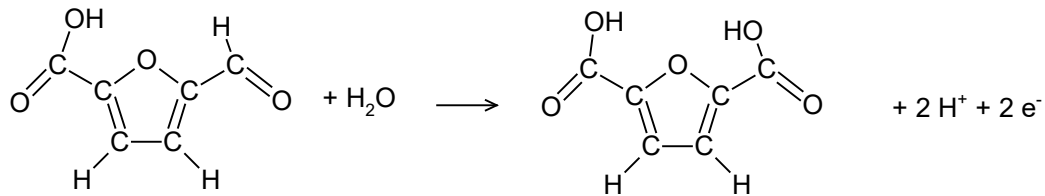
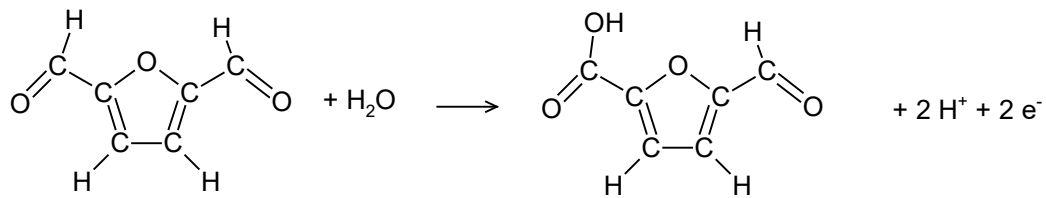
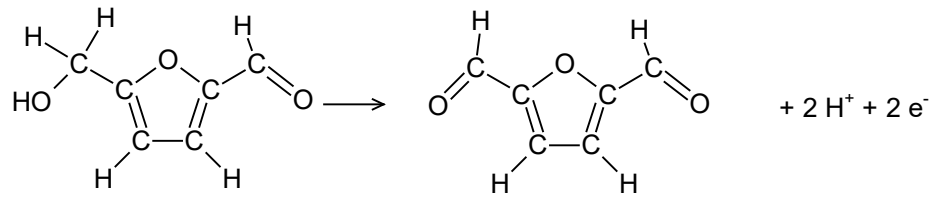
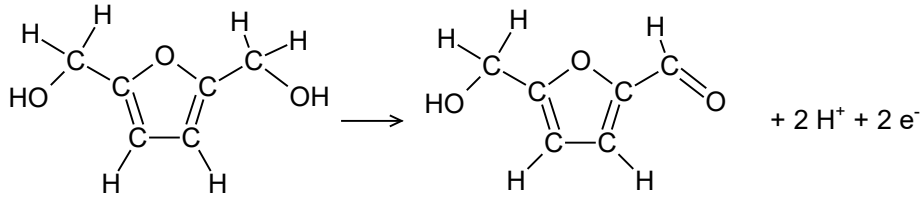
Het bedrijf Avantium gaat uit plantensuikers (zoals HMF) PEF flesjes gaan produceren voor Coca Cola. Het nieuwe proces heeft een groot voordeel maar ook een groot nadeel vergeleken met het proces van Avantium.

- 5 Welk groot voordeel en welk groot nadeel worden genoemd?

Enzym duikt in furanen

- 1 Niet-enzymatisch.
- 2 HMF-oxidase (HMFO).
- 3 Een enzym is een bio-katalysator en wordt dus wel gebruikt maar niet verbruikt en kan dus steeds opnieuw zijn werk doen.

4



- 5 Voordeel: het energieverbruik ligt stukken lager. Nadeel: de laatste oxidatiestap verloopt zeer traag.

TE SIMPEL

Klas	5,6v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen naar reactieproducten; redoxreacties
Trefwoorden	Redox, HMF, FDCA, paraxyleen, koelen
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W, 22 augustus 2014

TE SIMPEL

Na het lezen van het bericht 'Enzym duikt in furanen' in C2W10 van 6 juni 2014 voelde cto dr. Gert-Jan Gruter van Avantium zich geroepen om de katalytische productie van furaandicarbonsuur (FDCA) en polyetheenfuraandicarboxylaat (PEF) nader toe te lichten:

Het bericht in C2W gaat over een enzym dat de complete oxidatie van HMF naar FDCA kan katalyseren, waardoor het de productie van bioplastics simpeler maakt. En dat bij kamertemperatuur 'zodat het energieverbruik stukken lager is dan bij Avantium'. Het enige nadeel zou zijn dat de laatste oxidatiestap 24 uur nodig heeft om tot een conversie van 95 procent te komen.

PROEFFABRIEK

Het lijkt volgens Gruter echter wat voorbarig om te stellen dat de genoemde oxidase de productie van bioplastics simpeler en energiezuiniger maakt:

- De oxidatie van het uitgangsmateriaal hydroxymethylfurfural (HMF) naar het PEF-monomeer FDCA gaat in drie stappen: HMF (alcohol/aldehyde) → diformylfuraan (DFF, dialdehyde) → formylfuraanzuur (FFCA, aldehyd/carbonsuur) → FDCA (dicarbonsuur). Het katalysatorsysteem van Avantium kan deze stappen ook in één keer aan en heeft daar een uur voor nodig. Dit proces heeft zich bewezen in een continue proeffabriek en haalt een conversie voor de laatste stap van meer dan 99 procent.

- Een FDCA-product met 5 procent FFCA) zou onbruikbaar zijn voor polymerisatie naar PEF, omdat intermediären de polymerisatie hinderen. Bovendien is het

enorm lastig om FFCA te scheiden van FDCA.

- De omzetting van paraxyleen naar tereftaalzuur gaat ook met één katalysatorsysteem in één proces. Het gaat hierbij om acht stappen: $\text{CH}_3 \rightarrow \text{CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{CHO} \rightarrow \text{COOH}$ voor iedere CH_3 -groep.

- Verder is de oxidatie van HMF net als die van paraxyleen sterk exotherm. Een proces bij hoge temperatuur is dus een voordeel; koeling vindt plaats door verdamping en netto wordt in moderne oxidatiefabrieken energie gegenereerd.

Het opereren van een sterk exotherme reactie bij kamertemperatuur kost veel meer energie door de benodigde koeling en is daarom niet voordeliger.

- Tot slot lossen FDCA en de precursor FFCA slecht op in water bij kamertemperatuur. In een enzymatische reactie wordt daarom een zout van FDCA gemaakt. Er zijn twee equivalenten zuur nodig om het dicarboxylaat om te zetten in het dicarbonsuur en er worden daarbij twee equivalenten zout gevormd.

TOEKOMST

RUG-hoogleraar Marco Fraaije, een van de auteurs van de publicatie waarop het bericht in C2W groten-deels is gebaseerd: "Het artikel gaf duidelijk aan dat Avantium veel verder

is met het FDCA-proces. De boodschap van ons verhaal was dat het oxidase het eerste enzym is waarvan bekend is dat het furanen kan oxideren en HMF tot FDCA kan omzetten. Daarbij is het vrij uniek dat één enzym vier vervolgreacties katalyseert. Verder stelt Fraaije dat procesparameters als de reactiesnelheid en de conversiegraad van het enzymatische proces via toekomstig R&D mogelijk verder verbeterd kunnen worden. Het enzym kan wellicht in de toekomst van nut zijn voor de industriële productie van FDCA."

ENZYM DUIKT IN FURANEN

Oxidase kan vier stappen van PEF-productie in zijn eentje aan.

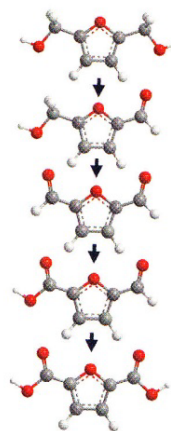
Eén natuurlijk enzym kan de complete oxidatie van 5-hydroxymethylfurfural (HMF) tot furan-2,5-dicarboxylzuur (FDCA) katalyseren. Dat maakt de productie van bioplastics veel simpeler, suggereert een Groningse publicatie in *Angewandte Chemie*.

Willem Dijkman en Marco Fraaije presenteerden HMF-oxidase (HMFO) eerder dit jaar in *Applied Environmental Microbiology*. Het gen komt uit de bodembacterie *Methylovorus* sp. MP688, en is overgeplaatst in *E. coli* om grotere hoeveelheden in handen te krijgen. Volgens de auteurs is het het eerste enzym dat überhaupt HMF oxideert. Het Nederlandse bedrijf Avantium, dat dit proces op industriële schaal wil gaan uitvoeren als onderdeel van de productie van colaflesjes uit plantensuikers, gebruikt een niet-enzymatische katalysator.

Inmiddels is duidelijk dat HMFO afhankelijk is van flavine adenine dinucleotide (FAD) als cofactor, en dat het een zeldzaam breed palet aan substraten oxideert. In principe 'pakt' het alleen alcoholen, maar aldehyden zijn ook welkom op momenten dat ze even worden gehydrateerd tot een zogeheten gem-diol. Vandaar dat het alledrie de stappen van HMF naar FDCA kan verzorgen, en ook nog de stap van (5-hydroxymethylfuran-2-yl)methanol naar HMF die er vlak voor zit. En dat kan

allemaal bij kamertemperatuur en omgevingsdruk, zodat het energieverbruik stukken lager is dan bij Avantium.

Nadeel is dat met name de laatste oxidatiestap heel traag verloopt. Het duurt 24 uur om een conversie van 95 procent te halen. Het enzym houdt het daar overigens wel lang genoeg voor uit. (ADI)



HMFO in actie; tweede van boven is HMF.

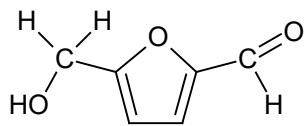
Naar aanleiding van het artikel “Enzym duikt in furanen” heeft dr. Gert-Jan Gruter van Avantium gereageerd door een nadere toelichting te geven op de stappen van hun katalytische proces.

- 1 Op welke uitspraak uit het artikel “Enzym duikt in furanen” heeft dr. Gruter met name gereageerd?

HMF en FDCA

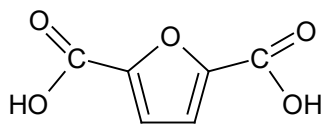
De productie van 2,5-furaandicarbonzuur, FDCA, uit 5-hydroxymethylfurfural, HMF, wordt in de reactie van dr. Gruter nader toegelicht.

Uit glucose wordt eerst HMF bereid. In drie stappen wordt vervolgens FDCA gemaakt uit HMF.



HMF

5-hydroxymethylfurfural



FDCA

2,5-furaandicarbonzuur

In de systematische naam van FDCA kom je onder andere de naam furaan tegen.

- 2 Teken de structuurformule van furaan. Licht je antwoord toe.
- 3 Verklaar de aanduiding “2,5” in de naam van FDCA.

Vergelijk de molecuulformule van HMF met de molecuulformule van glucose.

- 4 Wat zal er uit de glucose afgesplitst zijn?

In de naam van HMF kom je furfural tegen.

- 5 Wat geeft de uitgang ‘al’ in furfural aan? Bekijk daarvoor de naam en structuur van HMF.
- 6 Leg uit dat het voorvoegsel ‘5-hydroxymethyl’ slecht één zijgroep weergeeft en geen twee verschillende.

FDCA uit HMF

De omzetting van HMF in FDCA in het proces van Avantium verloopt in drie deelstappen.

- 7 Leg uit dat deze drie stappen alle drie oxidatiereacties zijn.
- 8 Wat is de functie van het katalysatorsysteem in het proces van Avantium?
- 9 Noteer de vergelijkingen van de halfreacties van deze drie omzettingen in structuurformules.

In het Groningse proces wordt, volgens het artikel “Enzym duikt in furanen”, 5% van de FFCA niet omgezet. Dr. Gruter van Avantium geeft aan dat een FDCA-product met 5% FFCA onbruikbaar zou zijn om het polymeer PEF te maken.

- 10 Waarom zal dr. Gruter dit argument naar voren brengen?

Ook is het heel moeilijk om FDCA en FFCA te scheiden.

11 Licht toe waardoor dit zo moeilijk is.

Oplossen FDCA en FFCA

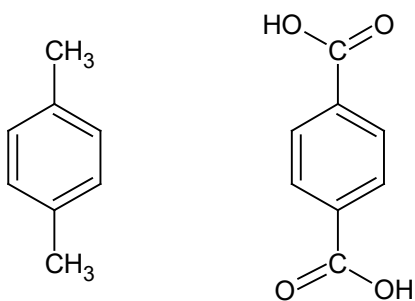
Zowel FDCA als FFCA is oplosbaar in water.

12 Leg aan de hand van de structuurformules uit dat dit eigenlijk niet te verwachten is.

13 Geef een mogelijke verklaring voor de slechte oplosbaarheid.

Tereftaalzuur uit paraxyleen

De omzetting van HMF in FDCA wordt vergeleken met de omzetting van paraxyleen in tereftaalzuur.



paraxyleen

tereftaalzuur

Het betreft voor elke CH₃ groep drie stappen, namelijk drie oxidatiereacties.

14 Geef van elk van de drie stappen de vergelijking van de halfreactie weer. Gebruik als startmolecuul paraxyleen.

Koelen

De oxidatie van zowel HMF als van paraxyleen is sterk exotherm zodat koeling noodzakelijk is.

15 Waarom moet er gekoeld worden? Bij een hogere temperatuur verloopt de reactie toch veel sneller!

16 Leg uit dat door verdamping van bijvoorbeeld water (stoomvorming) koeling plaatsvindt.

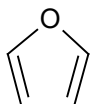
17 Leg uit dat hierdoor in moderne oxidatiefabrieken energie gegenereerd kan worden.

Blijkbaar heeft de redactie van C2W naar aanleiding van de toelichting van dr. Gruter een reactie gevraagd aan hoogleraar Marco Fraaije die deelneemt aan het Groningse onderzoek.

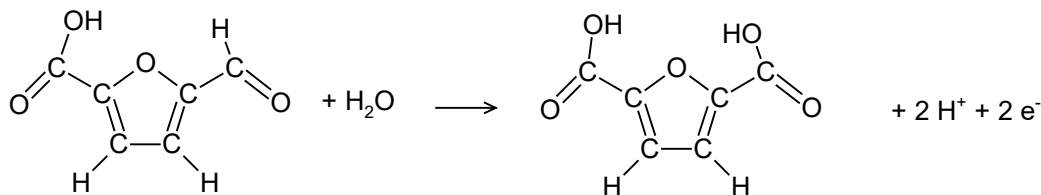
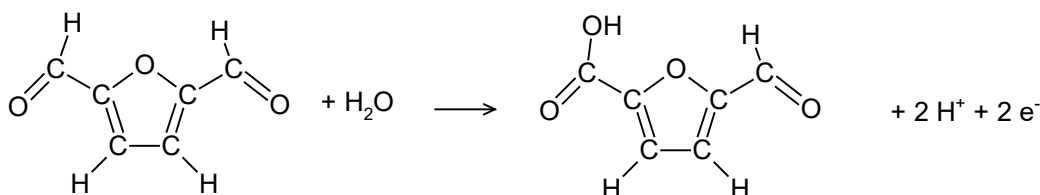
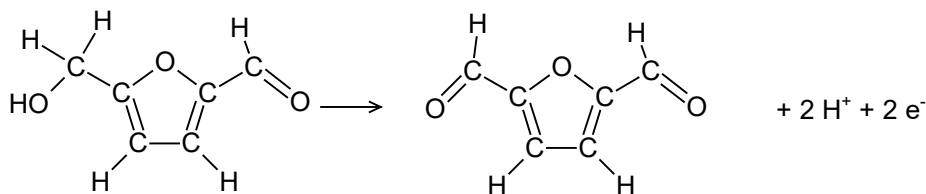
18 Leg uit of hij vindt dat de Groningse aanpak een steek in de rug is voor Avantium

Te simpel

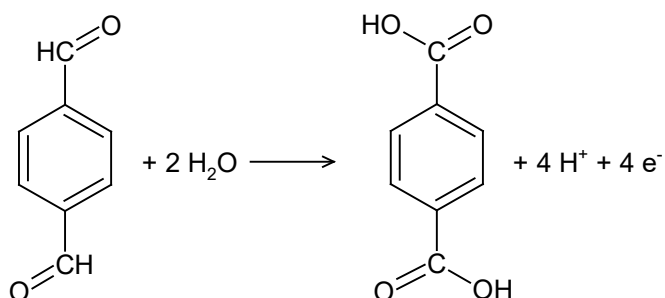
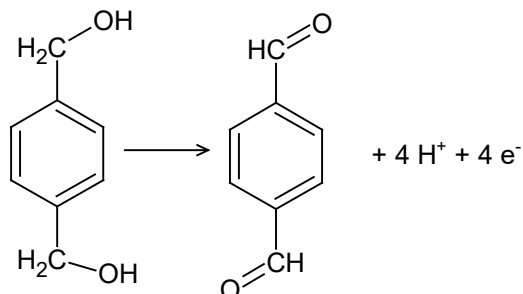
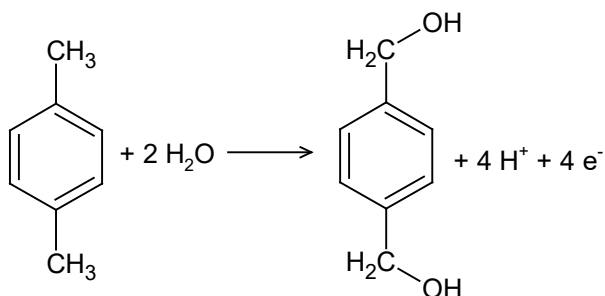
- 1 Op het feit dat in het artikel “Enzym duikt in furanen” onder andere staat dat “het energiegebruik stukken lager is dan bij Avantium”.
- 2 De structuurformule van furaan zal een vijftring hebben met twee C=C bindingen en één O-atoom:



- 3 Er wordt geteld vanaf het O-atoom in de vijftring. Dan zit er aan de tweede C en de vijfde C een zijgroep.
- 4 Glucose: $C_6H_{12}O_6$; HMF: $C_6H_6O_3$. Er zal drie maal H_2O afgesplitst zijn.
- 5 Furaan met een aldehydegroep.
- 6 Aan de vijfde C van de ring zit een methylgroep en aan die methylgroep zit weer een hydroxygroep.
- 7 Achtereenvolgens wordt één alcoholgroep omgezet in een aldehydegroep en de beide aldehydegroepen in carbonzuurgroepen.
- 8 Het katalysatorsysteem zorgt dat specifiek deze reacties verlopen en dat ze bij een lagere temperatuur al voldoende snel zijn.
- 9



- 10 Omdat het proces bij Avantium, zijn bedrijf, FFCA voor meer dan 99% omzet in FDCA en dus geen problemen kent bij polymerisatie naar PEF.
- 11 Het zijn twee stoffen met vrijwel identieke structuurformules en dus hebben de stoffen beide ook vrijwel identieke stoffeigenschappen.
- 12 Zowel moleculen FDCA als moleculen FFCA hebben H-brugvormende en H-brugontvangende groepen.
- 13 De rest van het molecuul is watervrezend en de invloed daarvan zal zo groot zijn dat hierdoor de oplosbaarheid sterk afgenomen is.



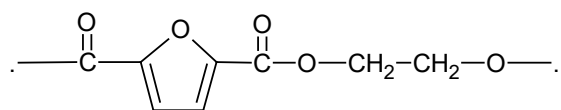
- 15 Bij een hogere temperatuur wordt gevreesd dat de reactie niet meer beheerst kan worden.
 16 Verdampen van water kost energie die aan het proces onttrokken wordt.
 17 De gevormde stoom kan in een turbine stroom opwekken.
 18 Nee, hij geeft alleen aan dat zij één enzym hebben gevonden dat de vier oxidatiestappen aan kan. Ook zegt hij dat ze nog een lange weg te gaan hebben. En dat Avantium veel verder is met het FDCA proces.

Opmerkingen:

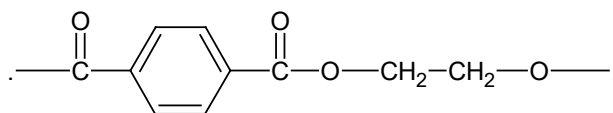
- 1 zie voor het artikel “Enzym duikt in furanen” uit C2W dat rechtsonder in het artikel staat: Chemie Aktueel opgave 1411 8 “Enzym duikt in furanen”.
 2 Tip: Laat de leerlingen eerst werken aan 1411 8 en vervolgens aan 1411 9.
 3 Eventueel kunt u nog onderstaande vragen gebruiken:

PEF en PET

Zowel de gevormde FDCA als tereftaalzuur kunnen gebruikt worden bij de productie van respectievelijk PEF en PET, beide polyesters. In de volgende figuur staan de repeterende eenheden van zowel PEF als PET.



PEF



PET

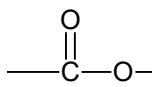
- A Wat kenmerkt een polyester?
- B Welke grondstof is naast FDCA nog nodig om PEF te produceren? Geef de structuurformule en de naam.

De kunststof PEF is 'groener' dan de kunststof PET.

- C Leg uit waarop deze uitspraak gebaseerd kan zijn.

Antwoorden A, B, C

- A De kenmerkende groep in het polymeer is



- B Ethaan-1,2-diol,
HO—CH₂—CH₂—OH
- C De uitgangsstof HMF wordt uit glucose, een natuurproduct, gevormd terwijl paraxyleen uit aardolie gewonnen wordt.

TOT HET LAATSTE KOOLTJE

Klas	4hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen naar reactieproducten
Trefwoorden	Steenkoolvergassing, milieu, CO ₂
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

New Scientist, juni 2014

TOT HET LAATSTE KOOLTJE

Vind je de boringen naar schaliegas te ver gaan? Zet je dan maar schrap. Met een geavanceerde boorteknik is het mogelijk om gas te winnen uit enorme steenkoollagen die tot dusver onbereikbaar waren. Als dat lukt, kunnen we weer eeuwenlang vooruit met fossiele brandstoffen.

Door Fred Pearce

De energiesector heeft zijn oog laten vallen op een oude bekende: steenkool. Mijnbouwbedrijven proberen toegang te krijgen tot enorme steenkoollagen die tot nu toe onbereikbaar waren om die vervolgens in brand te steken. Daarbij komen gassen vrij waarmee energie op te wekken is. De voorraad is zo groot, dat volgens sommigen de mensheid daar generaties lang de vruchten van kan plukken. Anderen zien het als een bron van enorme klimaatproblemen. (...)

Haalbaar

Het verbranden van steenkool om de verbrandingsgassen als brandstof te gebruiken is niets nieuws. Tot zo'n halve eeuw geleden gebruikten velen van ons nog 'fabrieksgas'. Dat werd in fabrieken geproduceerd door kolen in brand te steken, en zodoende te 'vergassen'. Daarbij komt CO₂ vrij dat in de hete omgeving gaat reageren met andere stoffen. Het resultaat is waterstof, koolmonoxide en methaan. (....)

Russische roulette

In feite is de keuze simpel: ofwel we laten brandstoffen onder de grond zitten, ofwel we ontwikkelen een wereldwijde industrie voor de opslag van CO₂ aan de bron. In het geval van UCG moet dan zowel de CO₂ die ontstaat bij de ondergrondse verbranding worden opgeslagen, als de CO₂ die ontstaat bij de verbranding van methaan in elektriciteitscentrales. Volgens veel klimaatwetenschappers is het opslaan van CO₂ de enige optie. UCG biedt daarbij mogelijkheden. Het ter plekke verbranden van kolen laat enorme holtes achter die een ideale plek vormen voor de opslag van overtollig CO₂. En de infrastructuur die nodig is om kolengassen naar het oppervlak te brengen, te reinigen en uit te leveren aan elektriciteitscentrales is ook geschikt om de CO₂ weer af te voeren. (....)

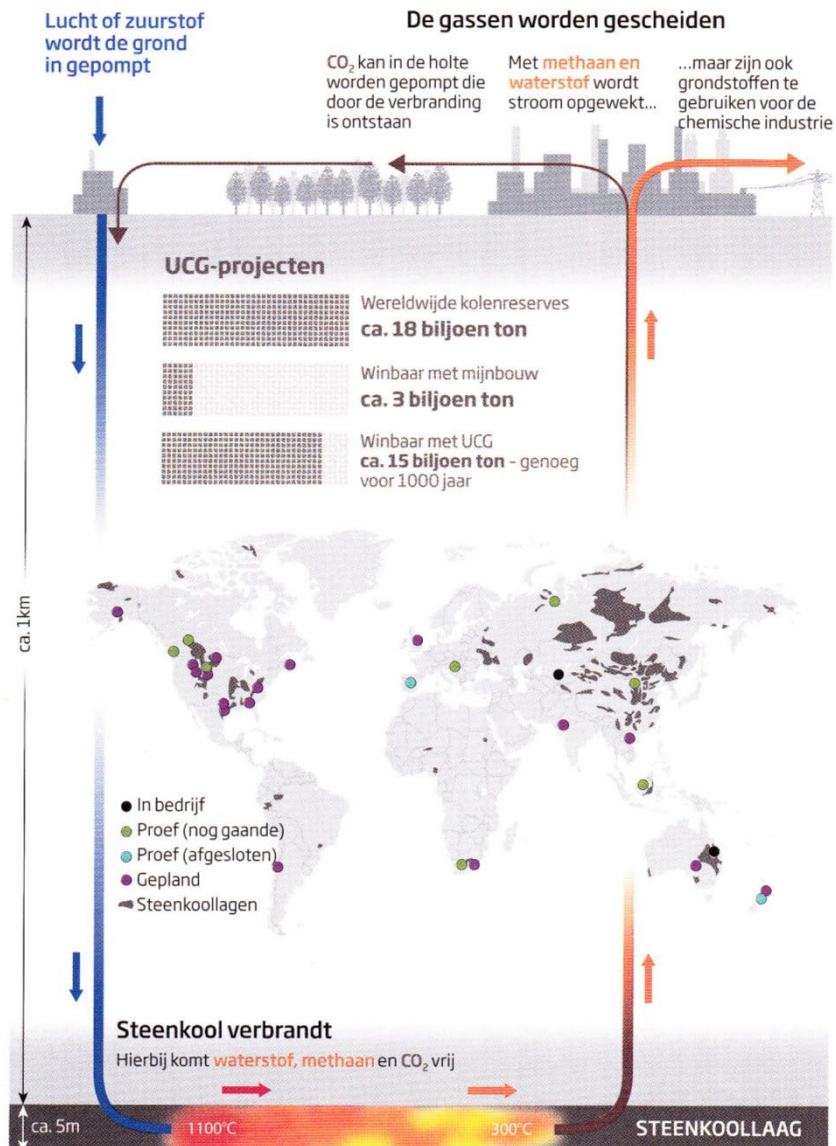
Meer informatie

Bekijk een animatie van Linc Energy over ondergrondse steenkoolverbranding op vimeo.com/61863096

Een uitgebreid interview met Harry Bradbury is te vinden op goo.gl/M2SX8v

Heet onder de voeten

Underground coal gasification (UCG) is een manier om energie te halen uit kolen die niet op de traditionele manier te winnen is. De steenkoollaag wordt in brand gestoken en de verbrandingsgassen worden naar het oppervlak gepompt.



Traditionele energiebronnen worden schaarser. Daarom worden verschillende initiatieven ondernomen om toegang te krijgen tot momenteel nog onbereikbare voorraden. Je kunt daarbij denken aan het winnen van schaliegas maar ook aan processen als UCG.

1 Waar staat de afkorting UCG voor?

Steenkoolvoorraden zitten vaak op grote diepte waardoor winning erg lastig is.

2 Hoe wil men de energie uit die steenkool gaan winnen?

3 Geef de vergelijking van de reactie die daarbij als eerste optreedt in die diep gelegen steenkoollagen.

4 Welke reactieproducten ontstaan daarna ook nog?

5 Leg uit welke elementen de steenkool zeker zal bevatten.

De later gevormde reactieproducten kunnen als brandstof dienen.

6 Welke van de later gevormde reactieproducten kunnen als brandstof dienen?

7 Geef de reactievergelijkingen die optreden als de genoemde stoffen van vraag 6 verbrand worden.

Een probleem is dat bij deze winning en toepassing als brandstof koolstofdioxide ontstaat.

8 Waarom is dat een probleem?

9 Hoe denkt men dit probleem op te lossen?

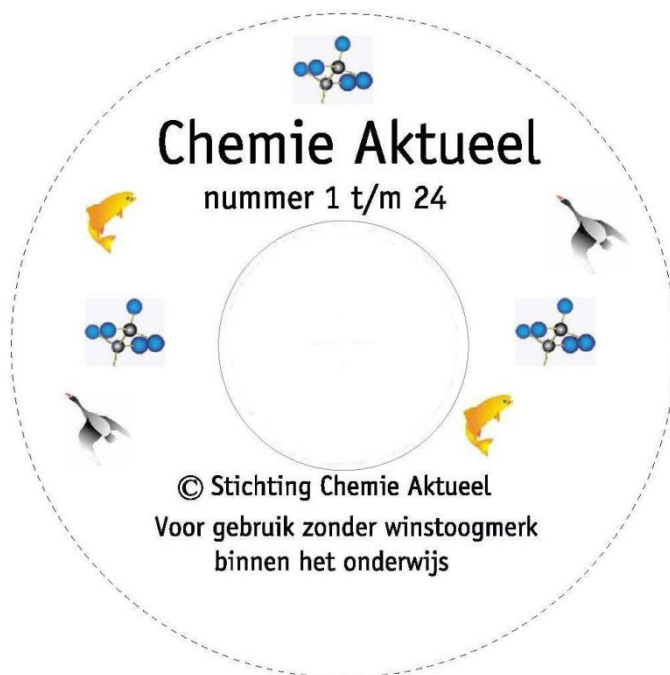
Tot het laatste kooltje

- 1 UCG staat voor Underground Coal Gasification.
- 2 Men wil zuurstof injecteren om daarmee op grote diepte de steenkool te verbranden en de vrijkomende gassen te gebruiken.
- 3 Als eerste: $C + O_2 \rightarrow CO_2$.
- 4 Ook nog ontstaan daarbij waterstof, koolstofmonoxide en methaan.
- 5 Steenkool bevat dus zeker koolstof en waterstof want dat zijn de elementen die naast zuurstof in de producten aanwezig zijn.
- 6 Waterstof, koolstofmonoxide en methaan.
- 7 Waterstof: $2 H_2 + O_2 \rightarrow 2 H_2O$. Methaan: $CH_4 + 2 O_2 \rightarrow CO_2 + 2 H_2O$.
Koolstofmonoxide: $2 CO + O_2 \rightarrow 2 CO_2$
- 8 De vrijkomende koolstofdioxide veroorzaakt een versterkt broeikaseffect waardoor de gemiddelde temperatuur op aarde gaat stijgen.
- 9 Men wil de vrijkomende koolstofdioxide weer opslaan in de bodem.

Cd-roms met opgaven uit Chemie Aktueel

Nummer 1 t/m 75

2000 contextopgaven



25 jaar Contextopgaven (met uitwerkingen) digitaal in Word! In de opgave is het krantenartikel opgenomen alsmede alle tekeningen. Uiteraard zijn ook de uitwerkingen aanwezig. De nummers 1 tot en met 24 zijn in (kopieerbare pdf beschikbaar)

Verzamel cd-rom

Cd-rom 1-24 (ong. 350 opg) € 24,00 (alleen pdf's per nummer)

Cd-rom 25-48 (ong. 600 opgaven) € 52,50

Cd-rom 49-63 (ong. 450 opgaven) € 62,50

Cd-rom 1-75 (ong. 2000 opgaven) € 175,00

(Voor andere samenstelling: neem contact op via info@chemieaktueel.nl)

(nummer 1 is verschenen in 1989, nummer 75 is verschenen in mei 2014)

Cd-rom per jaargang (ong. 75 opg) € 17,50

Bestellen:

stuur een email naar info@chemieaktueel.nl voor uw bestelling (u ontvangt een factuur)

