

STRUVIET DUURZAME VERVANGER KUNSTMESTFOSFAAT

<i>Klas</i>	5 hv
<i>Subdomein</i>	Processen en reacties
<i>Vaardigheid</i>	Informatie
<i>Specificaties</i>	Stofkringloop
<i>Trefwoorden</i>	Struviet, fosfaat, kunstmest, milieu, duurzaam, evenwicht, evenwichtsvoorwaarde, berekening, dubbelzout
<i>Vaardigheidsvraag</i>	Informatiebegripsvraag

www.ad.nl, 19 december 2016

Mannenurine uit de HMH wordt kunstmest

Mannen die in de Heineken Music Hall (binnenkort AFAS live) het toilet bezoeken, dragen vanaf nu ongemerkt bij aan de maak van kunstmest.

De urine in de Amsterdamse concerthal wordt opgevangen in een grote tank die, als hij vol is, naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie gaat van Waterschap Amstel, Gooi en Vecht in het Westelijk Havengebied. Daar wordt het fosfaat uit de plasjes omgezet in struviet, een zeer vruchtbare mestsoort.

In de tank gaat zo'n 13.000 liter urine. Drie volle tanks leveren genoeg struviet op voor de bemesting van een voetbalveld. Gemiddeld brengen zo'n drieduizend mannen per evenement een bezoek aan het toilet.

www.rvo.nl, 26 oktober 2016

Struviet duurzame vervanger kunstmestfosfaat



Struviet is een goed en duurzaam alternatief voor kunstmestfosfaat. Het bespaart energie in de keten en vermindert de CO₂-uitstoot. Dat blijkt uit onderzoek van CE Delft en Centrum voor Landbouw en Milieu (CLM) in nauwe samenwerking met de VAVI (Vereniging voor de Aardappelverwerkende Industrie).

Veelzijdig gebruik

Struviet is vooral geschikt voor biologische teelten, de tuinbouw en sierteelt. Ook gebruik op golfbanen en voetbalvelden is kansrijk. Struviet is een goede vervanger voor fosfaatkunstmest. Het kan bijdragen aan een verdere sluiting van de voedingsstoffenkringloop. Zo is er minder fosforerts nodig. Het sluiten van de kringloop levert een energiebesparing en een CO₂-vermindering van 1,5 ton CO₂-equivalenten per ton struviet op.

Twee processen die toegepast worden voor de behandeling van het blancheerwater uit de aardappelverwerkende industrie zijn:

- fosfaatverwijdering met ijzerchloride;
- fosfaatverwijdering in de vorm van struvietproductie (proces LWM).

Fosfaatverwijdering met ijzerchloride

Naast het verdunnen van het blancheerwater om aan de maximum concentratie fosfaat te voldoen, kan het fosfaat ook worden neergeslagen met behulp van ijzerchloride.

Het fosfaat bindt zich aan de toegevoegde ijzermoleculen, waarna de neerslag kan worden afgescheiden door middel van filtratie, flotatie of bezinking.

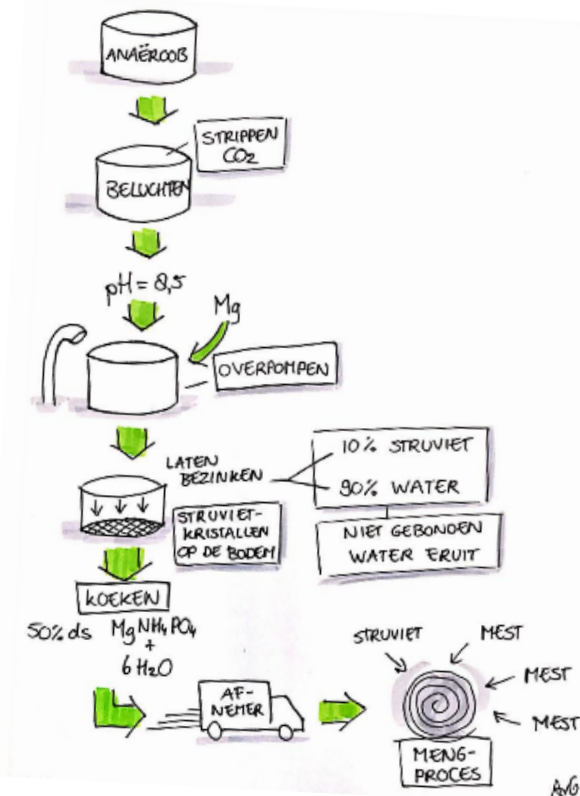
Het afvalwaterproces van LWM

Als eerste gaat het blancheerwater door een anaerobe reactor, waarna het wordt belucht. Na deze stap is de pH verhoogd naar 8,5. Hierna komt het water terecht in een reactor waar magnesium wordt toegevoegd. Vervolgens vindt een bezinkingsstap plaats waardoor de struvietkristallen naar de bodem zinken. Het struviet wordt omgezet in struvietkoeken door water eruit te pompen en de koek samen te persen met een kamfilterpers. De struvietkoek, die wordt gezien als meststof, wordt verkocht en opgemengd tot kunstmest.

Het bedrijf LWM produceert per uur 300 kg struvietkoek (per jaar 1500 ton). De struvietkoek kan een (laag) gehalte aan organisch materiaal en zware metalen bevatten. De hoeveelheden hiervan vormen echter geen belemmering in het gebruik ervan op het land.

Het aandeel zware metalen is namelijk een stuk kleiner dan in een ander type fosfaat dat wordt geïmporteerd vanuit bijvoorbeeld

Zuid-Amerika. De prijs van struviet is niet de doorslaggevende factor voor de productie. Het product wordt verhandeld in de vorm van struvietkristallen met een de volgende chemische formule: $\text{Mg}(\text{NH}_4)\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.



Figuur De productie van struviet bij LWM

In de land- en tuinbouw wordt onder andere 'fosfaat' voor bemesting toegepast. Als alternatief voor kunstmestfosfaat zou de stof struviet kunnen worden gebruikt. Struviet is een mineraal en een dubbelzout. Tevens is het een hydraat.

- 1 Leg uit dat struviet een dubbelzout is.
- 2 Leg uit dat struviet ook een hydraat is.
- 3 Hoe kun je met een eenvoudig proefje bewijzen dat struviet een hydraat is?

In de aardappelverwerkende industrie komt zeer veel afvalwater ('blancheerwater') vrij. Daaruit kan fosfaat worden gewonnen. Hiervoor zijn twee processen in gebruik

IJzerchloride

Bij de fosfaatverwijdering door ijzerchloride vindt een reactie plaats waarbij ijzerfosfaat neerslaat.

- 4 Leg uit dat de naam ijzerchloride niet helemaal volledig is.
- 5 Geef de reactievergelijking waarbij ijzerfosfaat gevormd wordt.

In het artikel staat '*Het fosfaat bindt zich aan de toegevoegde ijzermoleculen...*'.

- 6 Wat klopt er niet aan deze zin?

Proces LWM

De LWM methode wordt zowel voor het blancheerwater van de aardappelindustrie gebruikt als ook voor het verwerken van verzamelde urine bij evenementen.

De eerste stap bij de opwerking van het afvalwater bij LWM is het beluchten, waarbij CO₂ verdwijnt uit het afvalwater.

- 7 Leg uit dat hierdoor de pH van het afvalwater stijgt.

Daarna wordt magnesium toegevoegd.

- 8 Leg uit in welke vorm het magnesium toegevoegd wordt.

Er ontstaat dan een neerslag van struviet.

- 9 Leg uit welk ion dan ook nog aanwezig moet zijn in het afvalwater.
- 10 Geef de vergelijking van de neerslagreactie die daarbij optreedt.

Het gevormde struviet wordt ontwaterd en tot een 'struvietkoek' samengeperst.

Het bedrijf LWM produceert 300 kg struvietkoek per uur en 1500 ton per jaar.

- 11 Laat via een berekening zien of deze getallen met elkaar in overeenstemming zijn. Ga uit van een 24-urig bedrijfsproces gedurende 42 weken per jaar en 5 dagen per week.

Bij het tweede artikel luidt de titel 'Struviet duurzame vervanger kunstmestfosfaat'.

- 12 Verklaar wat met de term duurzaam bedoeld wordt.

vragen 13 t/m 16 alleen voor 5vwo)

De pH van het afvalwater stijgt door beluchting naar pH 8,5. In deze oplossing zijn NH₄⁺-ionen en PO₄³⁻-ionen aanwezig. Je hebt dus een mengsel van een zwak zuur en een zwakke base.

- 13 Geef het evenwicht tussen beide ionen in een vergelijking weer.
- 14 Geef de evenwichtsvoorwaarde van dit evenwicht weer.

- 15 Laat zien dat de evenwichtsvoorwaarde ook geschreven kan worden als $K = \frac{K_{\text{Z}_{\text{NH}_4^+}}}{K_{\text{Z}_{\text{HPO}_4^{2-}}}}$.

- 16 Leg uit of dit evenwicht (bij pH 8,5) links of rechts ligt.

Struviet duurzame vervanger kunstmestfosfaat

- 1 Het is opgebouwd uit drie soorten ionen waaruit twee zoutformules af te leiden zijn: magnesiumfosfaat en ammoniumfosfaat.
- 2 Het heeft kristalwater ingebouwd: $\cdot 6\text{H}_2\text{O}$.
- 3 Verhit struviet en leid de vrijkomende damp over gekoeld wit kopersulfaat. Dit zal blauw kleuren bij de aanwezigheid van water.
- 4 Het ijzerion kan twee ladingen hebben, nl $2+$ of $3+$, dus de juiste naam is ijzer(II)chloride of ijzer(III)chloride.
- 5 $\text{Fe}^{3+} + \text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{FePO}_4$. Of: $3 \text{Fe}^{2+} + 2 \text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$.
- 6 Er moet staan: fosfaationen. En het zijn geen ijzermoleculen maar ijzer(III)ionen.
- 7 In de tekening is te zien dat er CO_2 , een zuur, verdwijnt dus het wordt minder zuur ofwel de pH stijgt.
- 8 In de vorm van magnesiumionen want er ontstaat een zout.
- 9 Er moeten dan ook ammoniumionen aanwezig zijn omdat die ook in struviet voorkomen.
- 10 $\text{Mg}^{2+} + \text{NH}_4^+ + \text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{MgNH}_4\text{PO}_4$.
- 11 Uurproductie 300 kg. Gedurende 24 uur en 42 weken en 5 dagen per week dan $300 \times 24 \times 5 \times 42 = 1512000 \text{ kg} = 1512 \text{ ton}$. Dit komt goed overeen met de genoemde 1500 ton.
- 12 Duurzaam betekent dat er geen nieuwe grondstof nodig is maar dat het aanwezige fosfaat in afvalwater teruggewonnen wordt en zo opnieuw gebruikt kan worden als kunstmeststof.
- 13 $\text{NH}_4^+ + \text{PO}_4^{3-} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{HPO}_4^{2-}$.
- 14 $K = \frac{[\text{NH}_3] \cdot [\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{PO}_4^{3-}]}$.
- 15 $K = \frac{[\text{NH}_3] \cdot [\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{PO}_4^{3-}]} = \frac{[\text{NH}_3] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \times \frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{PO}_4^{3-}]} = \frac{K_{\text{z}_{\text{NH}_4^+}}}{K_{\text{z}_{\text{HPO}_4^{2-}}}}$.
- 16 $K = \frac{K_{\text{z}_{\text{NH}_4^+}}}{K_{\text{z}_{\text{HPO}_4^{2-}}}} = \frac{5,6 \cdot 10^{-10}}{4,8 \cdot 10^{-13}} = 1,2 \cdot 10^3$. $K \gg 1$ dus het evenwicht ligt rechts.

Of: het zwakke zuur NH_4^+ staat in Binas tabel 49 veel hoger dan het zwakke zuur HPO_4^{2-} .

Artikelen:

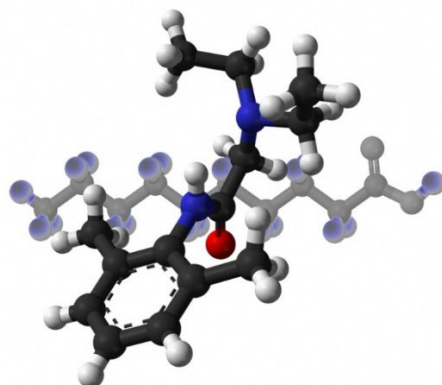
<http://www.ad.nl/dossier-amsterdam/mannenurine-uit-de-hmh-wordt-kunstmest~a566a147/>
<http://www.rvo.nl/actueel/nieuws/struviet-duurzame-vervanger-kunstmestfosfaat-en>
<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2016/10/Potentie%20struviet%20voor%20de%20Nederlandse%20landbouw.pdf>

Bron: https://www.gmb.eu/images1/gmb/data/saniphos/beschrijving_saniphos-installatie.pdf

EUTECTISCH OPLOSMIDDEL VANGT ZWARE METALEN

Klas	5 hv
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Stofeigenschappen
Trefwoorden	Eutectisch oplosmiddel, decaanzuur, lidocaïne, extractie, zware metalen, zuur, base
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

C2W, 21 oktober 2016



Eutectisch oplosmiddel vangt zware metalen

Met een hydrofoob mengsel van decaanzuur en lidocaïne kun je ongekend eenvoudig metaalionen extraheren uit afvalwater. Samenvoegen en een paar uur schudden is voldoende, schrijven onderzoekers van de TU Eindhoven in *Chemical Communications*.

Het mengsel is een zogeheten *deep eutectic solvent* (DES). Beide componenten zijn bij kamertemperatuur vaste stoffen, maar het mengsel is vloeibaar. Zulke oplosmiddelen gelden als goedkoop alternatief voor ionische vloeistoffen, dat zijn zouten die bij kamertemperatuur eveneens vloeibaar zijn. DESs hebben daarbij het voordeel dat de componenten over het algemeen veel gemakkelijker zijn te maken; vaak zijn het zelfs natuurproducten zoals glucose en appelzuur.

De tot nu toe beschreven DESs zijn bijna allemaal hydrofiel: beide componenten waren oplosbaar in water. Vorig jaar presenteerden Dannie van Osch en collega-promovendi uit de groep van de onlangs naar Abu Dhabi verhuisde Maaïke Kroon echter een paar hydrofobe varianten die niet met water mengen.

Je kunt zo'n hydrofoob DES gebruiken voor extractie van diverse stoffen uit waterige oplossingen. Als die beter oplossen in het gekozen DES hoeft je de combinatie van die twee alleen een tijdje te schudden. Daarna laat je het systeem een tijdje tot rust komen: bovenop het water vormt zich dan een afzonderlijke laag DES die je eenvoudig kunt afscheiden.

Voor de extractie van overgangsmetalen zoals kobalt, ijzer, nikkel, zink, koper en mangaan blijkt een mengsel van decaanzuur en lidocaïne een geschikt DES. 'Uit de literatuur blijkt dat decaanzuur in zo'n mengsel deels wordt gedeprotoneerd terwijl lidocaïne juist geprotoneerd wordt. En als ionische vloeistoffen worden gebruikt om metaalionen te extraheren zie je ook altijd dat dat via interactie met een COO⁻-groep gaat', zo verklaart Van Osch zijn keuze.

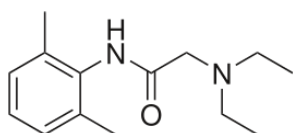
In de praktijk blijkt de COO⁻-groep van het decaanzuur inderdaad te doen wat er van hem verwacht

wordt. Zeker 99 % van de overgangsmetaalionen komt in de DES-fractie terecht.

Lidocaïne valt dan weer een beetje tegen. Het zou de tegenionen moeten extraheren maar met het chloride, dat Van Osch voor zijn experimenten gebruikte, lukt dat maar zeer gedeeltelijk. Er lijkt zich lidocaïne hydrochloride te vormen, dat een stuk beter in water oplost dan pure lidocaïne. Het eindresultaat is een vorm van ionenwisseling: metalen het water uit en lidocaïne er in.

‘We zijn er nog lang niet’, vat Van Osch samen. ‘We hebben laten zien dat we met een DES metalen kunnen extraheren. Nu zoeken we een vervanger voor lidocaïne die beter presteert. Liefst iets plantaardigs.’

Verwijderen van opgeloste zware metalen uit afvalwater is zeer belangrijk voor het milieu. Met een mengsel van decaanzuur en lidocaïne blijkt dit heel eenvoudig te kunnen. Decaanzuur en lidocaïne lossen beide slecht op in water. De structuurformule van lidocaïne staat in figuur 1.



Figuur 1 Structuurformule lidocaïne

1 Leg uit waarom lidocaïne slecht oplosbaar is in water.

Decaanzuur heeft een carboxylgroep die H-bruggen zou kunnen vormen met water. Toch lost er slechts 0,150 g decaanzuur per liter water op.

- 2 Verklaar deze geringe oplosbaarheid van decaanzuur.
- 3 Bereken de molariteit van een verzadigde decaanzuuroplossing.

In een mengsel van lidocaïne en decaanzuur treedt een zuurbasereactie op.

- 4 Leg uit welke groep van decaanzuur een proton afstaat en welke groep van lidocaïne een proton opneemt.
- 5 Welk gevolg heeft de verhuizing van het proton?

Het mengsel is in staat om metaalionen uit afvalwater te verwijderen.

- 6 Leg uit hoe dat in zijn werk gaat.
- 7 Leg op microniveau uit dat dit een vorm van extractie is.
- 8 Leg uit waarom het mengsel (van lidocaïne en decaanzuur) na ontmenging de bovenste laag van de twee zal zijn.
- 9 Waarom is het van belang dat het mengsel van lidocaïne en decaanzuur hydrofoob is?

In het mengsel hebben beide componenten hun eigen taak.

- 10 Welke taak hebben de negatieve ionen in het mengsel?
- 11 Welke taak hebben de positieve ionen in het mengsel?

Het proces kan, volgens het artikel, gezien worden als een vorm van ionenwisseling.

- 12 Licht dit toe.

Het onderzoek heeft laten zien dat zware metaalionen kunnen eenvoudig worden geëxtraheerd.

13 Wat is de volgende stap van de onderzoekers?

Eutectisch oplosmiddel vangt zware metalen

- 1 Het lidocaïnemolecuul heeft wel een NH-groep maar de rest van het molecuul is apolair en kan geen H-bruggen met watermoleculen vormen. Die rest overheerst waardoor de stof lidocaïne hydrofoob is en dus niet in water oplost.
- 2 Een decaanzuurmolecuul heeft een carboxylgroep die met watermoleculen H-bruggen zou kunnen vormen, maar de rest van het decaanzuurmolecuul (een lange alkylstaart) is apolair en kan geen waterstofbruggen vormen met water. De apolaire staart overheerst waardoor de stof decaanzuur hydrofoob is en niet met water mengt.
Bovendien kunnen decaanzuurmoleculen dimeren vormen, via waterstofbruggen.
Hierdoor blokkeren de carboxylgroepen elkaar om nog interactie met watermoleculen aan te kunnen gaan.
- 3 $0,150 \text{ g} = 0,150/172,26 = 8,71 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$.
- 4 De carboxylgroep van decaanzuur staat een proton af, de NH-groep van lidocaïne neemt een proton op.
- 5 Dat er twee deeltjes met een lading (één positief en één negatief) zijn ontstaan.
- 6 De waterige oplossing met metaalionen wordt geschud met een mengsel van decaanzuur en lidocaïne. Hierbij gaan de metaalionen van de waterlaag naar de laag van het mengsel.
- 7 Extractie berust op verschil in oplosbaarheid: de metaalionen gaan over van de waterlaag naar de laag van het mengsel.
- 8 Het mengsel van decaanzuur en lidocaïne zal een kleinere dichtheid hebben dan water.
- 9 Je wilt de metaalionen uit de waterlaag halen. Dan mag het gebruikte mengsel niet oplossen in water want dan blijven de metaalionen in de waterlaag.
- 10 De negatieve ionen (in het mengsel van decaanzuur en lidocaïne) moeten de positieve metaalionen uit de waterlaag binden.
- 11 Naast de positieve metaalionen zijn er in het water ook negatieve ionen aanwezig. De positieve ionen (in het mengsel van decaanzuur en lidocaïne) moeten de negatieve ionen uit de waterlaag binden.
- 12 De positieve metaalionen uit de waterlaag worden gewisseld met de positieve ionen (geprotoneerde lidocaïne) uit de laag van het mengsel.
- 13 Dat ze een vervanger zoeken voor lidocaïne die beter presteert.

GOEDKOOP RECEPT VOOR ALDEHYDES

Klas	5,6 v
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Organische reacties
Trefwoorden	Fischer-Tropsch, alcoholen, aldehyden, katalysator, halfreactie
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.c2w.nl, 10 oktober 2016

Goedkoop recept voor aldehydes

Met een klassiek Fischer-Tropschproces kun je ook alcoholen en aldehydes maken. Je hoeft alleen de katalysator maar aan te passen, suggereren Yizhi Xiang en Norbert Kruse in Nature Communications. De onderzoekers van Washington State University hebben meteen octrooi aangevraagd op het proces, dat beduidend goedkoper zou moeten zijn dan de huidige productieprocessen voor alcoholen en aldehydes.

Fischer-Tropsch, ook bekend als gas-to-liquids, is in wezen een polymerisatieproces dat koolstofmonoxide (CO) en waterstof (H₂) aan elkaar breidt tot lange ketens. Traditioneel zijn dat eigenlijk alleen alkanen (C_nH_{2n+2}). Met een aangepast proces kun je ook methanol (CH₃OH) maken, maar dat is dan ook de enige alcohol.

Xiang en Kruse hebben nu ontdekt dat je wel degelijk n-aldehydes (C_nH_{2n+1}CHO) en langere 1-alcoholen (C_nH_{2n+1}OH) kunt krijgen wanneer je het pure kobalt, dat gewoonlijk dient als katalysator, vervangt door een mix van kobalt, mangaan en een beetje kalium als promotor. Er zitten ook nog wat alkanen door het is al gelukt om, met een katalysator in de mengverhouding Co₄Mn₁K_{0,1}, een product te krijgen dat voor 97 massa% uit aldehyden bestond.

Heel opvallend is daarbij dat de productmix veel sterker dan gebruikelijk afhangt van de verhouding tussen CO en H₂. Weinig H₂ levert aldehydes op, bij iets meer H₂ verschuift het accent naar alcoholen. Maar ga je over H₂/CO = 5 heen, dan gaan de alkanen weer domineren.

Het lijkt overigens alleen te werken als je de katalysator bereidt volgens een specifiek recept, waarbij je kobalt-, mangaan- en kaliumnitraat mengt in aceton en vervolgens oxaalzuur toevoegt om de metalen gemengd te laten neerslaan. Met andere recepten krijg je nog steeds geen aldehydes.

Hoe die katalysator dan precies werkt, is nog niet duidelijk. Maar dat geldt voor klassieke Fischer-Tropsch eigenlijk evenzeer.

bron: Washington State University

De Duitse onderzoekers Fischer en Tropsch maakten als eersten alkanen uit synthesesgas (een mengsel van CO en H₂). De Fischer-Tropschreactie staat ook bekend als gas-to-liquids-reactie.

- 1 Verklaar de naam gas-to-liquids.
- 2 Geef de reactievergelijking voor de vorming van hexadecaan (C₁₆H₃₄) uit een mengsel van CO en H₂ waarbij ook waterdamp ontstaat.

De Amerikaanse onderzoekers Xiang en Kruse hebben met behulp van een aangepaste katalysator het voor elkaar gekregen om uit synthesesgas n-aldehydes en 1-alcoholen te produceren.

3 Wat is de functie van de katalysator bij het nieuwe proces?

Bekijk de formule van de aangepaste katalysator.

4 Wat valt je daarbij op?

De katalysator is gemaakt volgens een speciaal recept. Nitraatzouten worden opgelost in aceton en daarna wordt oxaalzuur toegevoegd. Oxaalzuur reageert met de metaalionen waarbij een mengsel van metalen ontstaat, dat neerslaat.

5 Geef de totaalvergelijking van de redoxreactie tussen oxaalzuur en kobaltionen waarbij het metaal kobalt ontstaat. Maak hierbij gebruik van halfreacties.

6 Waarom gebruikt men als oplosmiddel aceton en geen water?

In plaats van alkanen ontstaan bij gebruik van de nieuwe katalysator n-aldehydes en 1-alcoholen, waarvan de moleculen lange alkylketens bevatten.

7 Wat geeft n aan in de naam n-aldehydes?

8 Wat zijn aldehydes?

9 Geef de reactievergelijking, in molecuulformules, voor de vorming van n-nonanal.

10 Geef de reactievergelijking, in molecuulformules, voor de vorming van octaan-1-ol.

Bij een steeds groter percentage aan waterstof ten opzichte van koolstofmono-oxide ontstaat steeds meer van het alcohol dan van de aldehyde.

11 Welke reactie kan er optreden op met de aldehydes als het percentage waterstof in het reactiemengsel toeneemt?

12 Geef de vergelijking van de reactie waarbij nonanal met waterstof reageert. Gebruik molecuulformules.

De onderzoekers hebben meteen octrooi aangevraagd op het nieuwe proces.

13 Wat is het belang van dit nieuwe proces?

Goedkoop recept voor aldehydes

- 1 Uit een mengsel van twee gassen, koolstofmono-oxide en waterstof, maakt men 'grote' alkanen die bij kamertemperatuur als vloeistof voorkomen.
- 2 $16 \text{ CO} + 33 \text{ H}_2 \rightarrow \text{C}_{16}\text{H}_{34} + 16 \text{ H}_2\text{O}$.
- 3 De katalysator heeft voorkeur voor een bepaalde reactie om die sneller te laten verlopen dan andere reacties.
- 4 Er staat als index bij kalium 0,1. Meestal staan er gehele getallen als index in een chemische formule.
- 5 $\text{Co}^{2+} + 2 \text{ e}^- \rightarrow \text{Co}$
 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightarrow 2 \text{ CO}_2 + 2 \text{ H}^+ + 2 \text{ e}^-$
Totaalreactie: $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{Co}^{2+} \rightarrow 2 \text{ CO}_2 + 2 \text{ H}^+ + \text{Co}$
- 6 In water kan er nooit vast kalium (bestanddeel van de katalysator) gevormd worden.
- 7 De letter n geeft aan dat het niet-vertakte moleculen zijn.
- 8 Aldehydes zijn koolwaterstofverbindingen met aan het uiteinde de functionele groep H-C=O.
- 9 $9 \text{ CO} + 17 \text{ H}_2 \rightarrow \text{C}_8\text{H}_{17}\text{CHO} + 8 \text{ H}_2\text{O}$.
- 10 $8 \text{ CO} + 16 \text{ H}_2 \rightarrow \text{C}_8\text{H}_{17}\text{OH} + 7 \text{ H}_2\text{O}$.
- 11 Additie van waterstof aan de CHO-groep.
- 12 $\text{C}_8\text{H}_{17}\text{CHO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_9\text{H}_{19}\text{OH}$.
- 13 Je kunt beduidend goedkoper alcoholen en aldehydes produceren dan tot nu toe.

WETENSCHAP MAAKT MELKCHOCOLA NET ZO GEZOND ALS PURE CHOCOLA.

Klas	4 hv
Subdomein	Deeltjesmodellen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Structuurformules
Trefwoorden	Radicalen, polyfenolen, antioxidanten
Vaardigheidsvraag	Informatie-begripsvraag

www.scientias.nl, 31 oktober 2016

Wetenschap maakt melkchocola net zo gezond als pure chocola.

Zonder de smaak aan te tasten, is het onderzoekers gelukt om melkchocolade de gezondheidsvoordelen van pure chocolade te geven.

Pure chocolade is rijk aan antioxidanten. Deze stoffen nemen vrije radicalen – agressieve stoffen die schade toe kunnen brengen aan cellen en weefsels – weg en kunnen zo op lange termijn wellicht ziekten als kanker en aandoeningen aan het hart en de bloedvaten voorkomen.



Bitter

Een goede reden om jezelf – met mate – een stukje pure chocola te gunnen. Maar de meeste mensen zijn niet zo’n fan van de vrij bittere, pure chocola. Liever nemen ze een stukje van de veel zoetere melkchocolade. Helaas heeft melkchocolade niet dezelfde gezondheidsvoordelen als pure chocolade. Een nieuw onderzoek kan daar echter verandering in brengen.

Poeder

Onderzoekers haalden polyfenolen uit het velletje van de pinda en stopten ze in maltodextrine-poeder, een eetbare koolhydraat met een zoetige smaak, die gewonnen wordt uit bijvoorbeeld aardappelen of rijst. Het poeder werd vervolgens in de melkchocolade gestopt. Het gaf de melkchocolade dezelfde gezondheidsvoordelen als pure chocolade, maar was de melkchocolade ook net zo lekker?

Dezelfde smaak

De onderzoekers lieten tachtig proefpersonen de melkchocolade met pinda-extracten proeven en schotelden ze ook ‘gewone’ melkchocolade voor. Uit het onderzoek bleek dat proefpersonen de aanwezigheid van de pinda-extracten pas merkten als er meer pinda-extracten waren toegevoegd dan nodig waren om de melkchocolade net zo gezond te maken als pure chocolade. “Pinda-extracten stellen consumenten in staat om te genieten van producten die milder van smaak zijn, terwijl ze toch bloot worden gesteld aan stoffen die bewezen voordelen hebben voor de gezondheid,” concludeert onderzoeker Lisa L. Dean.

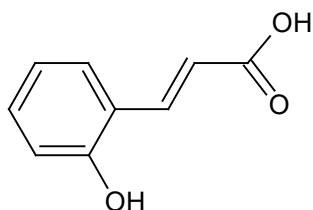
Onduidelijk is nog of ook mensen met een pinda-allergie de aangepaste melkchocolade

kunnen nuttigen. Dat wordt op dit moment uitgezocht.

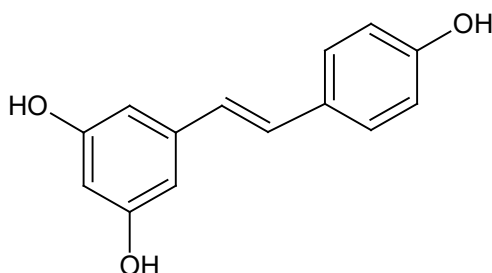
Volgens het artikel is melkchocola niet zo gezond als pure chocola.

- 1 Wat ontbreekt in melkchocola dat wel aanwezig is in pure chocola.
- 2 Leg uit hoe onderzoekers dat probleem bij melkchocola willen oplossen.

In pinda's komen onder andere de volgende twee stoffen voor die goed zijn voor onze gezondheid: hydroxykaneelzuur en resveratrol.



Hydroxykaneelzuur



Resveratrol

Slechts één van deze twee stoffen hoort tot de groep van de polyfenolen.

- 3 Zoek in BINAS de juiste systematische naam op van fenol. Teken de structuurformule van fenol.
- 4 Leg uit welke van de twee bovengenoemde stoffen tot de polyfenolen behoort.

Een radicaal is een atoom of groep atomen met een ongepaard elektron. Je schrijft het als $X\cdot$. De punt stelt het ongepaarde elektron voor. Zo'n deeltje is op zoek naar een molecuul, waarvan het een elektron kan afpakken of zelf nog een elektron aan kan geven. Bij voorbeeld: $X\cdot + H_2O \rightarrow XH + OH\cdot$.

- 5 Leg uit welke eigenschap van elektronen ervoor zorgt dat radicalen zo reactief zijn.

Je begrijpt dat vrije radicalen in je lichaam schade kunnen aanrichten. In je lichaam kunnen dan celwanden, eiwitten en ook dna aangetast worden. Je kunt het voorkomen van radicalen in je lichaam niet tegengaan, omdat ze worden gevormd bij processen tijdens de stofwisseling. Van buitenaf komen ook radicalen in je lichaam terecht door vervuilde lucht, het roken van sigaretten, kosmische straling en het nuttigen van alcohol.

Antioxidanten zijn stoffen die radicalen wegnemen. Zowel hydroxykaneel als resveratrol behoren tot de antioxidanten. Je hebt continu antioxidanten nodig.

- 6 Leg met behulp van het bovenstaande uit waarom je in je lichaam continu nieuwe antioxidanten nodig hebt.

Wetenschappers hebben ontdekt dat de velletjes van pinda's een oplossing kunnen bieden voor melkchocola. Ze haalden de antioxidanten uit de velletjes van pinda's. Meestal worden pinda's zonder velletjes gegeten.

- 7 Leg uit of je pinda's beter met of zonder velletjes kunt eten.

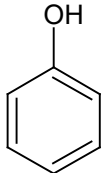
De polyfenolen uit de pindavelletjes eindigen uiteindelijk de reeks radicaalvormingen doordat er deeltjes ontstaan die niet reactief meer zijn. Eén van de manieren kan zijn doordat twee radicalen met elkaar reageren.

- 8 Geef met de twee radicalen $\text{OH}\cdot$ en $\text{X}\cdot$ aan wat er dan gebeurt.

Wetenschap maakt melkchocola net zo gezond als pure chocola.

- 1 In pure chocola zitten antioxidanten. In melkchocola ontbreken die blijkbaar.
- 2 Ze voegen antioxidanten toe uit de velletjes van pinda's. Ze bergen deze op in (zoet smakende) maltodextrine die aan de melkchocola wordt toegevoegd. Daardoor had de chocola nog dezelfde smaak als de oude melkchocola.
- 3 Volgens tabel 66A is de naam voor fenol: benzenol.

Structuurformule:



- 4 Resveratrol bevat twee fenolgroepen, die onderling verbonden zijn. In polyfenol betekent poly meer, dus resveratrol is een polyfenol. Het hydroxykaneelzuur bevat maar één fenol groep en is dus geen polyfenol.
- 5 Elektronen komen het liefst voor in paren in atoombindingen.
- 6 De moleculen van de antioxidanten nemen radicalen weg en veranderen daarbij zelf. Uiteindelijk vormen ze stabiele deeltjes. Om nieuwe radicalen weg te nemen heb je dus ook steeds nieuwe moleculen van antioxidanten nodig.
- 7 Wanneer je pinda's zonder velletje eet, gooi je dus een waardevolle stof weg, namelijk de antioxidanten. Het is gezonder om vliespinda's te eten.
- 8 $\text{X}\cdot + \text{OH}\cdot \rightarrow \text{X}-\text{OH}$, een stabiel molecuul.

Artikel: <https://www.scientias.nl/wetenschap-maakt-melkchocolade-net-zo-gezond-als-pure-chocola/>

MOBIELE MACHINE RAFFINEERT GRAS TOT GRONDSTOF

Klas	3 hv
Subdomein	Industriële processen en Groene Chemie
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Blokschema
Trefwoorden	Bioraffinage, waardepiramide.
Vaardigheidsvraag	Informatiebewerkingsvraag

www.deingenieur.nl, 3 november 2016

Mobiele machine raffineert gras tot grondstof



De nieuwe machine van Grassa die komende week zijn producttest ondergaat

Door gras te ontleden kan het ook dienen als bron van veevoer voor kippen of varkens en als kunstmest. Vanaf morgen moet blijken of de nieuwe raffinagemachine van Grassa dat voor elkaar krijgt.

Deze vrijdag gaat de nieuwe raffinagemachine van Grassa aan de slag met het najaarsmaaisel op een proefboerderij in het Zuid-Hollandse Zegveld. 'We moeten dan waarmaken dat onze nieuwe machine de producten levert die we beloven', zegt Bram Koopmans, procestechnoloog bij het jonge bedrijf.

Het idee achter het raffineren van gras is dat het waardevolle stoffen bevat die veel beter zijn te benutten dan het alleen als voer aan een koe te geven. 'Het is rijk aan eiwitten en mineralen, veel meer dan de koe zelf nodig heeft.'

VIER PRODUCTEN

Het uit elkaar pulken van het gras gaat in verschillende stappen: eerst worden de grascellen mechanisch opengebrouwen. De machine perst die pulp vervolgens tot sap en vezels. Door dat sap te stremmen, klonten de eiwitten samen, die vervolgens worden gescheiden en gedroogd. Uit het overgebleven sap, de wei, wordt met nanofiltratie eerst de fosfor gehaald, het sap dat overblijft is rijk aan stikstof en kalium. Zo worden uit het gras vier producten gemaakt:

1. eiwitten die prima zijn te verwerken tot veevoer voor kippen en varkens;
2. fosfor, waar in de kunstmestindustrie veel vraag naar is;
3. de wei die de boer kan gebruiken als biomeststof;

4. vezels die geschikt zijn als krachtvoer voor koeien of om er papier mee te maken.

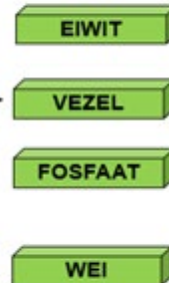
GROENE GRONDSTOFFEN



RAFFINAGEPROCES



OUTPUTPRODUCTEN



De Grassa-machine zet planten om in grondstoffen voor diverse producten.

Dat de vezels geschikt zijn als krachtvoer lijkt vreemd wanneer de eiwitten er al uit zijn gehaald. 'Dat valt wel mee, we halen de eiwitten er voor zo'n zestig procent uit, dan zit er voor de koe nog genoeg in. Dat lagere eiwitgehalte is eigenlijk alleen maar goed omdat het eiwitgehalte van het najaarsgras vaak te hoog is om direct aan de koe te voeren. De boer gebruikt dan maïs als bijmengsel om dat eiwitgehalte te verlagen.'

De verschillende producten maken grasraffinage lonend, verwacht Koopmans. 'De hoogwaardige eiwitten zijn te vermarkten, en we halen vijftig procent van het fosfaat uit de kringloop. Bovendien maakt het voor de machine niet uit of er bij regen wordt gemaaid, zodat de boer veel minder afhankelijk is van het weer.'

TER PLEKKE RAFFINEREN

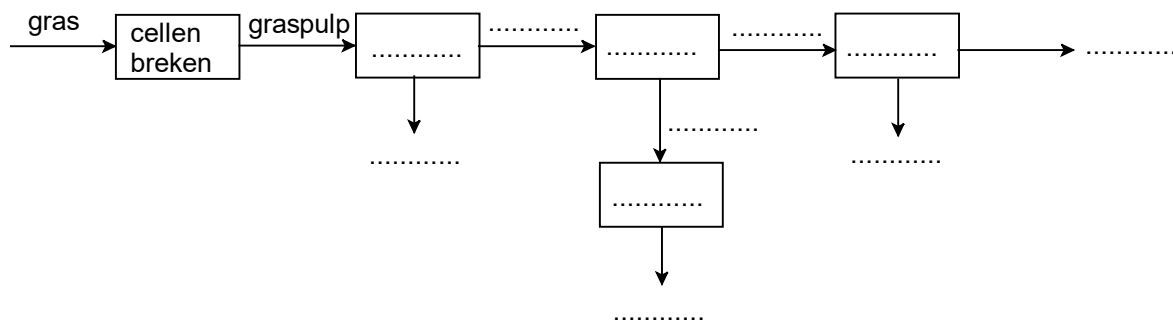
Vanaf komende vrijdag moet blijken of de machine inderdaad in staat is om al die producten te leveren. 'De machine doet zijn werk wel, we willen nu laten zien met welke kwaliteit we de genoemde producten kunnen leveren.'

Eén machine die dit alles kan en bovendien gemakkelijk op een trailer is te vervoeren, daar zit een duidelijke ontwerpfilosofie achter. 'Door ter plekke, daar waar het gras wordt gemaaid, de raffinage te doen, voorkomen we gedoe met de opslag en transport van vers gemaaid gras.' In Zegveld is de machine een week bezig om het gras vier hectare weidegrond te verwerken.

Net zoals de raffinage van aardolie heeft ook bioraffinage tot doel de grondstof, in dit geval biomassa, uiteen te rafelen. De verschillende fracties die ontstaan kunnen dan verder worden bewerkt zodat de biomassa volledig benut wordt.

- 1 Noem drie verschillen tussen aardolieraffinage en deze bioraffinage

Het verwerken van het gras tot de vier genoemde producten gaat in een aantal stappen. In figuur 1 staat een onvolledig blokschema van de bioraffinage van gras tot de vier producten weergegeven.

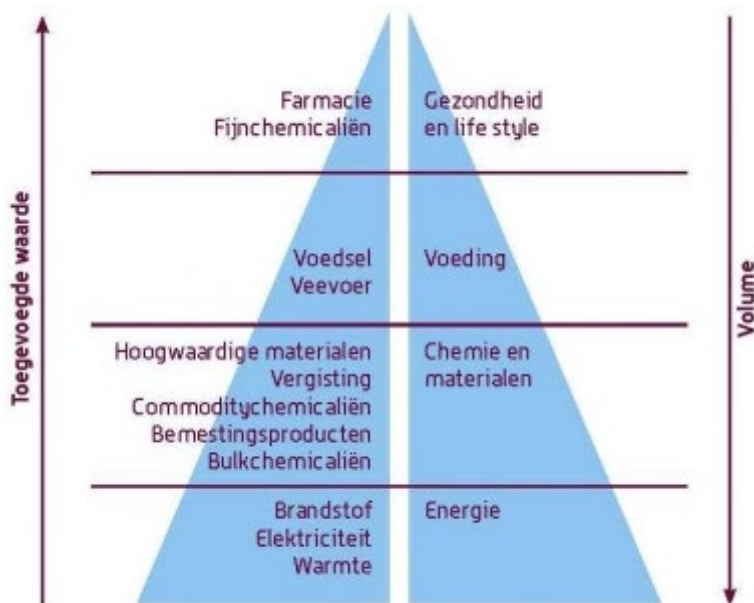


Figuur 1 Onvolledig blokschema

- 2 Vul in het onvolledige blokschema in de bijlage de ontbrekende woorden op de stippellijntjes in.

In het artikel staat: “Het idee achter het raffineren van gras is dat het waardevolle stoffen bevat die veel beter zijn te benutten dan het alleen als voer aan een koe te geven. ‘Het is rijk aan eiwitten en mineralen, veel meer dan de koe zelf nodig heeft.’

Door bioraffinage toe te passen op biomassa kan deze een hogere economische waarde krijgen, meer geld opbrengen, dan wanneer er geen bioraffinage wordt toegepast. Dit wordt weergegeven door de waardepiramide in figuur 2. Hoe hoger in de piramide des te meer waarde hebben de producten.



Figuur 2 Waardepiramide

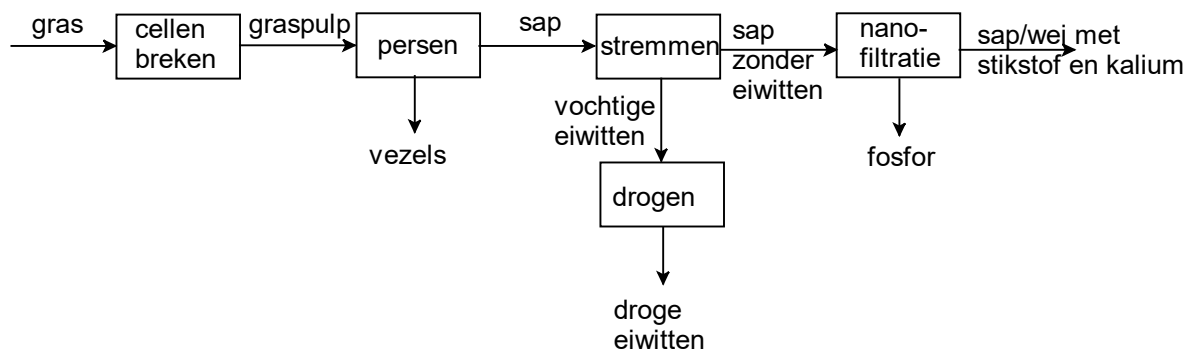
- 3 Geef aan op welke trede in de waardepiramide elk van de vier producten van de bioraffinage thuishoort.

Mobiele machine raffineert gras tot grondstof

1

Aardolieraffinage	Bioraffinage
Grondstof aardolie	Grondstof biomassa
Maakt gebruik van destillatie	Verskillende processen
Proces gebruikt veel energie	Bij kamertemperatuur: weinig energie
Gebeurt in petrochemische raffinaderij	Kan ter plekke waar gras gemaaid wordt

2



3

Product	Trede waardepiramide
Eiwitten die prima zijn te verwerken tot veevoer voor kippen en varkens	Voeding
Fosfor, waar in de kunstmestindustrie veel vraag naar is.	Chemie en materialen (bemestingsstof)
De wei die de boer kan gebruiken als biomeststof.	Chemie en materialen (bemestingsstof)
Vezels die geschikt zijn als krachtvoer voor koeien of om er papier mee te maken	Voeding Chemie en materialen

Artikel: <https://www.deingenieur.nl/artikel/mobiele-machine-raffineert-gras-tot-grondstof>

CO₂ VERANDERD IN ALCOHOL I

Klas	3 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Beginstoffen-reactieproducten
Trefwoorden	Ethanol, elektrolyse, berekeningen, massa, stofkringloop
Vaardigheidsvraag	Informatieselectievraag

www.faqt.nl, 19 oktober 2016

CO₂ veranderd in alcohol



De hoeveelheid van het broeikasgas CO₂ in onze atmosfeer is momenteel op de hoogste stand in 4 miljoen jaar. Vandaar dat veel wetenschappers bang zijn dat de aarde opwarmt, met catastrofale gevolgen. Maar wat als we die CO₂ weer kunnen omzetten in energie, waarmee we ons kunnen voortbewegen of het huis kunnen verwarmen? Het Oak Ridge National Laboratory in de VS heeft net per ongeluk een manier gevonden om dat te doen.

Tijdens een experiment werd CO₂ opgelost in water gevoerd langs koperen nanodeeltjes die waren geplaatst op koolstof spelden van 50 tot 80 nanometer hoog. Een nanometer is één-miljoenste millimeter. Door die spelden miniem onder stroom te zetten (met een spanning van 1,2 volt) brak de CO₂ af en ontstond ethanol, de meest voorkomende vorm van alcohol. Verbrandingsmotoren kunnen op die brandstof prima lopen.

Het experiment was opmerkelijk, omdat de onderzoekers dachten dat methanol zou ontstaan, een andere verschijningsvorm van alcohol. Maar ook omdat slechts een beetje stroom een boel ethanol opleverde, de opbrengst uit CO₂ bedroeg 63 procent. Dat betekent dat dit een schaalbaar proces is, waarmee je in theorie vele liters ethanol kunt maken. De Amerikanen lijken daarmee het proces van de verbrandingsmotor te hebben omgedraaid, uitlaatgassen worden weer brandstof.

Wetenschappers rond de wereld zijn bezig met processen om CO₂ weer in iets nuttigs te veranderen, tot nu toe zonder veel geluk. Veel processen kosten meer energie dan ze opleveren, of het resultaat is zo mager, dat een proces niet schaalbaar is. De Amerikanen lijken nu per ongeluk op een veelbelovende methode te zijn gestuit. Bij veel brandstoffen wordt ethanol gemengd omdat het de efficiency van motoren verbetert.

Het proces moet nog in de praktijk worden getest. De afgelopen jaren leek een doorbraak bij het omzetten van CO₂ meerdere keren nabij, maar bleek de stap naar industriële toepassingen te groot. Het onderzoek is gepubliceerd in *ChemistrySelect*.

In het artikel staat: “Wetenschappers rond de wereld zijn bezig met processen om CO₂ weer in iets nuttigs te veranderen,

1 Leg uit waarom wetenschappers in de hele wereld bezig zijn met die processen.

Ze hebben daarmee tot nu toe niet veel bereikt. In het artikel staat : “..... het resultaat is zo mager, dat een proces niet schaalbaar is”.

2 Leg uit wat men bedoelt met “het resultaat is zo mager”.

3 Leg uit wat men bedoelt met “een proces is niet schaalbaar”.

De onderzoekers lieten het water met opgelost CO₂ stromen langs nanodeeltjes die op koolstof’spelden’ waren geplaatst. “Door die spelden miniem onder stroom te zetten (met een spanning van 1,2 V)”, zegt het artikel, ontstonden ethanol (C₂H₆O) en zuurstof.

4 Noteer de reactievergelijking voor dit proces.

Uit de scheikunde ken je de term elektrolyse.

5 Leg uit of je dit proces volgens de definitie van elektrolyse kunt beschouwen als een elektrolyse.

Men kan ethanol gebruiken in verbrandingsmotoren. In het artikel staat “De Amerikanen lijken daarmee het proces van de verbrandingsmotor te hebben omgedraaid

6 Licht deze uitspraak toe. Maak in je antwoord gebruik van de reactievergelijking voor de volledige verbranding van ethanol.

De CO₂-uitstoot van een gemiddeld Nederlands huishouden

In 2016 is de CO₂-uitstoot van een gemiddeld Nederlands huishouden 6284 kg per jaar. Er zijn drie oorzaken waarvan het verbruik van aardgas voor de verwarming het grootste deel uitmaakt:

Aardgas (2456 kg)

Motorbrandstoffen (2247 kg)

Elektriciteit (1582 kg)

Bron: <https://wisenederland.nl/groene-stroom/wat-co2-koolstofdioxide>

Bij de omzetting van CO₂ in ethanol (C₂H₆O) is de massaverhouding CO₂ : C₂H₆O = 44 : 23.

7 Bereken hoeveel kg ethanol maximaal kan ontstaan uit 6284 kg CO₂.

Stel dat alle CO₂ van een gemiddeld Nederlands huishouden met de gemeten opbrengst van het nieuwe proces zou worden omgezet in ethanol.

8 Bereken hoeveel kg ethanol dan maximaal volgens het eerder besproken nieuwe proces kan worden gevormd.

De dichtheid van ethanol is 0,80 kg/L.

9 Bereken hoeveel liter ethanol men hieruit kan maken om bij te mengen in benzineverbrandingsmotoren.

CO₂ veranderd in alcohol I

- 1 Omdat extra uitstoot van CO₂ zorgt voor het versterkte broeikaseffect, waardoor er opwarming van de aarde dreigt.
- 2 Dat slechts een klein deel van het CO₂ in een nuttige stof wordt omgezet.
- 3 Dat je niet van kleine schaal (laboratorium) naar grote schaal (fabriek) kunt gaan. De kosten van de bouw van de fabriek en het proces kunnen dan niet worden betaald met de opbrengsten van de verkoop van het product.
- 4 $2 \text{ CO}_2 + 3 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 3 \text{ O}_2$
- 5 Bij een elektrolyse treedt een ontledingsreactie op met behulp van elektrische energie. Bij een ontledingsreactie verdwijnt één beginstof en ontstaan twee of meer reactieproducten. In dit proces heb je voor de pijl en na de pijl twee stoffen. Dat betekent geen ontledingsreactie. Je mag voor dit proces dus niet de term elektrolyse gebruiken.
- 6 De verbranding van ethanol: $\text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 3 \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ CO}_2 + 3 \text{ H}_2\text{O}$. Dit is precies de omgekeerde reactie van de vorming van ethanol in het nieuwe proces. Je hebt dus te maken met een kringloop, als je beide processen laat verlopen
- 7 Gegeven: 6284 kg CO₂ per gezin in 2016.

	Massaverhouding	Omrekenen naar 1 kg CO ₂	Eindantwoord berekenen
Massa CO ₂	44	44/44	6284 kg
Massa C ₂ H ₆ O	23	23/44	23/44 x 6284 kg = 3285 kg

Of:

Massa CO ₂	44	6284 kg
Massa C ₂ H ₆ O	23	??

Massa C₂H₆O = (23/44) x 6284 = 3285 kg ethanol.

- 8 Er ontstaat 63 % , dus 0,63 x 3285 = 2069 kg ethanol.
- 9 2069 kg ethanol $\equiv$ 2069/0,80 = 2587 L ethanol

Artikel: <http://www.fagt.nl/recent/co2-veranderd-in-alcohol/>

Alternatief artikel: <http://www.ad.nl/dossier-nieuws/onderzoekers-zetten-per-abuis-co2-om-in-brandstof-ethanol~af1aac8c/>

CO₂ VERANDERD IN ALCOHOL II

Klas	5 hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Redoxreactie
Trefwoorden	Ethanol, halfreactie, elektrolyse, berekeningen, stofkringloop
Vaardigheidsvraag	Informatieselectievraag

www.fagt.nl, 19 oktober 2016

CO₂ veranderd in alcohol



De hoeveelheid van het broeikasgas CO₂ in onze atmosfeer is momenteel op de hoogste stand in 4 miljoen jaar. Vandaar dat veel wetenschappers bang zijn dat de aarde opwarmt, met catastrofale gevolgen. Maar wat als we die CO₂ weer kunnen omzetten in energie, waarmee we ons kunnen voortbewegen of het huis kunnen verwarmen? Het Oak Ridge National Laboratory in de VS heeft net per ongeluk een manier gevonden om dat te doen.

Tijdens een experiment werd CO₂ opgelost in water gevoerd langs koperen nanodeeltjes die waren geplaatst op koolstof spelden van 50 tot 80 nanometer hoog. Een nanometer is één-miljoenste millimeter. Door die spelden miniem onder stroom te zetten (1,2 volt) brak de CO₂ af en ontstond ethanol, de meest voorkomende vorm van alcohol.

Verbrandingsmotoren kunnen op die brandstof prima lopen.

Het experiment was opmerkelijk, omdat de onderzoekers dachten dat methanol zou ontstaan, een andere verschijningsvorm van alcohol. Maar ook omdat slechts een beetje stroom een boel ethanol opleverde, de opbrengst uit CO₂ bedroeg 63 procent. Dat betekent dat dit een schaalbaar proces is, waarmee je in theorie vele liters ethanol kunt maken. De Amerikanen lijken daarmee het proces van de verbrandingsmotor te hebben omgedraaid, uitlaatgassen worden weer brandstof.

Wetenschappers rond de wereld zijn bezig met processen om CO₂ weer in iets nuttigs te veranderen, tot nu toe zonder veel geluk. Veel processen kosten meer energie dan ze opleveren, of het resultaat is zo mager, dat een proces niet schaalbaar is. De Amerikanen lijken nu per ongeluk op een veelbelovende methode te zijn gestuit. Bij veel brandstoffen wordt ethanol gemengd omdat het de efficiency van motoren verbetert.

Het proces moet nog in de praktijk worden getest. De afgelopen jaren leek een doorbraak bij het omzetten van CO₂ meerdere keren nabij, maar bleek de stap naar industriële toepassingen te groot. Het onderzoek is gepubliceerd in *ChemistrySelect*.

In het artikel staat: “Wetenschappers rond de wereld zijn bezig met processen om CO₂ weer in iets nuttigs te veranderen,

1 Leg uit waarom wetenschappers in de hele wereld bezig zijn met die processen.

Ze hebben daarmee tot nu toe niet veel bereikt. In het artikel staat :“..... het resultaat is zo mager, dat een proces niet schaalbaar is”.

2 Leg uit wat men bedoelt met “het resultaat is zo mager dat een proces niet schaalbaar is”.

Als men spanning aanlegt bij de opstelling met CO₂ opgelost in water, ontstaat bij de elektrode met de koperen nanodeeltjes ethanol.

3 Noteer de halfreactie voor de omzetting van CO₂ in ethanol.

4 Noteer de halfreactie die optreedt aan de andere elektrode.

5 Maak een tekening van de gebruikte opstelling.

6 Leg uit wat de rol is van de koperen nanodeeltjes op de koolstofspelden.

Uit de scheikunde ken je de term elektrolyse.

7 Leg uit of je dit proces volgens de definitie van een elektrolyse kunt beschouwen als een elektrolyse.

Men kan ethanol gebruiken in verbrandingsmotoren. In het artikel staat “De Amerikanen lijken daarmee het proces van de verbrandingsmotor te hebben omgedraaid

8 Licht deze uitspraak toe.

De CO₂-uitstoot van een gemiddeld Nederlands huishouden

In 2016 is de CO₂-uitstoot van een gemiddeld Nederlands huishouden 6284 kg per jaar. Er zijn drie oorzaken waarvan het verbruik van aardgas voor de verwarming het grootste deel uitmaakt:

Aardgas (2456 kg)

Motorbrandstoffen (2247 kg)

Elektriciteit (1582 kg)

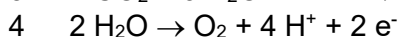
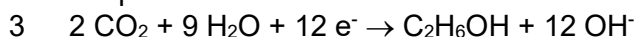
Bron: <https://wisenederland.nl/groene-stroom/wat-co2-koolstofdioxide>

Stel dat alle CO₂ van een gemiddeld Nederlands huishouden met de gemeten opbrengst van het nieuwe proces zou worden omgezet in ethanol.

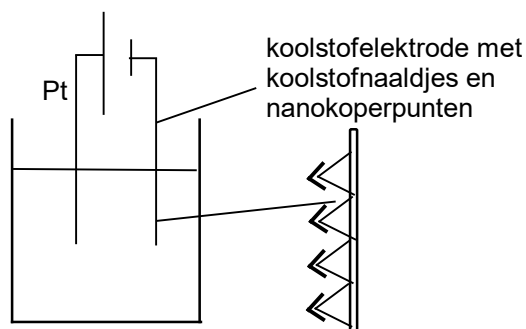
9 Bereken hoeveel liter ethanol dan maximaal kan worden gevormd.

CO₂ veranderd in alcohol II

- 1 Omdat CO₂ mede zorgt voor het broeikaseffect, waardoor er opwarming van de aarde optreedt.
- 2 Dat het rendement van de reactie klein is. Je kunt daardoor niet van kleine schaal (laboratorium) naar grote schaal (fabriek) gaan. De kosten van de bouw van de fabriek en het proces kunnen dan niet worden betaald met de opbrengsten van de verkoop van het product.



5



- 6 Katalysator: wordt wel gebruikt om het proces beter te laten verlopen maar wordt niet verbruikt.
- 7 Bij een elektrolyse treedt een ontledingsreactie op met behulp van elektrische energie. Bij een ontledingsreactie verdwijnt één beginstof en ontstaan twee of meer reactieproducten. In dit proces heb je voor de pijl en na de pijl twee stoffen. Dat betekent geen ontledingsreactie. Je mag voor dit proces dus niet de term elektrolyse gebruiken.
- 8 $2 \text{CO}_2 + 9 \text{H}_2\text{O} + 12 \text{e}^- \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6\text{OH} + 12 \text{OH}^-$ x1
 $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$ x6
 Levert als totaalvergelijking $2 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 3 \text{O}_2$
 De verbranding van ethanol: $\text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$ Dit is precies de omgekeerde reactie van de vorming van ethanol in het nieuwe proces. Je hebt dus te maken met een kringloop als je beide processen laat verlopen.
- 9 $6284 \text{ kg CO}_2 \div 44,01 = 142,8 \text{ kmol CO}_2 \div 2 = 71,4 \text{ kmol ethanol} \div 46,06 = 3288 \text{ kg C}_2\text{H}_6\text{O}$. Rendement is 63 %: $0,63 \times 3288 = 2072 \text{ kg ethanol} \div 0,80 = 2590 \text{ L ethanol}$.

Artikel: <http://www.fagt.nl/recent/co2-veranderd-in-alcohol/>

Alternatief artikel: <http://www.ad.nl/dossier-nieuws/onderzoekers-zetten-per-abuis-co2-om-in-brandstof-ethanol~af1aac8c/>

WAT WAS DIE GROENE GLOED BOVEN ENGELAND?

Klas	4 hv
Subdomein	Deeltjesmodel
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Atoommodel, covalentie
Trefwoorden	Atomen, energie, golflengte, structuurformule
Vaardigheidsvraag	Informatie-begripsvraag

www.kijkmagazine.nl, 8 november 2016

Wat was die groene gloed boven Engeland?

Sterrenkijkers in Engeland werden deze week blij verrast door een groene gloed. Het was geen Noorderlicht, maar wat was het dan wel?

De nachtelijke lucht van Engeland werd deze week opgelicht door een felgroene gloed. Het kon worden waargenomen in donkere delen van het land en worden vastgelegd in foto's met een lange sluitertijd. Hoewel het licht iets weg had van de Aurora Borealis (Noorderlicht), ging het hier om een totaal ander fenomeen: nachtgloed.

Atmosfeer

Nachtgloed is de natuurlijke lichtuitstraling van onze aardse atmosfeer. Gedurende de dag voorziet het zonlicht onze dampkring van energie. Dat gaat er soms zo heftig aan toe dat moleculen kunnen worden gesplitst in afzonderlijke atomen.

Bij nachtgloed kunnen deze atomen hun energie niet gelijk kwijt en slaan het op. Wanneer de afzonderlijke deeltjes zich weer aan elkaar hechten en tot moleculen versmelten, komt de energie vrij in de vorm van een zwak licht. Dit wordt ook wel chemoluminescentie genoemd.

Verschillende kleuren

Chemoluminescentie kan zich uiten in de kleuren rood, oranje, blauw en groen. De groene gloed, zoals die boven Engeland, wordt het meeste waargenomen. Dat ligt onder andere aan de helderheid van het licht en de aanwezigheid van lichtvervuiling in de omgeving. In tegenstelling tot het Noorderlicht kan de nachtgloed overal ter wereld worden waargenomen. Daarnaast 'danst' het ook niet door de lucht, maar licht het de gehele hemel op. Hieronder kan je beelden bekijken van een nachtgloed boven de Baltische Zee. Ook daar was het deze week prijs.

Bekijk het filmpje op: <https://www.youtube.com/watch?v=utGPRHff67E>

De groene chemoluminescentie, die boven Engeland werd waargenomen, is afkomstig van zuurstofatomen. Overdag zijn sommige zuurstofmoleculen op zo'n 100 km hoogte door opname van zonne-energie gesplitst in de afzonderlijke atomen.

- 1 Geef dit splitsen in een reactievergelijking weer.
- 2 Leg uit of dit splitsen een exotherm of endotherm proces betreft.
- 3 Geef het aantal protonen en elektronen van een zuurstofatoom weer.
- 4 Teken de structuurformule van een zuurstofmolecuul.

Het licht dat 's avonds werd gezien komt doordat de afzonderlijke atomen weer zuurstofmoleculen vormen.

- 5 Geef de reactievergelijking voor de vorming van de zuurstofmoleculen weer.

Het weer samenkomen van de zuurstofatomen gaat blijkbaar niet zo snel. Ook overdag worden er wel zuurstofmoleculen gevormd. Maar dat nemen we niet waar.

- 6 Bedenk een reden waarom de zuurstofatomen op 100 km hoogte niet erg snel weer zuurstofmoleculen vormen.
- 7 Leg uit waarom je de reactie overdag niet kunt waarnemen, terwijl de reactie wel optreedt.

Bij het vormen van zuurstofmoleculen uit de losse atomen ontstaan atoombindingen tussen de atomen. In de atmosfeer kunnen ook andere losse deeltjes, aanwezig door het opnemen van zonne-energie, zoals OH-groepen met in totaal 7 elektronen ontstaan. Of losse H-atomen.

- 8 Geef zo volledig mogelijk de bouw van een OH-groep weer.
- 9 Hoeveel elektronen bevat een los H-atoom?

Er kunnen uit deze deeltjes drie verschillende soorten moleculen worden gevormd.

- 10 Geef de structuurformules van deze drie soorten moleculen.

Chemoluminescentie kan zich uiten in allerlei kleuren. Zo geeft de luminescentie ten gevolge van de aanwezigheid van OH-groepen een rode kleur.

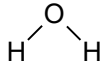
- 11 Leg uit waarvan de kleur van de gloed afhankelijk is.

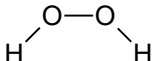
Het Noorderlicht, dat ook werd genoemd, wordt veroorzaakt doordat er geladen deeltjes zoals elektronen, afkomstig van de zon, botsen met de moleculen in de aardse atmosfeer. Dit gebeurt alleen in een ring om de magnetische polen, terwijl nachtgloed overal kan optreden. Nachtgloed is wel afhankelijk van de hoeveelheid UV-licht, die de zon uitstraalt.

- 12 Leg uit waarom we niet altijd bij helder weer nachtgloed kunnen waarnemen.

Wat was die groene gloed boven Engeland?

- 1 $O_2 \rightarrow 2 O$
- 2 Er is zonne-energie nodig om het molecuul te splitsen, endotherm dus.
- 3 O-atoom heeft 8 protonen en 8 elektronen.
- 4 $O=O$
- 5 $2 O \rightarrow O_2$
- 6 De concentratie losse O-atomen is zo laag dat ze elkaar bijna niet tegenkomen. Ze moeten wel botsen om een molecuul te kunnen vormen.
Of: de temperatuur is zo laag zodat de reactiesnelheid ook zeer laag is.
- 7 Het licht dat erbij ontstaat is te zwak in vergelijking met daglicht.
- 8 OH: $O-H$ met $8+1 = 9$ protonen en ook 9 elektronen.
- 9 Een H-atoom bevat 1 elektron.
- 10

H_2O


H_2O_2


H_2

$H-H$
- 11 De energie die vrijkomt bij het vormen van een molecuul komt overeen met een bepaalde golflengte van het licht. Als er verschillende moleculen kunnen ontstaan, zijn er verschillende golflengtes (dus kleuren) mogelijk. Een andere golflengte levert ook een andere kleur.
- 12 In een periode dat de zon minder uv-licht uitstraalt, zal er minder nachtgloed zijn. Als het bewolkt is, kun je het ook niet waarnemen.

Artikel: <https://www.kijkmagazine.nl/science/groene-nachtgloed-engeland>

REACTOR VAN DE TOEKOMST VREET KERNAFVAL

Klas	4,5 hv
Subdomein	Deeltjesmodellen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Atoommodel, verhoudingsformule
Trefwoorden	Thorium, kernreactor, energie
Vaardigheidsvraag	Begripsvraag, argumentenvraag

wibnet.nl, 10 oktober 2016

Reactor van de toekomst vreet kernafval

KERNENERGIE: 350.000 ton kernafval ligt wereldwijd onder wisselende omstandigheden opgeslagen. Een nieuw type reactor vol gloeiend heet zout moet een groot deel van dit afval opruimen.



Thomas Imo/Getty Images

Vaten van 200 liter vol kernafval liggen op verschillende plaatsen ter wereld opgeslagen. Hier het depot Morsleben in Duitsland.

Chinese wetenschappers werken aan een nieuw type reactor, waarin de chemische processen verlopen in een 700 graden hete brij van gesmolten zout.

Het is de bedoeling dat deze kernreactor draait op het nieuwe wondermateriaal thorium, dat veel voorkomt in de natuur en veel efficiënter is dan de brandstof die kerncentrales tot nu toe voornamelijk gebruikt hebben: uranium. Maar de centrales kunnen ook gestookt worden met kernafval.

Radioactief materiaal wordt hergebruikt

In een conventionele kerncentrale wordt hooguit 6,5 procent van het splijtbaar uranium in de brandstofstaven benut. De rest moet 100.000 jaar opgeslagen worden als kernafval.

Bij de nieuwe gesmoltenzoutreactoren wordt het radioactieve materiaal in de brandstofstaven echter volledig benut.

Kernafval wordt opgelost in heet zout

Het kernafval wordt eenvoudigweg opgelost in de gloeiend hete zoutsmurrie, waardoor er scheikundige processen op gang komen en warmte-energie vrijkomt, net als in een gewone kerncentrale.

Zo kan de resterende 93,5 procent splijtbaar uranium omgezet worden in stroom via een warmtewisselaar, die water aan de kook brengt met de warmte van het zout en een turbine aandrijft.

Opslag blijft nodig

Gesmoltenzoutcentrales bieden echter geen volledige oplossing voor het probleem van het kernafval. Wereldwijd ligt er maar liefst 350.000 ton opgeslagen, en als dat allemaal opgeruimd moet worden door gesmoltenzoutreactoren, moet er 93 jaar lang elke dag eentje geopend worden. Er zijn dus nog steeds kernafvaldepots nodig die 100.000 jaar lang intact blijven.

Kernreactoren kennen twee grote nadelen. Beide hebben te maken met de radioactiviteit van de gebruikte 'brandstoffen'.

1 Welke twee nadelen zijn dat?

Brandstof is eigenlijk een verkeerde term voor het gebruik van uranium of thorium in een kernreactor.

2 Leg uit dat brandstof eigenlijk een verkeerde term is.

De reactor die in het artikel wordt beschreven kan (op termijn) één van de genoemde nadelen in vraag 1 wegnemen.

3 Leg uit welk nadeel deze reactor op termijn wegneemt.

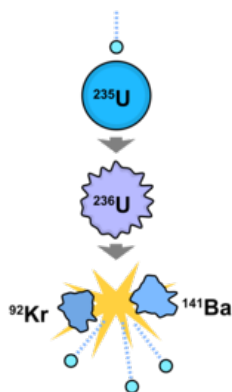
Verder kan de nieuwe reactor op thorium draaien in plaats van uranium.

4 Geef twee voordelen, die worden genoemd voor het gebruik van thorium in vergelijking met uranium.

In de alinea onder het kopje 'kernafval wordt opgelost in heet zout' wordt een bewering gedaan die niet klopt.

5 Leg uit welke bewering in die alinea niet klopt.

In een huidige uraniumkerncentrale treedt de kernreactie op, die in figuur 1 staat afgebeeld:



Figuur 1

- 6 Leg aan de hand van de tekening uit welk deeltje het bovenste blauwe bolletje moet zijn.

Doordat in de reactor met gesmolten zouten wordt gewerkt, moet de temperatuur vrij hoog zijn.

- 7 Leg uit waarom de temperatuur hoog moet zijn.

De thoriumcyclus in een kernreactor is een reeks kernreacties die begint met uranium, daarna thorium oplevert en vervolgens weer uranium. Bij een thoriumreactor is het afval, dat veel minder is, nog 300 jaar schadelijk.

- 8 Welke conclusie kun je dan trekken over het afval uit de thoriumreactor in vergelijking met het afval van een traditionele uraniumreactor.

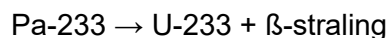
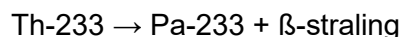
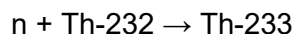
In een gesmolten-zout-reactor zit de brandstof, zoals thorium, in een gesmolten zout dat als koelvloeistof dient. Dat zout kan bijvoorbeeld lithiumberylliumfluoride zijn, waarin lithium en beryllium in de ionverhouding 2:1 voorkomen.

- 9 Geef de verhoudingsformule van dit zout.
10 Welke deeltjes zijn aanwezig in het gesmolten zout?

Er zijn grote voorraden thorium aanwezig op aarde. Het komt meestal voor als ThO_2 . Het isotoop van thorium dat op aarde aanwezig is, is Th-232, dat zelf niet goed te splijten is. Van thorium heb je veel minder nodig dan van uranium. Je hebt slechts één ton thorium nodig tegenover 250 ton uranium om één gigawatt energie te produceren. Thorium wordt veel efficiënter omgezet en de kans op een meltdown is niet aanwezig, omdat de brandstof opgelost is in het gesmolten zout dat ook als koelvloeistof dient. Wanneer de toevoer van koelvloeistof naar de reactor wegvalt, komt er ook geen nieuwe brandstof in de reactor.

- 11 Leg uit waarom er geen meltdown kan plaatsvinden.

Uitgaande van Th-232 verlopen de volgende stappen:



- 12 Leg uit wat er in de atoomkern gebeurt bij de overgang van Pa-233 naar U-233.

De kernen van U-233 splijten ook weer, waarbij energie, een α -deeltje en een andere kern ontstaan.

- 13 Beredeneer welk ander kerndeeltje ontstaat.

Uit dit deeltje kan weer U-233 ontstaan.

- 14 Leg uit wat er met het deeltje dat je in vraag 13 hebt genoemd moet gebeuren om weer Th-233 te maken.

Kernenergie is een beladen onderwerp.

- 15 Geef twee argumenten waarom je geen gesmoltenzoutreactor zou willen hebben in Nederland.
- 16 Geef twee argumenten waarom je wel een gesmoltenzoutreactor zou willen hebben in Nederland.

Reactor van de toekomst vreet kernafval

- 1 Het afval uit de kerncentrale blijft 100.000 jaar radioactief én wanneer er een ongeluk gebeurt met een kerncentrale, gaat het ook op grote schaal mis.
- 2 Bij een brandstof denk je aan het opwekken van energie door de verbranding. In een kernreactor echter wek je energie op door kernreacties.
- 3 De gesmolten-zoutreactor kan het oude kernafval ook gebruiken om energie op te wekken. Dat duurt alleen nog vrij lang.
- 4 Thorium wordt veel efficiënter benut en er is veel meer thorium dan uranium aanwezig op aarde.
- 5 Er staat dat er scheikundige reacties op gang komen. Dat is onjuist: het zijn kernreacties, waarbij andere atoomsoorten ontstaan.
- 6 U-235 wordt U-236. Het blijft een uraniumatoom, met een massagetal dat 1 groter is geworden. Dan moet er een neutron bijgekomen zijn.
- 7 Zouten bestaan uit ionen, met een sterke ionbinding tussen de ionen. Het kost veel energie om die te verbreken. Dus zouten hebben in het algemeen een hoog smeltpunt.
- 8 Het afval moet andere radioactieve kernen bevatten, want de tijd die nodig is om onschadelijk te worden is veel korter.
- 9 2Li^+ en 1Be^{2+} is samen $4+$. Dus er moeten 4F^- ionen zijn. De verhoudingsformule: $\text{Li}_2\text{BeF}_4(\text{s})$.
- 10 In het gesmolten zout komen de ionen los voor: $2 \text{Li}^+(\text{l}) + \text{Be}^{2+}(\text{l}) + 4 \text{F}^-(\text{l})$. En opgelost thorium?
- 11 Er kan geen meltdown plaatsvinden, omdat de kernreactie stopt, wanneer de toevoer van de koelvloeistof stopt. De 'brandstof' zit immers in de koelvloeistof.
- 12 U heeft atoomnummer 92 en Pa atoomnummer 91. Er moet dus een neutron omgezet zijn in een proton + een elektron (dat wordt uitgezonden).
- 13 U-233 geeft een α deeltje af. Dit bestaat uit 2 neutronen en 2 protonen. Er ontstaat dus een atoom met atoomnummer 90, Th, en massagetal 229.
- 14 Er zullen 4 neutronen bij moeten komen om het massagetal weer op 233 te krijgen.
- 15 Bijvoorbeeld:
 - Kernreacties zijn gevaarlijk
 - Er ontstaat radioactief kernafval dat veilig opgeslagen moet worden.
 - Straling is ongezond enz.
- 16 Bijvoorbeeld:
 - Je neemt de uitstoot van CO_2 weg.
 - Je kunt fossiele brandstoffen voor andere doeleinden gebruiken.
 - Je hebt voor lange tijd voldoende energie, terwijl je andere manieren kunt onderzoeken om energie op te wekken. Enz.

Artikel: <http://wibnet.nl/techniek/energie/kernenergie/reactor-van-de-toekomst-vreet-kernafval>

Voor de opgaven bij het artikel is gebruik gemaakt van:

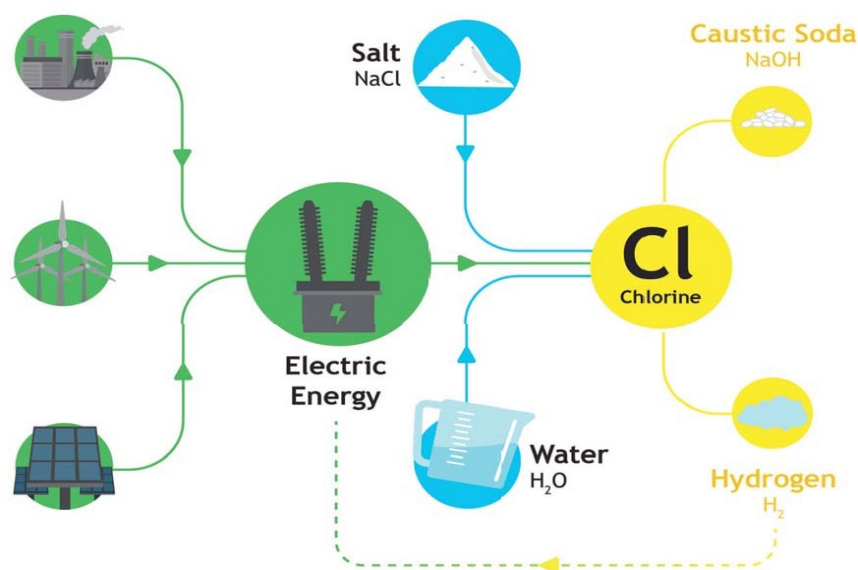
<http://www.nemokennislink.nl/publicaties/weg-met-de-meltdown-en-het-plutonium>

INVESTERINGEN IN CHLOORINDUSTRIE LOPEN GEVAAR

Klas	5hv
Subdomein	Processen en reacties
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Redoxreactie
Trefwoorden	Chloor, industrie, milieu, elektrolyse, kwik(II)sulfide, oplosbaarheidsproduct, halfreactie
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

Chemie Magazine, oktober 2016

INVESTERINGEN IN CHLOORINDUSTRIE LOPEN GEVAAR



Dieter Schnepel, de nieuwe voorzitter van de Europese brancheorganisatie van de chloorindustrie Euro Chlor, vreest dat toekomstige investeringen van de sector buiten Europa plaatsvinden. De Europese energieprijzen zijn volgens hem veel te hoog en de kosten om aan wet- en regelgeving te voldoen de afgelopen tien jaar verdubbeld.

Concurrentiepositie

Schnepel: “De kosten voor energie zijn in Europa hoger dan in de Verenigde Staten en het Midden-Oosten. Bovendien is er een ongelijk speelveld vanwege het Europese emissiehandelssysteem om de CO₂-uitstoot te reduceren, dat in ieder land verschillend wordt toegepast.” (....)

Oplossing voor kwik

Daarnaast is de sector naarstig op zoek naar een veilige en kosteneffectieve oplossing voor het kwik dat bedrijven vanaf eind 2017 niet meer mogen gebruiken voor de productie van chloor via het kwikelektrolyseproces. Naast diafragma- en membraan-elektrolyse is dit een van de processen om chloor te produceren. (....)

Wanneer deze bedrijven straks de productie beëindigen, moet er een oplossing zijn voor het kwik dat vrijkomt. (...)

Het gaat om 5700 ton kwik waarvoor de sector een oplossing wil vinden. Maar dat blijkt niet zo eenvoudig. Schnepel: “Er zijn in Duitsland drie verwerkingsbedrijven die zich op deze beperkte en tijdelijke markt richten. Gezamenlijk hebben zij een jaarlijkse capaciteit om 1000 tot 1500 ton kwik te verwerken. Hierbij laten ze kwik reageren met zwavel, zodat kwiksulfide ontstaat.” Een van de

bedrijven komt zelfs met een mobiele unit naar de betrokken sites, die de chloorbedrijven zelf moeten beheren.

De Europese autoriteiten werken momenteel aan nieuwe wet- en regelgeving die het mogelijk maakt om het vaste kwiksulfide in zoutcavernes op te slaan. Vloeibaar kwik is gevaarlijk chemisch afval, het vaste kwiksulfide is 'industriële afval'. Vanwege de beperkte verwerkingscapaciteit wil Euro Chlor meer tijd om aan deze nieuwe wet- en regelgeving te kunnen voldoen.

Investerings in de chloorindustrie lopen gevaar in Europa.

- 1 Welke oorzaken worden genoemd die zorgen voor dit gevaar?

Chloor is een belangrijke grondstof in de chemische industrie. Uit de tekening in het artikel kun je de grondstoffen en de producten bij de chloorbereiding aflezen.

- 2 Noem van de grondstoffen de Nederlandse chemische naam en geef de formule.
- 3 Noem van de producten de Nederlandse chemische naam en geef de juiste formule.

Elektrolyse

De vorming van chloor kost heel veel elektrische energie.

- 4 Welke energiebronnen zullen in de toekomst steeds meer gebruikt gaan worden?

Bij de elektrolyse ontstaat aan de positieve elektrode chloorgas en aan de negatieve elektrode een mengsel van waterstofgas en natronloog.

- 5 Geef de halfreacties die optreden.

In principe zijn er drie methodes om in het groot chloorgas te maken.

- 6 Welke drie methodes zijn dat?

Verwerking kwik

Het grootste deel van de chloorproducerende bedrijven is overgestapt op de nieuwste methode. Maar 20% maakt nog gebruik van de methode met kwik die in 2017 niet meer toegepast mag worden. Hierdoor komt er 5700 ton kwik vrij, dat verwerkt moet worden tot kwiksulfide.

- 7 Geef de reactievergelijking die optreedt bij de vorming van kwik(II)sulfide, HgS .
- 8 Bereken hoeveel ton zwavel hiervoor nodig is.
- 9 Bereken hoeveel tijd de verwerkende bedrijven nodig hebben om al het kwik te verwerken.

Kwik(II)sulfide is een zeer slecht oplosbaar zout met een oplosbaarheidsproduct (K_s) van $1 \cdot 10^{-53} \text{ (mol}^2/\text{L}^2\text{)}$.

- 10 Bereken de molariteit van de kwik(II)ionen in een verzadigde oplossing van kwik(II)sulfide.
- 11 Bereken het aantal kwik(II)ionen in 1000 L van deze oplossing.
- 12 Hoe groot is de kans dat je een kwik(II)ion binnenkrijgt als je 1 L van de verzadigde oplossing drinkt? Geef je berekening.
- 13 Waarom staat er kwik(II)ion en niet kwikion?

Het lijkt vreemd dat het kwik uit de kwikelektrolyse wordt afgedankt in de vorm van kwik(II)sulfide.

14 Leg uit waarom dit gebeurt.

Investerings in chloorindustrie lopen gevaar

- 1 De hoge energiekosten en de verscherpte wet- en regelgeving in Europa.
- 2 Natriumchloride, NaCl; water, H₂O.
- 3 Chloor, Cl₂; natriumhydroxide, NaOH; waterstof, H₂.
- 4 Zonne-energie, windenergie en kernenergie.
- 5 Positieve elektrode: $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$. Negatieve elektrode: $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$.
- 6 Het kwikelektrolyseproces, diafragma- en membraanelektrolyse.
- 7 $\text{Hg} + \text{S} \rightarrow \text{HgS}$.
- 8 $5700 \text{ ton Hg} = 5,7 \cdot 10^9 \text{ g} \equiv 5,7 \cdot 10^9 / 200,6 = 2,8 \cdot 10^7 \text{ mol Hg}$, dus ook $2,8 \cdot 10^7 \text{ mol S} \equiv 2,8 \cdot 10^7 \times 32,06 = 9,1 \cdot 10^8 \text{ g} = 910 \text{ ton zwavel}$.
- 9 5700 ton kwik met 1000 tot 1500 ton jaarlijks te verwerken dus 5700/1500 tot 5700/1000 jaar. Dus 3,8 jaar tot 5,7 jaar nodig.
- 10 $K_s = 1 \cdot 10^{-53} = [\text{Hg}^{2+}][\text{S}^{2-}]$ met $[\text{Hg}^{2+}] = [\text{S}^{2-}]$. Dus $[\text{Hg}^{2+}] = 3 \cdot 10^{-27} \text{ mol L}^{-1}$.
- 11 In 1000 L dan $10^3 \times 3 \cdot 10^{-27} \text{ mol} = 3 \cdot 10^{-24} \text{ mol} = 3 \cdot 10^{-24} \times 6,02 \cdot 10^{23} = 2 \text{ Hg}^{2+} \text{ ionen}$.
- 12 2 kwik(II) ionen in 1000 L, dus 1 kwik(II) ion in 500 L. Dus een kans van 1 : 500 (ofwel 0,2%).
- 13 Kwikionen kunnen 1+ of 2+ geladen zijn.
- 14 Vloeibaar kwik wordt beschouwd als gevaarlijk chemisch afval.

Eventueel kunt u aan het artikel onderstaande figuur invoegen naast het schematische overzicht van de chloorproductie.

Bron Chemie Magazine, oktober 2016

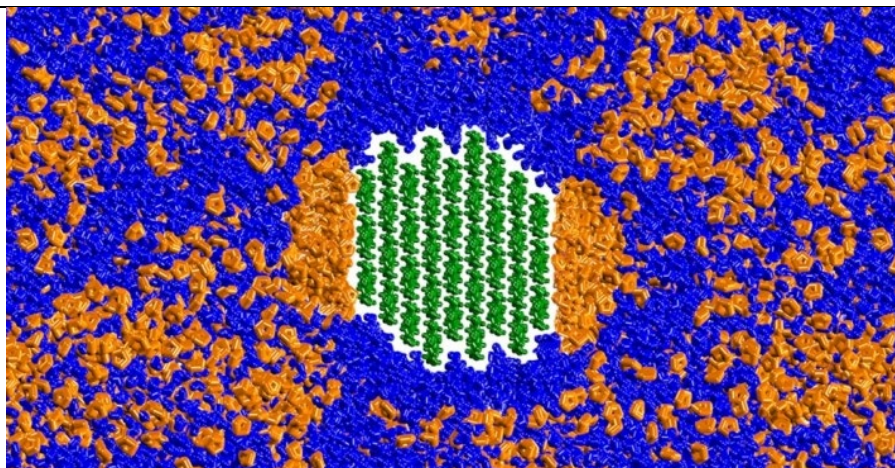
Een kleine greep uit de duizenden producten waarbij chloor aan de basis stond:

Gewasbescherming
Verpakkingen
Schoon water
Medicijnen
Pvc (leidingen, prothesen, schoenen, kozijnen, bloedzakken, etc.)
Reddingsvesten
Kogelvrije vesten
Isolatiematerialen
Zonnecellen
Sportschoenen
Basketballen
Fietshelmen
Lp's
Computerchips
Autobanden
Smartphones
Cosmetica
Verf en inkt
Remvloeistof
Airbags
Raketbrandstof

PARTIJ KIEZEN ROND CELLULOSE

<i>Klas</i>	5 hv
<i>Subdomein</i>	Processen en reacties
<i>Vaardigheid</i>	Informatie
<i>Specificaties</i>	Organische reacties
<i>Trefwoorden</i>	THF, cellulose, water, H-bruggen, hydrofiel, hydrofoob, hydrolyse
<i>Vaardigheidsvraag</i>	Informatiebegripsvraag

www.c2w.nl, 19 oktober 2016



Partij kiezen rond cellulose

Op een cellulosekristal zoeken tetrahydrofuraan (THF) en water elk hun eigen plekje op. In dat effect moet je de verklaring zoeken voor de effectiviteit van deze combinatie van oplosmiddelen bij de voorbehandeling van houtige biomassa, schrijven Barmak Mostofian, Jeremy Smith en collega's van Oak Ridge National Laboratory in *JACS*.

In de afbeelding: groen is cellulose*, blauw is water en oranje is THF. Die laatste twee zijn normaal gesproken perfect mengbaar maar rond een cellulosekristal, dat van nature zowel hydrofobe als hydrofiel oppervlakken heeft, zie je een fasenscheiding optreden. Water hecht zich via waterstofbruggen op de hydrofiel kanten, terwijl THF zich op de hydrofobe zijden ophoopt.

De onderzoekers hebben ook een losse cellulosevezel gesimuleerd. Die blijkt helemaal te worden omringd door watermoleculen.

Op 'co-solvent enhanced lignocellulosic fractionation' (CELF) vroegen onderzoekers van de University of California Riverside enkele jaren geleden octrooi aan. Normaal gesproken ontsluit je de cellulose uit houtige biomassa met een combinatie van verdund zwavelzuur, enzymen en verhoogde temperatuur. Toevoeging van THF als 'co-solvent' blijkt het proces dusdanig te vergemakkelijken dat je 90 procent minder enzymen nodig hebt. Dat scheelt zeker twintig eurocent per liter bio-ethanol. Maar hoe het kwam, bleef onduidelijk.

Eerder maakten de simulaties van Smith en collega's al duidelijk dat THF een prima oplosmiddel is voor de ligninefractie, die de biomassa bij elkaar houdt. Op die manier worden de cellulosekristallen dus blootgelegd.

De nieuwste simulaties suggereren dat THF ook wel eens een onverwachte rol zou kunnen spelen bij het oplossen van die kristallen. Om die rol te achterhalen, zou je moeten simuleren wat er precies

gebeurt tussen de afgebeelde begintoestand en de losse cellulosevezel. Maar die simulatie gaat de beschikbare rekencapaciteit voorlopig verre te boven.

bron: ORNL

* groen = middelgrijze deeltjes in midden op het witte vlak; blauw = donkergrijs; oranje is lichtgrijs

Houtige biomassa bestaat voor een groot deel uit cellulose. Om die cellulose als grondstof te gebruiken, moet je de biomassa eerst ontsluiten. De stof tetrahydrofuraan (THF, zie figuur 1) blijkt dat proces te vergemakkelijken.



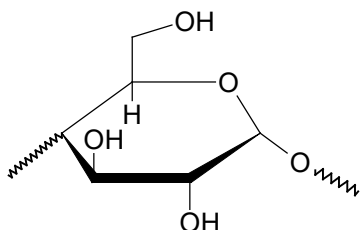
Figuur 1 Structuurformule THF

- 1 Geef de molecuulformule van THF.

Water en THF zijn volgens het artikel perfect mengbaar.

- 2 Leg uit waarom het niet zo vanzelfsprekend is dat THF en water perfect mengbaar zijn.

Cellulose is een polysaccharide. De repeterende eenheid ziet er als volgt uit:



- 3 Leg uit dat watermoleculen waterstofbruggen kunnen vormen met cellulosemoleculen.
- 4 Geef in een tekening de waterstofbruggen tussen watermoleculen en cellulosemoleculen weer. Teken er minimaal drie.

Een cellulosekristal heeft van zichzelf hydrofiele en hydrofobe kanten.

- 5 Licht deze uitspraak toe.
- 6 Leg uit dat THF voorkeur heeft voor de hydrofobe kant van cellulose.

De oude methode voor de vorming van bio-ethanol uit cellulose vraagt om speciale reactieomstandigheden.

- 7 Welke speciale reactieomstandigheden worden genoemd?
- 8 Hoe vergemakkelijkt de toevoeging van THF het productieproces?

De omzetting van cellulose in bio-ethanol verloopt in stappen. De eerste stap is de hydrolyse van cellulose waarbij glucose ontstaat. Glucose kan daarna door vergisting omgezet worden in bio-ethanol.

- 9 Geef de hydrolyse van cellulose in een reactievergelijking met structuurformules weer.
- 10 Wat is de functie van het verdunde zwavelzuur bij de hydrolyse?
- 11 Geef ook de vergisting van de gevormde glucose in een reactievergelijking weer.

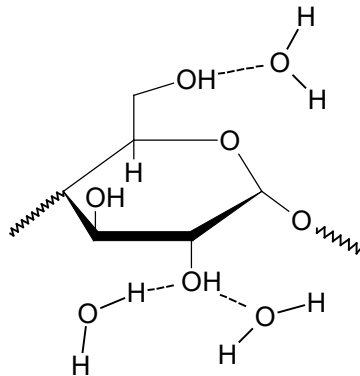
De onderzoekers hebben al eerder octrooi aangevraagd op het gebruik van THF.

12 Wat heeft hun verdere onderzoek nu opgeleverd?

Partij kiezen rond cellulose

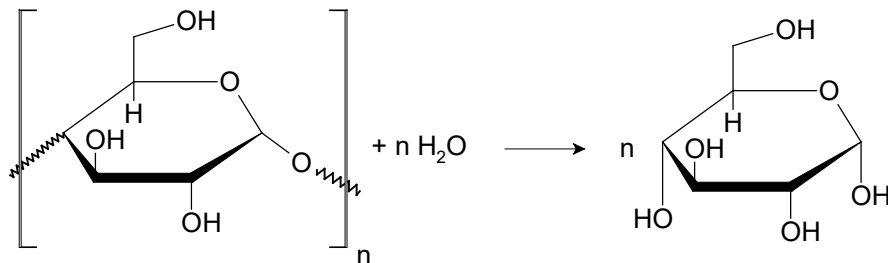
- 1 Molecuulformule THF is C_4H_8O .
- 2 Een THF molecuul heeft geen OH-groepen, slechts één O-atoom en daarnaast vier CH_2 -groepen.
- 3 Water- en cellulosemoleculen hebben beide OH-groepen die met elkaar H-bruggen kunnen vormen.

4



- 5 Cellulosemoleculen hebben OH-groepen die polair zijn, waardoor het cellulosekristal een in water oplosbare kant, een hydrofiele kant, heeft. Maar de moleculen hebben ook een koolstofketen die apolair is, waardoor het cellulosekristal ook een in water onoplosbare kant, een hydrofobe kant, heeft.
- 6 THF heeft een ringstructuur waarvan het O-atoom polair is maar waarvan een groter deel apolair is, namelijk het gedeelte met de vier koolstofatomen. Daardoor zal THF zich richten naar de in water onoplosbare kant, de hydrofobe kant, van het cellulosekristal.
- 7 Toevoegen van verdund zwavelzuur, enzymen en verhoogde temperatuur.
- 8 Je hebt veel minder enzymen nodig om cellulose af te breken.

9

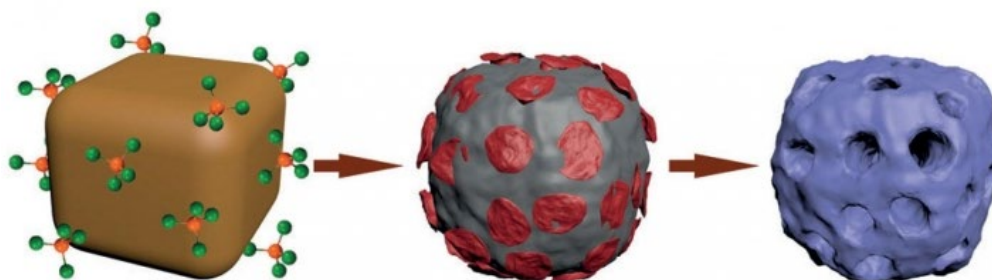


- 10 Zwavelzuur dient als katalysator.
- 11 $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$.
- 12 Dat ze nu beter begrijpen wat de rol van THF in het proces is.

RECEPT VOOR AMORFE SILICIUMANODE

Klas	4,5 hv
Subdomein	Bindingen, structuren en eigenschappen
Vaardigheid	Informatie
Specificaties	Roosters en bindingen
Trefwoorden	Amorf, silicium, anode, accu, structuurformule, reactievergelijking
Vaardigheidsvraag	Informatiebegripsvraag

www.c2w.nl, 11 oktober 2016



Recept voor amorphe siliciumanode

Angewandte Chemie presenteert het eerste bruikbare recept voor poreus amorf silicium. Ideaal als anodemateriaal voor lithium-ionaccu's, claimen onderzoekers van de Shangdong-universiteit in China.

Tot nu toe gebruikt men vooral grafiet voor zulke anodes. In theorie kan silicium tot tien keer zo veel lithium opnemen zodat de capaciteit van de accu navenant hoger wordt. Maar de laad- en ontladecycli wrikken de kristalstructuur van silicium langzaam uit elkaar. Uiteindelijk is de schade zo groot dat je het gerust amorf silicium mag noemen. Voor het functioneren als anode maakt dat op zich niet uit, ware het niet dat hij tegen die tijd van ellende uit elkaar valt.

Als je de anode vanaf het begin amorf maakt, heb je dat probleem niet. Maar grote hoeveelheden vast silicium bereiden zonder dat het onderweg vanzelf uitkristalliseert, was tot nu toe niet te doen.

Jian Yang en collega's zoeken de oplossing nu in een solvothermisch proces. Als siliciumbron gebruik je SiCl_4 dat je oplost in 'glyme' oftewel 1,2-dimethoxyethaan. In een autoclaaf laat je dit bij 100°C reageren met magnesiumpoeder, waarbij een mix van Si en MgCl_2 ontstaat. Resten organische stof brand je er bij verhoogde temperatuur uit. Als je het resultaat daarna heel snel afkoelt tot kamertemperatuur geef je het silicium niet de kans om uit te kristalliseren. Röntgenmetingen laten zien dat MgCl_2 dat wel doet, maar dat zout was je er tot slot uit met water en ethanol. Wat overblijft is het gewenste amorphe, mesoporeuze silicium.

De Chinezen hebben er al anodes van gemaakt met een capaciteit die driemaal zo hoog was als die van een koolstofanode, en die na 700 laadcycli nog 88 % van die capaciteit over hadden.

Ze stellen dat de grondstoffen relatief goedkoop zijn en relatief veilig in het gebruik: SiCl_4 is niet echt aangenaam spul maar het kan véél erger.

bron: *Angewandte Chemie*

Veel oplaadbare batterijen (accu's) presteren steeds slechter na een aantal keren opladen en ontladen. Ook streeft men naar accu's met een hogere capaciteit.

Een accu met een amorphe siliciumelektrode heeft een veel hogere capaciteit. De belangrijkste reden om te werken aan een methode om amorf silicium te maken.

1 Wat versta je onder amorf?

In een nieuwe Li-ionaccu met een kristallijne siliciumelektrode wordt tijdens het gebruik de elektrode langzaam omgezet in een amorfe siliciumelektrode.

2 Welk bijkomend nadeel levert deze omzetting op?

3 Hoe wil men dit probleem ondervangen? Licht je antwoord toe.

Voor de productie van amorf silicium gebruikten Jian Yang en collega's de stof SiCl_4 . Opgelost in 1,2-dimethoxyethaan liet men SiCl_4 met magnesiumpoeder reageren in een autoclaaf bij 100°C .

4 Geef de vergelijking van de reactie die daarbij optreedt.

5 Verklaar de term *solvothermisch* voor dit proces.

Resten van organisch materiaal brandt men er bij hogere temperatuur uit. Organisch materiaal zou bijvoorbeeld het oplosmiddel 1,2-dimethoxyethaan kunnen zijn.

6 Geef de structuurformule en molecuulformule van het oplosmiddel 1,2-dimethoxyethaan.

7 Geef de reactievergelijking, in molecuulformules, voor de verbranding van het oplosmiddel 1,2-dimethoxyethaan.

Snelle afkoeling voorkomt uitkristalliseren van silicium. Magnesiumchloride kristalliseert wel uit maar dat is geen probleem.

8 Waarom is dat in principe geen probleem?

9 Leg uit hoe het probleem van de aanwezigheid van magnesiumchloridekristallen opgelost wordt. Beschrijf hoe dat in zijn werk gaat.

10 Op welk principe berust dit?

In de Li-ionbatterij wordt de grafietelektrode vervangen door een amorfe siliciumelektrode.

11 Welke eigenschap hebben de grafiet- en siliciumelektrode gemeenschappelijk gelet op de toepassing in een Li-ionbatterij? Licht je antwoord toe.

12 Waarom zijn de Chinese onderzoekers zo enthousiast?

Recept voor amorfe siliciumanode

- 1 Een volkomen willekeurige stapeling van de deeltjes in een vaste stof.
- 2 Bij deze omzetting van kristallijn in amorf silicium valt de anode uit elkaar.
- 3 Starten met amorf materiaal zodat geen omzetting meer plaatsvindt en dus de elektrode niet uit elkaar valt.
- 4 $\text{SiCl}_4 + 2 \text{Mg} \rightarrow 2 \text{MgCl}_2 + \text{Si}$
- 5 Solvo: opgelost in 1,2-dimethoxyethaan; thermisch: autoclaaf bij 100 °C.
- 6 $\text{H}_3\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_3$ met molecuulformule: $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$.
- 7 $2 \text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2 + 11 \text{O}_2 \rightarrow 8 \text{CO}_2 + 10 \text{H}_2\text{O}$.
- 8 Magnesiumchloride lost goed op in water en kan dus door uitspoelen met water verwijderd worden.
- 9 Voeg water toe aan het mengsel en schud goed. Filtreer daarna zodat het amorfe silicium achterblijft op het filter.
- 10 Het principe berust op verschil in oplosbaarheid.
- 11 Ze geleiden beide elektrische stroom en dat is essentieel in een batterij/accu.
- 12 Ze hebben een siliciumanode gemaakt die een accu oplevert met driemaal zoveel capaciteit heeft als een vergelijkbare accu met grafietelektrode. En bovendien behield de accu na 700 laadcycli nog 88% van zijn capaciteit.