

CHEMIE AKTUEEL

Tijdschrift voor scheikundeonderwijs

Nummer 9

mei 1992

© 1992 Katholiek Pedagogisch Centrum, 's-Hertogenbosch

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Katholiek Pedagogisch Centrum.

Docenten mogen materiaal uit deze uitgave zonder voorafgaande toestemming vermenigvuldigen, echter uitsluitend voor gebruik zonder winstoogmerk binnen de school waaraan zij verbonden zijn en voor toepassing binnen hun eigen onderwijs.

VOORWOORD

Allereerst wil ik U bedanken voor het feit dat U onze enquête heeft ingevuld. Er waren vierhonderd exemplaren verstuurd. Wij hebben ongeveer tweehonderd formulieren teruggekregen. De redactie was daarover in ieder geval tevreden. Op het moment dat ik het voorwoord schrijf wordt de enquête verwerkt door de groep Evaluatie van het KPC. De redactie bespreekt in haar beleidsvergadering (mei 1992) de enquête om zo ook de weg voor de toekomst uit te stippelen. In het volgende nummer van Chemie Aktueel zal ik U verslag doen van de resultaten en welke conclusies wij hier uit trekken. Uit nieuwsgierigheid heb ik toch al vluchtig gekeken naar de opmerkingen die U kon maken aan het einde van de enquête. Eén van de opmerkingen die ik daar tegenkwam was dat men meer opgaven wilde hebben voor de onderbouw. Deze mensen worden met dit nummer al enigszins op hun wenken bedient. Er zaten deze keer meer opgaven voor klas 3 en 4 in de pijplijn. Heel toevallig, U weet wij zijn erg afhankelijk van het materiaal dat we in de kranten tegenkomen. Bij twee artikelen zijn voor klas 3 en 4 verschillende opdrachten gemaakt: 'ureum tegen vorstschade' en 'watersimple.'

Een van de topics van het afgelopen jaar aan het wetenschappelijke front zijn de 'Bucky balls'. In de krant ook heel wat artikelen. Een heel scala aan opgaven hebben we hierover binnengekregen. Na veel puzzelwerk hebben we daar één opgave van gemaakt.

Iets heel anders is de opdracht 'Kapotte handen door krullen en blonderen'. Voortbouwend op de BAVO, kan bekeken worden of leerlingen hun chemische kennis kunnen gebruiken om te argumenteren. In de voornoemde opdracht moeten leerlingen een artikel schrijven voor de schoolkrant op basis van een krante-artikel. Aan bod moeten komen de structuur van haar en verklaringen voor de behandelingen van haar door een kapper/kapster. Daarnaast moet ook aandacht geschonken worden aan de aspecten die schadelijk zijn voor de gezondheid van de kappers/kapsters. Aan deze opdracht hebben wij een prijsvraag verbonden. Leerlingen die mee willen doen moeten hun verhaal insturen vóór 1 september 1992. Voor het beste een prijs : eenbon. U vindt nadere gegevens over inzending et cetera in de docentenhandleiding. Daar treft U ook extra achtergrondinformatie aan.

Ik hoop dat U net zo veel plezier beleeft aan dit nummer van Chemie Aktueel als waarmee wij eraan gewerkt hebben.

Miek Scheffers-Sap

TIJDSCHRIFT VOOR SCHEIKUNDEONDERWIJS

NUMMER 9

MEI 1992

Hoofdredacteur:	Miek Scheffers-Sap
Redacteuren:	Godfried Ossenkoppele, Toon de Valk, Til Woudenberg
Correspondent:	Ton van Berkel, Niek van Noort, Berni Vervoordeldonk
Uitgave in samenwerking met:	leermiddelenontwikkeling scheikunde: Margriet van Helvoort, Ab Ypma
Administratie:	KPC, Informatiedienst, Postbus 482, 5201 AL 's-Hertogenbosch
Correspondentie:	Miek Scheffers-Sap, de Moeshof 9, 5258 ER Berlicum

U kunt zich abonneren voor 1992-1993 bij het KPC, Informatiedienst, Postbus 482, 5201 AL 's-Hertogenbosch (bestelnummer 2.453.00). Abonnees krijgen een factuur toegestuurd. Een jaarabonnement (drie nummers in oktober, januari en mei) kost f 10,--. Abonnementen worden stilzwijgend verlengd, tenzij schriftelijk opgezegd, bij het KPC, Informatiedienst, vóór 1 juli van de lopende jaargang.

Nummer Sluitingsdatum voor toezenden artikelen en opgaven

10	1 juni 1992
11	1 oktober 1992
12	1 februari 1993

Chemie Aktueel is een tijdschrift voor het scheikunde-onderwijs dat gebruik maakt van kranteartikelen, tijdschriftartikelen, folders en dergelijke. Bij dat materiaal zijn opdrachten gemaakt, soms ook practica.

De opdrachten zijn bestemd voor onderbouw of bovenbouw havo/vwo. Bij het maken van de opgaven wordt vooral ook gelet op positief nieuws uit de scheikundehoek, al zullen rampen niet ongemerkt aan het tijdschrift voorbij kunnen gaan.

Per nummer probeert de redactie zo gevarieerd mogelijk alle leerstofcategorieën en leerjaren aan bod te laten komen.

Voor *natuurkunde* bestaat een overeenkomstige uitgave. Informatie hierover kunt u verkrijgen bij:

Afdeling Didaktiek Natuurkunde
Katholieke Universiteit
Toernooiveld 1
6525 ED Nijmegen
Telefoon 080-652819 (van 9.00 - 12.00 uur)

INHOUD

<i>Klas</i>	<i>Leerstofcategorie</i>	<i>Kernbegrippen</i>	<i>Pagina</i>
UREUM TEGEN VORSTSCHADE			2
3/4 HV	elementbegrip chemische binding	fasenovergang (energie-effect)	
BETONROT			4
5 HV	electrochemie zuren en basen		
WATERSIMPLE			6
3/4 HV	scheidingsmethoden	filtreren, absorberen, ionenwisselaar, mening	
CERIUMDIOXIDE TEGEN DIESELWALM			8
4 HV	verbranding	naamgeving, zuurstof- leverancier, katalysator	
ZWAVELHOUDEND AFGAS			10
4 HV	industriële chemie scheidingsmethoden	blokschema	
BIOSPHERE			12
5 HV	zuren en basen	zwak zuur, oplosbaarheid, titratie	
NEUTRALISATIE BASISCH AFVALWATER			14
5 HV	zuren en basen	pH-berekeningen	
VERBETERING FENOLPROCES			16
5 H, 6 V	redoxreacties industriële chemie	naamgeving, halfreacties, blokschema	
AMMONIAKWASSER			19
5 HV	zuren en basen	reactievergelijking, op- losbaarheid, berekening	
MTC'S EN LCT'S			22
5 HV	voedsel biochemie	olie, vet, esters, energieverbruik	
VUURVAST ZOUT			25
4/5 HV	electrochemie	zoutwinning, neerslagreacties, enthalpie-effect	
KAPOTTE HANDEN			28
5/6 HV	biochemie	wedstrijdopdracht	
BUCKMINSTERFULLEREEN			32
6 V	chemische binding	grafiet, diamant, C ₆₀ , eigen- schappen	

KORT KORT KORT

STIKSTOF OXIDEN

3/4 HV verbranding berekening 39

IJZERHYDRIDE

4 HV chemische binding naamgeving, rooster 40

WATERSTOF EN WATERSTOF

4 HV chemische binding atoombouw 41

BRANDVERTRAGING

4 HV formuletaal hydraat 42

MAP-MACHINE

4 HV zuur-base formules, scheidingsmethode 43

ALCOHOLVRIJ?

3 HV reactievergelijking mening, significante cijfers 44

JOJOBA-OLIE

5 HV biochemie esters, naamgeving 45
6 V

DOCENTENHANDLEIDING

47

UREUM TEGEN VORSTSCHADE IN BLOESEM versie 3hv

Agrarisch Dagblad 18 april 1991



DRONTEN (AGD) – Bedrijfsleider Ron Dorst uit Dronten lost ureum op in de spuittank. Omdat er vorst is voorspeld, verhoogt hij de gebruikelijke ureumgift van ongeveer vijf tot tien kilo per hectare. Door deze stikstofbespuiting worden de knoppen sterker en zijn ze beter bestand tegen nachtvorst. Dorst spuit altijd enkele malen met stikstof voor de bloei. De bloei vraagt namelijk veel energie van de appelboom. Door de stikstof direct op het blad te spuiten worden de voedingsstoffen snel opgenomen. Dorst combineert de ureumbespuiting met een schurftbestrijding. Op het bedrijf is geen beregeningsinstallatie aanwezig om de bloesem tegen vorstschade te beschermen. Daarom is het van belang dat de knoppen sterk genoeg zijn om de vorst te doorstaan. Dorst spuit de extra gift op advies van de land- en tuinbouwcoöperatie Lelyland in Dronten.

Bedrijfsleider Ron Dorst wil de knoppen van zijn appelbomen beschermen tegen nachtvorst. Daarom voert hij een 'stikstofbespuiting' uit door ureum, $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$, op te lossen in het sproeiwater.

- 1 Spuit Ron Dorst met de (zuivere) *stof* stikstof?
- 2 Wat heeft 'ureum' met 'stikstofbespuiting' te maken?
- 3 Wat bereik je met een 'stikstofbespuiting' nog meer?

Vorstschade aan bloesem wordt soms tegengegaan door beregening. Bij vorst komt er dan een ijslaagje om de bloesem te zitten.

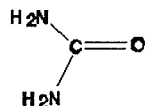
- 4a Hoe komt het dat de beregening de bloesem beschermt?
- 4b Tot welke temperatuur zal de bloesem afkoelen?
- 4c Zal de bloesem bij deze temperatuur bevriezen?

Tijdens de vorst moet de beregening doorgaan maar ook weer niet al te snel.

- 5a Waarom moet de beregening doorgaan?
- 5b Waarom niet al te snel?

UREUM TEGEN VORSTSCHADE IN BLOESEM versie 4hv

Ureum is een stof die onder andere gebruikt wordt als kunstmest. De structuurformule is



In het artikel worden 'ureumgift' en 'stikstofbespuiting' genoemd.

- 1a Geef een nauwkeuriger omschrijving van 'stikstofbespuiting'.
- 1b Vind je de term 'stikstofbespuiting' geschikt voor gebruik in de land- en tuinbouw?

Ureum is een geschikte stof als kunstmest wegens het hoge stikstofgehalte ervan.

- 2 Bereken het massapercentage stikstof in ureum.

Het artikel begint met: 'Bedrijfsleider Ron Dorst uit Dronten lost ureum op in de spuittank.' Kennelijk spreekt het vanzelf dat hij de ureum oplost *in water*.

- 3 Leg uit waardoor ureum goed oplosbaar is in water.

Vorstschade aan bloesem wordt soms tegengegaan door beregening. Bij vorst komt er dan een ijslaagje om de bloesem te zitten.

- 4a Hoe komt het dat de beregening de bloesem beschermt?
- 4b Tot welke temperatuur zal de bloesem afkoelen?
- 4c Zal de bloesem bij deze temperatuur bevriezen?

Tijdens de vorst moet de beregening doorgaan maar ook weer niet al te snel.

- 5a Waarom moet de beregening doorgaan?
- 5b Waarom niet al te snel?

BETONROT

NRC 17 november 1991

Betonrot in Den Haag met soda en elektriciteit bestreden

In 222 huurwoningen in de Haagse Frederikstraat wordt betonrot met elektriciteit tegengegaan. Betonrot is het verschijnsel dat de ijzeren wapening in beton gaat roesten. In normale omstandigheden wordt corrosie van het betonijzer tegengegaan door de lage zuurconcentratie van het beton: beton is basisch. Door het binnendringen van zuren uit de lucht, vooral koolzuur, stijgt de zuurgraad van het beton ('carbonatatie'). Als er voldoende water en zuurstof voorhanden zijn, gaat het ijzer onherroepelijk roesten. IJzeroxyde en vooral ijzercarbonaat (FeCO_3) heeft een veel groter volume dan het metallische ijzer. Barsten in het beton zijn dan het resultaat. In de Haagse Frederikstraat is dit verschijnsel inderdaad opgetreden. Het werd nog in de hand gewerkt door de

geringe dikte van de betonlaag. Inplaats van weghakken en totale reconstructie is besloten tot een minder ingrijpende herstelmethode. Naast gedeeltelijke reconstructies op de plaatsen waar al schade was opgetreden, heeft het bouwbedrijf Intervam BV een techniek toegepast die in Scandinavië is ontwikkeld: 're-alkalisatie'. Daarbij wordt op de betonijzers een pool van een gelijkstroombron gezet. De andere pool gaat naar een bak waarin een dikke viltlaag ligt die in een soda-oplossing is gedrenkt (Na_2CO_3). In het vilt ligt een fijn gaas van titaan en daarop wordt de pool aangesloten. De bak wordt tegen de onderkant van de galerijen gehouden en de gelijkstroom wordt ingeschakeld (40 volt). Als gevolg van de stroom die er nu gaat lopen, trekken de Natriumionen in het beton. Na verloop van tijd loopt de zuurgraad weer terug en het beton is voorlopig van betonrot gevrijwaard. Het is voor het eerst dat deze techniek in Nederland wordt toegepast.

Het artikel verstaat onder betonrot '... het verschijnsel dat de ijzeren wapening in beton gaat roesten.' Dit vindt plaats als de zuurgraad stijgt doordat onder andere 'koolzuur' het beton binnendringt.

- 1 Waardoor kan dit 'koolzuur' het beton binnendringen?
- 2 Laat via een reactievergelijking zien dat 'koolzuur' in water voor verzuring zorgt.

In het artikel staat: 'Als er voldoende water en zuurstof voorhanden zijn, gaat het ijzer onherroepelijk roesten.'

- 3a Verklaar dit. (Gebruik hierbij Binas tabel 48.)
- 3b Verklaar dat bij een hogere zuurgraad een sterkere aantasting kan worden verwacht.

Betonrot laat nieuwe stoffen ontstaan, er wordt gesproken over 'ijzeroxide' en 'ijzercarbonaat'.

- 4 Hoe kun je verklaren dat er naast 'ijzeroxide' ook 'ijzercarbonaat' gevormd wordt?

De namen 'ijzeroxide' en 'ijzercarbonaat' zijn niet volledig.

- 5 Leg uit wat je nog mist in beide namen.

De stoffen 'ijzeroxide' en 'ijzercarbonaat' hebben een veel groter volume dan het metallisch ijzer met als gevolg: barsten in het beton.

6 Leg uit waardoor het volume toeneemt.

Er wordt in dit artikel een oplossing aangedragen die minder ingrijpend is dan het 'volledig weghakken en totale reconstructie'. Deze oplossing heet 're-alkalisatie'. Dit is een elektrolyse-proces met titaan als onaantastbare elektrode aan de ene kant en het betonijzer als de andere elektrode.

7 Op welke pool van de gelijkspanningsbron moet het betonijzer worden aangesloten? Licht je antwoord toe.

8 Maak een schematische tekening van de gebruikte opstelling.

9a Geef de optredende halfreacties aan beide elektroden.

9b Waarvoor zorgen de reacties aan de negatieve elektrode?

NRC 14 november 1991

Betonrot

In het artikelje over de bestrijding van betonrot door re-alkalisatie (W&O 7 nov.) is een onjuistheid geslopen. Bij re-alkalisatie wordt met behulp van vilt doordrenkt met een soda-oplossing en elektrische gelijkstroom het roestproces van de ijzeren betonwapening gedeeltelijk hersteld.

U schrijft dat de re-alkalisatie plaatsvindt doordat natrium-ionen in het beton trekken waardoor dit weer basisch wordt. De betonrot, die het gevolg zou zijn van de verzuring van het beton door zuurvormende stoffen in de neerslag, zou hierdoor bestreden worden. Dit is echter niet juist. Het herstel vindt

plaats van binnenuit door twee kathodische reacties aan de ijzeren wapening van het beton.

Deze reacties zijn de reductie van zuurstof tot water en de reductie van water tot waterstof. Beide reacties produceren 1 OH⁻ ion per elektron. Een deel van deze ionen wordt door het beton afgevoerd richting soda-oplossing. Het resterende deel maakt de omgeving van de wapening weer voldoende alkalisch om de vorming van een beschermende oxydelaag te bevorderen.

Drs. H. Zeilmaker
Eindhoven

Het artikel beweert dat natrium-ionen in het beton trekken.

In zijn reactie op het artikel schrijft Zeilmaker dat dit niet juist is. Hij zegt: 'Het herstel vindt plaats van binnenuit door twee kathodische reacties aan de ijzeren wapening van het beton.'

10a Geef de vergelijkingen van de halfreacties die Zeilmaker na deze opmerking in woorden weergeeft.

(Lees in plaats van 'zuurstof tot water': 'zuurstof met water'.)

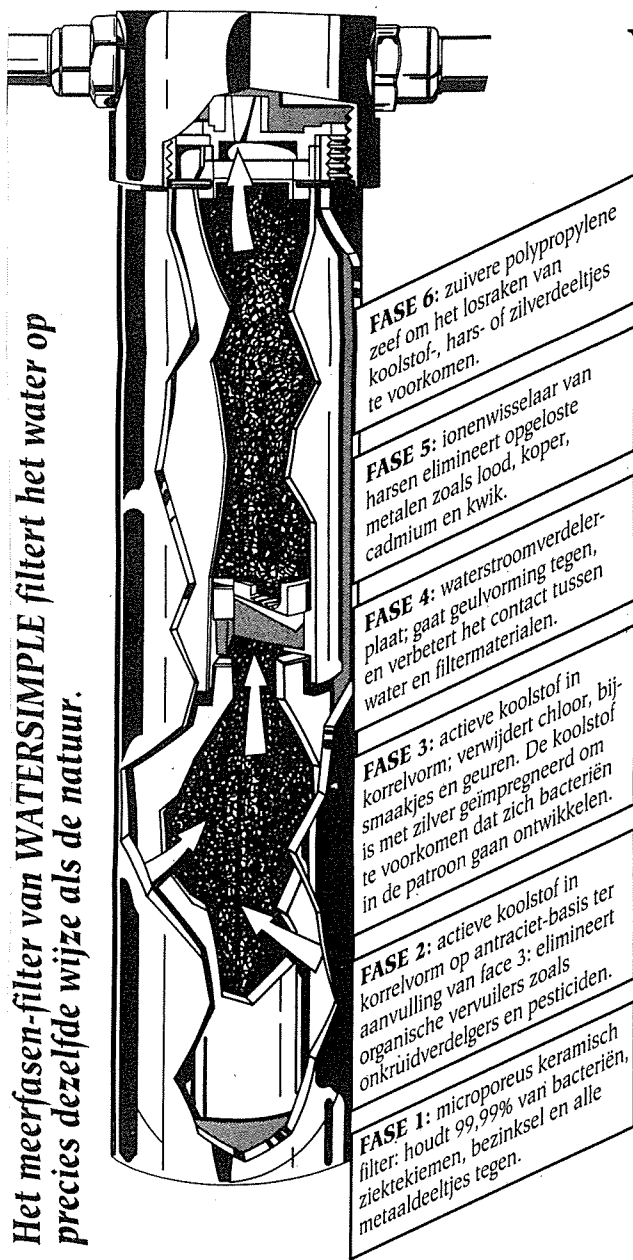
10b Waarom noemt Zeilmaker dit kathodische reacties?

Het toegepaste proces heeft de naam 're-alkalisatie' gekregen. Alkalisch betekent basisch.

11 Verklaar, op grond van het voorgaande, de term 're-alkalisatie'.

WATERSIMPLE

NRC 10 oktober 1991



WATERSIMPLE: BRON VAN HET ZUIVERSTE WATER

Voor U is zuiver water een zaak van levensbelang. Schoon water komt in de natuur helaas niet meer voor. Het oppervlaktewater is verontreinigd en het grondwater raakt steeds meer vervuild. Er is de laatste tijd veel te doen over de zuiverheid van zowel kraan- als bronwater.

U wilt kunnen vertrouwen op de kwaliteit van uw drink- en kookwater. Dat kan met WATERSIMPLE, het resultaat van de nieuwste technieken in waterzuivering.

Het WATERSIMPLE filter maakt deel uit van een groep van producten die het water verbeteren, zoals waterfilters en tafel-sifons. Producten voor zowel huishoudelijk als professioneel gebruik.

In de natuur wordt water door de bodemlagen van de aarde gefilterd; WATERSIMPLE filtert het water op precies dezelfde wijze. Het resultaat: gezond en lekker water, "bronwater" van de beste kwaliteit. En houdt U van bronwater met koolzuur? Met de WATERSIMPLE tafel-sifon heeft U altijd genoeg.

U hoeft nooit meer met flessen water te sjouwen. Voor veel minder geld heeft U onbeperkt bronwater uit de kraan: als drinkwater en om in te koken. Alles smaakt lekkerder en U weet dat het gezond is. De WATERSIMPLE filter is eenvoudig te monteren en past in elk aanrechtkastje.

3 HV

In de advertentie wordt gesproken over zuiver water.

- 1 Wat bedoelen ze in deze advertentie met 'zuiver water'?
- 2 En wat bedoelt een scheikunde-docent als die het over 'zuiver water' heeft?

In de verschillende fasen worden een aantal zuiveringstechnieken besproken.

- 3a Welke scheidingsmethode wordt zowel in fase 1 als in fase 6 besproken? Op welk principe berust deze methode?
- 3b Wat is het belangrijkste verschil tussen de werking van fase 1 en fase 6?
- 4 Welke scheidingsmethode wordt in fase 2 en fase 3 besproken? Op welk principe berust deze methode?

Na verloop van tijd zal de actieve koolstof òf vervangen òf schoongespoeld moeten worden.

- 5 Waarom zal dat moeten gebeuren?

Voor het gehele systeem gebruikt men de term 'meerfasen-filter'.

- 6 Leg uit dat deze term niet de werking van het *gehele* systeem dekt.

Een advertentie heeft de bedoeling dat mensen, na de advertentie gelezen te hebben, het produkt gaan kopen.

- 7 Op welke manier probeert men in deze advertentie de mensen ertoe te bewegen om dit produkt te kopen?

4 HV

In fase 5 gebruikt men een ionenwisselaar voor het verwijderen van metaalionen, zoals lood, koper, cadmium en kwik.

- 6a Tegen welke ionen zullen de te verwijderen metaalionen uitgewisseld worden? Licht je keuze toe!
- 6b Geef de reactievergelijking voor het verwijderen van bijvoorbeeld lood(II)ionen uit het water.

Na verloop van tijd zal men de ionenwisselaar moeten regenereren.

- 7 Wat is 'regenereren' en hoe wordt dat precies uitgevoerd?

Voor het gehele systeem gebruikt men de term 'meerfasen-filter'.

- 8 Leg uit dat deze term niet de werking van het *gehele* systeem dekt.

Een advertentie heeft de bedoeling dat mensen, na de advertentie gelezen te hebben, het produkt gaan kopen.

- 9 Op welke manier probeert men in deze advertentie de mensen ertoe te bewegen om dit produkt te kopen?

CERIUMDIOXIDE TEGEN DIESELWALM

*Chemie voor de toekomst,
Rhône-Poulenc, september 1991*

CERIUMDIOXIDE TEGEN DIESELWALM

Het toevoegen van een organische ceriumverbinding aan dieselolie maakt het mogelijk de zwarte walm van dieselmotoren te bestrijden. Het systeem wordt in Athene, een van de meest vervuilde steden ter wereld, getest op stadsbussen. De bussen zijn uitgerust met een keramisch filter dat roet en andere deeltjes in de uitlaatgassen afvangt. Dit brengt de roetuitstoot met 95 procent terug. Het cerium maakt het mogelijk de filters tijdens het rijden te regenereren. Roet in de uitlaatgassen van dieselmotoren vormt een milieuprobleem.

Het is ongezond en draagt bij aan de fotochemische luchtverontreiniging. Het goed afstellen van de motor is niet voldoende om het ontstaan van roet te voorkomen. Het is ook nodig om de uitlaatgassen zelf te behandelen, zo staat inmiddels vast. Speciale keramische filters blijken 50-95 procent van de deeltjes te kunnen afvangen, afhankelijk van de filterspecificatie.

Het probleem is om deze filters, nadat ze met roet verzadigd zijn, te regenereren, zodat ze opnieuw te gebruiken zijn. De filters werden aanvankelijk bij hoge temperaturen afgebrand, maar bleken hiertegen niet bestand.

De Griekse autobus-producent Elbo heeft samen met Rhône-Poulenc een systeem ontwikkeld waarbij de filters automatisch worden geregenereerd tijdens het rijden. Het systeem berust op het verbranden van het roet in het filter, met behulp van zuurstofrijk uitlaatgas en het katalytisch effect van een organische ceriumverbinding.

Deze verbinding, een produkt van Rhône-Poulenc, wordt in kleine hoeveelheden (50 deeltjes per miljoen) als additief aan de dieselolie toegevoegd

De ceriumverbindingen zijn niet toxisch en leveren geen extra milieurisico op. De verbinding wordt in de motor verbrand tot ceriumoxide, met als gevolg dat een deel van dit oxide in de roetdeeltjes terecht komt. Het zorgt in het roet voor een groot aantal spontane ontbrandingen tijdens het rijden. Hoe meer roet er in het filter komt, hoe meer van dit soort ontbrandingen optreden en hoe hoger de temperatuur wordt.

Als de temperatuur een bepaalde vooraf ingestelde waarde overschrijdt, gaat een klep open die zuurstofrijk uitlaatgas naar het filter toelaat. Hierdoor wordt de temperatuur zo hoog dat het roet, met de in het uitlaatgas aanwezige zuurstof, verbrandt tot kooldioxide. De klep blijft open totdat het filter schoon is. Vervolgens begint de cyclus opnieuw.

Als de temperatuur in het filter onder bepaalde omstandigheden te hoog oploopt, treedt een 'bypass' in werking totdat het filter is afgekoeld.

Het systeem, ELBO Diesel Particulate TRAP, is de afgelopen vijf jaar getest op 100 stadsbussen in Athene. De filters vangen 80 procent van alle deeltjes in de uitlaatgassen en 95 procent van de deeltjes die verantwoordelijk zijn voor roet.

Het effect op het brandstofverbruik is verwaarloosbaar, omdat de tegendruk in de uitlaat iets hoger wordt en omdat, onder normale omstandigheden, het regenereren van het filter, maar twee procent van de bedrijfstijd uitmaakt. De resultaten zijn zodanig dat er nu over gedacht wordt alle 1800 stadsbussen in Athene ermee uit te rusten.

Aan de dieselolie wordt een organische ceriumverbinding toegevoegd die ook in de motor verbrandt. Daarbij ontstaat onder andere ceriumoxide.

- 1 Welke reactieproducten zullen er bij de verbranding van de organische ceriumverbinding, naast ceriumoxide, zeker ook gevormd worden? Licht je antwoord toe.
- 2 Waarom worden die reactieproducten niet genoemd?

Er wordt in het artikel gesproken over 'ceriumdioxide'.

- 3 Waarom is deze naam niet juist?
- 4 Geef de juiste naam als gegeven is dat cerium meerdere valenties heeft. Leg uit hoe je aan de naam komt.

Er wordt, volgens het artikel, 80 % van alle deeltjes in de uitlaatgassen door het filter gevangen.

- 5 Welke soort deeltjes zullen door het filter gevangen worden? Licht je antwoord toe.
- 6 Geef nu commentaar op de zinsnede: 'De filters vangen 80% van alle deeltjes in de uitlaatgassen...'

Het ceriumoxide zorgt bij relatief lage temperatuur voor een groot aantal spontane ontbrandingen in het roet op het filter, zonder dat er zuurstof bijgemengd wordt.

- 7 Wie is bij de genoemde verbranding dan de zuurstofleverancier? Licht je antwoord toe.
- 8 Geef de reactievergelijking tussen deze zuurstofleverancier en het roet op de filter.

Uit het artikel is af te leiden of deze reactie exo- of endotherm is.

- 9 Waaruit is het dan af te leiden?
- 10 En is de reactie nu exo- of endotherm?

Als de temperatuur hoog genoeg is, vindt door toevoeging van zuurstofrijk uitlaatgas een snelle verbranding van de nog aanwezige roet plaats.

- 11 Waarom moet er zuurstof bijgemengd worden? Met andere woorden: waarom kan de eerder genoemde zuurstofleverancier niet alle roet omzetten?

De filters worden zo tijdens het rijden automatisch geregenereerd.

- 12 Leg in je eigen woorden uit wat dit regenereren inhoudt.
- 13 Waarom is deze regeneratie noodzakelijk?

Aan de organische ceriumverbinding wordt, volgens het artikel, een katalytisch effect toegedacht.

- 14 Is dit een juiste benaming voor de functie van de organische ceriumverbinding? Beargumenteer je 'ja' of 'nee'!

Microgolftechniek hakt zwavelhoudend afgas in nuttige componenten

Zwavelwaterstof, afkomstig van natuurlijk gas of afgas van olieraffinaderijen, kan worden geëlimineerd met behulp van microgolven. John B.L. Harkness, onderzoeker van het Argonne National Laboratory (Illinois, VS) ontwikkelde een nieuw proces dat het mogelijk maakt niet alleen zwavel, maar ook waterstof terug te winnen.

Splitsing

De experimenten -die volgens Harkness uitstekende resultaten hebben opgeleverd- maakten gebruik van een reactor waar zwavelwaterstofgas aan microgolven wordt blootgesteld en uitgesplitst in vast zwavel en waterstofgas.

De splitsing van waterstofsulfide vindt plaats in een speciale kwartsbuisreactor. Hierin wordt met behulp van microgolven een plasma tot stand gebracht. Waterstofsulfide stroomt door de reactor en aan de andere kant wordt gecondenseerd zwavel teruggewonnen.

Het gas dat overblijft na de plasma-behandeling, doorloopt een zwavelafscheider, waar gecondenseerd zwavel wordt gewonnen. Het overblijvende gas bevat een mengsel van verschillende stoffen: waterstof, niet-ontbonden waterstofsulfide, restjes zwavel en kleine vervuilingen. De na de afscheider resterende gasstroom ondergaat een aantal scheidings- en zuiveringsstappen. Zo gaat de gasstroom via een koude-val (-10 graden Celsius) en een glaswol filter naar een bed van absorberend materiaal (Fe_2O_3). Dit ijzeroxidebed verwijdert eventueel nog aanwezige waterstofsulfide, waarna het eindproduct wordt afgeventileerd. Waterstof kan worden gebruikt om energie op te wekken, ongesplitst H_2S gaat terug naar de reactor.

Via microgolven wordt 'zwavelwaterstof' gesplitst in zwavel en waterstof.

- 1 Geef een betere naam voor 'zwavelwaterstof'.
- 2 Geef de reactievergelijking van de beschreven ontleding.

Na de reactor wordt het gasmengsel in een condensor geleid waarbij het zwavel als vloeistof afgetapt wordt.

- 3 Verklaar de naam 'condensor'.
- 4 In welk temperatuurtraject moet de temperatuur in de condensor gehouden worden? Licht je antwoord toe.
- 5 Waarom zal het gevormde zwavel als *vloeistof* verwijderd worden en *niet als vaste stof*?

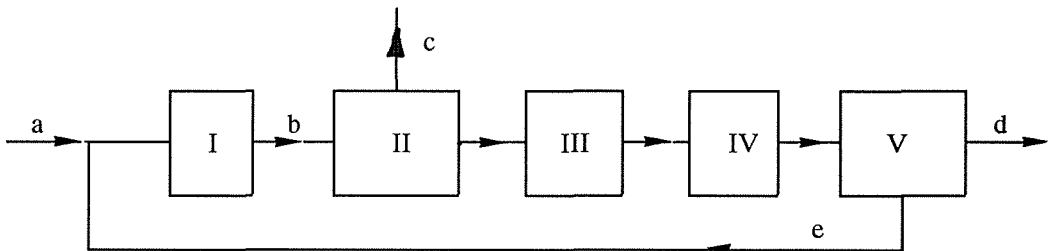
De resterende gasstroom ondergaat volgens de tekst nog een aantal scheidings- en zuiveringstechnieken.

- 6a Welke technieken worden genoemd?
- 6b Verklaar wat er met elke genoemde techniek bereikt wordt.
- 6c Welke techniek(en) is(zijn) een scheiding en welke een zuivering? Licht je antwoord toe.

Volgens de tekst wordt het ongesplitste 'zwavelwaterstof' terug geleid naar het begin van het proces.

Het is gebruikelijk om industriële processen in een zogenaamd blokschema weer te geven. Elk blok in een dergelijk schema betekent een deelproces. Tussen de blokken zijn lijnen getrokken voorzien van pijlen. Deze lijnen geven de in- en uitgaande stoffen (= stofstromen) aan.

Voor het in het artikel genoemde proces ziet het 'lege' blokschema (dat wil zeggen zonder dat de deelprocessen en stoffen zijn aangegeven) er als volgt uit:



- 7 Welk deelproces vindt plaats in respectievelijk blok I, blok II, blok III, blok IV en blok V?
- 8 Welke stof(fen) 'stroomt/stromen' bij respectievelijk a, b, c, d en e?

Het gevormde waterstof kan worden gebruikt om energie op te wekken.

- 9 Hoe zal dat gedaan worden?

BIOSPHERE

de Volkskrant 23 november 1991

Bewoners Biosphere bestrijden kooldioxyde

De bewoners van Biosphere-2 hebben, tegen hun ecologische principes in, de hulp van de techniek moeten inroepen. In de reusachtige biokas in de Amerikaanse staat Arizona zijn eind september vier mannen en vier vrouwen ingesloten, samen met zo'n 3800 plante- en diersoorten. Het is de bedoeling dat de bewoners de komende twee jaar in evenwicht met de natuur in de ecokas zullen leven, volledig afgesloten van de buitenwereld. Een van de kritische punten bij dit experiment, dat al 300 miljoen gulden heeft gekost, is het in de hand houden van de kooldioxydeconcentratie in de kas. Mensen ademen dit gas uit, planten hebben het juist nodig voor de groei. Een deel van het kooldioxydegas zal oplossen in de mini-oceaan die in de ecokas is aangelegd. In het begin zal de kooldioxydeconcentratie enigszins fluctueren, waarna zich geleidelijk een evenwicht zal instellen. In de atmosfeer zit 0,03 procent kooldioxydegas, mens en dier hebben daarmee leren leven. Volgens woordvoester K. Dyhr van het Biosphere-2-project is het aandeel kooldioxyde in de atmosfeer van de ecokas opgelopen tot 0,2 procent, zeven maal hoger dan in de aardse atmosfeer.

NASA handhaaft in de space shuttle een concentratie van 0,5 procent. In principe gaat er wat gezondheid betreft niets fout tot een aandeel kooldioxyde van 1 procent, maar zo ver wil men het in de biokas niet laten komen. Daarom is de hulp ingeroepen van de techniek. Er is een apparaat aangezet dat kooldioxydegas absorbeert. Vermoedelijk is het een groot vat met een waterige oplossing met calciumhydroxyde, waar lucht uit de biokas doorheen wordt geblazen. De calciumverbinding reageert met kooldioxydegas waarbij calciumcarbonaat wordt gevormd, dat in vaste vorm uit de oplossing wordt geschept. „Het apparaat is op het laatste moment in de ecokas gezet omdat uit berekeningen bleek dat vooral in de eerste weken van insluiting de kooldioxydeconcentratie tot hoge waarden zou kunnen oplopen. We hebben het enkele keren aangezet om het hele experiment niet in gevaar te brengen”, zegt Dyhr. De oorzaak van het probleem zou een te geringe groei van de planten zijn, veroorzaakt door een tekort aan zonneschijn. De fotosynthese is dan beperkt en daardoor wordt er ook weinig kooldioxydegas uit de lucht gehaald.

In het artikel 'Bewoners Biosphere bestrijden kooldioxyde' heb je gelezen dat er problemen zijn met de concentratie van koolstofdioxide in de lucht. Na fluctuaties in het begin zou zich door verbruik, uitademen en oplossen van kooldioxide geleidelijk een evenwicht moeten instellen.

Koolstofdioxide wordt verbruikt bij de fotosynthese. Daarbij ontstaan glucose en zuurstof.

- 1 Geef een reactievergelijking met structuurformules van deze fotosynthese.

Er wordt ook koolstofdioxide onttrokken aan de lucht doordat het oplost in water. In tabel 44 Binas kun je aflezen hoeveel mol koolstofdioxide er per liter water oplost.

Opgeloste koolstofdioxide reageert met water tot een zure oplossing.

- 2 Hoeveel mol kooldioxide lost bij 25°C op per liter water?
- 3 Geef de evenwichtsvoorwaarde van het evenwicht dat zich instelt als koolstofdioxide in water als zuur reageert (alleen voor de afsplitsing van het eerste proton).
- 4 Bereken, uitgaande van je antwoord op 3 en 4, de pH van de, met koolstofdioxidegas verzadigde, oplossing.

Of de oplossing inderdaad verzadigd is, kun je nagaan door te titreren met natronloog.

- 5 Bereken hoeveel ml 0,050 M natronloog nodig is om bij titratie van 25,0 ml koolstofdioxidegas-oplossing het equivalentiepunt te bereiken als de oplossing inderdaad verzadigd is met koolstofdioxide.
- 6 Leg uit of de pH van het reactiemengsel bij het bereiken van het equivalentiepunt lager dan, gelijk aan of hoger dan 7,0 is.
- 7 Leg uit welke indicator je bij deze titratie kunt gebruiken.

Omdat de hoeveelheid koolstofdioxide die geproduceerd wordt, tijdelijk groter is dan de hoeveelheid die door reactie en door oplossen aan de lucht onttrokken wordt, hebben de bewoners van Biosphere-2 een apparaat aangezet dat koolstofdioxide absorbeert.

- 8 Beschrijf de werking van het apparaat met behulp van een reactievergelijking.

Dat calciumcarbonaat in vaste vorm uit het apparaat kan worden gehaald, is te danken aan het feit dat die stof slecht in water oplost.

- 9 Bereken met behulp van het oplosbaarheidsprodukt van calciumcarbonaat hoeveel gram er per liter water oplost.

Het calciumcarbonaat wordt echter gevormd in een calciumhydroxide-oplossing.

- 10 Beredeneer of de oplosbaarheid van calciumcarbonaat in een calciumhydroxide-oplossing groter is dan, gelijk is aan of kleiner is dan de oplosbaarheid van calciumcarbonaat in water.

NEUTRALISATIE BASISCH AFVALWATER

Folder Hoekloos

neutralisatie van basisch afvalwater



pH

Bij de lozing van afvalwater worden ook aan de zuurgraad eisen gesteld. Meestal dient deze tussen de 6.5 en 8.5 te zijn, wat betekent dat basisch afvalwater geneutraliseerd moet worden. Neutralisatie met behulp van koolzuur is vaak een gunstig alternatief om de pH omlaag te brengen, vanwege de efficiënte en veilige manier waarop het proces te werk gaat.

Geen sterke zuren nodig

Kooldioxide vormt een zwak zuur met water, waarmee neutralisatie probleemloos verloopt. Het Hoek Loos-systeem regelt de pH-verlaging automatisch en 'overdosering' heeft nooit schadelijke gevolgen, omdat kooldioxide als zwak zuur onschadelijk is. De pH wordt namelijk bijna nooit lager dan 6. Door deze onschadelijkheid is de opslag van koolzuur, ook in zeer grote hoeveelheden, ongevaarlijk. Koolzuur is dus een vriendelijk alternatief voor sterke zuren, dat bovendien voorkomt, dat in het geloosde water het gehalte aan opgeloste zouten verhoogd wordt. Hierdoor blijft de biologische afbreekbaarheid in takt, evenals de geschiktheid voor de verwerking tot drinkwater.

CO₂-neutralisatie is rendabel

De benodigde hoeveelheid koolzuur is afhankelijk van de *omzettingsgraad*; dat is de verhouding tussen de benodigde hoeveelheid koolzuur en de omgezette hoeveelheid base. In formule uitgedrukt:

$$\lambda = \frac{\text{mol toegevoegd CO}_2}{\text{mol om te zetten OH}^-}$$

Deze faktor is ongeveer gelijk aan 1 en varieert in de praktijk tussen 0,8 en 1,2. De omzettingsgraad wordt namelijk bepaald door de zuurgraad (pH). Aan de hand van de *hoeveelheid* te neutraliseren basisch water en het gewenste pH-niveau kan het koolzuurverbruik berekend worden. Uiteraard spelen de verdunningsmogelijkheden hier ook een grote rol. Onze project-engineers zijn gaarne bereid een kosten/baten-analyse voor Uw situatie te verzorgen.

In de folder wordt de rol van koolstofdioxide als zure stof belicht. Na 'Geen sterke zuren nodig' wordt bewezen:

'Kooldioxide vormt een zwak zuur met water.' (1)

- 1 Geef in een reactievergelijking weer wat er gebeurt als koolstofdioxide in water wordt geleid.

Je zou dus hebben kunnen schrijven:

'Koolstofdioxide gedraagt zich in water als een zwak zuur.' (2)

- 2 Welke van de twee formuleringen vind jij het beste? Waarom kies je deze?

Bij lozing van afvalwater moet de pH tussen 6,5 en 8,5 liggen.

- 3 Bereken $[H^+]$ in afvalwater met $pH = 6,5$.

- 4 Bereken $[H^+]$ in afvalwater met $pH = 8,5$.

- 5 Bereken nu $[OH^-]$ bij beide pH's.

Het basisch afvalwater wordt geneutraliseerd door er koolstofdioxidegas in te leiden.

- 6 Geef de vergelijking van de reactie die optreedt als koolstofdioxide in basisch afvalwater geleid wordt.

Er wordt gesproken over de omzettingsgraad die (ongeveer) gelijk aan 1 moet zijn.

- 7 Welk(e) deeltje(s) is (zijn) er aanwezig als de omzettingsgraad gelijk aan 1 is?

- 8 Bereken de pH als de omzettingsgraad 1 is. Ga uit van basisch afvalwater waar de OH^- -concentratie $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ M}$ is.

In de folder staat dat 'koolzuur' een vriendelijk alternatief is voor sterke zuren zoals bijvoorbeeld zwavelzuur. Voordelen zijn:

- * koolstofdioxide vormt een zwak zuur met water terwijl zwavelzuur een sterk zuur is;
- * overdosering treedt bij gebruik van koolstofdioxide niet op;
- * het gehalte aan zout neemt *niet* toe.

- 9 Wat is het verschil tussen een sterk en een zwak zuur?

- 10 Waarom is het een voordeel dat koolstofdioxide met water een zwak zuur vormt?

- 11 Leg uit dat overdosering bij gebruik van koolstofdioxide *niet* kan optreden.

- 12 Hoe komt het dat de hoeveelheid zout niet toeneemt bij gebruik van koolstofdioxide? Gebruik in je uitleg een reactievergelijking.

De pH wordt bij gebruik van overmaat koolstofdioxide toch bijna nooit lager dan 6.

- 13 Toon aan dat deze uitspraak juist is door de pH uit te rekenen zowel bij omzettingsgraad 2 als omzettingsgraad 3.

VERBETERING FENOLPROCES

Chemisch Weekblad 87 (29/30), 309, 1991

DSM verbetert fenolproces

Lilian Hesselink

In een pas ter inzage gelegde octrooi-aanvraag presenteert DSM een manier om in zeer hoge opbrengst fenol te produceren uit benzoëzuur. Bij het oude proces bestond minstens 25 % van het produkt van de reactie uit teer. In het nieuwe proces is dat tot onder 1% teruggebracht.

De produktie van fenol uit benzoëzuur in de vloeibare fase met behulp van een koperkatalysator is gebaseerd op een octrooi van Dow uit 1954. De koperkatalysator wordt geoxideerd

van eenwaardige in tweewaardige toestand. Hij is dan aanwezig in de vorm van koper(II)benzoesaat. Benzoëzuur en koper(II)benzoesaat reageren samen tot een ester, waarbij CO_2 vrijkomt. De ester hydrolyseert onder invloed van water in het gewenste fenol en benzoëzuur. In het nieuwe proces is de oxidatie van de katalysator gescheiden van de vorming van de ester en de hydrolyse. De katalysator wordt geoxideerd in aanwezigheid van zuurstof. De estervorming en hydrolyse vinden plaats in afwezigheid van zuurstof, waardoor de katalysator dan niet geoxideerd kan worden.

Fenol is een belangrijke grondstof voor de chemische industrie. Fenol kan onder andere worden bereid uit benzoëzuur. Het artikel beschrijft het oorspronkelijke proces en verbeteringen daarin.

- 1a Zoek in Binas de rationele namen op van benzoëzuur en van fenol (tabel 102A).
- 1b Teken van beide de structuurformule.

Het oude proces

Dow verkreeg in 1954 een octrooi op het gebruik van een koperkatalysator bij een reactie in de vloeibare fase.

- 2 Welke ladingen heeft koper in het proces?

In het proces spelen twee verbindingen een rol die opgebouwd zijn uit koperionen en benzoaat-ionen.

- 3a Geef de namen van deze beide vormen.
- 3b Op welk *type* verbinding duiden deze namen?
- 3c Schrijf voor beide vormen een 'ingekorte' formule op. Gebruik daarbij voor benzoaat de notatie $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$.

De artikel vermeldt: 'Benzoëzuur en koper(II)benzoesaat reageren samen tot een ester, waarbij CO_2 vrijkomt.'

Als je de reactie heel precies bekijkt dan ontdek je dat hij in twee stappen moet verlopen:

- * eerst wordt koper(I)benzoesaat geoxideerd tot koper(II)benzoesaat (waarbij onder andere benzoëzuur wordt verbruikt);
- * daarna valt het koper(II)benzoesaat uiteen in reactieprodukten.

We bekijken eerst de oxidatie van koper(I)benzoesaat.

- 4a Zoek de halfreactie met zuurstof in zuur milieu op. Gebruik Binas tabel 48.
- 4b Hoe kunnen koperionen de benodigde elektronen leveren? Schrijf de halfreactie op.
- 4c Geef de totale reactievergelijking.
- 5 Geef de vergelijkingen van de halfreacties én van de totale reactie als je in plaats van H^+ *ongesplitst* benzoëzuur schrijft en in plaats van Cu^+ de 'ingekorte' formule voor koper(I)benzoesaat uit vraag 3.

Het gevormde koper(II)benzoesaat valt nu uiteen en daarbij ontstaat onder andere een ester.

- 6a Teken de kenmerkende groep in de structuurformule van een ester.
- 6b Geef in een reactievergelijking weer hoe koper(II)benzoesaat uiteenvalt (gebruik ingekorte formules).
- 6c Teken de structuurformule van de ester.

Bij de vorming van de ester is weer koper(I)benzoesaat ontstaan.

- 7 Leg uit dat je bij dit proces inderdaad van 'een koperkatalysator' mag spreken.

De ester reageert met water en ontleedt daarbij.

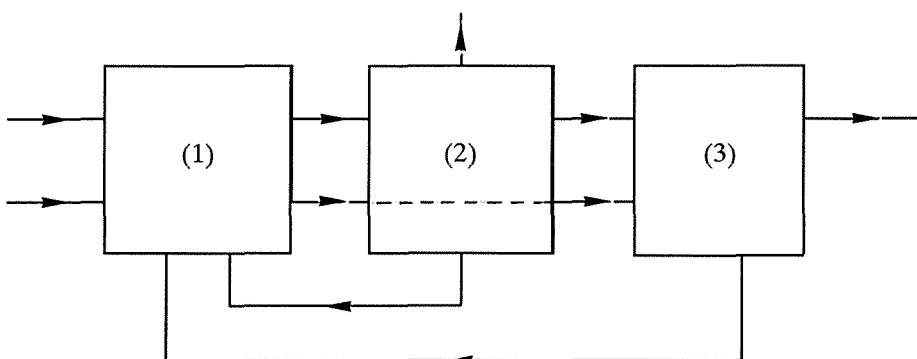
- 8a Hoe heet een ontledingsreactie met water?
- 8b Geef de vergelijking van deze reactie.
- 9 Hoe had de schrijfster van het artikel de zin, die direct na vraag 3 is geciteerd, beter kunnen formuleren?

Het nieuwe proces

Het artikel meldt, dat DSM een manier gevonden heeft '(...) om in zeer hoge opbrengst fenol te produceren uit benzoëzuur.'

- 10a Welk bezwaar had het oude proces?
- 10b Wat heeft DSM daarin veranderd?

Om een proces overzichtelijk weer te geven wordt vaak gebruik gemaakt van een blokschema. Hieronder is voor het nieuwe proces zo'n blokschema getekend. Elk blokje stelt een reactiestap voor, elke lijn met pijl een aan- of afgevoerde stof.



- 11 Schrijf *in woorden* op wat er gebeurt bij elk van de drie reactiestappen.

- 12a Schrijf bij elke lijn de naam van de stof die wordt aan- of afgevoerd.
12b Waarom zou in stap (2) de ene lijn (met streepjes) zijn doorgetrokken?

In het blokschema zie je het verband tussen de reactiestappen. Alle stappen samen vormen het totale proces.

Je kunt het totale proces ook weergeven met één blok waar alle teruggevoerde stoffen binnen blijven. In dit nieuwe schema geef je dan alleen aan welke reactanten erin gaan en welke producten eruit komen.

- 13a Teken dit nieuwe schema.
13b Stel (met behulp van dit schema) de vergelijking op van de netto-reactie bij het proces.
14 Beschrijf het proces zo kernachtig mogelijk op moleculaire schaal.

AMMONIAKWASSER

Groente en fruit/paddestoelen 11 oktober 1991

Twan Hoeymakers werkt op zijn tunnelbedrijf in Broekhuijzen al twee jaar met een ammoniakwasser, waarbij de computer de pH van de wasvloeistof continu meet en bijstuurt. Hij heeft heel wat moeten puzzelen en meten voordat hij de juiste dosering vond. Nu functioneert het apparaat naar wens.

Keus uit twee systemen

Twan had de keus uit twee systemen: een systeem waarbij water de ammoniak bindt en een systeem waarbij zwavelzuur wordt gebruikt.

Bij zijn keus heeft hij een aantal zaken overwogen. Wil het systeem met water optimaal werken dan heb je ook een warmtewisselaar nodig om de temperatuur van water en lucht aan te passen. Twan: „Hiervoor heb je energie nodig, en dat is ook belastend voor het milieu.” Bovendien wilde hij het water na het wasen nog gebruiken om het tijdens het vullen over de verse compost te sproeien.

„Gebruik je een systeem waar de ammoniak niet gebonden is door zwavelzuur maar door water, dan kan het gas weer in de lucht verdwijnen als het waswater daarmee in contact komt.” Of de ammoniak in dat geval in de lucht verdwijnt en om welke hoeveelheden het daarbij gaat, wordt nog onderzocht. Als de restvloeistof van het zwavelzuursysteem weer met lucht in contact komt, ont-snapt er echter zeker geen ammoniak.

Een ander minpunt van het systeem waarbij water de ammoniak bindt, is dat het veel water verbruikt. Wanneer je alleen met water werkt, kan dit water maar één keer worden gebruikt.

Voorkeur voor zwavelzuur

Twan gaf er de voorkeur aan met zwavelzuur te werken. Dit zuur bindt de ammoniak tot het zout ammoniumsulfaat.

Met de dosering en sturing via de computer waren op dat moment nog weinig ervaringen in de praktijk opgedaan. Toch wilde Twan dat alles automatisch gebeurde, zodat hij er zo min mogelijk

werk aan had. Het duurde even voordat de dosering optimaal was. „Het eerste probleem waar je tegen aanloopt, is de pH-waarde van de wasvloeistof die je moet aanhouden om zoveel mogelijk ammoniak te binden”, zegt Twan. Hij heeft een groot aantal waarden uitgeprobeerd en uiteindelijk blijkt dat voor zijn bedrijf het waswater met een pH van 3,5 optimaal is.

Computer stuurt het systeem

Bij de start van het wasproces wordt vanuit een van de twee voorraadtanken de zwavelzuur aangezogen. Nu wordt hiervoor nog als noodoplossing een slangetje gebruikt, maar dat wordt binnenkort vervangen door een stevige plastic buis. De computer bepaalt op basis van de pH-metingen in de wasvloeistof hoeveel zwavelzuur wordt aangezogen. Het opgezogen zuur belandt daarna in het water van een derde tank, die een capaciteit heeft van 2.000 liter. Vóór het uitzweten bevat die tank ongeveer 600 liter wasvloeistof. Dit water wordt opgezogen door een pomp en stroomt via een leiding naar de wasinstallatie, die op zolder staat. Van boven af vloeit het waswater de installatie binnen. Hier komt de lucht van de uitzweettunnels in aanraking met de vloeistof, waardoor de ammoniak zich bindt aan het zwavelzuur. In die installatie zorgen plastic vormpjes, contactlichamen genoemd, voor een extra intensieve verspreiding van water.

Het water raakt daardoor zoveel mogelijk luchtdeeltjes. Vervolgens zakt het waswater via het matras van contactlichamen naar de bodem en stroomt terug naar de tank. Nadat de pH is bijge-

stuurd, kan dit water weer opnieuw als waswater dienen totdat het uitzweetproces klaar is.

Condenswater circuleert ook

Tijdens het hele wasproces condenseert ook de waterdamp van de uitzweetlucht tot water. Dit water stroomt eveneens terug naar de tank. Aan het eind van het uitzweetproces bevat de tank zo'n 1.200 liter was- en condenswater. Twan: „Misschien is de hoeveelheid condenswater in de winter nog wel veel groter. Daarom heb ik gekozen voor een tank met een capaciteit van 2.000 liter.”

Elke week leegt de Limburgse teler die tank door met behulp van de pomp van hetzelfde systeem het 'verzadigde' waswater over de verse compost te gieten. „De compost wordt daar niet beter of slechter van, maar de vloeistof ben ik meteen kwijt”, aldus Twan.

Bij de champignonteelt is behoefte aan 'doorgroeide' compost. Het composteren verloopt in 'tunnels'. Daarbij komt ammoniakgas vrij en ook veel waterdamp. Ze worden beide met de 'uitzweetlucht' meegevoerd.

Er is volgens het artikel een keuze uit twee systemen voor de verwijdering van het ammoniakgas: één waarbij water gebruikt wordt en één waarbij zwavelzuur gebruikt wordt.

De watermethode

Als ammoniak in water oplost komt er warmte vrij die afgevoerd moet worden. Dit wordt gedaan met een zogenaamde warmtewisselaar. De werking van zo'n warmtewisselaar is te vergelijken met die van de koeler van een distillatie-opstelling.

- 1 Leg uit waarom ammoniak zeer goed in water oplosbaar is.
- 2 Probeer de werking van een warmtewisselaar zoals die hier nodig is kort en duidelijk te omschrijven.
- 3a Waarom heeft men eigenlijk een warmtewisselaar nodig?
- 3b Wat zou er gebeuren als die er niet was?

De zwavelzuurmethode

Hierbij brengt men de uitzweetlucht (en dus de ammoniak) in contact met een zwavelzuuroplossing waarbij een zuur-base-reactie optreedt.

- 4 Geef de vergelijking van deze zuur-base-reactie.

De pH van het waswater wordt op 3,5 gebracht door aan de tank met 600 liter water geconcentreerd zwavelzuur toe te voegen.

- 5 Waarom zou men gekozen hebben voor het gebruik van *geconcentreerd* zwavelzuur en niet voor *verdund* zwavelzuur?
- 6 Bereken $[H^+]$ in die tank met pH = 3,5.
- 7a Bereken hoeveel gram zwavelzuur er in die tank met 600 liter water gebracht moet worden om de pH op 3,5 te krijgen.
- 7b Bereken hoeveel ml geconcentreerd zwavelzuur daarvoor nodig is. (Binas tabel 42a vermeldt de dichtheid; neem het geconcentreerde zwavelzuur van 98,0 %.)

Het waswater sijpelt over een 'matras' van plastic contactlichaampjes.

- 8 Waarom gebruikt men zulke contactlichaampjes?
- 9 Waarom kiest men voor plastic en niet bijvoorbeeld voor ijzer?

Aan het eind van het uitzweetproces bevat de tank zo'n 1200 liter was- en condenswater. De pH hiervan is nog steeds 3,5.

- 10 Bereken hoeveel ml geconcentreerd zwavelzuur men nodig gehad zou hebben om de voorraadtank met 1200 liter *water* op pH 3,5 te brengen?
- 11 Leg uit dat voor de ammoniakwasser de *in totaal* benodigde hoeveelheid geconcentreerd zwavelzuur (veel) groter is dan de hoeveelheid die je berekende bij opgave 10.

Middel-keten-vetten zeer breed toepasbaar in voedingsmiddelen

In voedingskundig opzicht hebben middel-keten-vetten een unieke plaats binnen de vetten. Ze worden namelijk niet in het vetweefsel opgeslagen en functioneren in fysiologisch opzicht puur als energieleverancier. De chemische en fysische eigenschappen maken uiteenlopende toepassingen mogelijk. Daardoor kan dit vet naast de toepassingen als vetvervanger in de dieet- en babyvoeding en energiebron in sportvoeding, gebruikt worden als smaakdrager, lossingsmiddel, anti-dust-agent, coating, en zelfs als smeermiddel voor apparatuur, die met voedingsmiddelen in aanraking komt.

CHARLOTTE SCHRODER

Middel-keten-vetten (in de Engelse literatuur wordt gesproken van medium-chain-triglycerides of MCT's) worden gesynthetiseerd uit plantaardige oliën, waarbij kokos- en palmpitolie wordt gebruikt. Na hydrolyse van deze vetten worden de vetzuren met een ketenlengte van acht en tien koolstofatomen geconcentreerd en met glycerol terugveresterd. Daarom kan het ook als 'plantaardige olie' worden gedeclareerd op het etiket (figuur 1).

Dit vet - beter is te spreken over olie - is vloeibaar boven de nul graden Celsius, kleur-, reuk-, en smaakloos, en is extreem stabiel tegen oxidatie, vanwege de verzadigde veresterde vetzuren. Dit wordt mede bewerkstelligd door de van nature in planten aanwezige tocopherolen, een soort anti-oxidantia. De viscositeit (25-31 cp bij twintig graden Celsius) verandert nauwelijks bij hoge verhitting, omdat de MCT's niet polymeriseren bij hoge temperaturen. Dit verschijnsel treedt wel op bij andere plantaardige oliën, die na frituren of verhitten niet meer goed vloeibaar zijn en kleverig worden.

Metabolisme

Het unieke van deze MCT is de manier waarop het in het lichaam wordt opgenomen. De vertering, absorptie en het transport in het lichaam zijn namelijk wezenlijk anders dan bij de lange-keten- vetten.

Lange-keten-vetten worden geëmulgeerd met behulp van galzouten en door pancreaslipases gesplitst in vetzuren en glycerol, die dan beide door de darmwand worden geabsorbeerd. In de darmwand worden deze dan terugveresterd met cholesterol en eiwitten, die door het lymfesysteem worden getransporteerd en in het vetweefsel worden opgeslagen. Deze vetten hebben de functie van bouwstof en energieleverancier en worden opgeslagen in het vetweefsel.

MCT's worden daarentegen na volledige splitsing door de pancreaslipase en darmwandenzymen geabsorbeerd door de darmwand. Het is hierbij ook mogelijk, dat het gehele molecuul door de darmwand wordt opgenomen. Dit is belangrijk bij onvolledig functionerende pancreas of galblaas. Vrijwel alle MCT-vetzuren wor-



- In coatings worden MCT's verwerkt om te zorgen dat bijvoorbeeld winegum sleutels niet aan elkaar kleven.

den in de lever opgenomen, vastgehouden en verwerkt, ten dele als energiebron en ten dele als 'bouwstenen' voor de vorming van lange-keten-vetten. De MCT worden in de lever geoxideerd tot ketonlichamen om het lichaam snel van energie te kunnen voorzien. Ze worden niet als zodanig opgeslagen in het vetweefsel.

De verbrandingswaarde van deze vetten is 8,3 calorieën (= 35 Joule). Lange-keten-vetten hebben een energetische waarde van negen calorieën (38 Joule) en koolhydraten vier calorieën of zeventien Joule per gram.

Middel-keten-vetten, MCT's, worden gesynthetiseerd uit kokos- en palmpitolie door allereerst de daarin aanwezige vetten te hydrolyseren.

- 1 Wat versta je onder 'hydrolyse'?
- 2 Welke produkten worden er gevormd bij hydrolyse van een vet?

Daarna worden de kleinere vetzuren met acht à tien koolstofatomen per molecule geconcentreerd.

- 3 Hoe kun je uit een mengsel van vetzuren de aanwezige kleinere vetzuren in een hogere concentratie verkrijgen? Licht je antwoord toe!

Na terugverestering met glycerol krijg je zo glyceryltriesters die verzadigde vetzuren bevatten en toch vloeibaar zijn bij kamertemperatuur: een olie of toch een vet?

- 4 Noem twee verschillen tussen een olie en een vet (één fysische eigenschap en één chemische).

Een olie kun je door vetharding omzetten in een vet. Bij MCT's is dat echter niet mogelijk.

5 Waarom is vetharding bij MCT's niet mogelijk?

De viscositeit van MCT's verandert nauwelijks bij verhitting. Daarentegen verandert bij een olie met bijvoorbeeld oliezuur als veresterd vetzuur (is lange-keten-olie=LCT) de viscositeit bij langdurige verhitting wél sterk. Men schrijft dit toe aan een polymerisatie van de veresterde vetzuurresten.

6 Licht dit verschil in eigenschap tussen MCT's en oliën met oliezuur als veresterd vetzuur duidelijk toe.

7 Zal de viscositeit van de lange-keten-oliën, LCT's, toenemen of juist afnemen bij langdurige verhitting? Leg uit.

In het artikel wordt voor MCT's een viscositeit van 25 - 31 cp (centipoise) opgegeven. $1,0 \text{ cp} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ Pa.s}$.

8 Zoek in Binas tabel 11 de viscositeit op van water, melk en olijfolie. Reken de opgezochte waarden om in cp.

9 Vergelijk de viscositeit van MCT's met die van de bij 8 genoemde stoffen.

In het artikel wordt een duidelijk verschil in functie aangegeven tussen middel-keten-vetten, MCT's, en lange-keten-vetten, LCT's, als ze in je lichaam terecht zijn gekomen.

10 Welk belangrijk verschil in functie is er aan te wijzen?

11 Waarom is dit belangrijk?

Bij de energie-hoeveelheden van de verbrandingswaarden zit men in het artikel een factor 1000 te laag. De juiste waarde voor bijvoorbeeld MCT is 35 kJ per gram.

12 Leg uit waarom er bij MCT's *minder* energie per gram bij de verbranding in je lichaam vrijkomt dan bij LCT's.

13 En waarom is er zo'n *groot* verschil met de koolhydraten?

Er wordt in het artikel ook nog gesproken over de (oude) energie-eenheid calorie.

14 Bereken uit de gegeven verbrandingswaarden de omrekeningsfactor van calorie naar joule. Geef de berekening!

VUURVAST ZOUT

Shell-venster september 1991

Tien jaar geleden startte Billiton Refractories in Veendam de produktie van magnesiumoxyde, grondstof voor vuurvaste ovenstenen. Wat aanvankelijk een moeizaam gevecht was om een plaats op de (krimpende) wereldmarkt te veroveren, biedt nu het zoet van een plezieriger uitzicht; het Veendammer magnesiumzout laat zich namelijk makkelijk omzetten in milieuplezierige grondstoffen.

nen wandeling door een met rozeblaadjes bedekte lustwarande.

De fabriek begon te draaien aan het begin van de diepste na-oorlogse economische recessie, die vooral de staalindustrie -de grootste afnemer van vuurvaste ovenstenen- zwaar zou gaan treffen.

DE HISTORIE. Toen in de jaren zestig de boorbeitels zich gestaag een weg vraten door de Groninger diepten, zoekend naar de preciese omvang van het zojuist ontdekte gasveld, was een van de verrassingen een honderd meter dikke laag magnesiumzouten onder en rond Veendam. Op de bureaus van wat toen nog Shell Delfstoffen heette, boog men zich over de vraag hoe deze grondstof geëxploiteerd zou kunnen worden. Het ging daarbij niet alleen om een economische maar ook om een 'morele' afweging, want graag zou men het Noorden van het land zoveel mogelijk toegevoegde industriële waarde geven van de rijke gaswinning die regionaal niet zo arbeidsintensief zou worden.

De meest voor de hand liggende toepassingsmogelijkheid van magnesiumchloride ($MgCl_2$) is de produktie van het (lichte en sterke) metaal magnesium. Dit proces vreet echter energie en de overheid wilde alleen voor aluminiumsmelten (onder andere in Delfzijl) een 'potje' met goedkoop gas reserveren.

Maagtabletjes dan maar? Nou, zoveel magnesiumhydroxyde gaat daar nu ook weer niet in dat de exploitatie van een hele 'magnesiummijn' rechtvaardigt. Dus bleef toepassing nummer drie over, magnesiumoxyde (MgO) als grondstof voor met name vuurvaste materialen zoals ovenstenen.

HET PROCES. De produktiemethode van magnesiumoxyde als mini-verhaal: op zo'n 1.500 meter diepte wordt met water magnesiumzout opgelost. De pekkel wordt samengebracht met gebrande dolomiet waarbij magnesiumhydroxyde ($Mg(OH)_2$) neerslaat. Deze koek wordt bij 1.000° C verhit tot alle water is verdwenen. Het zogeheten caustisch magnesia wordt tot briketjes geperst die vervolgens bij zo'n 1.800 tot 2.000° C worden gesinterd tot het zogeheten *deadburned magnesia*.

Een bijproduct van het proces is gips. Dat wordt teruggevoerd naar de pekelmijn. Het (zoute) afvalwater wordt behandeld tot het door de Groninger afvalleiding afgevoerd mag worden naar zee.

DE MIJN. Het woord roept onweerstaanbaar een eerste beeld op van schachten, liften, draaiende wielen en -*glück auf*- zwoegende mijnwerkers. Niets van dat alles dus in het weidse en verstilte land terzijde van Veendam. Een klein kantoor, vier opslagtanks, twee loodsen en een paar afsluiters op een betonplaat. Daarbuiten akkerland, met in het voorjaar tegenwoordig zelfs aspergeteelt.

Harry Rogaar is hoofd pekkelproduktie en daarmee 'mijnbaas'. Hij legt uit hoe anderhalve kilometer diep een bijna honderd meter dikke laag magnesiumchloride rust op een enorme formatie steenzout die op zijn beurt het bontzandsteen afdekt waarin zich onze nationale aardgastrots bevindt.

Vānuit zijn raam ziet Rogaar geen mijnwerkers afdalen. De 'mijn' is een 30 centimeter breed boorgat met daarin een dubbele buis. Door de ene leiding wordt oppervlaktewater naar beneden geperst, door de andere stijgt de pekkel omhoog. Per jaar wordt de aarde uitgehold met zo'n half miljoen kubieke meter pekkel.

In de Groningse bodem onder Veendam werd een dikke laag magnesiumzouten gevonden.

- 1 Welk magnesiumzout komt daar voornamelijk voor?
- 2 Welke toepassing lag het meest voor de hand?

De produktie van magnesium verloopt (net als die van aluminium) via elektrolyse. Daartoe wordt het vaste zout eerst gesmolten.

- 3 Waarom kun je de elektrolyse niet uitvoeren met een magnesiumchloride-oplossing? Leg dit uit met behulp van Binas tabel 48.

De elektrolyse via het gesmolten zout 'vreet' energie.

- 4 Waarom moet voor de elektrolyse het zout gesmolten zijn?
- 5 Aan welke elektrode ontstaat het magnesium dan? Licht je antwoord toe met behulp van een halfreactie.
- 6 Noem twee oorzaken waardoor dit proces zoveel energie nodig heeft.

Voor andere toepassingen van magnesiumchloride moet het eerst omgezet worden in magnesiumhydroxide. Daarvoor wordt dolomiet ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) toegevoegd aan de pekkel waarbij magnesiumhydroxide neerslaat.

- 7a Wat is volgens het artikel die 'pekkel'?
- 7b Leg uit dat je bij de winning van het zout magnesiumchloride altijd 'pekkel' krijgt.
- 8 Waar komen de hydroxide-ionen vandaan die ervoor zorgen dat er magnesiumhydroxide kan neerslaan? Licht dit toe met een reactievergelijking.

Magnesiumhydroxide kan, volgens het artikel, in maagtabletten toegepast worden.

- 9 Welke functie heeft magnesiumhydroxide in maagtabletten?
- 10 Waarom rechtvaardigt de produktie van maagtabletten niet de exploitatie van een hele 'magnesiummijn'?

De grootste hoeveelheid magnesiumhydroxide wordt gebruikt om er magnesiumoxide van te maken. Dit proces verloopt door verhitten eerst bij 1000°C en later bij $1800 - 2000^\circ\text{C}$.

5 HAVO

- 11a Geef de reactievergelijking van de omzetting bij dit proces.
- 11b Leg uit waarom men bij dit proces sterk moet verhitten.

5 VWO

- 11a Geef de reactievergelijking van de omzetting bij dit proces.
- 11b Leg uit waarom men bij dit proces sterk moet verhitten. Bereken daartoe de enthalpieverandering van dit proces.
(In Binas tabel 57A ontbreken de waarden voor de vormingsenthalpie van MgO en $\text{Mg}(\text{OH})_2$;
neem voor MgO : $-602 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
neem voor $\text{Mg}(\text{OH})_2$: $-925 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.)

De twee soorten 'magnesia', met de formules MgO en $\text{Mg}(\text{OH})_2$, zou je respectievelijk ongebluste en gebluste magnesia kunnen noemen.

12a Leg de termen 'geblust' en 'ongeblost' uit.

12b Bij welke andere stof ben je die termen al eerder tegengekomen? Geef de formules en de rationele namen van de twee soorten van die stof.

Kapotte handen door krullen en blonderen

Het aantal kapsters met huidaandoeningen neemt toe.

Hun verweekte handen komen door permanenten, verven of het aanbrengen van een coupe soleil steeds vaker in aanraking met agressieve chemische stoffen.

Maar ook het dragen van oorbellen kan een allergie veroorzaken.

En niet alleen kleur onttrekken is mogelijk in de kapsalons. Ook wordt er veel kleur opgebracht, met verven van uiteenlopende schakeringen.

Al die haarmiddeltjes kunnen een irritatie of een allergie van de huid opwekken. Volgens dr H. van der Walle, dermatoloog van het Centrum voor Ar-

EEN BEHANDELING bij de kapper bestaat voor veel mensen al lang niet meer uitsluitend uit knippen. Het aanbrengen van vorm of kleur is heel gewoon geworden. Met het toenemend gebruik van chemische middeltjes om dat doel te bereiken, krijgt het personeel in de kapsalon meer huidklachten.

Een geliefde bewerking is de *permanent wave*, beter bekend als de *permanent*. Haren zijn opgebouwd uit een soort glasfibervezeltjes, die door middel van zwavel- en waterstofbruggen met elkaar zijn verbonden. Door nu een van die typen schakels te verbreken, is het mogelijk het haar in iedere gewenste vorm te buigen.

De eerste permanenten werden verkregen door middel van warmte, bijvoorbeeld met een krultang. Door die warmte breken de waterstofbruggen, een techniek die de oude Egyptenaren ook al toepasten. Het nadeel is dat het resultaat slechts van korte duur is, doordat de zwavelbruggen, de belangrijkste schakels voor de vorm van het haar, intact blijven.

In de loop van deze eeuw is de warmtebehandeling goeddeels vervangen door een techniek die het mogelijk maakt een blijvende permanent te creëren, die slechts verdwijnt door de natuurlijke haargroei. Deze chemische techniek pakt de zwavelbruggen aan met een thioglycolzuurester. Daarop volgt het modelleren, waarna de zwavelbruggen worden hersteld door oxydatie met waterstofperoxyde.

Een andere veel toegepaste chemische bewerking van haren is het bleken. Een coupe soleil en een zonnebankkleurtje maken het mogelijk er ook in de winter zomers uit te zien. Dat blonderen gebeurt meestal met een combinatie van waterstofperoxyde en ammoniumpersulfaat. Beide stoffen breken het pigment van de haren af.



FOTO WIM RUIGROK - DE VOLKSKRANT

beidsdermatologie in het Rijnstate-GZ-ziekenhuis in Arnhem, hebben de klanten daar vrijwel nooit last van, maar de kapsters daarentegen in toenemende mate.

„Het komt wel eens voor dat klanten haar- of huidbeschadigingen oplopen door het gebruik van verkeerde concentraties. Bijvoorbeeld met een te sterke oplossing van permanentvloeistof of waterstofperoxyde kun je een verbranding veroorzaken.

„Soms zie je dergelijke ongelukken bij doe-het-zelvers die thuis hebben gesjoemeld met de aangegeven hoeveelheden en die bovendien na de behandeling te lang onder de droogkap zijn blijven zitten. Die extra warmte versterkt het verbrandingseffect. Wanneer de middelen volgens voorschrift zijn aangebracht, is het risico echter heel gering.”

Volgens Van der Walle is het primaire probleem dat kapsters dikwijls nat werk doen, waardoor de huid verweekt en opzwelt. Door die beschadigingen verliest de huid haar weerstandvermogen en wordt zij extra vatbaar voor invloeden van buiten. De chemisch actieve stoffen in de haarmiddelen waarmee de kapsters voortdurend in aanraking komen, kunnen dan gemakkelijk naar binnen dringen. De huid raakt geïrriteerd, wordt rood, en er ontstaan jeukende blaasjes en kloven. Vooral in de wintermaanden, met de grote klimaatverschillen tussen binnen en buiten, geeft zo'n irritatie grote problemen.

„Het huidprobleem is te vergelijken met wat vroeger de huisvrouwenhand heette. Al het natte was- en schoonmaakwerk gebeurde toen met de hand, waarbij ook allerlei middeljtjes werden gebruikt.”

Een allergie (contactdermatitis) ten gevolge van een irritatie kan elke kapster oplopen, mits haar huid voldoende en langdurig wordt gekweld. Maar de huidaandoening is mogelijk ook het gevolg van een allergie voor een of meer haarmiddelen. Zo'n allergie, die erfelijk is bepaald, treedt nooit op bij het eerste contact met een stof.

Vanaf die eerste blootstelling bindt zo'n stof zich aan bepaalde huidcellen, die daardoor allerlei biochemische veranderingen ondergaan. Die cellen werken weer samen met lymfocellen. Na herhaaldelijk contact transformeren ook die cellen zich. Het worden allergiecellen, specifiek gericht tegen die ene stof. Dit gehele proces verloopt langzaam, maar als de allergiecellen eenmaal zijn gevormd, dan geeft ieder nieuw contact met de stof aanleiding tot een allergie.

De afwijkingen treden pas na enkele dagen op, in tegenstelling tot bijvoorbeeld hooikoorts, waarbij de verschijnselen al binnen enkele minuten zijn te merken. Volgens Van der Walle maakt zo'n langzame allergie het extra moeilijk om de boosdoener op te sporen. De relatie is namelijk niet direct te leggen.

Bovendien is nooit zeker of het om een irritatie of een allergie gaat. De symptomen lijken veel op elkaar.

„Veel kapsters blijven met de huidafwijkingen rondlopen. Op een gegeven moment zijn hun handen zo kapot, dat het niet meer mogelijk is ermee te werken. Bovendien wordt daardoor ook hun sociaal functioneren beïnvloed. Ze zijn dan genoodzaakt een andere baan te zoeken.”

De meest geduchte stoffen die bij kapsters allergieën kunnen opwekken, zijn volgens de Arnhemse dermatoloog glycerylmonothioglycolaat (GMTG), het bleekmiddel ammoniumpersulfaat, dat ook astma-achtige aanvallen kan veroorzaken, en nikkel.

GMTG is een belangrijk bestanddeel van de zogeheten zure permanentvloeistoffen. Deze geven een fraaier resultaat dan de conventionele en worden daarom de laatste tien jaar steeds vaker toegepast. „Aanvankelijk was de gedachte dat GMTG ook huidvriendelijker was, maar het kan forse allergieën veroorzaken. Desondanks gebruikt de kapperswereld de zure permanentvloeistoffen nog steeds, met als gevolg dat het aantal huidproblemen toeneemt”, aldus Van der Walle.

Nikkel vormt een hoofdstuk apart. Dit metaal zit vaak in sieraden verwerkt. Wanneer nu een meisje van jongsaf aan dergelijke sieraden dagelijks draagt — en dat gebeurt steeds vaker — kan het lichaam daartegen een allergie opbouwen. Van der Walle noemt nikkel het belangrijkste allergen voor vrouwen in de westerse landen. Ongeveer twintig tot dertig procent van de jonge vrouwen heeft er last van. Oorbellen waarin het metaal is verwerkt, zijn verreweg de belangrijkste bron van de ellende.

„Kiest een vrouw met een nikkelallergie voor het kappersvak, dan kan dat problemen geven. In veel van haar gereedschap zit namelijk nikkel, maar ook bijvoorbeeld in de kranen en het wisselgeld. Door het natte werk, waardoor de huid verweekt, is ze er extra ontvankelijk voor.”

Hoe groot het huidprobleem bij de Nederlandse kapsters precies is, is niet bekend. Van der Walle wijt dat aan de slechte registratie van beroepsziekten in ons land. Wat er bekend is, is slechts het topje van de ijsberg. Alleen de ernstige gevallen melden zich bij een dermatoloog. Dat aantal neemt de laatste jaren sterk toe. En volgens de Detam, de bedrijfsvereniging van de kappers en kapsters, groeide het aantal ziektedagen ten gevolge van allergie van 21.050 in 1986 tot 50.180 in 1989.

Van der Walle pleit ervoor dat fabrikanten hun producten verbeteren. Dat betekent dat ze GMTG en ammoniumpersulfaat moeten vervangen. Gebeurt dat niet, dan moet er in ieder geval anders met deze stoffen worden omgesprongen, zodat het contact ermee vermindert.

Dat kan door een goede combinatie van het gebruik van handschoenen en het verstrekken van kant-en-klare haarmiddelen, zodat de huid aanzienlijk minder in aanraking komt met de stof. Het laten bereiden van haarmiddelen in een aparte ruimte, zoals sommigen voorstellen, zal zonder genoemde maatregelen onvoldoende zijn, denkt hij.

Wat nikkel betreft: dat metaal moet naar zijn mening worden verboden in sieraden, in ieder geval in oorbellen. In Denemarken is een verbod op nikkel in sieraden bij de wet geregeld.

„Sommige mensen zijn er voorstander van om kapsters al voor hun opleiding te testen op allergie voor haarmiddelen. Dat is volstrekt zinloos. Een allergie moet je immers opbouwen. Daarom is het veel beter beschermende maatregelen te treffen en de veiligheid van de producten te vergroten.”

JOHN EKKELBOOM

Naar aanleiding van het artikel 'Kapotte handen door krullen en blonderen' in de Volkskrant van 28 december 1991 vraagt de hoofdredacteur van de schoolkrant of je hierover een artikel wilt schrijven (van ongeveer 500 woorden).

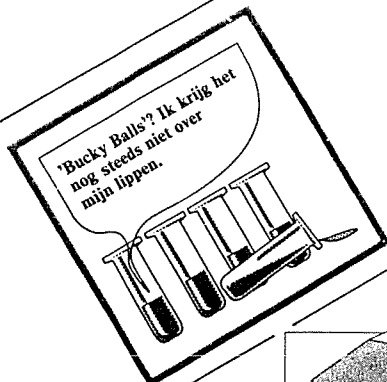
In het artikel moet aan bod komen de structuur van haar en een verklaring voor de genoemde behandelingen van haar. Maak hierbij gebruik van structuurformules en reactievergelijkingen.

Bespreek drie aspecten van het kapperswerk die voor de kapper/kapster schadelijk zijn voor de gezondheid. Laat ook aan bod komen waarom een klant nauwelijks last ondervindt en de kapper/kapster juist wel.

Stel een aantal voor- en tegenargumenten op waarom kappers/kapsters zouden moeten stoppen met gebruik van de voor hen schadelijke stoffen.

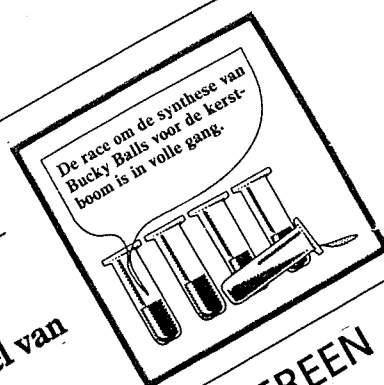
Bij het schrijven van het artikel komt er nogal wat chemie om de hoek kijken. Je zult dus de nodige achtergrondinformatie tot je beschikking moeten hebben. Daarvoor heb je een deskundige nodig: je scheikundelocent(e).



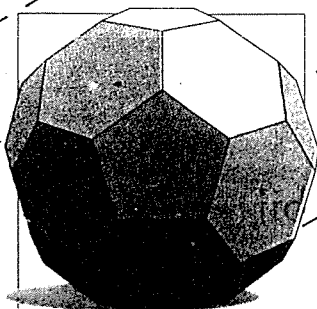


Buckyballs

De recent ontdekte 'voetbalmoleculen' of 'buckyballs' vormen een ware rage in de wetenschap. Vorige week bezocht hun ontdekker Richard E. Smalley Nederland.



Op de drempel van het buckyball-tijdperk



BUCKMINSTERFULLERENE

Nieuw koolstofmolecule te koop

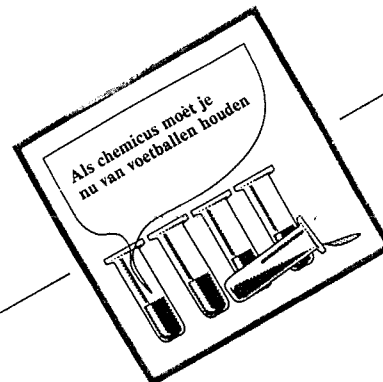
De laatste maanden is de wetenschappelijke wereld in extase geraakt door een nieuwe klasse van koolstofmoleculen. De meest opmerkelijke is de buckyball, een veerkrachtige mini-voetbal die sterker is dan diamant.

Naast grafiet en diamant bestaat er een derde vorm van koolstof. Een van de ontdekkers, prof. Richard Smalley, heeft de structuren bizarre eigenschappen, maar concrete toepassingen zijn er nog niet.

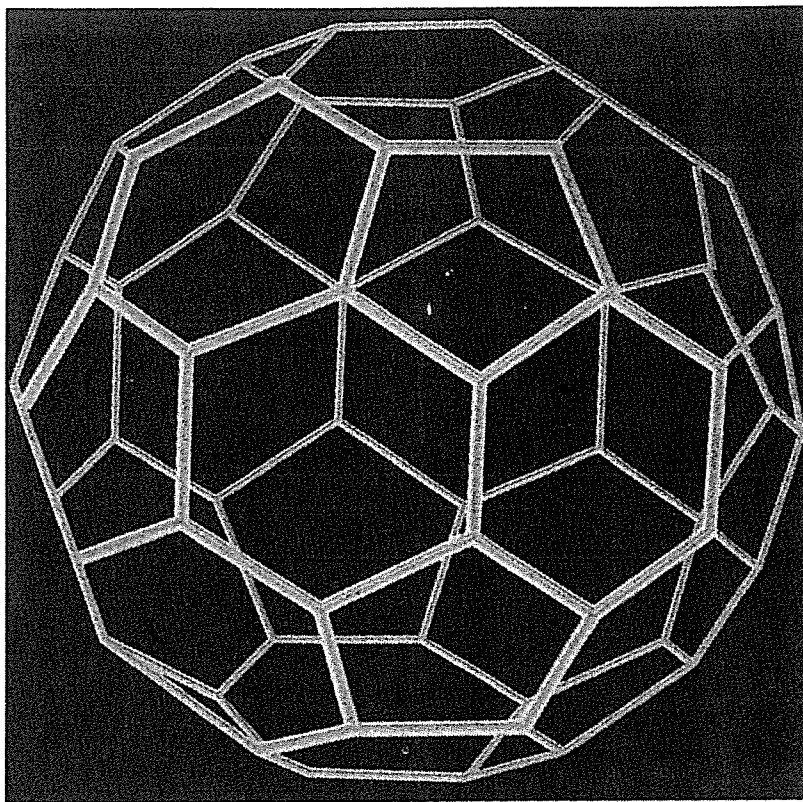
KNUTSELEN MET KOOLEN VAN KOOlstOF

nieuwe sport in natuurwetenschap

In de ban van de moleculaire voetbal



BUCKMINSTERFULLEREEN



De volmaakte buckyball, buckminsterfullereen, genoemd naar de architect Buckminster Fuller. De 60 koolstofatomen vormen een 32-vlak van zes- en vijfhoeken.

In het midden van de jaren tachtig ontdekten Richard Smalley en zijn groep aan de Rice Universiteit in Houston dat onder bepaalde omstandigheden vrijwel uitsluitend een koolstofcluster van zestig atomen werd gevormd. Dat moest dus wel een uitermate stabiel geheel vormen. Toen men de molecule-bouwdoois erbij pakte, bleek dat er met zestig koolstofatomen een prachtige, regelmatige structuur te vormen is, een afgeknotte icosahedron of twintigvlak. Minder wiskundig aangelegde kenners hebben het gewoon over een voetbal.

De Engelse architect Buckminster Fuller heeft in de jaren veertig dit soort structuren populair proberen te maken in de vorm van de zogenoemde geodetische koepel. Hij maakte grote bouwwerken van lichte materialen, die zo geconstrueerd waren dat ze geen massieve steunen nodig

hadden, zoals de conventionele bouwwerken. Het Aviodome bij de luchthaven Schiphol is er een mooi voorbeeld van. Uit eerbied voor zijn werk wordt het molecule sindsdien Buckminsterfullereen genoemd, maar in het dagelijks spraakgebruik hadden men het al gauw over 'buckybal'.

Het bouwbedrijf IBC heeft tien jaar geleden zo'n geodetische koepel gebouwd op het industrieterrein 't Zand in Best. Volgens Buckminster Fuller vormt zo'n (half-)bolvormige structuur van vijf- en zeshoeken de sterkste constructie die je maar kunt bedenken.

Buckyballs. Ze zijn nieuw, mooi en wonderlijk. Ze leiden tot een à twee wetenschappelijke artikelen per dag. Ze prijken op de voorplaten van tijdschriften en zelfs al op die van een leerboek organische chemie. Ze staan kortom in het brandpunt van de wetenschappelijke belangstelling, al houdt één onderzoeker van het eerste uur het voor gezien.

In 1991 en 1992 is een groot aantal artikelen verschenen over buckminsterfullereen (C_{60}). Uit deze artikelen zijn stukjes gehaald om een aantal eigenschappen en toepassingen van buckminsterfullereen te bekijken.

Een nieuwe modificatie van koolstof

NRC 21 november 1991

Intermediair 27(20), 39-40, 1991

Zes jaar geleden alweer merkten chemici in Houston bij toeval dat de wereld van de zuivere koolstof meer te bieden heeft dan grafiet en diamant. Ze ontdekten een tot dan toe volstrekt onvermoede derde vorm: bolvormige kooien van koolstof. Ze noemden deze moleculen *fullerenen* of, in de wandeling, *buckyballs*. De belangrijkste daarvan is *buckminsterfullereen*, een molecuul opgebouwd uit zestig koolstofatomen dat als twee druppels water lijkt op een voetbal.

Toen eind vorig jaar een nieuw koolstofmolecule werd ontdekt, stond de chemische wereld op zijn kop. Een groot aantal scheikundigen houdt zich nu bezig met dit exotische molecule. Reguliere programma's worden stilgezet, en alle beschikbare menskracht is vrijgemaakt. Het gaat om C_{60} , ofwel voetballeen of buckminsterfullereen, kortom buckybal, een bolvormig molecule van zestig koolstofatomen, waarvan men aanneemt dat het zeer ongewone en nuttige eigenschappen heeft.

Chemici interesseren zich al veel langer voor moleculen die volledig uit koolstof bestaan. Naast de meest bekende vormen van koolstof, diamant en grafiet, moest het mogelijk zijn andere vormen te synthetiseren.

Buckminsterfullereen, een nieuwe modificatie van koolstof. Het verschijnsel van verschillende verschijningsvormen bij één element wordt allotropie genoemd. Dit was voor koolstof dus al eerder bekend. Diamant en grafiet zijn ook zogenaamde modificaties van koolstof.

- 1 Noem nog een ander element dan koolstof waarbij sprake is van allotropie.

De synthese van Bucky Balls

Trouw 24 april 1991

Meijer: „Ze doen het eigenlijk met een lasapparaat: een elektrische vlamboog tussen twee stukken zuivere koolstof. Die branden op, en daarbij produceer je flink wat roet. Om ongewenste verbindingen tussen de koolstof en andere stoffen tegen te gaan, deden ze het experiment in heliumgas in plaats van in lucht. Dat was alles: het roet bleek dertig procent fullerenen te bevatten. En nog mooier was, dat die oplosbaar bleken in benzeen en tolueen, ter-

wijl gewone koolstof dat niet is. Je wast ze dus uit het roet, laat het oplosmiddel verdampen en houdt een keurig zwart laagje over: een zuiver kristal van fullerenen.”

Door te werken in helium in plaats van in lucht worden ongewenste verbindingen tussen de koolstof en andere stoffen voorkomen.

- 2 Geef met een reactievergelijking een voorbeeld van het ontstaan van zo'n ongewenste verbinding.
- 3 Noem twee scheidingsmethoden die men heeft gebruikt heeft gemaakt om de zuivere stof in handen te krijgen.

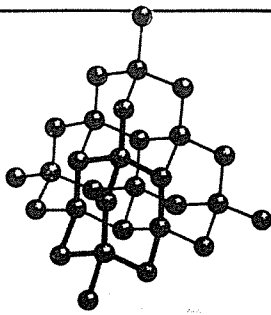
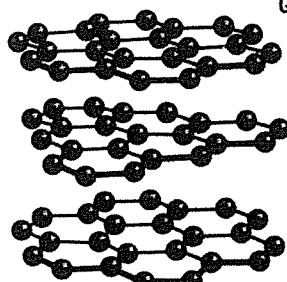
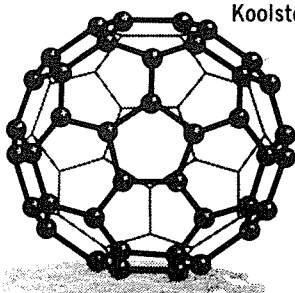
*Hoe ziet een Bucky Ball eruit?
Een vergelijk met diamant en grafiet.*

NRC 21 november 1991

Utrechts Nieuwsblad,
24 september 1991

De voetbalstructuur van het *buckminsterfullereen* gedoopte C_{60} -molecuul is met een heel scala van onafhankelijke technieken bevestigd. Alle 60 atomen in het molecuul binden, net als in grafiet, met drie naburige koolstofatomen. Omdat koolstof vier valenties heeft is een van die drie bindingen dubbel. De zes-hoeken bevatten (net als benzeen) drie dubbele bindingen en de vijf-hoeken alleen enkele. In buckminsterfullereen zijn alle koolstofatomen volstrekt gelijkwaardig en ononderscheidbaar.

Tot het midden van de jaren tachtig wist men niet anders dan dat zuiver koolstof in twee vormen voorkwam — als diamant of als grafiet. In diamant is elk koolstof-atoom (C-atoom) verbonden met vier andere C-atomen in een regelmatige, ruimtelijke structuur. In grafiet daarentegen zijn de C-atomen gerangschikt in lagen die elk weer bestaan uit met elkaar verbonden zes-ringen. Die lagen kunnen ten opzichte van elkaar schuiven. Grafiet is dan ook een uitstekend smeermiddel.

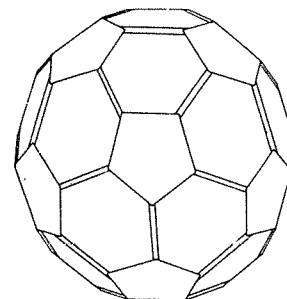
 Diamant	 Grafiet	 Koolstof-60
Twee vormen van koolstof zijn al langer bekend: diamant en grafiet. In diamant is elk koolstofatoom verbonden met vier andere. Zo ontstaat een driedimensionaal, symmetrisch netwerk, waardoor de koolstofatomen sterk bijeen worden gehouden. Diamant ontleent hieraan zijn hardheid.	Bij grafiet zijn de koolstofatomen in de vorm van honingraten in vlakken aan elkaar gekoppeld. Deze vlakken zijn laagsgewijs gestapeld en glijden gemakkelijk over elkaar heen. Grafiet is daardoor uitstekend als smeermiddel te gebruiken.	In de nieuwe vorm van koolstof — de klasse fullerenen — zijn de atomen geordend in vijf- en zeshoeken. Deze veelvlakken kunnen in willekeurige vorm aan elkaar worden gekoppeld, waardoor aanengesloten structuren ontstaan. De kleinste structuur in die klasse is de voetbal: twaalf vijfhoeken, gekoppeld aan twintig zeshoeken. Op de hoekpunten zitten de koolstofatomen. Elk koolstofatoom is verbonden met drie andere, wat eveneens een stabiele structuur oplevert.

- 4 Leg uit of je bij Buckminsterfullereen een grote hardheid verwacht (net als bij diamant).
- 5 Leg uit of je bij Buckminsterfullereen goede smerende eigenschappen mag verwachten (net als bij grafiet).

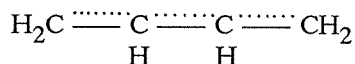
Zoals in het stukje voor vraag 2 staat aangegeven is buckminsterfullereen (C_{60}) is oplosbaar in benzeen en toluen. De andere modificaties van koolstof zijn dat niet.

- 6 Leg uit waarom buckminsterfullereen wel kan oplossen in benzeen en diamant niet. Maak hierbij gebruik van de soorten krachten die tussen de deeltjes een rol spelen, zowel bij het oplosmiddel als bij de op te lossen stof.

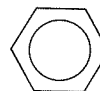
In nevenstaand plaatje is aangegeven hoe men zich de bindingen in een C_{60} -molecule voorstelt. Twintig zeshoeken en twaalf vijfhoeken regelmatig gerangschikt in de vorm van een voetbal. In de tekening staan gelokaliseerde dubbele bindingen aangegeven.



'Dubbele bindingen' ontstaan als twee of meer C-atomen elk één p-elektron bijdragen aan een chemische binding. Bij etheen ($\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$) zijn de p-elektronen gelokaliseerd. Bij 1,3-butadieen en bij benzeen is er één doorlopende 'baan' voor alle p-elektronen (gedelokaliseerd):



1,3-butadieen



benzeen

- 7a Hoe stel je je de plaats van de p-elektronen voor in grafiet (dat drie bindingen tussen de C-atomen *in* het vlak heeft)?
- 7b Welke typerende eigenschap van grafiet is hierop gebaseerd?
- 8a Hoe stel je je de plaats van de p-elektronen voor in buckminsterfullereen?
- 8b Zal buckminsterfullereen een geleider zijn? Licht je antwoord toe.

Toepassingen van buckminsterfullereen

Brabants Dagblad

NRC 21 november 1991

Zoals alle koolstofmoleculen beschikt ook buckminsterfullereen over het vermogen om andere atomen en moleculen aan zich te binden. Plakt men bij voorbeeld drie kaliumatomen vast aan een 'kaal' fullereenmolecuul, dan ontstaat een molecuul dat supergeleidende eigenschappen vertoont - althans bij een temperatuur van maximaal enkele tientallen graden Kelvin.

Spectaculaire ontdekkingen volgden elkaar het afgelopen jaar in hoog tempo op. Zo werd al snel duidelijk dat het kaliumzout van Mr. Bucky, (K_3C_{60} , ook wel 'kaliumbuckide' genoemd) supergeleidend is bij een temperatuur van 18 Kelvin. Andere 'metaalbuckides' doen het zelfs bij nog hogere temperaturen, waardoor ze zonder meer thuishoren in de

- 9 Geef de notatie van het buckide-ion.
- 10 Leg uit waarom het kaliumbuckide beter geleidend is dan buckminsterfullereen zelf.

Koolstof-60 met fluor smeert nog beter

In de koolstof-60-chemie is enige vooruitgang geboekt door de ontdekking dat fluor-atomen kunnen worden toegevoegd aan het C_{60} -molecuul.

John Holloway en Eric Hope van de universiteit van Leicester verhitten C_{60} in een stroom van het zeer reactieve fluorgas. Na een dag of drie werd het zwarte koolstof-60 plotseling donkerbruin en na nog eens drie dagen verkleurde het vrij snel tot lichtbruin. Het toevoegen van nog meer fluor leverde een bijna witte vaste stof op, $C_{60}F_{60}$.

Roger Taylor en Tony Avent van de universiteit van Sussex en John Langley van de universiteit van Southampton analyseerden het

produkt met spectroscopische technieken. Taylor verklaart de kleurwisselingen doordat fluor stapsgewijs wordt toegevoegd aan de C_{60} -schil. Bij de eerste stap is die schil te stabiel om makkelijk fluor te accepteren. Maar de toevoeging van slechts één fluor-atoom destabiliseert een van de zeshoekige koolstofringen in de schil. Daardoor kunnen nog vijf andere fluormoleculen zich aan de koolstofatomen binden, zodat de eerste koolstofzeshoek is gevuld. Deze stap levert naar de onderzoekers menen het aanvankelijk donkerbruine materiaal $C_{60}F_6$ op. Volgens Taylor is deze verbinding vrij stabiel, wat verklaart waarom het nog drie dagen duurt tot de volgende kleurverandering. De toevoeging van meer fluor-atomen resulteert in het lichtbruine $C_{60}F_{42}$, en de laatste 18 fluor-atomen leiden uiteindelijk tot het kleurloze $C_{60}F_{60}$.

- 11 Geef de reactievergelijkingen in brutoformules van de drie reacties die achtereenvolgens optreden weer.

Uit de reactievergelijkingen kun je opmaken dat C_{60} een onverzadigd molecuul is.

- 12 Leg uit waaruit dat blijkt.
- 13 Geef in een tekening met structuurformules de reactie van fluor met buckminsterfullerenen weer tot de vorming van het donkerbruine materiaal (van buckminsterfullerenen hoeft je slechts één zesring te tekenen).

Voor het ontstaan van het donkerbruine materiaal wordt een mechanisme in drie stappen verondersteld. Bij de eerste, in het artikel niet genoemde, stap splitsten molecuul fluor in twee fluoratomen: $F_2 \rightarrow 2 F$. De stappen twee en drie staan, overigens niet geheel correct, in het artikel beschreven.

- 14 Geef zelf een reactievergelijking voor stap twee en drie in brutoformules.
- 15 Geef aan in welk opzicht de beschrijving in het artikel niet correct is.

Volgens het artikel is $C_{60}F_6$ vrij stabiel.

- 16 Bereken het enthalpie-effect van de vorming van $C_{60}F_6$ uit C_{60} en F_2 . Maak gebruik van je antwoord op vraag 14. Je mag er bij de berekening van uitgaan dat de sublimatie-enthalpieën van C_{60} en $C_{60}F_6$ ongeveer even groot zijn.
- 17 Heeft de uitkomst van vraag 17 iets te maken met de uitspraak dat $C_{60}F_6$ vrij stabiel is.

De overgang van $C_{60}F_6$ naar $C_{60}F_{42}$ heeft een zes maal zo groot enthalpie-effect als je hebt uitgerekend bij vraag 16. Toch verloopt deze reactie niet heel snel.

- 18 Leg uit hoe het komt dat deze omzetting niet snel verloopt.

„Bij IBM hebben ze onderzocht of het geschikt was als smeermiddel voor harde schijven van computers: het bleek beter te zijn dan wat ze hadden! En het is elders ook al gelukt om fluoratomen te bevestigen aan alle zestig koolstofatomen: wat je dan in feite hebt is een bolvormig molecuul met een laagje teflon!”

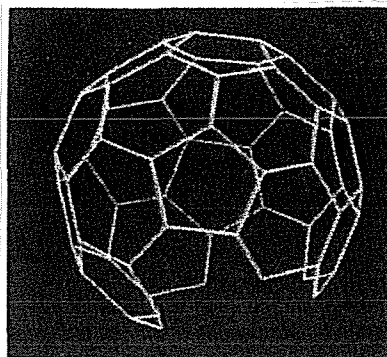
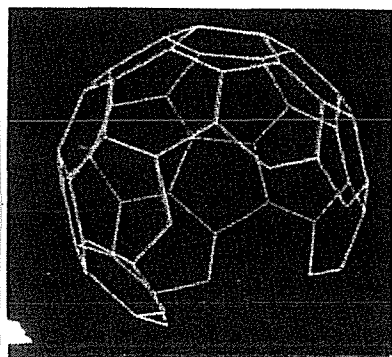
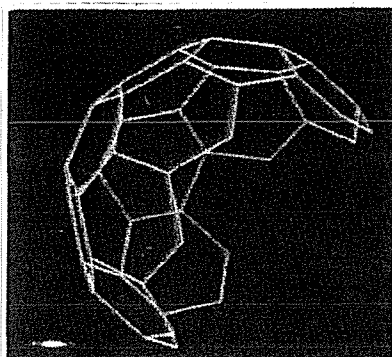
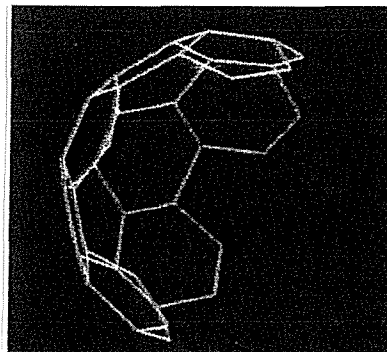
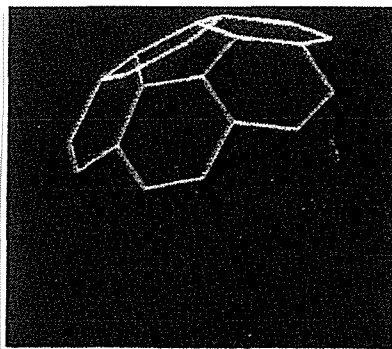
- 19 Teken een stukje van de structuurformule van teflon (zie tabel 102 a Binas).
20 Geef commentaar bij de zinsnede 'bolvormige moleculen met een laagje teflon'.

De uitsmijter van deze opgave: ook onderstaand stukje kwamen we meerdere keren tegen.

Smalley: “De koolstofkooien van buckyballs nemen uitstekend elektronen op en als je er nu metalen als chloor en natrium instopt, zijn ze misschien uitstekend te gebruiken als batterijen.”

- 21 Denk je dat Smalley deze bewering zo gedaan heeft? Leg uit wat de fout is in het stukje.

Groei van een buckyball. De ruimtelijke structuur ontstaat door de invoeging van vijfhoeken in het normale 'kippegaaspatroon' van grafiet. Twaalf vijfhoeken geeft een sluitende holle kooi.



Stookinstallaties tuinbouw onder stikstofnorm

NAALDWIJK (COR) – De uitstoot van stikstofoxiden door stookinstallaties op glastuinbouwbedrijven blijft ruim onder de normen van de overheid. Gemiddeld bedraagt de uitstoot honderdertwintig milligram per kubieke meter rookgas. Dat blijkt uit metingen van het Adviesbureau Temo.

Normen

Voor bestaande installaties, met een capaciteit van meer dan zeshonderd kiloWatt, is de norm vijfhonderd milligram per kubieke meter rookgas. In 1992 wordt deze norm teruggebracht tot honderdvijftig milligram. Voor nieuwe installaties is dat 175 respectievelijk honderd milligram per kubieke meter rookgas.

"Het cijfer honderdertwintig is dus niet ongunstig", zegt S. Broek van Temo. "Een goed resultaat, vooral gezien het feit dat het aardgas met relatief koude lucht (tachtig graden Celsius) wordt verbrand."

Bij de verbranding van aardgas ontstaan er ook stikstofoxiden.

- 1 Leg uit hoe het mogelijk is dat er ook stikstofoxiden gevormd worden.
- 2 Welke stikstofoxiden worden er tijdens de verbranding gevormd? Geef zowel de naam als de formule.

De norm voor de uitstoot van stikstofoxiden wordt, volgens het artikel, in 1992 teruggebracht van 500 tot 150 mg per kubieke meter rookgas.

Gehaltes worden vaak uitgedrukt in *parts per million* (ppm). Eén ppm wil zeggen: één volumedeel per miljoen volumedelen.

Veronderstel dat de ' NO_x ' voor 95 % uit NO en voor 5 % uit NO_2 bestaat; het molair volume van gassen bij kamertemperatuur is $24,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$.

- 3 Bereken hoeveel ppm stikstofoxiden (' NO_x ') overeenkomt met de nieuwe norm?

In de gebruikte installatie wordt het aardgas met 'relatief koude lucht' (80 °C) verbrand.

- 4a Waarmee wordt de temperatuur van 'relatief koude lucht' vergeleken?
- 4b Hoe krijgt de lucht die temperatuur van 80 °C?

IJZERHYDRIDE

de Volkskrant, 17 augustus 1991

IJzer in kern aarde zuigt waterstof op

Amerikaanse scheikundigen denken iets meer te begrijpen van de samenstelling van het binnenste van de aarde. Dat blijkt uit een artikel in *New Scientist* van 10 augustus.

Bekend is dat de kern van de aarde, met een straal van 1200 kilometer, bijna volledig bestaat uit vast ijzer. De buitenste rand van de kern is echter vloeibaar, blijkt uit metingen. Maar dat kan niet volledig vloeibaar ijzer zijn, daarvoor is de dichtheid van die buitenste rand te klein.

Het ijzer moet daarom vermengd zijn met andere elementen, stellen de onderzoekers John Badding, Russell Hemley en Ho-Kwang Mao van het Carnegie-instituut in Washington. Waterstof, aanzienlijk lichter dan ijzer, is een van de mogelijkheden, dit element komt tenslotte het overvloedigst voor in het heelal. Een mogelijk bewijs voor deze theorie

zijn de recente experimenten die de drie scheikundigen hebben uitgevoerd, waarbij ze ijzer en waterstof onder extreem hoge druk zetten. Boven een druk van ruim 33.000 atmosfeer zwelde het ijzermonster op, waarna het vloeibare waterstof plotseling het ijzerrooster in werd gezogen.

Het gladde en glanzende ijzer veranderde intussen in een korrelachtige structuur. Er zou ijzerhydride — een chemische verbinding tussen ijzer en waterstof — zijn gevormd, dat een iets groter volume en een lagere dichtheid heeft dan ijzer. Het ijzerhydride bleef stabiel tot een druk van 600.000 atmosfeer. Een hogere druk kon niet met de apparatuur worden bereikt. Deze extreem hoge druk komt in de buurt van de druk die heerst aan de rand van de aardse kern.

Volgens het artikel kan ijzer met waterstof reageren tot ijzerhydride, FeH_2 .

1 Geef de vergelijking voor de vorming van ijzerhydride uit ijzer en waterstof.

De naam ijzerhydride voor FeH_2 is *niet* volledig.

2 Geef de volledige naam en leg uit waarom deze naam wel volledig is.

3 Leid uit de formule van ijzerhydride de formule van het hydride-ion af. Leg uit hoe je aan je antwoord komt.

Er is voor ijzerhydride nog een tweede formule op te stellen.

4a Welke verhoudingsformule is er ook nog mogelijk?

4b Geef de juiste naam aan de stof met deze formule.

De korrelachtige structuur wijst op het ontstaan van kristallen.

5 In welk roostertype zal ijzerhydride gekristalliseerd zijn. Licht je antwoord toe.

In het artikel staat dat ijzerhydride een kleinere dichtheid heeft dan ijzer.

6 Uit welke *twee* gegevens in het artikel kun je dit afleiden? Leg duidelijk uit!

WATERSTOF EN WATERSTOF

de Volkskrant 19 oktober 1991

Lang gezocht ion gevonden op Jupiter

Afgelopen voorjaar, toen de planeet Jupiter 's avonds hoog aan de hemel stond, voerden Amerikaanse, Canadese en Franse sterrenkundigen een gecoördineerde waarnemingsactie uit. De planeet werd tegelijkertijd door verschillende telescopen bestudeerd. Zowel op het noordelijk als op het zuidelijk halfrond van Jupiter werd poollicht waargenomen met een golflengte van enkele micrometers. Uit het spectrum van de waargenomen straling kon de aanwezigheid worden afgeleid van waterstof-3+, een geïoniseerd molecuul dat een belangrijke rol speelt bij de vorming van complexe interstellaire moleculen (*Nature*, 10 oktober 1991).

Waterstof-3+ is een molecuul dat uit drie waterstofatomen bestaat, maar dat een elektron mist, zodat het molecuul een positieve elektrische lading heeft. Een dergelijk geladen molecuul wordt een ion genoemd. Het waterstof-3-ion is een samenstel van drie protonen (waterstofkernen) en twee elektronen. Gewoon

moleculair waterstof, dat uit twee waterstofatomen bestaat, komt in het heelal in grote hoeveelheden voor, vooral in donkere, koude moleculaire wolken die zich in de spiraalarmen van het Melkwegstelsel bevinden. Wanneer een waterstof-molecuul in botsing komt met een energierijk deeltje uit de kosmische straling, raakt het geïoniseerd en ontstaat er waterstof-2+. Dat gaat een reactie aan met een derde waterstofatoom, zodat waterstof-3+ wordt gevormd.

Waterstof-3+ was tot nu toe nog nooit in het heelal gedetecteerd, maar algemeen werd aangenomen dat het in grote hoeveelheden zou moeten voorkomen. Het ion speelt volgens theoretici namelijk een belangrijke rol bij de vorming van veel complexere interstellaire moleculen, zoals koolwaterstoffen en polyacetyleen. De detectie van waterstof-3+ in de waterstofrijke atmosfeer van Jupiter vormt een sterke ondersteuning voor de theorie. Het wachten is nu op detectie van waterstof-3+ in interstellaire gaswolken.

In het artikel worden vier verschillende deeltjes genoemd waarin *alleen* het element waterstof voorkomt.

- 1 Geef de formules van *alle* deeltjes in het artikel waarin alleen het element waterstof voorkomt.
- 2 Geef van elk genoemd deeltje aan hoeveel protonen en elektronen het bezit.

Een elektron verwijderen uit een waterstofatoom kost minder energie dan het verwijderen van een elektron uit een waterstofmolecule.

- 3 Probeer dit verschil te verklaren.

BRANDVERTRAGING

Shell-venster september, oktober 1991

Brandvertraging

Een van de diversificatiemogelijkheden op basis van magnesiumzout, is de produktie van brandvertragende additieven.

Brandvertragers op basis van hydroxyden hebben grote milieuvoordelen boven de huidige additieven die veelal potentieel milieu-onvriendelijke elementen als broom, chloor en antimoon als basis hebben. Belangrijke toepassingsgebieden zijn onder andere latex voor tapijten, rubbers, diverse polymeren en elektrische kabels.

'Het is een combinatie van de grote Amerikaanse kennis op het terrein van de produktie van vlamvertragers op basis van gehydrateerde aluinaarde- plus de markt- en toepassingservaring, gekoppeld aan de positie van Billiton bij de grondstoffen en de kennis van Europa. Wij zijn tenslotte deelnemer in tal van grote aluinaardefabrieken in de wereld'.

De tweede tak van de familie van vlamvertragers -op basis van magnesiumhydroxyde- wordt vervaardigd met gebruikmaking van processen die zijn ontwikkeld in het laboratorium van Billiton Research in Arnhem. Deze vlamvertragers zijn actief bij temperaturen van meer dan 230 graden en juist in dat toepassingsgebied worden nu nog veel broom en chloor als additieven gebruikt en zijn er weinig alternatieven voorhanden.

Pieter Steeneken: 'Als de markt zich inderdaad ontwikkelt zoals in onze haalbaarheidsstudies is voorspeld, dan is het het plan om over een aantal jaren in Veendam op het terrein van Billiton Refractories een fabriek te bouwen met een jaarcapaciteit van 40.000 ton per jaar aan brandvertragende additieven. De bouwtekeningen liggen al klaar'.

Als iets in brand staat, moet het geblust worden. Je kunt echter ook voorzorgsmaatregelen nemen waardoor iets moeilijk vlam vat. Eén hiervan is de toepassing van brandvertragende stoffen. In het artikel worden een aantal stoffen genoemd, waaronder gehydrateerde aluinaarde (aluinaarde = aluminiumoxide, de gehydrateerde vorm is aluminiumhydroxide) en magnesiumhydroxide.

- 1 Geef de formules van aluminiumoxide, aluminiumhydroxide en magnesiumhydroxide.

Je kunt de formules van magnesiumhydroxide en aluminiumhydroxide ook op een andere manier schrijven namelijk als een hydraat. Hierbij beschouw je de hydroxiden als oxiden, zoals bij aluinaarde al is aangegeven.

- 2a Wat is een hydraat?
- 2b Geef nu, uitgaande van de metaalhydroxiden, aan hoe je tot de hydraatformules van de metaaloxiden komt.

Bovengenoemde stoffen zijn dus in staat om als brandvertragers te werken.

- 3 Geef twee eigenschappen van hydraten die verantwoordelijk zijn voor de brandvertragende werking.

MAP-MACHINE

Mestoverschotten zijn vaak in het nieuws.

1 Hoe komt het dat in diverse streken van ons land mestoverschotten optreden?

Verwerking van de mest in streken met een *overschot* is een oplossing voor de mestproblemen.

*Nieuw systeem voor mestverwerking
De MAP-machine*

*Agrarisch Dagblad
10 september 1991*

De gemeente Heiden ligt in een waterwingebied. Het gebruik van mest is daar in beperkte mate toegestaan in verband met de uitspoeling van nitraat in het grond- en oppervlaktewater. Hierdoor werden de boeren in Heiden al jaren geleden geconfronteerd met het probleem van mestoverschot. Een oplossing werd gezocht in de zogenoemde MAP-machine, die in nauwe samenwerking met de firma UAT werd ontwikkeld.

De mest wordt in de machine gescheiden in vaste en vloeibare bestanddelen. De

vaste stoffen kunnen worden gekomposteerd of direct als landbouwmest worden gebruikt. Het vloeibare deel wordt in een mengbak vermengd met fosforzuur, in een tweede bak wordt magnesiumzout toegevoegd, waarna in een derde bak de bezinking plaatsvindt. Het bezinksel wordt gekristalliseerd en het resultaat is magnesium-ammonium-fosfaat (MAP), hetgeen een goede meststof is. De overblijvende vloeistof is stikstofarm en kan probleemloos op het land versproeid worden.

In eerste instantie wordt de mest in de machine gescheiden in vaste en vloeibare bestanddelen.

2a Hoe zal men zo'n soort scheiding uitvoeren?

2b Waarop berust deze scheidingsmethode?

Aan het vloeibare deel wordt in een mengbak fosforzuur toegevoegd. Er treedt een zuur-base reactie op tussen het fosforzuur en de ammonia uit het vloeibare deel van de mest.

3 Geef de optredende reactie in een vergelijking weer. Neem daarbij als molverhouding fosforzuur : ammoniak = 1 : 3.

In een tweede bak wordt aan de dan ontstane oplossing een magnesiumzout toegevoegd waarna in een derde bak bezinking plaatsvindt van het ontstane magnesium-ammoniumfosfaat, MAP.

4 Waarop berust de bezinking van het MAP?

5 Geef een mogelijke verhoudingsformule van MAP.

6 Leg uit dat MAP een zogenaamd dubbelzout is.

ALCOHOLVRIJ?

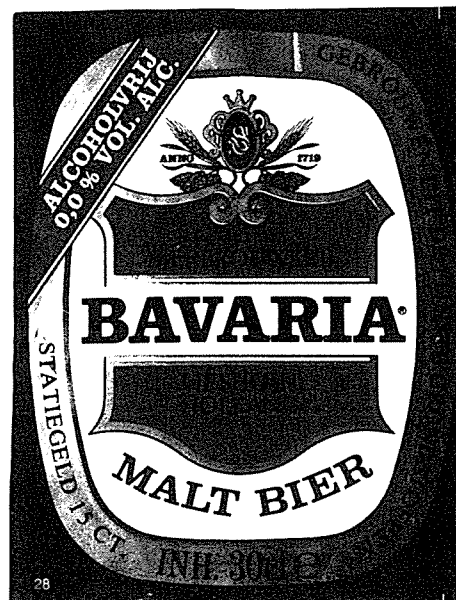
Krant op Zondag 28 juli 1991

BAVARIA MALT NIET ALCOHOLVRIJ

LIESHOUT — De Keuringsdienst van Waren onderzoekt of consumenten worden misleid door het predikaat 'alcoholvrij' op flesjes Bavaria Malt. Het bier van de Brabantse brouwer bevat namelijk 0,04 procent 'natuurlijke' alcohol, net zoals overigens het meeste fruit.

Bavaria vermeldt als enige bierbrouwer in Nederland het alcoholpromillage (nog) niet op de etiketten. Het is daarom niet uitgesloten dat een van de concurrerende bierbrouwers het succesvolle Bavaria daartoe wil dwingen.

Hoofdinspecteur Gezondheidsbescherming H. van Buuren deelde mee alle zogenaamd alcoholvrije bieren te onderzoeken. Volgens hem heeft de consument recht op exacte etiket-informatie. ☐

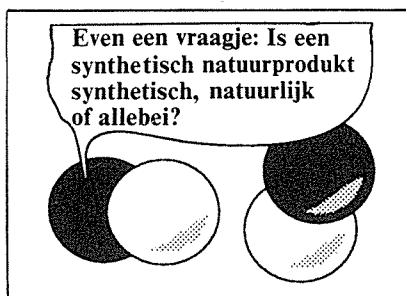


Dit artikeltje stond op 28 juli 1991 in de Krant van Zondag. Ernaast zie je een etiket dat op die zelfde dag van een flesje Bavaria malt bier is afgeweekt. De 'natuurlijke' alcohol (ethanol, C_2H_6O) waar in het artikeltje sprake van is, kan bijvoorbeeld ontstaan door gisting van glucose. Bij de gisting van glucose ontstaat naast ethanol nog een andere stof.

- 1 Geef de moleculeformule van glucose.
- 2 Geef het ontstaan van ethanol uit glucose in een reactievergelijking weer.
- 3 Hoe kun je de stof, die naast ethanol bij de gisting van glucose ontstaat, aantonen?
- 4 Vind je de aanduiding 'alcoholvrij' wel of niet terecht? Motiveer je antwoord.
- 5 Zijn de kwantitatieve gegevens uit het artikel en op het etiket wel of niet met elkaar in overeenstemming? Licht je antwoord toe.

JOJOBA-OLIE

Chemisch Weekblad 87 (43), 431, 1991



Nivea Visage vochtherstellende dagcrème met huidverwant Eucerit en natuurlijke Jojoba olie geeft je huid een fris en stralend uiterlijk. De UV/A- en UV/B-filters beschermen je huid tegen de zon.

ATO vindt jojoba-vervanger

Hans Risseeuw

Kan het instituut ATO uit Wageningen jojoba-olie maken? In een persbericht kondigt het Instituut voor Agrotechnologisch Onderzoek ATO-DLO trots de ontwikkeling van "Nederlandse jojoba-olie aan". Na doorlezen blijken de onderzoekers de belangrijkste bestanddelen van de tropische jojoba-olie te kunnen maken. Maar wel uit Nederlandse oliën zoals raapolie, koolzaadolie en Crambe-olie en tegen een lage prijs.

De produktie van jojoba vervanger verloopt nu grofweg in de volgende twee stappen

■ De onderzoekers beginnen met de

bewerking van triacylglyceriden uit koolzaadolie met enzymen. Door de bewerking met 1,3-specifieke lipasen ontstaat een vetzuurmengsel met een zuiverheid van 90% erucazuur. Veel hoger dan met de conventionele 'kraak'processen wordt gehaald. Het werken met enzymen levert minder bijprodukten op, is milieuvriendelijker en energiezuiniger dan het kraakproces bij 250 °C en 50 bar.

■ In de tweede stap reageert het erucazuur met een hogere-alcohol (vet-alcohol) tot het jojoba produkt. De hogere-alcohol komt nog niet uit de koolzaadolie maar wordt op de markt gekocht. De C18-C22 alcohol is chemisch gemaakt uit aardolie of plantaardige oliën.

Jojoba-olie is een bestanddeel van huidcrèmes. Het is een tamelijk duur produkt dat wordt gemaakt uit erucazuur en een hogere alcohol. Erucazuur met formule $C_{21}H_{41}COOH$ is een alkeenzuur met als systematische naam 13-docoseenzuur.

1 Geef de structuurformule van erucazuur.

In het nieuwe proces bewerken enzymen het triacylglyceride 1,3-di-erucyl-2-oleylglycerol (dit is de ester van glycerol en erucazuur en oliezuur).

2 Teken de structuurformule van 1,3-di-erucyl-2-oleylglycerol.

3 Geef de systematische naam van dit triacylglyceride.

Bij de bewerking van het triacylglyceride met behulp van 1,3-specifieke lipasen ontstaan erucazuur en een mono-ester van glycerol.

- 4 Wat is een lipase?
- 5 Leg de term '1,3-specifieke lipase' uit.
- 6 Geef de reactievergelijking van de beschreven reactie.
- 7 Geef de naam van het type reactie dat hier optreedt.

Vervolgens reageert erucazuur met een alcohol ($C_{18}H_{37}OH$) tot de jojoba-olie.

- 8 Geef de reactievergelijking van de omzetting tot jojoba-olie.
- 9 Geef de naam van het type reactie dat hier optreedt.

blauw 80 grs

DOCENTENHANDLEIDING

Inhoud

Ureum tegen vorstschade	49
Betonrot	49
Watersimple	52
Ceriumdioxide tegen dieselwalm	53
Zwavelhoudend afgas	54
Biosphere	54
Neutralisatie basisch afvalwater	55
Verbetering fenolproces	56
Ammoniakwasser	58
MCT's en LCT's	58
Vuurvast zout	59
Kapotte handen	60
Buckminsterfullereen	68
Stikstofoxiden	71
IJzerhydride	71
Waterstof en Waterstof	71
Brandvertraging	72
MAP-machine	72
Alcoholvrij?	72
Jojoba-olie	72
Errata Chemie Aktueel nummer 8	73

Ureum tegen vorstschade in bloesem

Antwoorden

3 HV

- 1 Nee. Hij spuit met (een oplossing van) een *verbinding* die stikstof bevat.
- 2 Dit is de *verbinding* die de stikstof bevat ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$).
- 3 Je geeft de boom voedingsstoffen.
- 4a Het water koelt eerst af en bevriest daarna. Bij het bevriezen wordt door het water veel warmte afgestaan *zonder dat de temperatuur daalt*.
- 4b 0°C .
- 4c Nee. Iets kan pas bevriezen als de omgeving *kouder* is dan 0°C .
- 5a Als je stopt met beregenen zal het gevormde ijs (ná volledige bevroering) toch verder afkoelen. Er kan dan alsnog vorstschade ontstaan.
- 5b Er komt dan teveel ijs op de takken waardoor ze kunnen breken.

4 HV

- 1a Bespuiting met een *oplossing* van een stikstof*verbinding*.
- 1b Ja, men kijkt daar voornamelijk naar de toevoer van het element stikstof aan de plant.
- 2 $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O} : \text{M} = 60,0 \text{ u} ; \text{N} : \text{M} = 14,0 \text{ u}$.
Massapercentage = $2 \cdot 14,0 / 60,0 \cdot 100 \% = 46,7 \%$.
- 3 Ureum-moleculen kunnen met watermoleculen H-bruggen vormen.
- 4a Het water koelt eerst af en bevriest daarna. Bij het bevriezen wordt door het water veel warmte afgestaan zonder dat de temperatuur daalt.
- 4b 0°C .
- 4c Nee, iets kan pas bevriezen als de omgeving *kouder* is dan 0°C .
- 5a Als je stopt met beregenen zal het gevormde ijs (ná volledige bevroering) toch verder afkoelen. Er kan dan alsnog vorstschade ontstaan.
- 5b Er komt dan teveel ijs op de takken waardoor ze kunnen breken.

Opmerking

Het niet bevriezen van de knoppen heeft niet alleen te maken met het feit dat de temperatuur niet onder de 0°C daalt, maar ook met het gegeven dat het vocht in de knoppen opgeloste stoffen bevat waardoor je daar een vriespuntdaling krijgt. Dit onderwerp komt echter niet meer in de examenstof voor zodat we daar geen vraag over kunnen stellen.

Betonrot

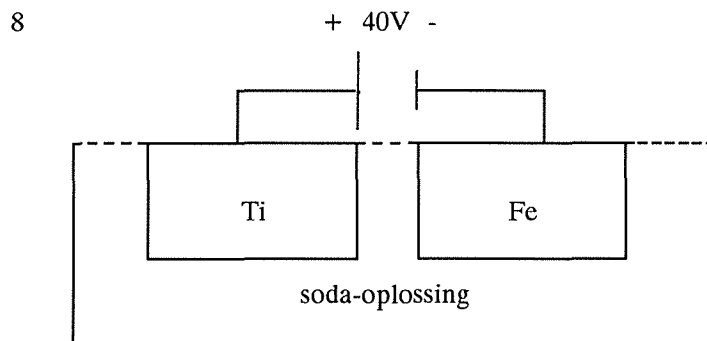
Antwoorden

- 1 Doordat het beton *poreus* is. Regenwater (waarin koolzuurgas opgelost is) kan dan van buiten naar binnen dringen.
- 2 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$
- 3a De halfreacties in neutraal milieu zijn:
 $\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons 4 \text{OH}^- (+ 0,40 \text{ V})$
 $\text{Fe} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^- (- 0,44 \text{ V})$
zodat kan optreden: $\text{Fe}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$
In dit milieu kan dus al aantasting optreden.

- 3b In zuur milieu krijgt de potentiaal voor de reductie van zuurstof een hogere waarde:

$$\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O} \quad (+ 1,23 \text{ V})$$
 In zuur milieu zal aantasting dus *versterkt* kunnen optreden.
- 4 Het waterstofcarbonaat-ion kan in basisch milieu worden omgezet in het carbonaat-ion volgens:

$$\text{HCO}_3^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-}$$
 Dit carbonaat-ion vormt dan met ijzer(II)-ion het zout 'ijzercarbonaat'.
- 5 De lading van het ijzerdeeltje, omdat ijzer twee ladingen kan hebben, namelijk 2+ en 3+. Dit geef je in de naam weer met een romeins cijfer, ijzer(II) en ijzer(III).
- 6 Vóór de aantasting was er een bepaalde ruimte beschikbaar per ijzeratoom. Door de reactie is naast elk ijzerion (Fe^{2+}) ook plaats nodig voor twee OH^- -ionen of een CO_3^{2-} -ion. Hierdoor neemt het volume (sterk) toe.
- 7 Het betonijzer moet op de *negatieve* pool aangesloten worden. Dan kan het betonijzer elektronen afgeven waardoor de H^+ -ionen worden omgezet (en vervolgens OH^- -ionen worden gevormd.)



- 9a Positieve elektrode: $4 \text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^-$
 opmerking: soda-oplossing is basisch!
 Negatieve elektrode: $2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$
 en nadat de meeste waterstofionen omgezet zijn
 $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$
- 9b Afname van de zuurgraad.
- 10
$$\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons 4 \text{OH}^-$$

$$2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$$
- 11 Het beton is onder normale omstandigheden basisch. Door elektrolyse wordt het te zure beton opnieuw basisch gemaakt, dus re-alkalisatie.

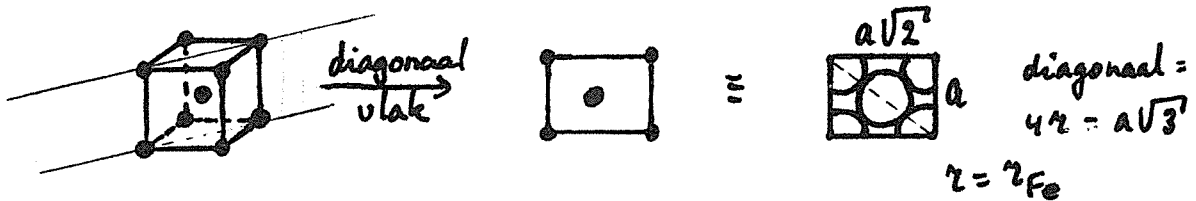
Achtergrondinformatie

In Faraday (april 1984) stond een artikel over betonrot, geschreven door G. Stout. Het artikel van G. Stout gaat wat dieper in op betonrot en is als aanvulling bij deze opgave zeer aan te bevelen.
 Volgens het artikel van G. Stout neemt roest, ijzer(III)oxide, een 6 à 8 maal groter volume in dan ijzer.

De berekening

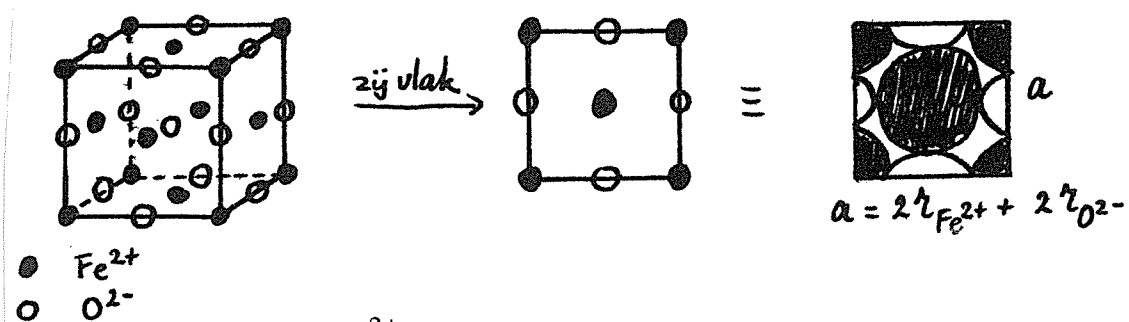
Voor de omzetting van ijzer in ijzer(II)oxide volgt hieronder de berekening over de volume-toename die dan optreedt. In werkelijkheid wordt er niet FeO maar $\text{Fe}(\text{OH})_2$ gevormd (dat je kunt schrijven als $\text{FeO} \cdot \text{H}_2\text{O}$).

Veronderstel: wapeningsstaal in beton is ijzer, ideaal gekristalliseerd in bcc-rooster (body-centered-cubic):



bcc: 2 atomen per eenheidscel (namelijk 8 hoekpunten elk $1/8$ en centrum een keer); atomen raken langs lichaamsdiagonaal dus $4 r_{Fe} = a\sqrt{3}$, ofwel $a = 4 r_{Fe} / \sqrt{3}$. Volume eenheidscel is a^3 (voor 2 atomen), dus per atoom $\frac{1}{2} a^3$.

Veronderstel: FeO is ideaal gekristalliseerd in NaCl-type rooster:



Fe²⁺: 12 middens van de ribbe = $12 \cdot \frac{1}{4} = 3$
 1 centrum van de kubus = $1 \cdot 1 = 1$
 samen = 4

O²⁻: 8 hoekpunten van de kubus = $8 \cdot \frac{1}{8} = 1$
 6 op zijvlakken kubus = $6 \cdot \frac{1}{2} = 3$
 samen = 4

Dus vier ionenparen per eenheidscel; ionen raken elkaar langs ribbe dus

$a = 2r_{O^{2-}} + 2r_{Fe^{2+}}$. Per ionenpaar een volume van $\frac{1}{4} a^3$.

Aan de hand van de atoomstraal van ijzer en de ionstralen van ijzer(II) en oxide (Binas tabel 39a) kunnen we nu het volume van elk berekenen:

Fe: volume per atoom *benodigd* (dus *inclusief* de onontkoombare lege ruimte tussen de deeltjes) is $\frac{1}{2} a^3 = 1,23 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$.

FeO: volume per ionenpaar *benodigd* (dus *inclusief* de onontkoombare lege ruimte tussen de deeltjes) is $\frac{1}{4} a^3 = 2,19 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$.

Conclusie: bij de omzetting van Fe in FeO wordt het volume $2,19/1,23 = 1,78$ keer zo groot. In werkelijkheid wordt Fe in $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ omgezet waarbij het volume vele malen meer toeneemt.

Betonrot

In het artikeltje over de bestrijding van betonrot door re-alkalisatie (W&O 7 nov.) is een onjuistheid geslopen. Bij re-alkalisatie wordt met behulp van vilt doordrenkt met een soda-oplossing en elektrische gelijkstroom het roestproces van de ijzeren betonwapening gedeeltelijk hersteld.

U schrijft dat de re-alkalisatie plaatsvindt doordat natrium-ionen in het beton trekken waardoor dit weer basisch wordt. De betonrot, die het gevolg zou zijn van de verzuring van het beton door zuurvormende stoffen in de neerslag, zou hierdoor bestreden worden. Dit is echter niet juist. Het herstel vindt plaats van binnenuit door twee kathodische reacties aan de ijzeren wapening van het beton.

Deze reacties zijn de reductie van zuurstof tot water en de reductie van water tot waterstof. Beide reacties produceren 1 OH⁻ ion per elektron. Een deel van deze ionen wordt door het beton afgevoerd richting soda-oplossing. Het resterende deel maakt de omgeving van de wapening weer voldoende alkalisch om de vorming van een beschermende oxydelaag te bevorderen.

Dit proces is overigens niet geheel zonder risico omdat bij het staal atomaire waterstof als tussenproduct gevormd wordt. Deze kan in

het staal terecht komen en daar aanleiding geven tot verbrozing.

Over de zuur/base-huishouding in beton nog het volgende. De pH, direct na de betonharding, is ongeveer 12. Bij deze hoge pH wordt slechts een dunne laag oxyde op het staal gevormd die geen beschadiging tot gevolg heeft. Echter, deze hoge pH daalt voortdurend door opname van CO₂ uit de lucht. Daarbij wordt de neutrale pH=7 gepasseerd en het beton wordt tenslotte zwak zuur (pH=6). Tijdens deze verzuring neemt de corrosiesnelheid toe en ontstaat het volumineuze, waterhoudende oxyde en carbonaat dat de beschadiging veroorzaakt. Deze schade vinden we het eerst op plaatsen waar de betondekking op het staal het dunst is.

De soda-oplossing (Na₂CO₃) is basisch en kan eventueel door diffusie de buitenzijde van het beton enigszins alkaliseren. Maar dit wordt juist niet bevorderd door stroomdoorgang zoals u schrijft. Integendeel! De OH⁻ ionen die ook hier via migratie een deel van het stroomtransport verzorgen, bewegen juist in de omgekeerde richting, naar de titaanode in de soda-oplossing.

Drs. H. Zeilmaker
Eindhoven

Watersimple

Antwoorden

3 HV

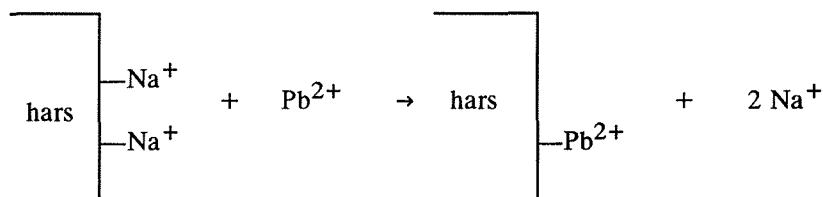
- 1 Vrij van stoffen die normaal niet in drinkwater voorkomen (en die schadelijk kunnen zijn voor de gezondheid).
- 2 De zuivere stof water, dus zonder dat er één andere stof aanwezig is.
- 3a Filtratie: berust op verschil in deeltjesgrootte.
- 3b Bij fase 1 moeten deeltjes van buitenaf tegengehouden worden terwijl bij fase 6 juist de vaste stof deeltjes (van de vorige fase) in het systeem gehouden moeten worden.
- 4 Adsorptie: berust op verschil in aanhechtingsvermogen.
- 5 Na verloop van tijd zal het gehele oppervlak van de actieve koolstof verbruikt zijn. Je moet dan of nieuwe actieve koolstof nemen of de verontreiniging van de actieve koolstof afspoelen (=regenereren).
- 6 Naast filtratie vindt er ook adsorptie en ionenuitwisseling plaats.

- 7 Men probeert in te spelen op de angstgevoelens van mensen voor giftige stoffen. Men hoort van alles over afval in de bodem en over afval in rivieren en dergelijke. In deze advertentie worden die angsten naar boven gehaald.

4 HV

- 6a Tegen natriumionen, deze zitten normaal ook al in drinkwater en zijn niet giftig.

6b



- 7 Opnieuw bruikbaar maken van de ionenwisselaar door de aangehechte metaalionen weer te vervangen door natriumionen. Dat doe je door de ionenwisselaar in contact te brengen met een verzadigde keukenzoutoplossing.
- 8 Naast filtratie vindt er ook adsorptie en ionenuitwisseling plaats.
- 9 Men probeert in te spelen op de angstgevoelens van mensen voor giftige stoffen. Men hoort van alles over afval in de bodem en over afval in rivieren en dergelijke. In deze advertentie worden die angsten naar boven gehaald.

Suggestie

De opgave voor 4 HV kunt U samenstellen door de opdracht voor 3 HV te nemen tot en met opgave 5 en dan aan te vullen met nummer 6 tot en met 9 bij het 4 HV gedeelte.

Ceriumdioxide tegen dieselwalm

Antwoorden

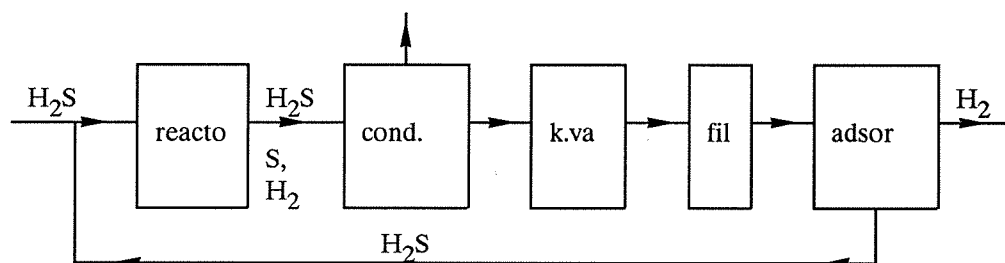
- 1 Koolstofdioxide en water(damp), het is een *organische* verbinding die dus zeker koolstof en vrijwel zeker waterstof als element zal bevatten.
- 2 Koolstofdioxide en water(damp) worden bij de verbranding van de diesel al in grote hoeveelheden gevormd.
- 3 Het is een zout en bij de benaming van een zout gebruik je *geen* griekse telwoorden om het aantal atomen aan te geven, dat doe je alleen bij moleculaire stoffen.
- 4 Het oxide-ion is 2- geladen; je hebt 2 oxide-ionen, dus samen 4-, dus cerium moet dan 4+ zijn. Cerium heeft meerdere valenties, dus het ceriumion heet: cerium(IV). De juiste naam is: cerium(IV)oxide.
- 5 Vaste stof deeltjes: die zijn te groot om door de poriën van het filter heen te gaan.
- 6 Het zal wel '...80 % van alle vaste stof deeltjes...' moeten zijn.
- 7 Cerium(IV)oxide: het moet een stof zijn die zuurstof kan leveren en op het filter aanwezig is.
- 8 $\text{CeO}_2 + \text{C} \rightarrow \text{Ce} + \text{CO}_2$
- 9 Er is af te leiden dat de temperatuur stijgt.
- 10 Er komt dus warmte vrij: exotherme reactie.

- 11 Er is niet voldoende cerium(IV)oxide om alle roet om te zetten (van de ceriumverbinding wordt slechts 50 deeltjes per miljoen deeltjes diesel toegevoegd).
- 12 Opnieuw bruikbaar maken van het filter.
- 13 Er blijft steeds roet op het filter neerslaan waardoor het filter na verloop van tijd helemaal verstopt raakt.
- 14 Nee, een katalysator versnelt de reactie *zonder* verbruikt te worden. De organische ceriumverbinding wordt omgezet in cerium(IV)oxide, dus wel verbruikt. De organische ceriumverbinding wordt *niet* terug gevormd.

Zwavelhoudend afgas

Antwoorden

- 1 (di)Waterstofsulfide.
- 2 $\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{H}_2 + \text{S}$
- 3 Het gasvormige zwavel wordt omgezet in vloeibaar zwavel, dus een condensatie.
- 4 Zwavel verdampt bij 718 K en wordt vast bij 392 K. Dus de temperatuur zal tussen 400 en 700 K gehouden worden.
- 5 Een vloeistof is veel makkelijker via buizen/leidingen te transporteren dan een vaste stof.
- 6a Zeer sterke afkoeling (koude val). Filtratie. Adsorptie.
- 6b Koude val om verontreiniging (indien mogelijk) in vaste stof om te zetten. Filtratie om vaste stofdeeltjes uit de gasstroom te verwijderen. Adsorptie om het waterstof te scheiden van nog niet ontleed waterstofsulfide.
- 6c De koude val en filtratie zijn *zuiveringstechnieken* om verontreiniging te verwijderen. De adsorptie is een *scheidingstechniek* om het waterstof te scheiden van het waterstofsulfide.
- 7,8



Dus: I : reactie, II : condenseren, III : koude val, condenseren, IV : filtreren, V : absorberen.

- 9 Waterstof is zeer brandbaar. Bij de verbranding van waterstof komt er per mol veel energie vrij die voor allerlei doeleinden gebruikt kan worden.

Biosphere

Antwoorden

- 1 $6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 6 \text{O}_2 + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
- 2 $33,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$
- 3 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$

- 4 $K_z = \{[\text{HCO}_3^-] \cdot [\text{H}^+]\} / [\text{CO}_2]$
 $[\text{CO}_2] = (33,5 \cdot 10^{-3} - x) \text{ M}$ (x verwaarlozen ten opzichte van $33,5 \cdot 10^{-3}$);
 $[\text{HCO}_3^-] = [\text{H}^+] = x$; $4,4 \cdot 10^{-7} = x^2 / (33,5 \cdot 10^{-3}) \rightarrow x = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ M}$ (verwaarlozing $1,2 \cdot 10^{-4}$ ten opzichte van $3,35 \cdot 10^{-2}$ terecht); $[\text{H}^+] = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ M}$;
 $\text{pH} = 3,9$
- 5 $\text{CO}_2 + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
 $25,0 \text{ ml } 3,35 \cdot 10^{-2} \text{ M } \text{CO}_2\text{-oplossing} = 8,375 \cdot 10^{-1} \text{ mmol } \text{CO}_2$, dus nodig
 $2 \cdot 8,375 \cdot 10^{-1} \text{ mmol } \text{OH}^- = 1,675 \text{ mmol } \text{OH}^-$: benodigd aantal ml natronloog = $1,675 / 0,050 = 34 \text{ ml}$
- 6 In equivalentiepunt zijn aanwezig Na^+ en CO_3^{2-} . CO_3^{2-} is een zwakke base. Er is dus een basische oplossing: $\text{pH} > 7$.
- 7 Bijvoorbeeld fenolftaleïne, omslagtraject in basisch milieu.
- 8 $\text{Ca}^{2+} + 2 \text{OH}^- + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 9 $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$; $K_s = [\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]$.
 Stel er lost x mol CO_3^{2-} op per liter:
 $8,7 \cdot 10^{-9} = x^2 \rightarrow x = 9,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol } \text{CaCO}_3 / \text{l} \rightarrow$
 $9,3 \cdot 10^{-5} \cdot 100,1 = 9,3 \cdot 10^{-3} \text{ g } \text{CaCO}_3$.
- 10 In kalkwater is Ca^{2+} aanwezig. $[\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]$ zal eerder gelijk zijn aan K_s , dus er lost minder CO_2 op.

Neutralisatie basisch afvalwater

Antwoorden

- 1 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$
- 2 De tweede formulering. De eerste formulering wekt de suggestie dat door reactie met water er een zwak zuur ontstaat, dus dat HCO_3^- het bedoelde zwakke zuur is.
- 3 $\text{pH} = 6,5 \rightarrow [\text{H}^+] = 3,2 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l}$
- 4 $\text{pH} = 8,5 \rightarrow [\text{H}^+] = 3,2 \cdot 10^{-9} \text{ mol/l}$
- 5 $\text{pH} = 6,5 \rightarrow \text{pOH} = 7,5 \rightarrow [\text{OH}^-] = 3,2 \cdot 10^{-8} \text{ mol/l}$
 $\text{pH} = 8,5 \rightarrow \text{pOH} = 5,5 \rightarrow [\text{OH}^-] = 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l}$
- 6 $\text{CO}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{HCO}_3^-$
- 7 HCO_3^- , H_2O (en een klein beetje OH^- en CO_2) en een positief ion.
- 8 $\lambda = 1$, dus $[\text{CO}_2] = [\text{OH}^-] = x \text{ M}$ en $[\text{HCO}_3^-] = (1,0 \cdot 10^{-3} - x) \text{ M}$ (x verwaarlozen ten opzichte van $1,0 \cdot 10^{-3}$);
 $K_b = \{[\text{OH}^-][\text{CO}_2]\} / [\text{HCO}_3^-]$
 $2,3 \cdot 10^{-8} = x^2 / (1,0 \cdot 10^{-3})$; $x = 4,8 \cdot 10^{-6} \text{ M}$ (verwaarlozing terecht); $\text{pOH} = 5,3$;
 $\text{pH} = 8,7$.
- 9 Sterk zuur: 100 % ionisatie bij oplossen.
 Zwak zuur: minder dan 100 % ionisatie bij oplossen.
- 10 De pH zal dan niet te sterk dalen bij overmaat zuur.
- 11 Van koolstofdioxide lost er niet al teveel op in water: zie tabel 44 Binas: $0,0335 \text{ mol}$ per liter bij 298 K en een atmosfeer van 100 % koolstofdioxide.
- 12 Volgens de reactievergelijking van opgave 6 verdwijnt er een hydroxide-ion terwijl daarvoor een waterstofcarbonaat in de plaats komt. Netto gezien geen toe- of afname van het aantal ionen.
- 13 $\lambda = 2$, mengsel $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_2$ waarbij $[\text{HCO}_3^-] = [\text{CO}_2]$, dus
 $\text{pH} = \text{p}K_z = 6,36$.
 $\lambda = 3$, mengsel $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_2$ waarbij $2[\text{HCO}_3^-] = [\text{CO}_2]$, dus
 $\text{pH} = \text{p}K_z - \log 2 = 6,36 - 0,30 = 6,06$.

Verbetering fenolproces

Antwoorden

1a benzeencarbonzuur,

hydroxybenzeen.

1b



2 koper(I) en koper(II) [eventueel: één- en tweewaardig koper].

3a koper(I)benzooat en koper(II)benzooat.

3b zouten (van koperionen en benzoaat-ionen).

3c $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-\text{Cu}^+$ en $(\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-)_2\text{Cu}^{2+}$

4a $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$

4b $\text{Cu}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{e}^- \quad | \times 4$

----- +
4c $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{Cu}^+ \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{Cu}^{2+}$

5 $\text{O}_2 + 4 \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$
 $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-\text{Cu}^+ + \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^- \rightarrow (\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-)_2\text{Cu}^{2+} + \text{e}^- \quad | \times 4$

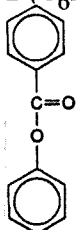
----- +
 $\text{O}_2 + 4 \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + 4 \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-\text{Cu}^+ \rightarrow 4 (\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-)_2\text{Cu}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}$

6a



6b $2 (\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-)_2\text{Cu}^{2+} \rightarrow 2 \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-\text{Cu}^+ + 2 \text{C}_6\text{H}_5\text{COOC}_6\text{H}_5 + \text{CO}_2$

6c



7 Koper(I)benzooat reageert met zuurstof en benzoëzuur tot koper(II)benzooat. Bij het uiteenvallen hiervan wordt koper(I)benzooat teruggevormd.

Je mag dus spreken van 'een koperkatalysator': het koper - of eigenlijk: koper(I)benzooat - wordt wel gebruikt maar niet verbruikt.

8a Hydrolyse.

8b $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOC}_6\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + \text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$

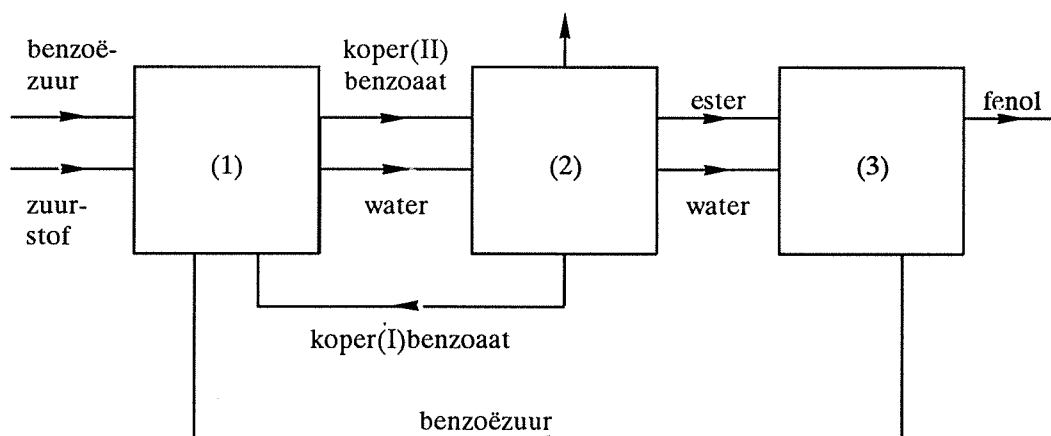
9 Uit benzoëzuur, koper(I)benzooat en zuurstof wordt een ester gevormd, waarbij koolstofdioxide en water vrijkomen.

10a Minstens 25% van het produkt van de reactie bestond uit teer.

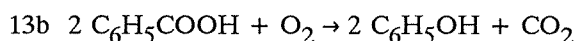
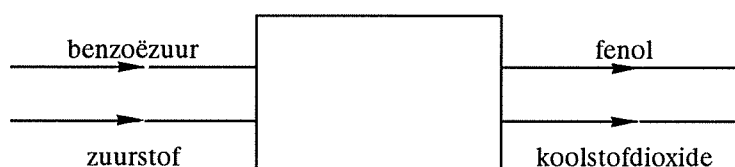
10b De oxidatie van de katalysator is gescheiden van de vorming van de ester en de hydrolyse.

11 1. Benzoëzuur en zuurstof reageren met koper(I)benzooat tot koper(II)benzooat en water;
 2. Het koper(II)benzooat valt uiteen in ester, koolstofdioxide en koper(I)benzooat;
 3. De ester reageert met water tot fenol en benzoëzuur.

12



13a



- 14 Met behulp van de koperkatalysator reageert moleculaire zuurstof met het benzoëzuur-molecule. De -COOH groep wordt daarbij omgezet in een -OH groep en CO_2 komt vrij.

Opmerking

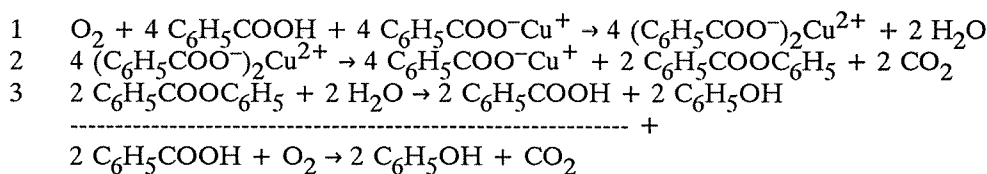
Bij vraag 13b moet de netto-reactie van het proces worden opgesteld uitgaande van het schema dat bij vraag a is getekend.

Bij reacties die uit twee of meer stappen bestaan is het gebruikelijk om de verschillende stappen op te tellen om het totale resultaat te vinden.

Wie het antwoord op vraag 13b wil laten halen uit zo'n 'kloppende boekhouding' van de verschillende reactiestappen kan op deze plaats natuurlijk ook vragen naar het

- opschrijven van de reactievergelijkingen van alle deelreacties;
- kloppend maken van de coëfficiënten;
- wegstrepen van de 'dubbel' genoteerde stoffen (óók een deel van het benzoëzuur!);
- optellen van het geheel.

Het resultaat:



Ammoniakwasser

Antwoorden

- 1 Ammoniak is net als water polair. Bij oplossen verbreekt ammoniak de H-bruggen tussen de watermoleculen en vormt zelf nieuwe H-bruggen met de watermoleculen.
- 2 Door de tank met het warme 'ammoniakwater' lopen buizen met daarin kouder water. Het warmere water staat nu warmte af aan het koudere water waardoor de temperatuur van het warmere water daalt.
- 3a Bij een hogere temperatuur lost er minder ammoniak in het water op.
- 3b Dan zou een deel van de ammoniak ontsnappen (of je zou veel meer water moeten gebruiken).
- 4 $2 \text{NH}_3 + 2 \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow 2 \text{NH}_4^+ + \text{SO}_4^{2-}$
- 5 Bij verdund zwavelzuur zou je een veel grotere opslagtank nodig hebben; van geconcentreerd zwavelzuur heb je veel minder nodig omdat het meer zwavelzuur bevat.
- 6 $\text{pH} = 3,5 \rightarrow [\text{H}^+] = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol.l}^{-1}$
- 7a In 600 liter water met $\text{pH} = 3,5$ bevindt zich:
 $600 \cdot 3,2 \cdot 10^{-4} = 1,9 \cdot 10^{-1} \text{ mol H}^+$, afkomstig uit
 $1,9 \cdot 10^{-1} / 2 = 9,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol zwavelzuur}$, ofwel
 $9,5 \cdot 10^{-2} \cdot 98,08 = 9,3 \text{ gram zwavelzuur}$.
- 7b De dichtheid van 98% zwavelzuur is $1,832 \text{ kg.l}^{-1}$, ofwel $1,832 \text{ g.ml}^{-1}$. Eén ml van het geconcentreerde zuur bevat
 $0,98 \cdot 1,832 = 1,795 \text{ g zwavelzuur}$.
Dus $9,3 \text{ g zwavelzuur}$ is aanwezig in $9,3 / 1,795 = 5,2 \text{ ml}$ geconcentreerd zwavelzuur.
- 8 Dan krijg je een groter aanrakingsoppervlak waardoor de ammoniak *sneller* en *vollediger* oplost.
- 9 IJzer zal met het zuur reageren zodat je na verloop van tijd geen lichaampje meer overhoudt.
- 10 Tweemaal zoveel water, dus 2 x zoveel als bij 7b., ofwel $2 \cdot 5,2 = 10,4 \text{ ml}$.
- 11 Er zal (veel) ammoniak met zwavelzuur hebben gereageerd, zodat de in totaal gebruikte hoeveelheid zwavelzuur (veel) groter is. Hoeveel groter is afhankelijk van de hoeveelheid ammoniak die in de uitzweetlucht voorkwam.

MCT's en LCT's

Antwoorden

- 1 Afbraak tot de uitgangsstoffen door reactie met water.
- 2 Glycerol en vetzuren.
- 3 Door destillatie: de kleinere vetzuren hebben een lager kookpunt zodat deze eerder verdampen en als destillaat opgevangen kunnen worden. Door kristallisatie.
- 4 Fysisch: een olie is vloeibaar en een vet is vast bij kamertemperatuur.
Chemisch: een olie is onverzadigd, een vet is verzadigd.
- 5 MCT's zijn al verzadigd.
- 6 Polymerisatie vindt plaats als in de vetzuurresten $\text{C}=\text{C}$ bindingen voorkomen, dus als je onverzadigde vetzuurresten hebt.
- 7 De viscositeit zal toenemen want de molecuulgrootte neemt door polymerisatie tijdens de verhitting toe met als gevolg een toegenomen stropigheid/viscositeit na afkoelen.
- 8 Water: 1,00 cp; melk: 2,1 cp; olijfolie: 84 cp.
De poise is de eenheid voor viscositeit in het c.g.s.-stelsel.

Binas tabel 6:

$$\begin{aligned}1 \text{ poise} &= 10^{-1} \text{ kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1} \\&= 10^{-1} \text{ kg.m.s}^{-2}.\text{m}^{-2}.\text{s} \\&= 10^{-1} \text{ Pa.s} \\1 \text{ cp} &= 10^{-3} \text{ Pa.s}\end{aligned}$$

- 9 De viscositeit van MCT's ligt tussen die van melk en olijfolie in.
- 10 MCT's worden *niet* opgeslagen in het vetweefsel, LCT's juist wel.
- 11 Je krijgt bij gebruik van MCT's geen toename van het vetweefsel. Populair gezegd: je wordt er niet dik van.
- 12 Per mol MCT is er verhoudingsgewijs méér zuurstof aanwezig dan bij LCT. Je zou dus kunnen zeggen dat MCT's al iets méér verbrand zijn dan LCT's en er dus minder energie vrijkomt bij de rest van de verbranding.
- 13 De koolhydraten zijn al veel verder verbrand (ze bevatten al veel zuurstof per mol) dan vetten, dus komt er veel minder energie vrij bij de rest van de verbranding.
- 14 $8,3 \text{ cal} = 35 \text{ J} \rightarrow 1 \text{ cal} = 35/8,3 = 4,2 \text{ J}$.

Vuurvast zout

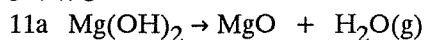
Antwoorden

- 1 MgCl_2 .
- 2 Productie van magnesium-metaal.
- 3 In Binas tabel 48 vind je onder andere
 - $2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2$ (0,00 V)
 - $\text{Ni}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ni}$ (- 0,25 V)
 - $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$ (- 0,83 V)
 - $\text{Al}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}$ (- 1,67 V)
 - $\text{Mg}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Mg}$ (- 2,34 V)De metalen met een potentiaal lager dan die van water (dus beneden - 0,83 V) kun je niet meer in een waterige oplossing reduceren.
- 4 Je moet stroomgeleiding hebben, dus je hebt vrij bewegende geladen deeltjes nodig. In de vaste toestand zijn de deeltjes wel geladen maar aan hun plaats gebonden.
- 5 Halfreactie: $\text{Mg}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Mg}$
Het magnesiumion neemt elektronen op, dus aan de negatieve elektrode.
- 6 * Je hebt een hoge temperatuur nodig, want je moet het zout smelten (MgCl_2 smelt bij 987 K).
* Voor de reductie is veel elektrische stroom nodig.
- 7a Pekel is hier: de magnesiumchloride-oplossing.
- 7b Dit is de enige manier om het zout gemakkelijk omhoog te krijgen: ondergronds oplossen en dan omhoog pompen.
- 8 Dolomiet bevat carbonaationen. In een evenwicht met water geven deze waterstofcarbonaat-ionen en hydroxide-ionen:
 $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$.
- 9 Magnesiumhydroxide is een base die een teveel aan zuur in de maag kan neutraliseren: $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{Mg}^{2+}$
- 10 De hoeveelheid magnesiumhydroxide die voor het produceren van maagtabletten wordt gebruikt is maar gering.

5 HAVO

- 11a $\text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{MgO} + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
- b Magnesiumhydroxide kun je lezen als een hydraat, dus bij deze reactie haal je het kristalwater eruit en dat kost energie.

5 VWO



11b De (standaard)enthalpieverandering bedraagt:

$$(-602 - 242) - (-925) = +81 \text{ kJ.mol}^{-1}.$$

Deze reactie is behoorlijk endotherm.

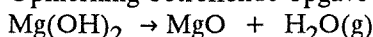
12a 'Ongeblust': nog niet met water gereageerd; 'geblust': met water gereageerd.

12b Bij kalk: ongebluste kalk = CaO, calciumoxide; gebluste kalk = Ca(OH)_2 , calciumhydroxide.

Achtergrondinformatie

Dolomiet, genoemd naar de Franse ingenieur en mineraloog D. Dolomieu (1750-1801), is een belangrijk mineraal. De chemische samenstelling is $\text{Ca(Mg,Fe,Mn)(CO}_3)_2$. Het 'gewone' dolomiet is magnesiumdolomiet. IJzerdolomiet heet ankeriet, mangaandolomiet heet kutnahoriet.

Opmerking betreffende opgave 11/antwoord 11:



Er staat voor water een toestand bij om de juiste enthalpie te kiezen.

Als we volgens thermodynamische berekeningen te werk gaan, zou deze reactie verlopen als totale entropie > 0 is.

$$S_{\text{MgO}} = 27 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}; S_{\text{Mg(OH)}_2} = 63 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}.$$

Invullen in de formule levert op dat de reactie verloopt als $T > 530 \text{ K}$.

$$\text{Formule: } \Delta S_{\text{tot}} = \Delta S_{\text{syst}} - \Delta H_{\text{syst}} / T$$

Kapotte handen

Antwoorden

Een heel ander soort opgave dan normaal.

Er is aan deze opdracht een prijsvraag verbonden: de leerling die het 'beste' verhaal schrijft, zal hiervoor een prijs ontvangen.

Een deskundige jury zal de inzendingen beoordelen. De verhalen moeten opgestuurd worden naar: Miek Scheffers-Sap, de Moeshof 9, 5258 ER Berlicum. Vermeld bij inzending schooltype en klas.

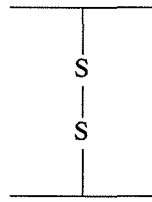
De uiterste inzendtermijn is: 1 september 1992.

De leerling zal bij het schrijven de nodige achtergrondinformatie nodig hebben. In het kort zal het hieronder weergegeven worden. U kunt dit zelf natuurlijk nog uitbreiden.

Haar is opgebouwd uit eiwitten die op hun beurt weer opgebouwd zijn uit aminozuren (Binas tabel 67c). In eiwitten zijn de zijgroepen vaak verantwoordelijk voor de verschillende bindingen zoals H-bruggenbinding (zie boek klas 4).

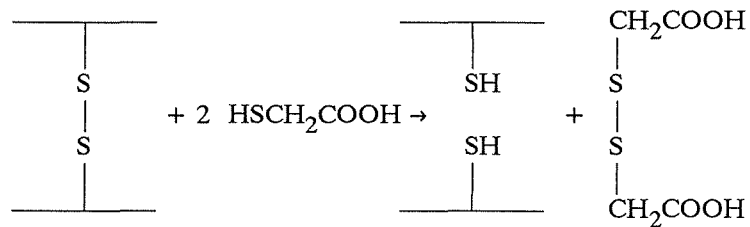
Er wordt ook over zwavelbruggen gesproken. Deze binding kan alleen optreden als de zijgroep een SH-groep bevat, dus bij het aminozuur cysteïne.

Een zwavelbrug ziet er als volgt uit:

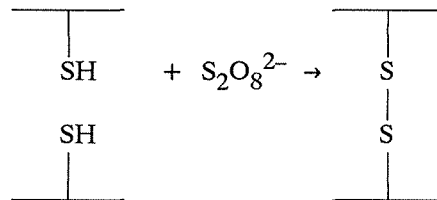


Bij het permanenten worden eerst de aanwezige zwavelbruggen verbroken, dit wordt gedaan met thioglycolzuur, HSCH_2COOH , waarna ze later weer gevormd worden met behulp van ammoniumpersulfaat, $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$, of waterstofperoxyde. Via een reductie-reactie wordt dus eerst de zwavelbrug verbroken waarna via een oxidatie-reactie de zwavelbrug weer gevormd wordt.

Reductie-reactie:



Oxidatie-reactie:



Zie ook: examenopgave Havo, eerste tijdvak 1986.

Literatuur

The Science of Hair Care, Marcel Dekker, 1986.

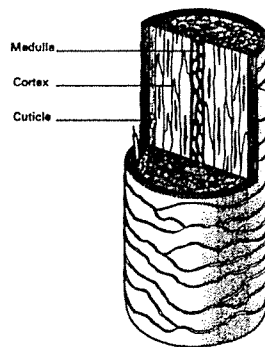
Achtergrondmateriaal

Informatie verstrekt door Lida Schoen:

Er worden veel produkten verkocht, die haar mooi moeten maken: shampoos, conditioners, spoelingen (blondeer)verven, permanenten, verstevigers en haarlakken. Zij moeten het haar wassen, zacht en handelbaar op laten drogen, de gewenste stijl en kleur aanbrengen en het vooral langdurig zo laten. Om te begrijpen hoe ze allemaal werken eerst iets over het haar zelf.

Op een gemiddeld hoofd groeien ongeveer 100.000 haren.

Het haar groeit helemaal onder in het haarzakje (ongeveer 3 mm onder de hoofdhuid) en bestaat voornamelijk uit keratine, net als de hoofdhuid.



Het haar bestaat uit drie lagen, van binnen naar buiten: medulla, cortex en cuticula. De cellen van de medulla zitten niet tegen elkaar, waardoor hij veel lucht bevat en zacht en sponzig is. De cellen van de cortex zijn spoelvormig, evenals die van de cuti-

cula. Deze laatste zijn tegen elkaar gedruwd door de druk uitgeoefend door de wanden van het haarzakje.

De haarkleur wordt bepaald door de hoeveelheid geproduceerde melanine in het haarzakje. Melanine wordt geproduceerd uit het aminozuur tyrosine onder invloed van het enzym tyrosinase. Melanine bevindt zich in de cortex. De karakteristieke rode haarkleur wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van ijzercomplexen: trichosiderinen. Grijs haar is eigenlijk kleurloos. Eén voor één houden de haarzakjes op met de melanineproductie door verminderde activiteit van de tyrosinase. De verschillende stadia bij grijs worden, worden dus veroorzaakt door steeds meer haren zonder pigment.

Omdat het haarzakje een bepaalde hoek maakt met de huid, valt haar altijd dezelfde kant op. De vorm van het haarzakje bepaalt of haar uiteindelijk krullend of steil is.

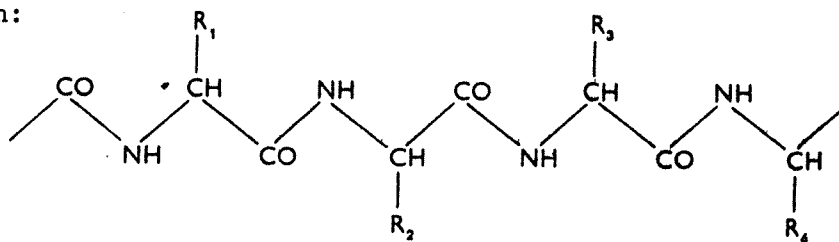
Wanneer het haar in contact komt met basische vloeistoffen openen de cuticularingen zich. Het oppervlak van het haar wordt daardoor ruwer, het zal het opvallend licht verstrooien en er doods uitzien. Contact met verdunde zuren zal de cuticula doen sluiten, het haar gaat glanzen.

Zoals al gezegd bestaat het haar uit keratine. Keratine is een onoplosbaar eiwit. Dit eiwit is opgebouwd uit 18 aminozuren. In de zijketens bevinden zich meer zure dan basische groepen, zodat haar negatief geladen is. Dit verklaart waarom als hairconditioners altijd positief geladen ionen gebruikt worden.

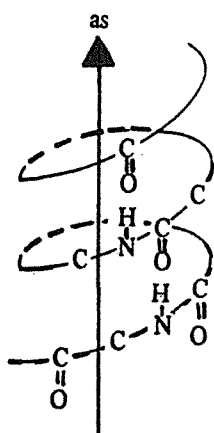
In de cortex bevindt de eiwitketen zich in de α -helix-structuur.

Op deze manier kunnen een zo groot mogelijk aantal cross-links gerealiseerd worden. Deze regelmatige opbouw maakt een kristallijne structuur mogelijk.

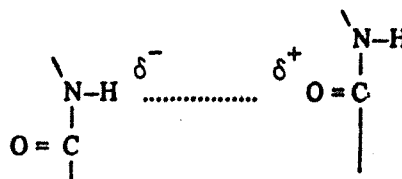
Eiwitketen:



$R_1, R_2, \dots$ = zijketen, welke chemisch reactief of indifferent is.



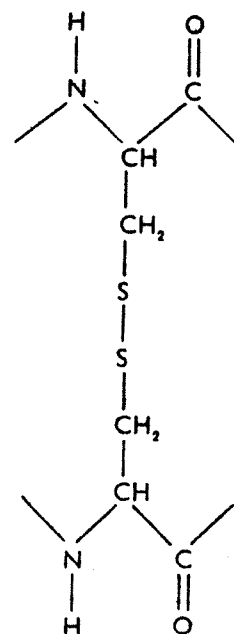
De α -helix wordt voornamelijk in stand gehouden door waterstofbruggen tussen de peptide bindingen. Ze zijn niet erg sterk maar het zijn er veel.



Zwavel of cystinebruggen treden op tussen twee naast elkaar liggende helixen. Het aminozuur cysteïne (tabel 67C), dat 10% uitmaakt van keratine (haar bevat 4% zwavel) vormt een chemische binding met een tegenoverliggende cysteïne-groep.

Een kleine rol spelen nog de ion-ion-bindingen tussen zijgroepen van andere aminozuren.

Zowel waterstofbruggen als de ion-ion-bindingen verdwijnen als het haar nat wordt. Dat verklaart waarom nat haar andere eigenschappen (elasticiteit, sterkte) heeft als droog haar. De S-bruggen kunnen natuurlijk alleen met chemikaliën verbroken worden.



BINDING	STERKTE	VERBROKEN DOOR
VanderWaalskrachten krachten tussen naast elkaar liggende keratine-moleculen	erg zwak	uitrekken strekken
Waterstofbruggen electrostatische aantrekking tussen naast elkaar liggende waterstof- en zuurstofatomen	zwak	water vocht
Ion-ion binding electrostatische aantrekking tussen ionen in zijgroepen van de keratine-moleculen	tamelijk sterk	vocht zuur base
Zwavelbruggen chemische bindingen tussen zwavelatomen in naast elkaar liggende keratine-moleculen	sterk	permanent- vloeistof kokend water
Peptidebindingen chemische binding in de keratine-moleculen	zeer sterk	sterke base sterk zuur

In het haarzakje vindt de eiwitsynthese plaats. Als het haar het haarzakje verlaat is het dood. Daarom heeft het net als bij de huid ook weer weinig zin over externe voeding van het haar te spreken. Het enige dat gevoed moet worden is het haarzakje. De voeding van dit haarzakje gebeurt door het bloed. Iemand die gezond is en zich normaal voedt, zal voldoende voedingsstoffen voor de aanmaak van het haar ter beschikking hebben. De hoofdhuid zal dan ook voldoende doorbloed worden om de voedingsstoffen bij het haarzakje af te leveren. In enkele gevallen kan het zin hebben de hoofdhuid te masseren om de doorbloeding te bevorderen.

Een haar groeit ongeveer 1,25 cm per maand, maar gaat daar niet eeuwig mee door. Er is een periode van groei, die varieert van 18 maanden tot 6 jaar. Daarna volgt een periode van degeneratie, waarbij het haar uit het haarzakje verdreven wordt. Daarna treedt een rustperiode in. De lengte van deze haargroeicyclus is aangeboren en vrijwel onveranderlijk. De verhouding van actieve haarzakjes en haarzakjes in ruste is op verschillende plaatsen van het lichaam anders. Deze groeicyclus zorgt ook voor een normale haaruitval van 40-60 hoofdharen per dag. Afhankelijk van het aantal actieve haarzakjes heeft een (volwassen) mens aanzienlijke beharing op hoofd, ledematen, onder de oksels, rond de geslachtsorganen en in de neus.

De lengte van de cyclus heeft natuurlijk ook iets te maken met

de gemiddelde legte op een bepaalde plaats van het lichaam: niemand heeft wimpers of wenkbrauwen van 30 cm!

Dikte van het haar (0,025-0,1mm) en dichtheid van de inplanting variëren per individu. Bij het ouder worden, worden de haren dunner en vermindert de dichtheid.

De snelste haargroei ligt meestal tussen 15-30 jaar. Een sterke vermindering treedt op tussen 50-60 jaar. De groeisnelheid wordt in tegenstelling tot wat veel mensen denken, niet beïnvloed door knippen van het haar. Het haar is dood en kan geen signalen afgeven aan het haarzakje.

DEKORATIE VAN HET HAAR

Als het haar eenmaal schoon is, kun je het gaan

- bleken, verven
- met lak bespuiten
- permanenten
- verwijderen

Blonderen

Haar bleken gebeurt meestal met zuurstof die ter plaatse vrij gemaakt wordt uit $H_2O_2(aq)$ met behulp van een katalisator als NH_4OH of $(NH_4)_2CO_3$. De oplossing wordt meestal gestabiliseerd met een beetje fosfor- of salicylzuur.

Ammonia dient zowel als katalisator en tegelijkertijd om de pH op 9 à 10 te brengen, zodat de cuticula zich opent en de zuurstof goed tot de cortex door kan dringen. Omdat deze basische oplossing agressief is voor huid en kleren, wordt er vaak een pasta gemaakt met behulp van magnesiumcarbonaat, waardoor de pH ongeveer 8,5 wordt. In deze pasta's wordt ook nog weer kalium- of ammoniumpersulfaat toegevoegd.

Blondeershampoo kan bestaan uit peroxide met een quaternaire ammoniumverbinding, die zowel als shampoo als als conditioner kan dienen.

Haarverf

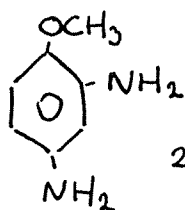
Haarverven kun je op verschillende manieren doen: met een kleurspoeling die bij de volgende wasbeurt weer verwijderd wordt of met haarverf, die het haar permanent kleurt.

De oudste haarverven zijn henna (rood-bruin) en apigenin (goudgeel). Henna wordt bereid uit het blad van de egyptische Lawsonia. Dit bevat de oranje verfstof lawson (2-hydroxy-1,4-naftaquinon), die bestaat uit kleine molekulen, die na enige tijd inwerken door kunnen dringen in de cortex, zodat een redelijk permanente kleuring ontstaat. Apigenin wordt gewonnen uit de bloemen van de camomille plant, die als onkruid beschouwd wordt. Deze molekulen zijn veel groter, zodat alleen een oppervlakkige tijdelijke kleuring verkregen wordt.

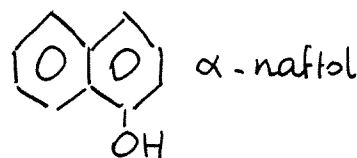
Tegenwoordig wordt meestal gewerkt met synthetisch organische verven. Daarbij worden drie typen onderscheiden: oxidatieve, nitro en zure verfstoffen.

Oxidatieve haarverven

De oxidatieve haarkleuring gebeurt altijd met twee oplossingen, die vlak voor het gebruik worden gemengd. De eerste oplossing bevat een ammoniakale oplossing van één van de z.g. "para" stoffen, zoals paratolueendiamine of paraaminofenol, een z.g. "kopelaar", b.v. metabenzeendiamine, 2,4-diaminoanisol (= 4-methoxy-1,3-benzeendiamine), resorcinol of α -naftol (= 1-hydroxynaftaleen of 1-naftol) en een "toner", b.v. nitrodiaminobenzeen.



2,4 diamino-
anisol



α -naftol

De andere oplossing bevat waterstofperoxide. Al deze stoffen zijn kleine molekulen, die makkelijk in de haarschacht doordringen en vervolgens met elkaar reageren. De primaire stoffen worden door waterstofperoxide omgezet tot iminen, die vervolgens met de kopelaars reageren tot hoogmoleculaire kleurstoffen. De toners zorgen voor de nodige gouden en mahonietinten van de gevormde kleuring. Belangrijk is ook dat de H_2O_2 de oorspronkelijke haarkleur (melanin) bleekt, dan komen de gevormde kleuren beter tot hun recht.

Permanent (cold wave)

De bewerking begint met het wassen van het haar met een basische shampoo. Niet alleen vanwege de reinigende en ontvettende werking, maar tegelijkertijd wordt door de hoge pH de schubstructuur van het haaroppervlak geopend. Door dit proces wordt de inwerking van thioglycolzuur ($\text{HS-CH}_2\text{-COOH}$) in de krulvloeistof vergemakkelijkt. Het haar wordt daarna "handdoekdroog" gemaakt. Dan volgt het in de krul zetten met knijpers en rollers. Dat "haar in de krul" wordt dan bevochtigd met krulvloeistof. Deze vloeistof bevat 5-11% thioglycolzuur en heeft een pH van 7 tot 9,5. Daardoor zwelt het haar wel tot 50% op.

Tevens vindt de chemische inwerking op de keratinemoleculen plaats. De zwavelbruggen worden door het thioglycolzuur verbroken, waarbij dan losse SH-bindingen vrij komen. Zodoende raken de keratineketens los van elkaar. Afhankelijk van de grofheid van het haar, van de Ph van de krulvloeistof en van de voorafgaande shampoo-inwerking, duurt de inwerking van de krulvloeistof 10 tot 20 minuten. Niet te kort, daar anders de S-S bruggen niet voldoende worden verbroken, maar ook niet te lang, daar anders de thioglycolzuur het haar afbreekt.

De volgende bewerking is het zogenaamde 'fixeren' met een tweede zure vloeistof die waterstofperoxyde, bromaat, persulfaat, perboraat of ureumperoxyde bevat. Het zuur stopt de werking van het thioglycolzuur en de oxidator herstelt de S-S bruggen weer, echter op die plaatsen die overeenkomen met de krultoeestand, waarin het haar zich bevindt. Zo ontstaat een permanente krul. Het inwerken van de fixeervloeistof mag niet te kort zijn, omdat het herstel van de S-S bruggen dan nog niet optimaal is. De tijd mag ook niet te lang zijn, want dan zou de oxidator het haar kunnen blonderen.

Glycerolmonothioglycolaat: $\text{HSCH}_2\text{-COO-CH}_2\text{-CHOH-CH}_2\text{OH}$.

Het fixeren wordt in de kapperswereld "neutraliseren" genoemd. Chemisch gezien is dit een foute benaming.

- 17 De vorming van $C_{60}F_6$ is een exotherm proces. Dit betekent dat de gevormde verbinding stabiel is dan de uitgangsubstanten. De genoemde stabiliteit heeft echter te maken met het feit dat de vervolgreactie niet vlug verloopt.
- 18 Hoge activeringsenergie.
- 19
- $$\begin{array}{cccc}
 & F & F & F & F \\
 & | & | & | & | \\
 - & C & - C & - C & - C - \\
 & | & | & | & | \\
 & F & F & F & F
 \end{array}$$
- 20 Er staat onzin. Je zou wel kunnen zeggen: 'een fullereen met teflonachtige eigenschappen' of 'een fullereen dat aan de buitenkant enigszins op een teflonmolecuul lijkt'.
- 21 Nee. Chloor is geen metaal.

Opmerking

Bestellen van de volledige krante-artikelen, die voor de opgave gebruikt zijn, is mogelijk bij de betreffende kranten.

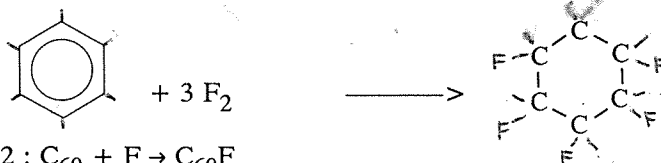
Literatuur

- * Curl R.T, Fullerenes, Scientific American, oktober 1991
- * Smalley R.E., Great balls of carbon, The Sciences, maart/april 1991
- * Koppeschaar C., De ballenjongens van de scheikunde, Kijk 4-7, februari 1992.

Buckminsterfullereen

Antwoorden

- 1 Zwavel, fosfor, tin (Binas tabel 57).
- 2 $C + O_2 \rightarrow CO_2$ of $2 C + O_2 \rightarrow 2 CO$
- 3 Extractie en indampen.
- 4 Benzeen en buckminsterfullereen zijn beide apolaire stoffen (er zijn slechts apolaire atoombindingen aanwezig). Dergelijke stoffen zijn mengbaar, de een kan oplossen in de ander. Tussen de moleculen van het vaste buckminsterfullereen zijn slechts zwakke vanderWaalskrachten werkzaam. Als benzeen en buckminsterfullereen mengen komen er soortgelijke krachten voor in de plaats. Diamant heeft een ruimtelijke structuur met zeer sterke atoombindingen in alle richtingen. Een wisselwerking tussen benzeen en diamant kan deze sterke atoombindingen niet verbreken.
- 5 Minder hard want er is géén ruimtelijk netwerk met sterke bindingen (zoals diamant) in alle richtingen.
Er zijn meer veerkrachtige eigenschappen. Het molecuul kan enigszins vervormd worden waardoor het geen starre ruimtelijke structuur oplevert.
- 6 - Minder goede smeereigenschappen want er is géén lagenstructuur met zwakke bindingen tussen de lagen (zoals bij grafiet).
- Tussen de C_{60} -moleculen zijn slechts zwakke bindingen aanwezig. Dus de moleculen zullen vrij gemakkelijk langs elkaar heen kunnen bewegen. Op basis hiervan wel smerende eigenschappen.
- 7a Oneindig veel p-elektronen verspreid over vlakken.
- 7b Elektrische geleiding (grafietelektrodes, koolborstels).
- 8a De elektronen in de zestig p-orbitalen zijn verspreid over het hele molecuul. Zoals je de zes elektronen in benzeen voorstelt door een cirkeltje, zou je bij C_{60} een bolschil moeten tekenen. Men kan verschillende grensstructuren tekenen. Bij buckminsterfullereen is er sprake van mesomerie.
- 8b Nee, want de verplaatsingsmogelijkheid van de elektronen is beperkt tot één molecuul. (Benzeen is geen geleider)
- 9 C_{60}^{3-}
- 10 In C_{60} worden de gedelokaliseerde elektronen allemaal in de afzonderlijke moleculen vastgehouden. In C_{60}^{3-} is er een overschot aan elektronen, die kunnen van het ene naar het andere deeltje worden doorgegeven.
- 11 $C_{60} + 3 F_2 \rightarrow C_{60}F_6$
 $C_{60}F_6 + 18 F_2 \rightarrow C_{60}F_{42}$
 $C_{60}F_{42} + 9 F_2 \rightarrow C_{60}F_{60}$
- 12 Er treedt een additiereactie op, dat kan alleen bij onverzadigde moleculen.
- 13



- 14 Stap 2 : $C_{60} + F \rightarrow C_{60}F$
Stap 3 : $C_{60}F + 3 F_2 \rightarrow C_{60}F_6 + F$
- 15 In het artikel is sprake van 5 *moleculen* in plaats van 5 *atomen* die aan de koolstofatomen gebonden worden zodat de eerste koolstofzesring is verzadigd.
- 16 Je moet verbreken:

6 C—C	6. + 5,05.10 ⁵ J
3 F—F	3. + 1,53.10 ⁵ J

 Er vormen zich:

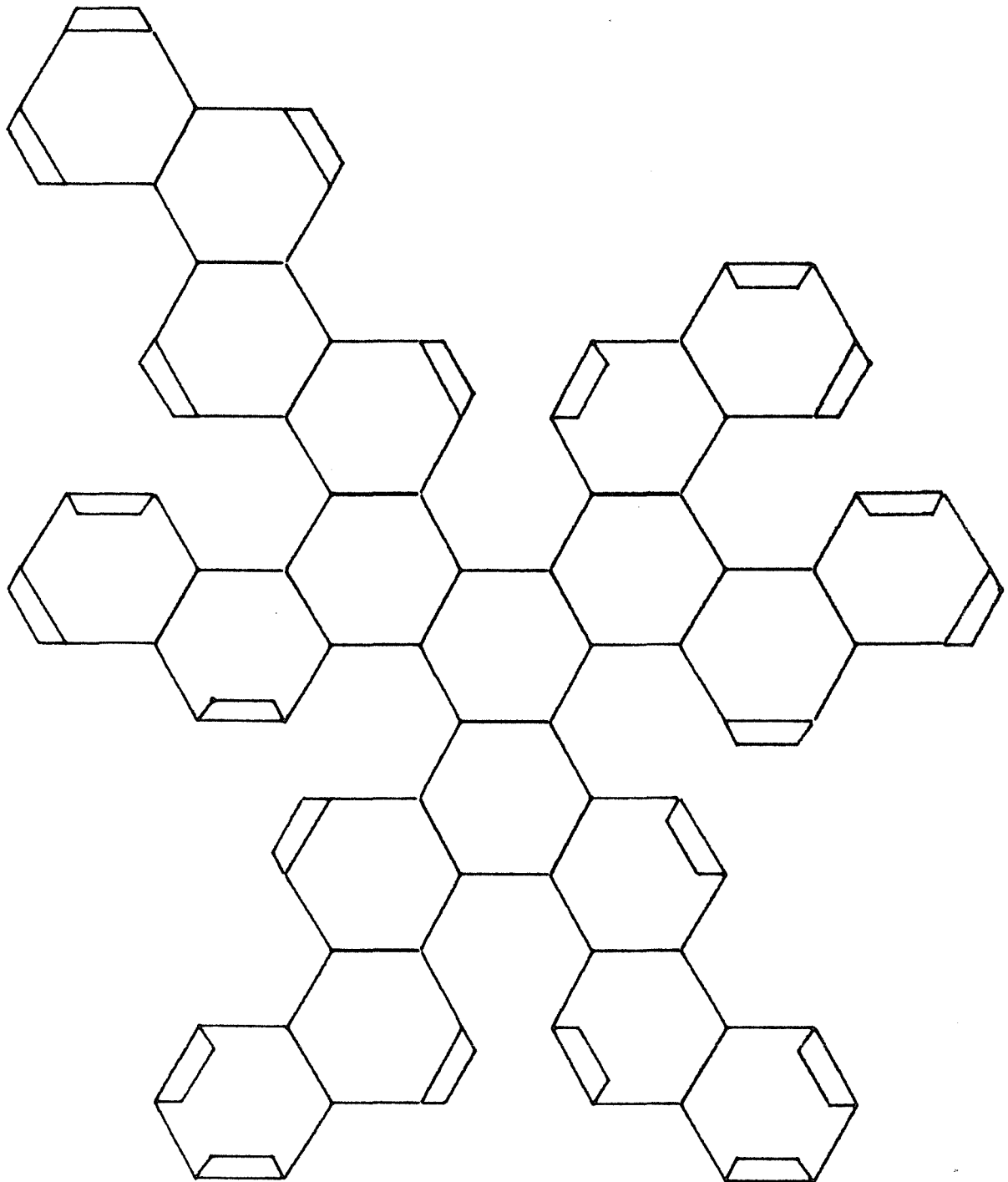
6 C—C	6. - 3,50.10 ⁵ J
6 C—F	6. - 4,4 .10 ⁵ J

totaal	- 12,5 .10 ⁵ J
--------	---------------------------

Extra materiaal

Een bouwplaat van buckminsterfullereen

Mens en Wetenschap, jrg 19, nummer 1, 1992



Stikstofoxiden

Antwoorden

- 1 Stikstof uit de lucht reageert bij de hoge vlamtemperatuur met de zuurstof uit de lucht.
- 2 Stikstofmonoxide, NO, en stikstofdioxide, NO₂.
- 3 $0,95 \cdot 150 = 142,5 \text{ mg NO}$; ofwel $142,5 / 30 = 4,75 \text{ mmol NO}$
 $0,05 \cdot 150 = 7,5 \text{ mg NO}_2$; ofwel $7,5 / 46 = 0,16 \text{ mmol NO}_2$.
In totaal: 4,91 mmol gas; ofwel $4,91 \cdot 24,0 = 118 \text{ ml gas}$.
Je hebt dus $118 \text{ ml} = 118 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ NO}_x$ per kubieke meter rookgas, dus 118 ppm.
- 4a De lucht is koud in vergelijking met de temperatuur die *tijdens* de verbranding optreedt.
- 4b Door contact met de hete rookgassen (in een warmtewisselaar).

Opmerking

De percentages voor de stikstofoxiden in rookgassen zijn niet willekeurig gekozen maar ontleend aan artikelen uit Shell Venster. In het nummer van september/oktober 1990 staat op bladzijde 17 in een artikel over reductie uitstoot stikstofoxiden: '...in het rookgas (de stikstofoxiden daarin bestaan voor 95 % uit NO en voor 5 % uit NO₂).' Dezelfde getallen worden ook nog een keer genoemd in Shell Venster januari/februari 1992 (bladzijde 13).

IJzerhydride

Antwoorden

- 1 $\text{Fe} + \text{H}_2 \rightarrow \text{FeH}_2$
- 2 IJzer(II)hydride; ijzer heeft als ion namelijk twee ladingen, 2+ en 3+, dus dan moet je de lading aangeven met een romeins cijfer.
- 3 IJzer(II) is 2+ geladen, dus 2 hydride-ionen zijn samen 2- geladen, dus elk hydride-ion is 1- geladen: H⁻.
- 4a FeH₃
- 4b IJzer(III)hydride
- 5 Ionrooster: het is opgebouwd uit ionen.
- 6 * De waterstofionen (die plaatsen tussen de ijzerionen innemen) hebben een veel kleinere massa dan de ijzerionen;
* het ijzer zwol op.
Dichtheid = massa/volume; de (gemiddelde) massa neemt af en het volume neemt toe, dus de dichtheid neemt af.

Waterstof en Waterstof

Antwoorden

- 1 H₂, H₂⁺, H₃⁺, H
- 2 H₂ : 2 protonen en 2 elektronen;
H₂⁺: 2 protonen en 1 elektron;
H₃⁺: 3 protonen en 2 elektronen;
H : 1 proton en 1 elektron.
- 3 In een waterstofmolecule wordt een elektron door beide kernen aangetrokken. In een waterstofatoom slechts door één kern. Het elektron kan van die ene kern makkelijker worden losgemaakt.

Brandvertraging

Antwoorden

- 1 Al_2O_3 , $\text{Al}(\text{OH})_3$ en $\text{Mg}(\text{OH})_2$
- 2a Een hydraat is een stof die in zijn kristalrooster water heeft ingebouwd als kristalwater.
- 2b $\text{Mg}(\text{OH})_2 \equiv \text{MgO} \cdot \text{H}_2\text{O}$ en $2 \text{Al}(\text{OH})_3 \equiv \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
- 3 * Er zal energie verbruikt worden om de stoffen watervrij te maken, dus de temperatuur zal dalen;
* De stoffen zijn *zelf* onbrandbaar, dat wil zeggen reageren niet met zuurstof.

Literatuur

In het NVON-blad heeft een artikel gestaan over 'brand en brandvertragers':
NVON maandblad 15e jaargang nr 2 febr 1990, p 58-59.

MAP-machine

Antwoorden

- 1 Er worden daar zoveel dieren gehouden dat er veel meer mest ontstaat dan nodig is voor de bodembemesting (akkergrond en graslanden).
- 2a Via bezinking, filtratie of centrifugeren.
- 2b Bezinking berust op verschil in dichtheid; filtratie op verschil in deeltjesgrootte.
- 3 $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3 \text{NH}_3 \rightarrow 3 \text{NH}_4^+ + \text{PO}_4^{3-}$
- 4 Op verschil in dichtheid tussen de vloeistof en MAP.
- 5 MgNH_4PO_4 of $\text{Mg}_3(\text{NH}_4)_6(\text{PO}_4)_4$
- 6 MAP is een mengzout van ammoniumfosfaat en magnesiumfosfaat.

Alcoholvrij?

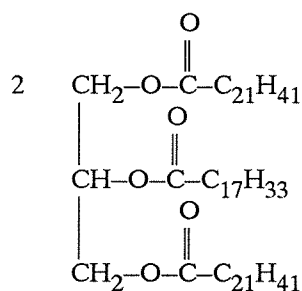
Antwoorden

- 1 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
- 2 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 2 \text{CO}_2$
- 3 Met behulp van kalkwater.
- 4 Ja, want er zit zo weinig alcohol in dat je die hoeveelheid kunt verwaarlozen (men spreekt immers ook niet van fruit met en zonder alcohol).
Nee, want (net als in fruit) zit er nu eenmaal een geringe hoeveelheid alcohol in.
- 5 Ja, want 0,04 kan worden afgerond tot 0,0.

Jojoba-olie

Antwoorden

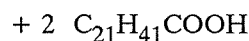
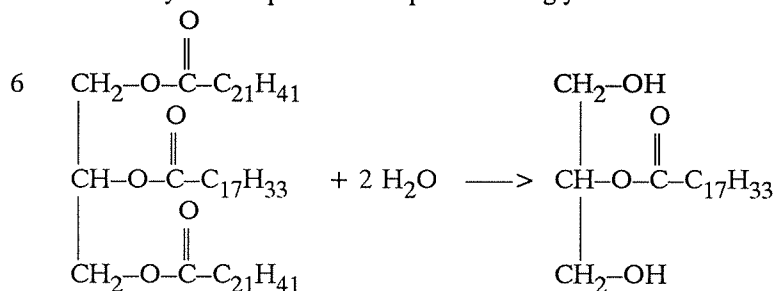
- 1 $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_{11}-\text{COOH}$



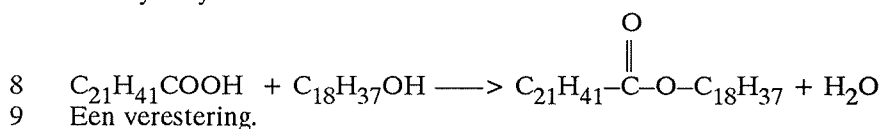
3 Glycerol-1,3-di-erucaat-2-oleaat.

4 Een lipase is een vetsplitsend enzym.

5 Een enzym dat op de 1 en 3 positie van glycerol de esterbinding verbreekt.



7 Een hydrolyse-reactie.

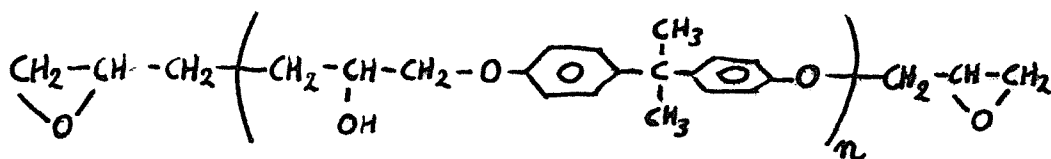


9 Een verestering.

ERRATA NUMMER 8

Pagina 18: in het krante-artikel staat (in tweede kolom twaalfde regel) 'methaan uit aardgas' dit moet zijn 'methanol uit aardgas'. In de opgave is over dit stuk geen vraag gesteld. Er kan echter, voor de oplettende lezer, wel verwarring ontstaan.

Pagina 34: in het linkerdeel van de getekende structuurformule staat een H teveel. De correcte formule:



Om de fosfaten uit het rioolwater te verwijderen voordat dit op het oppervlaktewater kan worden geloosd, heeft ingenieursbureau DHV in Amersfoort een nieuwe techniek ontwikkeld, de 'korrelreaktor'. Deze ontleent zijn naam aan de zandkorrels die in een verticale kolom zwevend worden gehouden door de stroom fosfaathoudend afvalwater.

Onderaan de kolom wordt kalkmelk toegevoegd. De calcium-ionen reageren vervolgens met de fosfaat tot calciumfosfaat, dat slecht oplosbaar is.

De zandkorrels fungeren als kernen waarop de calciumfosfaat zich vastzet. Naarmate het proces vordert, groeien de zandkorrels uit tot calcium-fosfaatbolletjes. Deze worden aan de onderzijde van de kolom regelmatig afgetapt, terwijl nieuwe zandkorrels worden toegevoegd.

Essentieel voor het goed functioneren van het proces is dat het rioolwater op de juiste zuurgraad wordt gebracht. In dat geval is het mogelijk het water te zuiveren tot 0,5 milligram fosfaat per liter. Bij de rioolwaterzuiveringsinstallatie in het Drentse Westerbork draait inmiddels een groot-schalige proefinstallatie; twee andere zijn in voorbereiding.

De korrelreaktor, 'Crystalactor' genaamd, is ook te gebruiken voor het ontharden van drink- en proceswater en voor het verwijderen van zware metalen uit industrieel afvalwater, zoals zink, mangaan, nikkel en telluur. De metaalzouten, meestal carbonaten, zetten zich ook in dit geval af op de zandkorrels. De metalen kunnen worden teruggewonnen.

Andere metalen waarvoor het proces zich leent zijn onder andere zilver, lood, kobalt, koper, cadmium, kwik en chroom. Wel dient voor ieder type afval eerst apart onderzoek te worden gedaan naar de optimale procesomstandigheden.