

Chemie

IN DIT NUMMER:

- * KUNSTMATIGE DIAMANT
- * HOE WERKT EEN BATTERIJ?
- * ZELFPELENDE BANANEN
- * NORIT VOOR MENS EN MILIEU
- * PLOFSTOF
- * ELECTRORECLAMATIE
- * ROOKGASREINIGING
- * KOOL EN OLIE UIT AUTOBANDEN
- * NEDERLAND UNIEK IN VERZURING I
- * NEDERLAND UNIEK IN VERZURING II
- * DAMWANDEN ONDER STROOM
- * DODELIJKE GASWOLK
- * OLYMPISCH DAK
- * BLADGROENTE
- * MEMBRAAN ALS KATALYSATOR
- * AFGEDANKT SPEELGOED

NUMMER 6

MEI 1991

DE
K
E
M
I
E

Chemie

groen

IN DIT NUMMER:

- * KUNSTMATIGE DIAMANT
- * HOE WERKT EEN BATTERIJ?
- * ZELFPELENDE BANANEN
- * NORIT VOOR MENS EN MILIEU
- * PLOFSTOF
- * ELECTRORECLAMATIE
- * ROOKGASREINIGING
- * KOOL EN OLIE UIT AUTOBANDEN
- * NEDERLAND UNIEK IN VERZURING I
- * NEDERLAND UNIEK IN VERZURING II
- * DAMWANDEN ONDER STROOM
- * DODELIJKE GASWOLK
- * OLYMPISCH DAK
- * BLADGROENTE
- * MEMBRAAN ALS KATALYSATOR
- * AFGEDANKT SPEELGOED

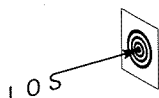
aktueel

NUMMER 6

MEI 1991

HOOFDREDACTEUR: Miek Scheffers-Sap
 REDACTEUREN: Godfried Ossenkoppele
 Leo Zelissen
 CORRESPONDENTEN: Ton van Berkel
 Hans Bouma e.a.
 Geeske van Hoeve-Brouwer
 Luit van der Kamp
 Niek van Noort
 Willemien Stelwagen
 Berni Vervoordeldonk

UITGAVE in samenwerking met:



leermiddelenontwikkeling
 scheikunde:
 Margriet van Helvoort
 Ab Ypma

ADMINISTRATIE: KPC, Informatiedienst
 Postbus 482
 5201 AL 's Hertogenbosch

DRUK: Ons Middelbaar Onderwijs
 Tilburg

CORRESPONDENTIE: Miek Scheffers-Sap
 de Moeshof 9
 5258 ER Berlicum

U kunt zich abonneren voor 1991-1992 bij het KPC, Informatiedienst, postbus 482, 5201 AL 's Hertogenbosch (bestelnr 2.440).
 Abonnees krijgen een factuur toegestuurd.
 Een jaarabonnement (3 nrs 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.

Jaargang 1990-1991 (nrs 4, 5 en 6) kan besteld worden bij het KPC, Informatiedienst, zolang de voorraad strekt.

nummer	sluitingsdatum voor toezenden artikelen en opgaven
7	1 juni 1991
8	1 oktober 1991
9	1 februari 1992

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)

Met ingang van half januari 1991 is er een wisseling geweest bij de redactie. Jos Bierman is op de school waar hij werkt corrector geworden en was daarom genoodzaakt zijn redacteurswerk te stoppen. Wij zullen Jos binnenkort nog op gepaste wijze bedanken voor zijn hulp bij het opstarten van Chemie Aktueel. Zijn opvolger is Godfried Ossenkoppele. Godfried is werkzaam bij de SOL in Utrecht.

Op dit moment zijn er 570 abonnees.

Blijkbaar was de afgelopen maanden zure neerslag een topic in de krant. Met betrekking tot dit onderwerp kreeg de redactie zes opdrachten binnen. Gezien het feit dat we proberen een gevarieerd aanbod samen te stellen hebben we er nu twee opgenomen.

Een van deze opdrachten is zelfs een lesvullende opdracht (proefwerk, inclusief voorstel normering), waarbij de leerlingen het kranteartikel van te voren thuis al gelezen hebben.

Een opgave zoals over kunstdiamant schudt de redactie niet zomaar uit haar mouw. Dat vraagt wat literatuurstudie en navraag bij bedrijven en/of universiteiten. Aangezien dat tijd kost is het kranteartikel dan niet altijd van recente datum. Als het onderwerp niet zijn actualiteit verliest vindt de redactie dat geen groot bezwaar. In het geval van kunstdiamant is het zelfs zo dat terwijl dit nummer klaar werd gemaakt voor verwerking er nog een artikel verscheen in de Volkskrant. Dit artikel is (gedeeltelijk) afgedrukt in de docentenhandleiding samen met nog een ander dat ook de lading dekt, van oudere datum is, maar voorzien van een aardige cartoon. U kunt dan eens van artikel wisselen bij de opgave over kunstdiamant.

Verder ook weer een aantal korte opgaven en twee opdrachten met practica en/of demonstraties: 'plofstof' en 'electroreclamatie'.

Regelmatig ontvang ik van abonnees kranteartikelen, in dit nummer bijvoorbeeld 'Damwanden onder stroom', die mogelijk gebruikt kunnen worden voor een opgave. Dergelijke inzendingen zijn zeer welkom en de redactie is u zeer erkentelijk hiervoor. We bekijken de meeste landelijke dagbladen, maar wat betreft de regionale dagbladen zijn wij van u afhankelijk. We vragen u om het originele artikel te sturen en daarbij de bron en de datum te vermelden.

U mag ook opdrachten naar mij opsturen. Wilt U als correspondent werkzaam zijn? Graag! Neem dan contact op met mij. U krijgt dan een lijst met uitgangspunten en aandachtspunten waarmee de redactie werkt.

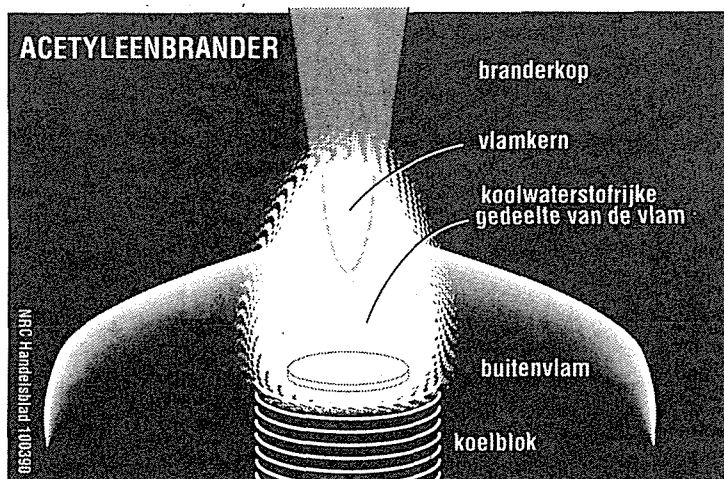
Miek Scheffers-Sap

INHOUD	PAG.
KUNSTMATIGE DIAMANT	1
Klas: 6 V	
Stof: reactiemechanisme	
Kernbegrippen: radicalen, groei diamant	
HOE WERKT EEN BATTERIJ?	4
Klas: 5 HV	
Stof: electrochemie	
Kernbegrip: zink-bruinsteen batterij	
ZELFPELLENDE BANANEN	8
Klas: 3 HV	
Stof: verbranding	
Kernbegrippen: gasvolumes, demonstratie	
NORIT VOOR MENS EN MILIEU	10
Klas: 3 HV	
Stof: scheidingsmethode	
Kernbegrippen: elementbegrip, filtreren, absorberen, berekening	
PLOFSTOF	12
Klas: 3 HV	
Stof: verbrandingen	
Kernbegrippen: explosies, demonstratie	
ELECTRORECLAMATIE	14
Klas: 5 HV	
Stof: electrochemie	
Kernbegrip: ionbeweging	
ROOKGASREINIGING	17
Klas: 3 HV	
Stof: reactievergelijkingen	
Kernbegrippen: opstellen, kloppend maken	
KOOL EN OLIE UIT AUTOBANDEN	18
Klas: 3 HV	
Stof: verbranding	
Kernbegrippen: elementbegrip, ontleding, scheiding	
NEDERLAND UNIEK IN VERZURING I	20
Klas: 5 HV	
Stof: zuur-base, milieu	

INHOUD	PAG.
NEDERLAND UNIEK IN VERZURING II	24
Klas: 5 HV	
Stof: zuur-base, milieu, mening	
DAMWANDEN ONDER STROOM	28
Klas: 5 HV	
Stof: electrochemie	
Kernbegrippen: roesten, corrosiebehandeling, kathodische bescherming	
KORT KORT KORT KORT KORT KORT KORT KORT KORT KORT KORT	
DODELIJKE GASWOLK	30
Klas: 4 HV	
Stof: chemische binding	
Kernbegrippen: dichtheid, krachten tussen deeltjes, zuur-base	
OLYMPISCHE SPELEN ONDER NEDERLANDS DAK	31
Klas: 5/6 HV	
Stof: polymeerchemie	
Kernbegrip: polycarbonaat	
BLADGROENTE	31
Klas: 5 HV	
Stof: redoxreacties	
Kernbegrip: halfreacties	
MEMBRAAN ALS KATALYSATOR	32
Klas: 4 HV	
Stof: reactiesnelheid	
Kernbegrippen: definitie katalysator, verbranding	
AFGEDANKT SPEELGOED	33
Klas: 3 HV	
Stof: elemententheorie	
Kernbegrip: zware metalen	
DOCENTENHANDLEIDING	34
ANTWOORDEN	43

Te maken op uw eigen keukentafel

Kunstmatische diamant



Door JAN LIBBENGA

De meeste mensen kennen diamant als edelsteen en beleggingsobject. Toch is zo'n tachtig procent van de wereldproductie voor industrieel gebruik. Diamant heeft een aantal gunstige eigenschappen: het is erg hard, het geleidt warmte zeker vijf maal beter dan koper en het is gladder dan teflon. Met diamant werd slijpen en boren in keramiek en hardmetaal mogelijk. Ook zijn de stenen gebruikt als kronen van boren en als trekstenen voor fijne metaaldraden.

Diamant wordt gewonnen door het op te graven uit diamanthoudende aarde of gesteente. Het wordt eerst gekloofd en daarna in de gewenste vorm geslepen. Sinds men heeft ontdekt dat diamant eigenlijk gewoon zuivere koolstof is, zijn talloze pogingen ondernomen om diamant langs kunstmatige weg te vervaardigen. De Schot Hannay zou daarin reeds in 1880 zijn geslaagd door paraffine, beenderolie en metallisch lithium te verhitten onder extreem hoge druk.

Sinds de jaren vijftig wordt synthetische diamant gemaakt uit grafiet, een van de kristallisatievormen van koolstof. Dit zachte en vette materiaal wordt opgelost in gesmolten metaal en blootgesteld aan drukken van duizenden bar en temperaturen tot 1600 graden Celsius. Helaas bevatten deze kristallen nogal wat onzuiverheden, waardoor zij als siersteen of als component in de micro-elektronica nog altijd geen toepassing hebben gevonden.

Sinds kort is het mogelijk om uit methaan en waterstof bij normale atmosferische drukken zeer dunne diamantlagen te maken die gebruikt kunnen worden als fijn slijppoeier, als koelelementen, als beschermingslagen voor magneetschijven en zelfs als halfgeleider componenten.

Deze doorbraak is te danken aan het Chemical Vapour Deposi-

tion (CVD)-procédé, waarbij deklagen op chemische wijze worden aangebracht op substraten als molybdeen, metaal, natuurlijk diamant of silicium. Een mengsel van methaan en waterstof wordt in een reactiekamer met behulp van een gloeispiraal of een bombardement van elektronen 'gekraakt' (grote moleculen worden opgebroken in kleinere) tot mengsels van mono-atomaire waterstof en koolwaterstof-radicalen. De waterstof-atomen bedekken het groeiende diamantoppervlak en voorkomen de vorming van grafiet, terwijl de radicalen zorgen voor de diamantgroei.

De methode is al in de jaren zestig in de Sovjet-Unie ontwikkeld, maar pas aan het begin van de jaren tachtig zijn de experimenten door materialenonderzoekers in Japan herhaald. Halverwege de jaren tachtig waren de vorderingen al zodanig dat de (Japanse en Amerikaanse) industrie aan toepassingen begon te denken.

Sinds eind 1988 is het zelfs mogelijk om diamantlagen te maken met een gewone lasbrander. „U kunt dat op Uw eigen keukentafel doen”, lacht prof. dr. L.J. Giling van de Universiteit Nijmegen, die samen met Drukker International BV diamantlagen maakt. De verhouding tussen het voor de lasbrander noodzakelijke acetyleen (formeel: ethyn, een gasvormige koolwaterstof) en zuurstof dient overigens zeer nauwkeurig te worden afgesteld. De vlam moet zodanig zijn dat men meer acetyleen dan zuurstof krijgt, zodat koolwaterstofradicalen ontstaan: resten van moleculaire verbindingen die als zodanig de bouwstenen van het diamant vormen.

Deze vinding betekent overigens niet dat oudere technieken meteen zullen verdwijnen. Het probleem met een acetyleenbrander is dat het productieproces minder goed beheerst kan worden. De groeisnelheden zijn ech-

ter hoger: zo'n 100 micron (1000 micron = 1 millimeter) per uur. Ook andere eigenschappen van de lagen zijn van belang als transparantie en chemische inertie (bestendigheid).

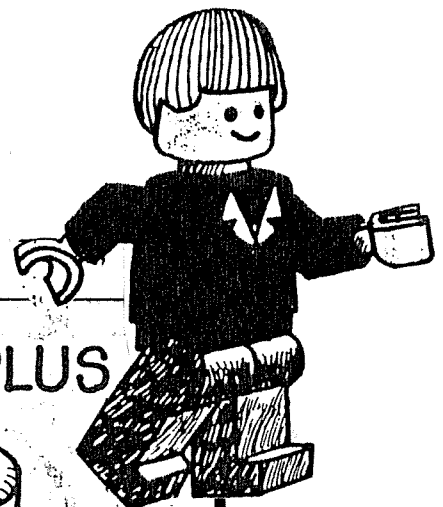
De diamantlagen hebben inmiddels al commerciële toepassingen gevonden. Het bedrijf Crystallume in Menlo Park, Californië maakt van de lagen onderdelen voor elektronenmicroscopen. Sumitomo Electric Industries verwerkt ze in luidsprekers. General Electric is een joint venture begonnen met Asahi Diamond Industries om beschermingslagen aan te brengen op kogellagers en boren. Andere bedrijven ontwikkelen warmteopnemers, machineonderdelen en coatings op lenzen.

De grootste uitdaging wordt echter de serieproductie van halfgeleider componenten voor elektronische circuits. Diamant is in bepaalde opzichten een betere halfgeleider dan silicium of galliumarsenide. Men zou transistoren kunnen maken die zeer hoge temperaturen kunnen verdragen, bijvoorbeeld voor gebruik in ovens. Op het MIT in Boston hoopt men binnen enkele maanden een dergelijke transistor te kunnen demonstren. Volgens Businessweek zien marktanalisten een wereldmarkt voor diamanten halfgeleiders van 4 tot 16 miljard dollar aan het eind van de jaren negentig.

In Europa moet de productie van diamantlagen nog op gang komen. De eerste experimenten werden uitgevoerd aan de Technische Universiteit van Wenen en de Heriot-Watt Universiteit in Edinburgh. In Nederland heeft Drukker International BV, het diamantverwerkingsbedrijf dat in 1985 's werelds kleinste diamant vervaardigde (0,000102 karaat), in het Noord-Brabantse Cuijk zowel monokristallijne als polykristallijne lagen gemaakt.

De experimenten, uitgevoerd in samenwerking met de Universiteit Nijmegen, werden mede gefinancierd door de Stichting Technische Wetenschappen. „We zijn er vergeleken met Japan vrij laat mee begonnen, maar we lopen zeker niet achter”, zegt professor Giling, die samen met dr. W.J.P. van Enckevort, ing. W. Vollenberg en drs. G. Janssen het 'diamantteam' van Drukker vormt. Drukker International is met name geïnteresseerd in de productie van warmteopnemers. Prof. Giling: „Voor bepaalde elektronische toepassingen is het van belang dat de warmte die vrijkomt zeer snel wordt afgevoerd. Diamant is een uitstekende warmtegeleider.”

De juweliersmarkt wordt volgens Drukker voorlopig niet bedreigd. Het dikste laagje synthetische diamant meet een paar honderdste millimeter. Toch verwacht Giling dat langs deze weg ook kleine synthetische sierstenen gemaakt zullen worden. „Wie weet krijgen we dan wel echte groeidiamanten.”

DE LEGO KRANT**Hoe werkt een batterij?**

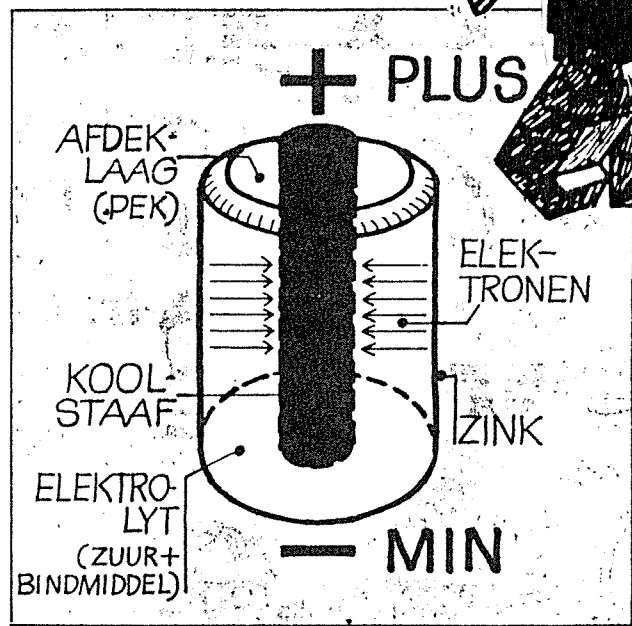
Dan moeten we eigenlijk eerst even vertellen wat stroom is. Heel eenvoudig gezegd, is dat een grote optocht van hele kleine deeltjes (elektronen) in een draad. Als nu zo'n grote optocht van elektronen van een dikkere draad ineens in een dun draadje worden gepropt, dan wordt dat dunne draadje warm en kan gaan gloeien.

Dan gaat er bijvoorbeeld een lampje branden, of dan kan je er de bel thuis mee laten rinkelen.

Dat geluid maken gaat eigenlijk omdat het draadje dat heet wordt, gaat uitzetten en daardoor van het aanvoerdraadje afgaat, zodat de stroom even wordt onderbroken. Maar goed, daar zouden we het niet over hebben.

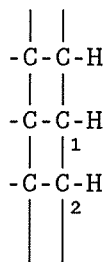
Hoe krijgen we een elektronenoptocht in een draadje? Dat gebeurt bijvoorbeeld door een batterij.

Een batterij is eigenlijk een soort zinken bakje, waarin een beetje zuur zit. Dat zuur is gebonden met zogenaamde bindmiddelen, waardoor het hard is geworden. Dat heet dan een elektrolyt. In het midden van de batterij is een koolstaaf. De elektronen worden door de elektrolyt uit het zink „getrokken”. Ze worden aangetrokken door de koolstaaf.



Die komt dan vol met elektronen te zitten, die er ook wel uit willen. Het zink wordt dan negatief (-), want de elektronen gaan er uit en de koolstaaf wordt positief (+). Op de eenvoudige tekening zie je wat er gebeurt. Als je nu een draadje vastmaakt aan het metalen puntje van die volle koolstaaf en je verbindt het andere einde van de draad dan met het zink, dan willen al die elektronen uit het volle (koolstof) kamertje snel door het draadje terug lopen naar het minder volle (zink)kamertje. Als er niet meer voldoende elektronen uit het zink komen, dan is je batterij leeg. Omdat er toch nog veel zink in zit, dat slecht is voor onze bodem, moet je de batterij dan niet gewoon weggooien, maar inleveren bij een winkelier die daar een speciale ton voor heeft staan. Snap je?

De eerste stap in het mechanisme is het maken van een reactieve positie op het diamantoppervlak. Het oppervlak van de diamant geven we als volgt weer:



figuur 2

Het groeimechanisme voor het methaan/waterstof mengsel en het acetyleen/zuurstof mengsel verschilt in het maken van de reactieve positie.

Het maken van de reactieve positie in een acetyleen/zuurstof mengsel:

In het acetyleen/zuurstofmengsel ontstaan onder invloed van de katalysator zuurstofradicalen die vervolgens met ethyn (acetyleen) reageren waardoor een ethenylradicaal ontstaat. Dit ethenylradicaal gaat vervolgens een binding aan met een waterstofatoom (aan koolstofatoom 1) op het diamantoppervlak waardoor ethyn ontstaat en het koolstofatoom 1 als radicaal achterblijft.

5. Geef het mechanisme van het maken van de reactieve positie in een acetyleen/zuurstofmengsel in vergelijkingen weer. Ga hierbij uit van de tekening in figuur 2.

De reactieve positie in een methaan/waterstofmengsel en het verdere groeimechanisme:

- I Een waterstofatoom gaat een binding aan met het waterstofatoom aan koolstofatoom 1 en laat dit koolstofatoom als radicaal achter.
 - II Een ethynmolekuul nadert het koolstofradicaal op positie 1. Er vormt zich een binding tussen C_1 en een koolstofatoom van het ethynmolekuul waardoor het andere C-atoom van ethyn een ongepaard elektron krijgt.
 - III De C-H binding van koolstofatoom 2 op het diamantoppervlak wordt verbroken. Het vrijgekomen waterstofatoom gaat een binding aan met het koolstofatoom met een ongepaard elektron.
 - IV Vervolgens vormt het koolstofradicaal 2 een binding met het buitenste koolstofatoom van het oorspronkelijke ethynmolekuul waardoor de nog aanwezige dubbele binding tussen de twee koolstofatomen van het ethynmolekuul enkel wordt. Een ongepaard elektron is dan aanwezig op dat koolstofatoom dat een binding aanging met C_1
 - V Op het koolstofatoom met het ongepaarde elektron valt dan weer een ethynmolekuul aan etc.
6. Geef de stappen I tot en met IV in vergelijkingen weer. Ga nu ook weer uit van de tekening in figuur 2.
 7. Geef in een tekening aan welk deel van de ontstane structuur de kunstmatige diamant is.

KUNSTMATIGE DIAMANT

Sinds de jaren vijftig wordt synthetische diamant gemaakt uit grafiet. Grafiet is een stabielere vorm van koolstof dan diamant.

- 1.a. Teken in één figuur de enthalpiediagrammen voor de ontleding $\text{CH}_4(\text{g}) \rightarrow \text{C}(\text{s}) + 2 \text{H}_2(\text{g})$ waarbij in de ene situatie grafiet en in de andere diamant ontstaat.
- 1.b. Leid uit de figuur af dat grafiet stabiel is dan diamant.

Of de vorming van 'kunstdiamant' nu gebeurt met methaangas en waterstofgas of met behulp van een acetyleen-zuurstof mengsel, het blijkt dat koolwaterstofradicalen essentieel zijn voor de groei van de diamant.

2. Wat versta je onder een radicaal?

Hoe worden die radicalen gemaakt? In de tweede kolom van het artikel 'kunstmatige diamant' staat "een mengsel van methaan en waterstof wordt gekraakt tot een mengsel van monoatomaire waterstof en koolwaterstofradicalen." Hier volgt een beschrijving van het proces:

De initiatie:

- I waterstofmolekullen worden gesplitst in waterstofradicalen (waterstofatomen) bij 2000°C onder invloed van een katalysator (wolfram)
- II een waterstofradicaal reageert met een methaanmolekuul waarbij een methylradicaal en een waterstofmolekuul gevormd wordt.

3. Geef de stappen I en II in vergelijkingen weer.

Onderzoek heeft uitgewezen dat de groei van diamant onafhankelijk is van het soort koolwaterstof. Dit komt overeen met het feit dat de meeste koolwaterstoffen reageren tot een stabiel produkt onder die omstandigheden, te weten acetyleen (ethyn $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$). Evenwichtsbeschouwingen ondersteunen dit ook.

Als men dus aardgas als koolstofleverancier gebruikt moet er eerst ethyn uit gevormd worden.

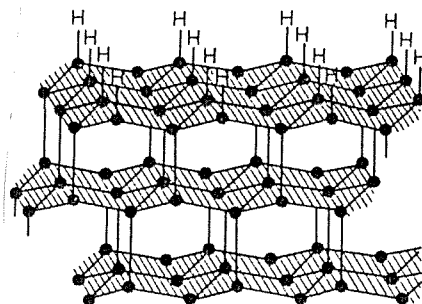
De vorming van het monomeer ethyn:

- A. Uit twee methylradicalen ontstaat ethaan.
- B. Ethaan reageert met een waterstofradicaal tot een ethylradicaal en een waterstofmolekuul.
- C. Het ethylradicaal wordt onder invloed van een katalysator omgezet in etheen en een waterstofradicaal.
- D. Etheen reageert met een waterstofradicaal tot een waterstofmolekuul en een ethenylradicaal.
- E. Het ethenylradicaal wordt onder invloed van een katalysator omgezet in ethyn en er komt een waterstofradicaal vrij.

4. Geef de vorming van het monomeer ethyn via de stappen A tot en met E in vergelijkingen weer.

De groei van de diamant:

Het oppervlak van de diamant tijdens het groeien is bezet met waterstofatomen, dit voorkomt de vorming van grafiet aan de buitenkant:



figuur 1

Oude batterij vertoont na 50 jaar nog leven

Het onderzoekslaboratorium van Varta in Duitsland heeft twee vijftig jaar oude batterijen gekregen, die tot verbazing van de experts nog driekwart van de oorspronkelijk spanning bezaten. Bovendien was het uiterlijk van de batterijen redelijk intact. De staafjes lekten niet.

De twee batterijen, van het type zink-bruinsteen, kwamen uit de uitrusting van een Duitse soldaat. Tussen diens kleding zijn ze al die jaren in een droge omgeving bewaard. Toen de moeder van de soldaat onlangs haar huis opruimde, kwamen de batterijen tevoorschijn.

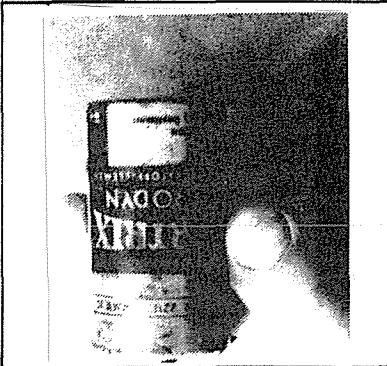
De schoonzoon van de vindster werkt bij Varta en daardoor kwamen de antieke batterijen op het onderzoekslaboratorium in Duitsland terecht. De batterijen zijn in 1941 gemaakt in de fabriek van Pertrix in Berlijn. Dat bedrijf is van Varta.

Meestal zijn batterijen na uiterlijk een jaar leeg. De oorspronkelijke spanning van een zink-bruinsteen-batterij van ruim 1,5 volt is dan gedaald tot zo'n 0,5 volt. Een lampje dat op die batterij wordt aangesloten, geeft dan nauwelijks nog licht.

De oude Duitse batterijen gaven nog een spanning van 1,14 volt. Of het lampje in de zaklamp nog brandde, weet de voorlichter van Varta in Utrecht niet. „Maar de batterijen zouden gewoon nog gebruikt kunnen worden.”

Opmerkelijk is dat de twee batterijen er nog goed uitzien. Meestal lekken batterijen naar verloop van tijd, maar de twee Duitse batterijen zien er nog goed uit.

Uit analyse bleek dat het kartonnen hulsel weliswaar enigszins is aangetast, maar de zinkbeker was niet verroest, onder meer doordat andere grondstoffen werden gebruikt. De woordvoerder van Varta verwacht echter niet dat de productiewijze van de huidige generatie batterijen zal veranderen na deze vondst. „We zien dit als een curiositeit.”



de Volkskrant 15 september 1990

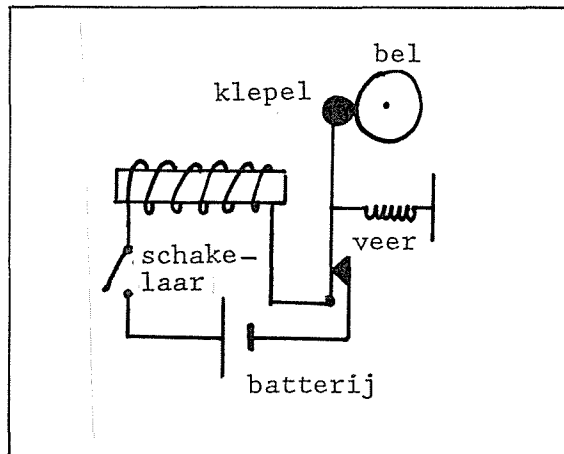
HOE WERKT EEN BATTERIJ?

In het artikel 'Hoe werkt een batterij?' wordt elektrische stroom beschreven als "...een grote optocht van hele kleine deeltjes (elektronen) in een draad." De schrijver legt daarna uit hoe het geluid maken eigenlijk gaat.

- 1.a. Bedenk hoe een draadje dat uitzet "... van het aanvoerdraadje afgaat." Maak een tekening.
- 1.b. Hoe heet zo'n onderdeel dat de stroom uitschakelt als het heet wordt?
- 1.c. Legt de schrijver uit hoe het bel-geluid ontstaat?

Bij veel bellen wordt de stroom onderbroken met behulp van een elektromagneetje.

- 2.a. Neem de tekening hieronder over en geef daarin de stroomkring aan.

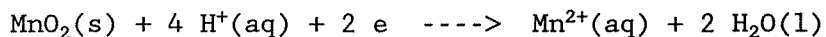


- 2.b. Leg uit wat er gebeurt als je 'op de bel drukt'.
Op welke plaats in de tekening doe je dat?

Om uit te leggen waar de stroom vandaan komt beschrijft het artikel uit de Legokrant een batterij en wat daarin gebeurt. Ook in het artikel 'Oude batterij vertoont na 50 jaar nog leven' uit de Volkskrant komt de opbouw van een batterij ter sprake.

- 3.a. Vergelijk de beschrijving van de bouw van de batterij in beide artikelen.
- 3.b. Waarom schrijft de Volkskrant "... batterijen, van het type zink-bruinsteen, ..."?

Rond de koolstofstaaf in een zink-bruinsteen batterij is een mengsel van bruinsteenpoeder en grafietpoeder (of koolstofpoeder) aangebracht. Bruinsteen is samen met waterstofionen een deel van het redoxkoppel:



4. Leg uit of bruinsteen samen met waterstofionen de oxidator of de reductor is van het redoxkoppel?
5. Geef het andere redoxkoppel dat van belang is voor de zink-bruinsteen batterij.
6. Leg uit waarom het bruinsteenpoeder rond de koolstofstaaf vermengd wordt met grafiet.
7. Leg uit wat de rol is van de koolstofstaaf in de batterij.

In de batterij bevindt zich onder andere een pasta van salmiak en water.

8. Geef voor salmiak de rationele naam en de formule.
9. Leg uit welke belangrijke rol salmiak heeft in de batterij?
10. Waarom moet het een salmiak-pasta zijn?

Wat gebeurt er nu precies bij stroomlevering?

11. Teken een doorsnede van de batterij, geplaatst in een stroomkring met een lampje en een schakelaar.
12. Geef in de tekening met pijltjes aan hoe de elektronen zich verplaatsen als je met de schakelaar de kring sluit.
13. Wat gebeurt er in de salmiakpasta?

De schrijver in de LEGO-krant maakt fouten bij de uitleg van wat er in de batterij gebeurt.

14. Welke fout staat in de tekening?
15. Welke fouten staan in de uitleg?
16. Schrijf zelf een goede uitleg (zo kort mogelijk, maar wel correct). Gebruik daarbij je tekening uit vraag 11.

Bij de reactie van bruinsteen is $\text{H}^+(\text{aq})$ nodig. In het artikel uit de LEGO-krant staat dan ook "...zinken bakje, waarin een beetje zuur zit."

17. Leg uit dat je hiervoor niet zo maar een zuur kunt gebruiken.

Voor de halfreactie met $\text{MnO}_2(\text{s})$ zijn $\text{H}^+(\text{aq})$ ionen nodig. De H^+ -ionen worden geleverd door een niet-aflopende reactie van ammoniumionen.

18. Geef de vergelijking van deze niet-aflopende reactie.

In BINAS-tabel 48 kun je potentialen voor halfreacties van redox-koppels opzoeken.

19. Zoek de standaardpotentialen op voor de redox-koppels in een zink-bruinsteen batterij.
20. Bereken welk potentiaalverschil je op basis van je antwoord op 19 zou verwachten?

21. Geef tenminste twee redenen waarom het werkelijke potentiaalverschil zal afwijken van je antwoord op vraag 20.

In het artikel uit de Volkskrant wordt vermeld dat de batterij leeg is als de oorspronkelijke spanning van ruim 1,5 volt gedaald is tot zo'n 0,5 volt.

22. Is de batterij dan echt leeg?
23. Waarom is de batterij dan niet meer te gebruiken?

Zelfpellende bananen



Illustratie Pe. ter Mors

BOEM

Commissaris Kalebas was met zijn vrienden Krijn en Nelis aan het pakken voor hun volgende overlevingstocht. „Zwitsers zakmes, primus, spiritus, twee stukjes huishoudzeep”, zei hij, terwijl hij deze artikelen een voor een in zijn rugzak stak. „Dat is allemaal wel mooi en aardig, maar zullen we voor de zekerheid ook maar niet wat krachtvoedsel meenemen? Je weet maar nooit op die Drentse hei. Schrijf op, Nelis: „één kokosbrood, twee stukken ontbijtkoek, een pond hagelslag. En... ja, koop

ook nog maar een lekkere tros zelfpellende bananen!”

Vandaag gaan we kijken hoe een banaan zich geheel zelfstandig van zijn schil kan ontdoen, als je hem maar de mogelijkheden geeft. We hebben nodig: een flink rijpe banaan, een beetje spiritus, lucifers en een fles waarvan de halsopening net iets smaller is dan de banaan. Ontbloot alleen het topje van de banaan. Giet wat spiritus in de fles, steek deze aan door er een brandende lucifer op te gooien en zet dan snel de ontblote bananenpunt op de fles. De halsopening is nu afgesloten door het vruchtvlees van de banaan, terwijl de schil aan de buitenkant zit.

Als je dit allemaal goed hebt uitgevoerd, betekent dat maar één ding: gaan met die banaan! De vrucht zal zich onder het uitstoten van onwielvoeglijke geluiden de fles inwurm, waarbij hij zich en passant van zijn jasje ontdoet.

In feite is het natuurlijk niet de banaan zelf, maar de spiritus die voor deze pelstunt zorgt. Bij het verbranden van de spiritus wordt de zuurstof opgebruikt. Omdat de fles is afgesloten door de bananenpunt, kan er geen zuurstof meer van buiten worden aangezogen en daalt de luchtdruk. De druk van de buitenlucht is daardoor groter dan die in de fles, met als gevolg dat de banaan naar binnen wordt geduwd en daarbij zijn schil kwijt raakt.

Een variant op deze truc is om een gepeld hardgekookt ei door een (te nauwe) hals van een fles te laten zuigen. Het ei gaat er in een wip doorheen, terwijl alle andere manieren die je probeert leiden tot het stukgaan van het ei. Een leuk raadsel voor verjaarspartijen.

FELIX EIJGENRAAM



ZELFPELLENDE BANANEN

Heb je de truc uitgeprobeerd? Dan nu een paar vragen!
Voor de beantwoording heb je de formule van spiritus nodig:
die is $C_2H_6O(l)$.

1. Geef de (kloppende) vergelijking van de verbranding die in de fles plaatsvindt. Vermeld van alle stoffen de fase.

In het artikel wordt gezegd dat de banaan naar binnen wordt geduwd door de grotere druk van de buitenlucht want "Bij het verbranden van de spiritus wordt de zuurstof opgebruikt."

2. Leg uit of het wel eerlijk is om alleen naar de zuurstof te kijken.

In de vergelijking van de verbranding komen de fasen (l) en (g) voor. Als bijvoorbeeld een portie water de faseovergang (l) $\rightarrow$ (g) ondergaat, wordt het volume meer dan 1000x zo groot.

3. Door welke stoffen uit de vergelijking wordt het volume grotendeels bepaald?
4. Probeer, rekening houdend met het antwoord op vraag 3, uit de verbrandingsvergelijking af te lezen waarom de druk van de buitenlucht groter is dan binnen in de fles.

Met je antwoord op vraag 4 geef je al een betere verklaring van de verlaagde druk in de fles dan in het artikel. Maar hebben we misschien nog iets over het hoofd gezien? Bij een verbranding gebeurt toch veel meer dan je in de vergelijking ziet staan?
Laten we de gebeurtenissen nog eens goed bekijken.

Bij het verbranden van de spiritus komt veel warmte vrij. Daardoor wordt de inhoud van de fles warmer en zet uit. Bovendien ontstaat het water als damp: $H_2O(g)$.

5. Wat gebeurt er eerst als je de banaan snel op de fles duwt?

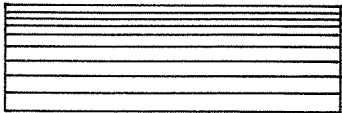
Als de waterdamp op de (koude) wand van de fles komt condenseert hij snel tot waterdruppeltjes. In die druppeltjes lost een deel van de $CO_2(g)$ op.

6. Hoe beïnvloeden het condenseren en het oplossen de druk in de fles?

Het artikel verklaart de lagere druk in de fles door het opgebruiken van de zuurstof bij de verbranding. Met je antwoorden op de vragen heb je laten zien dat er nog meer invloeden zijn op de druk in de fles.

7. Zet alle gebeurtenissen bij de verbranding nog eens op een rij en geef bij elke gebeurtenis aan wat de invloed is op het verloop van de truc.

NORIT VOOR



MENS EN MILIEU

door Joop Bouma

Oma slikte ze al. Ze zijn al meer dan een halve eeuw een begrip voor lijdens aan buikloop. De merknaam is zelfs een eigenaam geworden. En toch dragen die kleine gitzwarte pilletjes voor amper een procent bij aan de omzet van 's werelds tweede producent van actieve kool, Norit in Amersfoort.

Koolstof is een van de meest veelzijdige elementen: het zachte grafiet in potloden is koolstof, maar ook het hardste materiaal op aarde, diamant. Alle leven op aarde bestaat bij de gratie ervan. En oraal toegediend is het, zoals de oude Grieken al wisten, probaat bij maag- en darmklachten. Maar 'geactiveerde kool' wordt inmiddels op heel wat meer terreinen toegepast. Het is al bijna een eeuw lang bij uitstek de stof waarmee de industrie een hele reeks van producten ontkleurt, ontgeurt of ontsmet. En sinds BASF het bestrijdingsmiddel bentazon in de Rijn kieperde, weten we dat actieve kool ook helpt bij het drinkbaar maken van smerig rivierwater. De zorg voor schoon water is overigens één van de oudste toepassingen. Er is, zegt Norit, in Nederland geen drinkwaterinstallatie waar actieve kool niet bijdraagt aan smaak, kleur en zuiverheid.

De laatste jaren neemt bij Norit - jaarproductie 80 000 ton - de vraag naar geactiveerde kool voor milieu-toepassingen gestaag toe. Een direct gevolg van de alsnog strenger wordende milieueisen.

Actieve kool filtert microverontreinigingen uit afvalwater, absorbeert de rotte-eieren-lucht bij rioolwaterzuivering, scheidt cafeïne van koffie en het haalt desgewenst de kleur uit rode wijn. Zo ongeveer de oudste industriële toepassing is die bij rietsuiker. Met actieve kool werd vanaf begin deze eeuw de natuurlijke bruine molassekleur uit rietsuiker gefilterd. Zo ontstond een spierwit eindproduct.

Norit maakt het produkt onder meer uit hout, steenkool, zwarte bruinkool en turf. Het zijn grondstoffen die van nature een hoog koolstofgehalte hebben. In de beginjaren - 75 tot 80 jaar geleden - werd de koolstof vooral ingevoerd uit Oost-Europa, Tsjecho-Slowakije met name. Later is Norit in Zaandam uit houtafval zelf actieve kool gaan maken.

Dat gebeurt nu nog, in Zaandam en in Klazienaveen. In Drenthe staat ook de grootste produktielocatie van het bedrijf. Verder heeft Norit vestigingen in het buitenland (Schotland en de Verenigde Staten). In totaal zijn er bij het bedrijf duizend werknemers in dienst. Vorig jaar was de omzet 260 miljoen gulden.

Gigantische spons

Norit gebruikt in Nederland Drentse, maar vooral Noordduitse turf als grondstof. In een veertig meter lange oven wordt de turf 'geactiveerd' bij een temperatuur van 900 graden. Bij dit proces wordt naar behoefte zuurstof en vocht (stoom) toegevoegd. Daardoor treedt een chemische reactie op die de koolstof gedeeltelijk 'opvreet': er vallen ontelbaar veel gaatjes in.

Hoe groter het aantal van die poriën, hoe groter de totale oppervlakte die aanwezig is tussen het koolstof en de buitenwereld. En daar draait alles om: door de vele poriën heeft een grammetje geactiveerde koolstof al een oppervlakte tussen de 500 en 1 500 vierkante meter. Aan deze oppervlakte kunnen zich organische stoffen als bentazon en cafeïne hechten, en doordat die zo groot is heeft actieve kool een heel groot vermogen om dergelijke verontreinigingen op te nemen.

Het verbrandingsproces kan zo geregeld worden dat die poriën klein (micro), middelgroot (meso) of groot (macro) zijn. Zo ontstaat naar wens een laag actief of hoog actief produkt,

afhankelijk van de uiteindelijke toepassing. Er blijft in gewicht gemiddeld slechts twaalf procent koolstof over van de turf die in de oven wordt gestopt.

Terugwinning

Actieve kool wordt in de levensmiddelenindustrie gebruikt voor het zuiveren of ontkleuren van voedingsmiddelen. De geneesmiddelenindustrie gebruikt het voor de zuivering van antibiotica en glucose-oplossingen. Drukkerijen gebruiken het bij de terugwinning van oplosmiddelen.

In korrelvorm kan actieve kool in veel gevallen voor hergebruik worden geschikt gemaakt. De verzadigde korrels worden door Norit thermisch behandeld, waarbij de organische stoffen die zich aan de kool hebben gehecht, verbranden. „Als er bij de verontreinigingen ook chloorcomponenten kunnen zitten, volgt nog een naverbranding tot 1 400 graden om de vorming van dioxine uit te sluiten”, zegt ir. M. Vermin, voorzitter van de directie van Norit.

Maar Norit neemt actieve kool die is gebruikt bij zuivering van industrieel afvalwater, nog niet terug voor recycling. Dit materiaal wordt doorgaans beschouwd als chemisch afval. Voor bewerking is dus een speciale vergunning nodig. Bovendien zitten veel klanten van Norit in het buitenland. Grensoverschrijdend transport van chemisch vervuilde actieve kool naar Nederland is eveneens aan vergunningen gebonden. Vermin: „We proberen in Europees verband voor elkaar te krijgen dat recyclebare actieve kool niet als chemisch afval wordt gekwalificeerd.”

NORIT VOOR MENS EN MILIEU

In het artikel worden verschillende stoffen genoemd die weergegeven kunnen worden met het symbool C(s).

1. Geef drie stoffen die in het artikel genoemd worden en met dit symbool kunnen worden weergegeven.

In het artikel staan een aantal toepassingen van actieve kool beschreven:

- (microverontreinigingen) **filteren**;
- (rotte-eieren-lucht) **absorberen**;
- (cafeïne van koffie) **scheiden**;
- (kleur) **uithalen**.

In het artikel staat ook de werking van actieve kool beschreven.

2. Welk van de vier vet gedrukte activiteiten beschrijft de werking van actieve kool het meest nauwkeurig? Licht je antwoord toe.
3. Schrijf puntsgewijs op hoe je van een portie gemalen koffie een portie cafeïnevrije koffiepoeder kunt maken met behulp van Norit.

Actieve kool wordt gemaakt uit hout, steenkool, zwarte bruinkool of turf, dat zijn stoffen met een van nature hoog koolstofgehalte.

4. Wordt hier met 'koolstof' de stof of het element bedoeld? Licht je antwoord toe.
5. Leg uit hoe het komt dat van 100 gram turf (gemiddeld) slechts 12 gram (geactiveerde) koolstof overblijft.
6. Bereken de (gemiddelde) oppervlakte van 12 gram actieve kool, uitgedrukt in cm^2 .
7. Hoe komt het dat de ene soort koolstof actiever is dan de andere terwijl het toch om dezelfde stof gaat?

Puddingpoederwolk gevaarlijk explosief

Wachten op de klap

Door KAREL KNIP

Al sinds de Franse Revolutie is de wetenschap vertrouwd met de opvatting dat de spijsvertering en het soort omzettingen dat er op volgt is te beschouwen als een chemische oxydatie. Min of meer een verbranding dus, zij het een verbranding zonder vuurverschijnselen. Voor het eerst werd deze hypothese verwoord door de chemicus Lavoisier die zuurstofverbruik en de produktie van koolzuur en warmte van een Guinees biggetje nauwkeurig opmat en zijn conclusies trok. Weinig is hij er mee opgeschoten, in 1794 verloor hij zijn hoofd onder de guillotine. „De revolutie heeft geen wetenschap nodig.”

Soit. Van belang is dat veel voedingsmiddelen wel degelijk ook met vuurverschijnselen branden willen. Wie ooit, door baldaad of onachtzaamheid, zijn bord *cornflakes* in vlammen op zag gaan kan er over meepraten.

Ook de sectie Gas- en Stofexplosies van TNO's Prins Maurits Laboratorium is de vuurgevaarlijkheid van voedingsmiddelen niet ontgaan. De sectie heeft zich ontwikkeld tot het Nederlandse centrum waar alle kennis op het gebied van stofexplosies wordt bijeengebracht en ziet het als een van haar taken 'witte plekken' in de kennis over stofexplosies binnen deze maatschappij op te sporen.

Daartoe bezoekt zij beurzen en grote bijeenkomsten met intrigerende apparatuur waarin alle mogelijke explosies kunnen worden nagebootst. Heeft men weer zes onwetende bedrijven uit dezelfde branche bijeengedreven dan kan daaraan met genereuze stimuleringssteun van EZ adequate voorlichting worden gegeven.

Stofexplosies zijn geen zeldzaamheid, welnee. Men herinnert zich hoe jaren geleden de ene na de andere Amerikaanse graansilo de lucht in vloog. In West-Duitsland treedt gemiddeld nog *elke dag* een stofexplosie op waarbij voor minstens 50.000 D-mark schade wordt aangericht. In Nederland ligt dat aantal wat lager, ongeveer een per maand terwijl het er, afgaande op de Duitse situatie, eigenlijk wel een per week zou moeten zijn. „De verzekeringsmaatschappijen lichten ons niet voldoende in. En veel stofexplosies worden niet als zodanig herkend,” denkt TNO-onderzoeker ing. C.J.M. van Wingerden van de sectie. „Ook veel mijnexplosies zijn waarschijnlijk eerder stofexplosies dan gasexplosies geweest. Vast staat wel dat het aantal stofexplosies nergens beduidend afneemt: nog steeds is de industrie zich niet van de gevaren bewust.

Vandaar ook dit stukje, natuurlijk. TNO formuleert het zeer we-

tenschappelijk maar het enige dat er nodig is voor een stofexplosie is: 1) brandbaar fijn stof, 2) en 3)

De *branddriehoek* is dat, bekend van kachel en sigaret. Als vierde punt zou men kunnen opvoeren: voldoende menging van stof en lucht, dus: turbulentie. Zonder turbulentie geen stofwolk en zonder wolk geen explosie. Normaalgesproken is er aan turbulentie geen gebrek en karakteristiek voor de stofexplosie is natuurlijk dat hij voortrazend door de fabriek vaak zijn eigen stof opwarrelt.

Ook aan brandbaar stof is geen gebrek, bijna alle fijnverdeelde organische produkten en metalen branden als de hel. Van Wingerden noemt als voorbeeld aluminiumpoeder en uit de levensmiddelenbranche: griesmeel, puddingpoeder, maizena, rijstemeel, cacao-poeder en diverse smaakstoffen. Ook Witte Kruispoeders kunnen pardoës exploderen.

PLOFSTOF

Een explosie is een verbranding die zeer snel, sneller dan het geluid dat je ook waarneemt, om zich heen grijpt.

Behalve vuur kun je ook geluid bij een explosie waarnemen.

In het artikel van 10 maart 1990 is aangegeven dat voor een explosie brandbare stof nodig is.

1. Wat moet worden ingevuld bij 2 en 3 in het artikel?
2. Leg uit waarom turbulentie zo belangrijk is voor het ontstaan van een explosie
3. Wat zijn explosiegrenzen?
4. Geef het reactieschema in woorden en symbolen voor de verbranding van aluminium.

Puddingpoeder bevat de elementen koolstof, waterstof en zuurstof.

5. Geef het reactieschema in woorden voor de volledige verbranding van puddingpoeder.

Nederlandse vinding maakt afgraven grond overbodig

Vuil bundelen met elektroden

KARLSRUHE (ANP) – Nederlandse ingenieurs hebben een eenvoudige maar doelmatige methode gevonden om metalen en andere verontreinigende stoffen uit de grond en het grondwater te halen. Het gaat om 'elektroreclamatie', waarbij in de bodem een elektrisch veld tot stand wordt gebracht dat de vervuilende stoffen bundelt tot een kleine hoeveelheid afval.

De techniek kan ook gebruikt worden voor de zuivering van baggerslib en voor de afscherming van schadelijke stortplaatsen en industrieterreinen.

De methode is ontwikkeld door Geokinetics in Delft en Groningen. Dat bleek gisteren op de internationale wetenschappelijke conferentie van TNO over de bodem, die deze week wordt gehouden te Karlsruhe in Duitsland. De ont-

werpers maakten daar de resultaten bekend van de proeven die zij met hun techniek tot nu toe bereikten. De concentratie van zware metalen in de bodem werd met meer dan 90 procent verminderd. Gebleken is dat ook organische verontreinigingen grotendeels verwijderd kunnen worden.

Bij elektroreclamatie worden elektroden in de grond gestopt waardoor in de bodem het elektrisch veld ontstaat. Door ionen-uitwisseling worden de vervuillende stoffen bijeengebracht. Ze gaan naar een op het systeem aangesloten verwerkingsinstallatie. Er blijft uiteindelijk een zeer geconcentreerde reststof over, in omvang slechts een half tot één procent van de totale hoeveelheid behandelde grond.

Het grote voordeel van de methode is volgens W. Pool van Geokinetics in Groningen dat alle vor-

men van vervuilde grond en vervuild grondwater er mee behandeld kunnen worden. Voorts kan de bodem tot op grote diepte worden gezuiverd. Bovendien hoeft de bovenlaag niet te worden afgegraven.

Onderzoek in een laboratorium toonde aan dat met elektroreclamatie ook schadelijke stoffen als polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) uit de bodem zijn te halen. De komende maanden wordt onderzocht of de methode ook in de praktijk te gebruiken is. Volgens Pool biedt de nieuwe techniek ook mogelijkheden voor het ontziltten van akkerbouwland.

ELECTRORECLAMATIE

Door het aanleggen van een elektrisch veld in de bodem zullen geladen deeltjes zich verplaatsen. In het artikel lees je dat hierdoor verontreinigende stoffen uit de bodem kunnen worden verwijderd. In het artikel wordt beweerd dat organische verontreinigingen ook grotendeels verwijderd kunnen worden.

1. Welk(e) soort(en) deeltjes kunnen door een elektrisch veld verplaatst worden?
2. Hoe moet je de verontreiniging nu verwijderen?
3. Verwijder je alleen verontreinigende stoffen?
4. Waaraan moet een organische stof voldoen om te kunnen worden verwijderd?
5. Geef een voorbeeld van een PAK.
6. Verwacht je dat deze stof zich in een elektrisch veld verplaatst?

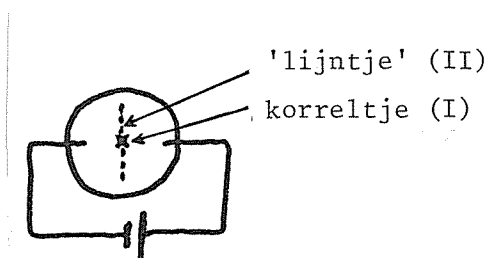
In de tweede kolom van het artikel staat: "Door ionenuitwisseling worden de vervuilende stoffen bijeengebracht."

7. Beschrijf wat er gebeurt bij ionenuitwisseling.
8. Verwacht je dat dit proces hier een rol zal spelen?

Om je een idee te geven wat er bij electroreclamatie gebeurt volgen hier enkele demonstratie-experimenten op de overheadprojector.

I Ionbeweging

Vul een petrischaaltje met een 5% kaliumnitraatoplossing. Buig de twee elektroden om de rand van de schaal, zorg ervoor dat ze bedekt zijn met vloeistof (zie figuur 1; voor uitgebreide beschrijving: zie docenten-handleiding).



figuur 1

Breng in het midden een klein korreltje kaliumpermanganaat. Leg een spanning aan van ongeveer 18 V.

Herhaal het experiment met een korreltje koper(II)nitraat of koper(II)sulfaat. Voeg eerst enkele druppels geconcentreerde ammonia toe aan de kaliumnitraatoplossing.

Herhaal het experiment nog eens, gebruik nu een korreltje ammoniumijzer(III)sulfaat. Voeg nu eerst enkele druppels kaliumthiocyanatoplossing toe aan de kaliumnitraatoplossing.

9. Wat neem je bij deze drie experimenten waar?
10. Verklaar je waarnemingen.
11. Waarom wordt een kaliumnitraatoplossing gebruikt en niet gewoon water?

In de getoonde experimenten verspreiden de gekleurde stoffen zich vaak snel in alle richtingen ten gevolge van diffusie en stromingen. Daardoor wordt het gedemonstreerde effect vaak minder duidelijk.

Dit is te verbeteren door de kaliumnitraatoplossing 'vast te houden' door er een gel van te maken met agar-agar.

Daarmee gaan we nu een scheiding van stoffen demonstreren.

II Scheiding van stoffen

Schenk de verse, nog warme gel in het petrischaaltje en plaats de elektroden op dezelfde manier als bij I. Laat afkoelen tot de gel stevig is geworden.

Druppel nu midden tussen de elektroden een 'lijntje' van een mengsel van koper(II)sulfaat en kaliumchromaat in ammonia.

Leg een spanning aan van ca. 18 V.

Wacht tot de kleuren bij het oorspronkelijke 'lijntje' zijn verdwenen en pool dan de aansluitingen van de elektroden om.

12. Wat neem je waar vóór het ompolen?
13. Verklaar je waarnemingen.
14. Wat neem je waar ná het ompolen? Waar wijst dat op?
15. Als je gescheiden stoffen de verontreinigende stoffen waren, hoe zou je ze dan uit de 'bodem' (de agar-gel) verwijderen?

Nieuw proces verwijdert SO₂ en NO_x uit rookgas

Met een nieuw type reactor kunnen in de toekomst zwavel- en stikstofoxyden gelijktijdig worden verwijderd uit rookgassen. De ontwikkeling van het proces is zo veelbelovend dat Novem (Nederlandse Maatschappij voor Energie en Milieu) heeft besloten een vervolgproject van ruim één miljoen gulden te financieren bij ECN (Energieonderzoek Centrum Nederland). Het proces werd door ir. Jaap Kiel in een promotie-onderzoek aan de Universiteit Twente ontwikkeld onder

leiding van prof.dr.ir. W.P.M. van Swaaij. Het onderzoek is verricht in het kader van het FUGA-programma (Fundamenteel kolenvergassings- en gasreinigingsonderzoek), dat een onderdeel is van het Nationaal Onderzoekprogramma Kolen van Novem.

In het proces worden poreuze siliciumdioxide bolletjes (1-2 mm diameter) gebruikt waarop fijn verdeeld koperoxyde is aangebracht. Het materiaal is ontwikkeld door de Rijksuniversiteit Utrecht. Bij 300 tot 400 graden Celsius worden zwaveloxyden omgezet in kopersulfaat. Stikstofoxyden verdwijnen door tegelijkertijd ammoniak aan het rookgas toe te voegen. Er ontstaat daarbij water en stikstof. Bij dezelfde temperatuur kan uit

kopersulfaat weer koperoxyde teruggewonnen worden. Als bijproduct ontstaat zwavel of zwavelzuur.

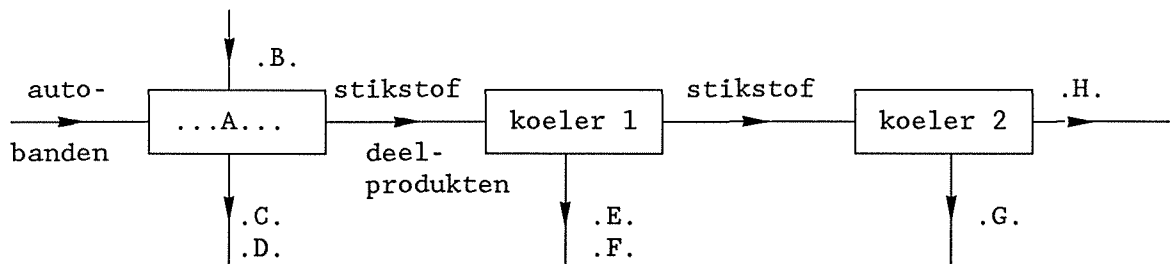
Het proces is naar verwachting minder complex en goedkoper dan een combinatie van al bestaande commerciële processen voor de aparte verwijdering van zwavel- en stikstofoxyden. Bovendien heeft het nieuwe proces het voordeel dat er nauwelijks siliciumdioxide en koperoxyde wordt verbruikt. Kiel werkt momenteel bij ECN aan de verdere ontwikkeling van het proces. ●

Wat er gebeurt bij de siliciumdioxidebolletjes gaan we nu scheikundig bekijken in de volgende opgave.

1. Geef de vergelijking voor de reactie van zwaveldioxidegas en koper(II)oxide (CuO). Ga er vanuit dat zuurstof ook reageert.
- 2.a. Geef de vergelijking voor de reactie van stikstofmonooxide met ammoniak, zoals die in het artikel beschreven staat.
- 2.b. Geef de vergelijking voor de reactie van stikstofdioxide met ammoniak zoals die in het artikel beschreven staat.
- 3.a. Geef de vergelijking voor de omzetting van koper(II)sulfaat (CuSO₄) in koper(II)oxide en zwavel. Bij deze reactie komt ook zuurstof vrij.
- 3.b. Geef de vergelijking voor de reactie van koper(II)sulfaat en water tot koper(II)oxide en zwavelzuur (H₂SO₄(l)).
4. Is er voor dit proces veel koper(II)oxide nodig? Licht je antwoord toe.

CANADESE MAGNETRON MAAKT KOOL EN OLIE VAN AUTOBANDEN

Het beschreven proces kun je als volgt weergeven:



1. Geef van letter A aan welk apparaat het is en van letter B tot en met H aan welke stoffen bedoeld worden.

Een autoband bestaat voornamelijk uit staal en rubber.

2. Wat gebeurt er met de molekulen waaruit rubber is opgebouwd in de magnetron?
3. Uit welke elementen is rubber opgebouwd? Leg je antwoord uit.

Het hele proces moet zich afspelen in een zuurstofloze omgeving.

4. Leg uit waarom er geen zuurstof bij de banden mag komen in de magnetron.

In koeler 1 en in koeler 2 worden stoffen afgescheiden.

5. Leg uit in welke koeler de stof(fen) met het laagste kookpunt wordt (worden) afgescheiden, in koeler 1 of in koeler 2.

Wat verzuring betreft,

Nieuw onderzoek naar de verzuring in Nederland heeft verrassende resultaten opgeleverd. De situatie is ernstiger dan gedacht. Dat komt door een nieuwe meetmethode. Ondanks de onduidelijkheid die nog steeds bestaat, lijkt het inkrimpen van de veestapel meer dan ooit nodig.

HET BEGRIP 'verzuring' is de laatste tijd wat in de vergeethoek geraakt. Wereldomvattende milieuproblemen zoals de aantasting van de ozonlaag en het broeikas-effect hebben bijna alle aandacht gekregen. Deze week is het zuurder worden van het milieu echter weer volop in de belangstelling gekomen.

Terecht, want de karrevrachten zure stoffen die dag in dag uit op de bodem vallen, zijn nog steeds veel te hoog en vormen een meer directe bedreiging voor het milieu dan de aantasting van de ozonlaag of het broeikas-effect.

Zure-regenonderzoekers zijn het de afgelopen maanden eens geworden over nieuwe depositiecijfers. Er valt meer zuur op Nederland dan gedacht. Dit betekent dat het nog moeilijker is om de verzuringsdoelstellingen uit de Nationale Milieubeleidsplannen (NMP en NMP-Plus) te halen.

Bovendien blijkt de bijdrage van de verschillende verzuringsbronnen anders dan gedacht. De landbouwactiviteiten veroorzaken meer verzuring dan voorheen werd aangenomen en de invloed van verkeer en industrie blijkt kleiner. Het gevolg hiervan is dat er in het anti-verzuringsbeleid andere accenten zouden moeten worden gelegd.

De nieuwe gegevens staan in het tweede additionele verzuringsonderzoek dat in opdracht van het ministerie van Milieubeheer is opgesteld. In deze studie hebben onderzoekers de geheimen van de verzuring verder geprobeerd te ontrafelen. De eerste fase van dit onderzoek is begin 1988 afgerond.

De uitkomsten van de tweede onderzoeksfase kunnen niet anders dan verrassend worden genoemd. Ze zijn vorig weekeinde door de stichting Natuur en Milieu naar buiten gebracht. De gegevens zijn nog niet openbaar, maar de stichting wilde de cijfers naar buiten brengen voordat de Tweede Kamer praat over de landbouwbegroting.

Er zijn drie stoffen die het milieu verzuren. De eerste is zwaveldioxyde. Deze verbinding komt vrij bij het verbranden van zwavelrijke brandstof, zoals olie en kolen. Raffinaderijen en elektriciteitscentrales zijn hier de bron. De tweede groep verzurende stoffen wordt

gevormd door stikstofoxyden, vooral afkomstig van het verkeer. Ammoniak, afkomstig uit de landbouw, sluit de rij.

Slechts iets minder dan de helft van de verzurende stoffen die op de Nederlandse bodem neerslaan, komt uit Nederland. De rest komt uit bronnen in het buitenland. Voor zwavel- en stikstofoxyden is ongeveer driekwart afkomstig uit het buitenland. Voor ammoniak is de situatie omgekeerd. Daarbij moet niet uit het oog worden verloren dat Nederland zelf veel zuur exporteert, meer nog dan het importeert.

De rol die de drie stoffen spelen in de verzuring, is niet even groot. Zo werkt 32 gram zwaveldioxyde (SO_2) even verzurend als 46 gram stikstofoxyden (NO_x) of 17 gram ammoniak (NH_3). De totale verzuring wordt uitgedrukt in 'zuurequivalenten', een getal waarin de drie verzurende stoffen bij elkaar zijn opgeteld.

De verzurende werking van deze stoffen verloopt volgens eenvoudige chemische reacties. Zwaveldioxyde en stikstofoxyden lossen in de lucht op in waterdamp, waarbij zwavelzuur, respectievelijk salpeterzuur wordt gevormd. Deze verbindingen hebben de zuurgraad van de regen verlaagd tot ongeveer 4, iets minder zuur dan azijn.

Ammoniak is geen zuur, maar een base. De regen in landbouwgebieden is daardoor minder zuur. In de bodem zetten bacteriën de ammoniak om in nitraten die wel verzurend werken.

In een zure bodem lost onder meer aluminium op. Dat metaal is giftig voor de wortels, wat voor een deel de schade aan de vegetatie verklaart. Verder krijgen de wortels zo veel stikstofverbindingen te verwerken, dat ze essentiële elementen niet kunnen opnemen. Een bijkomend effect van de overdosis stikstof is de vervuiling van het grondwater met nitraat.

Jarenlang leefde het idee bij veel onderzoekers en verantwoordelijken voor het verzuringsbeleid dat er in Nederland gemiddeld per hectare ruim vijfduizend zuurequivalenten per jaar vielen. Die hoeveelheid is sinds het begin van de jaren tachtig langzaam gedaald. De grote verrassing uit het nieuwe verzuringsonderzoek is dat de zuurbelasting gemiddeld vijftien tot vijfentwintig procent hoger is dan gedacht.

Dit is een forse tegenvaller voor het ministerie, omdat de doelstelling in het NMP uitgaat van een vast getal. Rond het jaar 2000 moet de belasting terug naar 2400 zuureenheden en in 2010 naar de 1400. Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM) wil de nieuwe uitkomsten niet toelichten. „Maar de gegevens zijn in hoofdlijnen juist”, stelt het RIVM.

Individuele onderzoekers zijn wel bereid iets naders te zeggen over de uitkomsten, en uit te leggen waarom de oude berekeningen andere uitkomsten hadden. Een van hen is bodemkundige prof. N. van Breemen van de Landbouwniversiteit Wageningen: „Wetenschappelijk gezien zijn de uitkomsten weinig verrassend, omdat de onze-

is Nederland uniek



FOTO MARTIJN DE JONGE/HH

kerheid rond de getallen groot is. Maar ik kan me voorstellen dat het voor het beleid veel uitmaakt als ineens blijkt dat de gemiddelden hoger zijn."

De zure neerslag pakt hoger uit doordat ammoniak en zwaveldioxyde in waterdruppels op boombladeren een verbinding vormen. Daarbij ontstaat het zout ammoniumsulfaat. „Waarom dit gebeurt, weten we niet precies", zegt Van Breemen. Door deze reactie tussen de beide stoffen komen er meer verzurende stoffen uit de lucht met de regen op de bodem terecht, dan wanneer die reactie zich niet zou voordoen.

De hoeveelheid zure neerslag wordt berekend op basis van atmosferische rekenmodellen, waarbij de onderzoekers aannamen doen over de wisselwerking tussen de uitstoot van verzurende stoffen en hun gedrag in de atmosfeer. Dit model wordt gevoed met getallen over de vervuiling, waarna er een uitkomst uitrolde voor de zure neerslag op Nederland.

Van Breemen en andere onderzoekers hanteren een andere methode om de verzuring vast te stellen. Ze zetten trechters in bossen en meten wat er uit de bomen via die trechters in bakken druppelt. Zo meten ze de werkelijke hoeveelheid zuur die op de bodem valt. „Deze methode geeft hogere uitkomsten dan de gebruikelijke rekenmodellen. Die zijn inmiddels aangepast en dit

resulteerde in hogere depositiecijfers."

Het verschil zit volgens Van Breemen in het sneller neerslaan van zwaveldioxyde en ammoniak wanneer ze samen in vrij hoge concentraties in de atmosfeer aanwezig zijn. In de bakken in het bos werd ammoniumsulfaat overduidelijk aangetoond, maar in de oude modellen werd met dit mechanisme geen rekening gehouden.

Dit is wel te verklaren. Wat verzuring betreft, is Nederland uniek en dat komt door de ernstige vervuiling met ammoniak. In geen land is zo veel vee samengepakt als in Nederland. Als gevolg hiervan is de ammoniakvervuiling het hoogst ter wereld.

Van Breemen waarschuwt dat de onzekerheid rond de getallen nog steeds groot is. „Door dit onderzoek is de onzekerheid over de zure depositie in Nederland niet afgenomen. Die is nog steeds groot: je vindt in de bossen enorme verschillen in zure neerslag tussen twee bakken dicht bij elkaar."

De bodemkundige is niet verbaasd dat het zo lang heeft geduurd voordat deze inzichten in de depositiemodellen zijn verwerkt. In 1982 al publiceerde hij de gegevens over ammoniumsulfaat in het wetenschappelijke tijdschrift *Nature*. „Het opstellen van de atmosferische modellen is geen simpele zaak", doet hij de zaak af.

De nieuwe bevindingen hebben grote

gevolgen voor het beleid. Niet alleen is opeens de totale verzuring groter, bovendien is ook het aandeel daarin van de landbouw veel groter. De schattingen waren dat de landbouw zo'n 20 procent van de verzuring voor zijn rekening nam. Dit is de helft meer, doordat de rol van de ammoniak prominenter blijkt te zijn.

Bovendien is de vervuiling met zwaveldioxyde de laatste tien jaar gedaald, sinds er op veel raffinaderijen en centrales ontwavelingsinstallaties zijn gebouwd. En als de verzuring door een bron vermindert, neemt de relatieve bijdrage van een andere toe.

Volgens velen is het moment dichterbij gekomen dat de veestapel moet worden ingekrompen. Met technische maatregelen is het volgens de ministers Alders (Milieubeheer) en Bukman (Landbouw) mogelijk de vervuiling met ammoniak met ongeveer vijftig tot zeventig procent te reduceren. De stichting Natuur en Milieu stelt dat dit niet genoeg is om de anti-verzuringdoelstelling te halen.

Overigens zijn de nieuwe cijfers geen reden voor de autolobby een champagneflles te ontkurken. De auto levert nog steeds een aanzienlijke bijdrage aan de verzuring.

MARC VAN DEN BROEK

WAT VERZURING BETREFT, IS NEDERLAND UNIEK

Deze opgave gaat over het bijgevoegde artikel uit de Volkskrant van 3 november 1990.

In de eerste kolom van het artikel worden naast verzuring ook twee 'wereldomvattende milieuproblemen' genoemd.

- 1.a. Welke stof(fen) tast(en) de ozonlaag aan?
- 1.b. Welke stof(fen) veroorzaakt (veroorzaken) het broeikas-effect?

Lees de laatste zeven regels van de eerste kolom en tweederde van de tweede kolom (tot aan "Jarenlang leefde ...").

Er worden drie stoffen genoemd die het milieu verzuren.

De eerste stof, zwaveldioxide, ontstaat bij verbranding van zwavelrijke brandstoffen.

De tweede groep verzurende stoffen wordt gevormd door de stikstofoxiden ('NO_x') die afkomstig zijn van het verkeer.

2. Leg uit, hoe stikstofoxiden afkomstig kunnen zijn van het verkeer, terwijl in benzine geen stoffen met (het) element stikstof voorkomen.

De derde stof, ammoniak, is afkomstig uit de veeteelt. Dieren scheiden via hun urine de stof ureum uit. In mest en gier ontstaat hieruit langzaam ammoniak.

- 3.a. De formule van ureum is (NH₂)₂CO.
Geef de vergelijking van de reactie van ureum met water.
- 3.b. Hoe komt de ammoniak in landbouw- en veeteeltgebieden in de lucht?

Om de hoeveelheden van de verzurende stoffen te kunnen vergelijken is het begrip 'zuurequivalent' geïntroduceerd. Het artikel vermeldt dat 32 gram zwaveldioxide (SO₂) even verzurend werkt als 46 gram stikstofoxiden (NO_x) of 17 gram ammoniak (NH₃).

- 4.a. Toon aan dat 32 gram zwaveldioxide en 46 gram stikstofoxiden wat betreft verzurende werking equivalent kunnen zijn.
- 4.b. Geef de naam en de formule van het stikstofoxide dat bij deze definitie van zuurequivalent bedoeld moet zijn.
- 4.c. Waarom is het gebruik van juist dat oxide toegestaan?
5. Laat met reactievergelijkingen zien hoe uit zwaveldioxide en het door jou bij vraag 4.b.) genoemde stikstofoxide de stoffen zwavelzuur respectievelijk salpeterzuur kunnen ontstaan.

In het artikel staat: "Ammoniak is geen zuur, maar een base. De regen in landbouwgebieden is daardoor minder zuur."

6. Laat met een reactievergelijking zien hoe ammoniak als base reageert.

Het artikel zegt dan: "In de bodem zetten bacteriën de ammoniak om in nitraten die wel verzurend werken."

Pas in de bodem, ten gevolge van de oxidatie van ammoniak onder invloed van bacteriën, ontstaat dus de verzurende werking.

- 7.a. Geef de vergelijking van de reactie tussen het produkt van vraag 6 en zuurstof waarbij onder andere nitraat ontstaat.
- 7.b. Is nitraat volgens jou verzurend?
- 7.c. Waardoor ontstaat dan de verzuring?

- 7.d. Laat zien dat 17 gram ammoniak dezelfde verzurende werking heeft als de genoemde porties zwaveldioxide en stikstofoxiden uit vraag 4.

Volgens het artikel lost in een verzuurde bodem aluminium op.

- 8.a. Geef de vergelijking van de reactie die plaatsvindt als de stof aluminium in een zure oplossing (bijvoorbeeld zoutzuur) terecht komt.
- 8.b. Wordt volgens jou in het artikel het reageren van de stof aluminium bedoeld? Licht je antwoord toe.

De schade aan de vegetatie wordt niet alleen aan aluminium toegeschreven. Wortels blijken zoveel stikstofverbindingen te moeten verwerken dat ze essentiële elementen niet kunnen opnemen. Zo'n element is bijvoorbeeld kalium.

- 9.a. Beredeneer met behulp van ladingen waarom wortels in een verzurende omgeving minder kalium gaan opnemen.
- 9.b. Vind je de omschrijving 'elementen opnemen' correct? Waarom wel of waarom niet?

Lees de tweede kolom vanaf "Jarenlang leefde ..." en de derde kolom tot "Van Breemen en andere ...".

Omdat ammoniumsulfaat ontstaat uit (onder andere) ammoniak en zwaveldioxide, kan ook de verzurende werking van ammoniumsulfaat worden uitgedrukt in zuurequivalenten.

10. Hoeveel gram ammoniumsulfaat correspondeert met één zuurequivalent?

Voor het jaar 2000 streeft men naar een vermindering van de jaarlijkse zuurbelasting tot 2400 zuurequivalenten per hectare.

11. Hoeveel gram ammoniumnitraat slaat dan jaarlijks op elke m² neer (als alle verzurende neerslag daarin wordt uitgedrukt)?

NEDERLAND UNIEK IN VERZURING II

PROEFWERK VERZURING (ook bij het artikel 'Nederland uniek in verzuring'
zie pagina 20-21.)

Naam:

Klas:

Datum:

Beoordeling:

/45 --->

1. In het begin van het artikel worden twee wereldomvattende milieu-problemen genoemd. Over deze twee problemen gaat het volgende schema.

Vul de zes open plaatsen in dat schema in:

/4

	probleem I	probleem II
naam of aanduiding		
veroorzaakt door o.a. de volgende activiteit	verbranding van fossiele brandstoffen	
veroorzaakt door o.a. de volgende stof		C.F.K. (= chloorfluorkool- waterstof)
een gevolg		

2. Het volgende invulschema gaat over de drie verzuringsbronnen die in het artikel worden genoemd. Vul ook de zes open plaatsen in dit schema in:

/4

	bron I	bron II	bron III
in artikel genoemde verzuringsbron	industrie		
naam van de erbij betrokken stof		stikstofoxiden	
formule van de erbij betrokken stof			NH ₃ (g)

3. In het artikel staat een stukje over import en export van de verzurende stoffen.

a. Welke twee stoffen worden voornamelijk 'geïmporteerd'?

/2

- b. Vind je het terecht als de Nederlandse staat zijn buurlanden aansprakelijk stelt voor de schade die door zure regen wordt aangericht? Geef een korte toelichting op je mening.

/2

4. Eén mol ammoniak leidt in principe tot evenveel verzuring als een half mol zwaveldioxide.

a. Laat zien dat bovenstaande uitspraak in overeenstemming is met de in het artikel aangegeven 17 gram ammoniak en 32 gram zwaveldioxide.

/2

Eén mol ammoniak levert in principe evenveel verzuring als één mol stikstofoxiden. Als je hiervan uitgaat dan kun je uit de in het artikel genoemde 46 gram voor stikstofoxiden een waarde afleiden voor x in de formule NO_x .

- b. Leid af welke waarde van x hoort bij de gegeven 46 gram.

/2

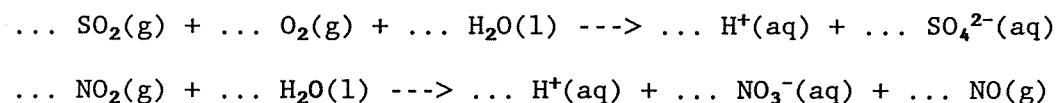
In het artikel staat: "De totale verzuring wordt uitgedrukt in 'zuurequivalenten', een getal waarin de drie verzurende stoffen bij elkaar zijn opgeteld." Kennelijk is het mogelijk om het aantal 'zuurequivalenten' te berekenen van een mengsel van ammoniak, zwaveloxide en stikstofoxiden. Bij de volgende vraag moeten de stikstofoxiden $\text{NO}(\text{g})$ en $\text{NO}_2(\text{g})$ afzonderlijk worden verwerkt.

- c. Bereken het aantal 'zuurequivalenten' van een mengsel van 96 gram $\text{SO}_2(\text{g})$, 34 gram $\text{NH}_3(\text{g})$, 23 gram $\text{NO}_2(\text{g})$ en 12 gram $\text{NO}(\text{g})$.

/4

5. In het artikel staat: "De verzurende werking van deze twee stoffen verloopt volgens eenvoudige chemische reacties." De twee niet-kloppende vergelijkingen bij vraag a geven deze reacties weer.
- a. Maak deze vergelijkingen kloppend.

/4



Gelet op de toch nog vrij hoge pH van zure regen is het juist om in de eerste vergelijking bij a $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ te schrijven. Als zure regen een heel lage pH zou bezitten dan is het juister om $\text{HSO}_4^-(\text{aq})$ te schrijven in plaats van $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$.

- b. Bereken de pH waarbij in zure regen geldt: $[\text{HSO}_4^-(\text{aq})] = [\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})]$.

/4

6. Ongeveer halverwege de tweede kolom staat: "Ammoniak is geen zuur, maar een base. De regen in de landbouw gebieden is daardoor minder zuur."
- Met minder zuur kan bedoeld worden:
- dat het aantal zure deeltjes is afgenomen,
 - of dat de nieuw ontstane deeltjes minder sterk zuur zijn.
- a Leg uit welk van beide bedoelingen juist is.

/3

Vervolgens staat er: "In de bodem zetten bacteriën de ammoniak om in nitraten die wel verzurend werken."

Bij deze omzetting wordt ammoniak geoxideerd. De omzetting van opgelost ammoniak in opgelost nitraat kan met een halfvergelijking worden weergegeven.

- b. Vermeld deze halfvergelijking.

/3

7. In het laatste deel van het artikel gaat het over de vorming van ammoniumsulfaat. Hierna volgen vier argumenten over de vorming van ammoniumsulfaat.

Geef door het omcirkelen van ja of nee aan of volgens jou de gegeven argumenten steekhoudend zijn.

/3

- a. Als er in de lucht (opgelost) ammoniumsulfaat ontstaat, zal de hoeveelheid zwaveldioxide in de lucht verminderen. JA / NEE
b. Juist als het weinig regent, vormt zich op bladeren een geconcentreerde oplossing van ammoniumsulfaat. JA / NEE
c. De ontzwavelingsinstallaties bij raffinaderijen hebben gezorgd voor het ontstaan van meer ammoniumsulfaat. JA / NEE
d. Als opgelost zwavelzuur met ammoniak reageert tot opgelost ammoniumsulfaat, dan daalt de pH van die oplossing. JA / NEE

8. In Nederland zijn al verschillende maatregelen genomen om de verzuring tegen te gaan. Eén van die maatregelen is het plaatsen van katalysatoren bij auto's. Daardoor wordt niet alleen de uitstoot van stikstofoxiden teruggebracht. Ook de uitstoot van andere milieuvervuilende stoffen wordt erdoor verlaagd.

- a. Geef de namen van twee andere milieuvervuilende stoffen waarvan de uitstoot door gebruik van katalysatoren bij auto's wordt verlaagd.

/2

- b. Noem nog drie maatregelen die in Nederland (mede) zijn genomen om de verzuring tegen te gaan.

/3

9. In het artikel vind je ook de verklaring van de titel: "Wat verzuring betreft, is Nederland uniek".

- a. Geef deze verklaring.

/2

Bepaalde provincies van Nederland zijn, wat verzuring betreft, nog 'unieker' dan Nederland als geheel.

- b. Geef de naam van een dergelijk provincie.

/1

Gemeente Enkhuizen zet damwanden in havens onder lichte stroom

(Van onze verslaggever)

ENKHUIZEN. — De gemeente Enkhuizen bespaart ruim vier ton door de damwanden in de havens kathodisch te beschermen. In de ruim vijftig jaar oude wanden ontstaan door corrosie diepe putten.

Een veel gebruikte methode om de wanden tegen de corrosie te beschermen is deze in te smeren met een speciale coating. De kosten voor coating handeling worden echter geschat op 500.000 gulden. De kathode wand kost 252.000 gulden, exclusief een jaarlijkse stroomrekening van rond 9.000 gulden. Een bedrijf uit het Friese Kollum start eind september met het aanbrengen van de installaties.

De damwanden in Enkhuizen vertonen onder water een aantal gaten. Voordat de kathodische bescherming kan worden aangebracht wordt eerst de wand gerepareerd. Dat kost 10.000 gulden. Boven water ziet de wand er nog redelijk goed uit. Volgens een gemeentewoordvoerder kan de stalen wand er, mits hij wordt bijgehouden, nog een

flink aantal jaren mee. Voor een wrijfgording, die het afmeren van de vaartuigen langs de damwanden moet vergemakkelijken is voorlopig geen geld. De kosten voor de wrijfgording worden geschat op 280.000 gulden.

De kathodische bescherming werkt in principe heel simpel. Op een ketting die van een speciale ijzerlegering is gemaakt, wordt in de grond tegen de damwand aan gelegd. Vervolgens wordt deze onder stroom gezet. Daardoor ontstaat een stroom richting de damwand van anodes. Deze positieve elektroden hebben een soort galvaniserende werking op de wand.

„Deze 'opgedrukte' stroom heeft een erg lage spanning en is dus niet gevaarlijk voor mensen. Het werkt ook alleen maar in het water. De elektriciteit wordt vanuit de ketting immers door het water naar de wand geleid. Het stroomverbruik zal ongeveer 9000 gulden per jaar bedragen. Een ander groot voordeel van de kathodische bescherming is dat het voor twintig jaar gegarandeerd wordt. Van een coating kan

dat niet gezegd worden. Bovendien, de kathodische manier kost wel ruim 250.000 gulden, maar is nog goedkoop in vergelijking met de veel duurdere coating. Een ander nadeel van de coating is dat het gemakkelijk beschadigd kan worden”, aldus een woordvoerder van de gemeente.

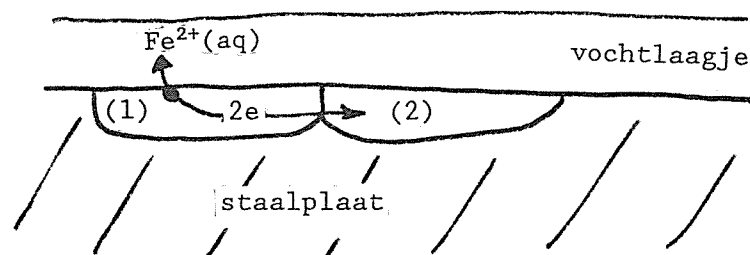
Veel damwanden zijn gemaakt van staalplaat. Ze bestaan dan voornamelijk uit ijzer.

1. Geef de twee halfreacties die verlopen bij corrosie (roesten) van ijzer in zuurstofhoudend water.

Vaak wordt een staalplaat beschermd door een 'coating' (meestal een speciale verflaag).

2. Waarop berust de beschermende werking van zo'n coating?

Om kathodische bescherming te begrijpen kijken we wat preciezer naar het oppervlak van een staalplaat die bezig is te roesten.



In gebiedje (1) verhuist een ijzerdeeltje als ion uit het oppervlak naar de vochtlaag. De elektronen blijven achter. Omdat staal goed geleidt komen er ook elektronen terecht in gebiedje (2).

- 3.a. Wat gebeurt er aan het oppervlak van gebiedje (2) als daar ook zuurstof aanwezig is?
- 3.b. Vergelijk de reacties aan beide oppervlakken met je antwoord op vraag 1.
- 3.c. Geef met behulp van reactie(s) aan wat er nog meer gebeurt als beide gebiedjes vlak bij elkaar liggen?

De 'roest'-reactie verloopt dus verdeeld over twee plaatsen. Zulke plaatsen noemen we ook wel, kathode en anode. Een altijd geldige definitie voor 'anode' is: aan een anode treedt oxidatie (= het afstaan van elektronen) op.

- 4.a. Geef aan of de gebiedjes (1) en (2) kathode of anode zijn.
- 4.b. Waar treedt bij corrosie nu de aantasting op?

Kathodische bescherming wil zeggen: Maak het te beschermen metaal overal kathode. Je moet daartoe een stroomkring maken waardoor de damwand voortdurend een elektrische lading krijgt.

- 5.a. Welke lading moet de damwand krijgen?
- 5.b. Welke invloed heeft dat op de halfreactie van ijzer?
- 5.c. Maak een tekening waarin je laat zien hoe je de damwand en de ijzeren ketting met de spanningsbron moet verbinden.
- 5.d. Waarom is de ketting van een 'speciale ijzerlegering' gemaakt?
- 5.e. Waardoor wordt de stroomkring gesloten?
- 5.f. Kan er door de stroomkring een grote stroom lopen?

Het artikel geeft aan dat de stroomrekening 9000 gulden zal bedragen. Ga er van uit dat de gemiddelde prijs van een kWh 15 cent bedraagt.

- 6.a. Bereken hoeveel kWh per jaar geleverd wordt voor 9000 gulden.
- 6.b. Reken het aantal kWh om in A (ampère).

Je antwoord bij 6.c. is een groot getal. Neem aan dat een damwand een oppervlakte heeft van 1300 m².

- 6.c. Bereken hoeveel stroom er dan door 1 cm² van de damwand gaat.
- 6.d. Kun je nu spreken van 'lichte stroom'?

Als de damwand een negatieve lading krijgt zou aan het oppervlak de halfreactie met zuurstof kunnen verlopen.

7. Leg uit of dat de beschermende werking vermindert.

Door het beantwoorden van de vragen 1 tot en met 7 ben je een beetje een corrosiedeskundige geworden. In de volgende vraag kun je die deskundigheid tonen.

8.
 - a) Wijs in het artikel een aantal beweringen / redeneringen aan die wel/niet correct zijn.
 - b) Een leraar vraagt: Moet de titel niet luiden "Damwanden onder spanning"? Geef argumenten voor de huidige titel.

DODELIJKE GASWOLK

de Volkskrant 3 november 1990

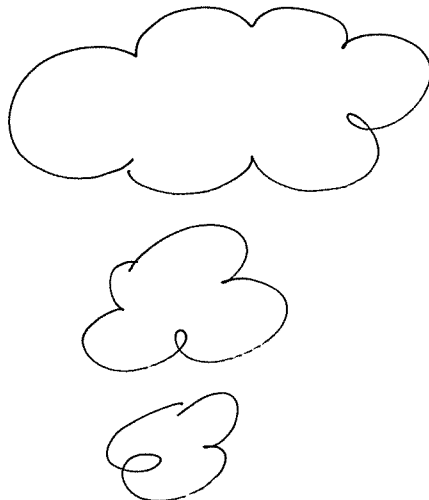
1. Leg uit met behulp van het begrip dichtheid hoe het mogelijk is dat mensen door koolstofdioxide de verstikkingsdood sterven.

In het artikel staat: "Normaal blijft deze laag op de bodem liggen doordat koud water lichter is dan warm water"

2. Geef je commentaar op het gebruik van het woord 'lichter'.
3. Leg uit waarom heliumgas niet wordt opgevangen in de waterlaag. Maak hierbij gebruik van de krachten die een rol spelen tussen heliumatomen enerzijds en watermolekulen anderzijds.

Op basis van het dipoolmoment van koolstofdioxide (BINAS-tabel 54) zou je verwachten dat CO_2 ook niet goed oplost in water.

4. Leg uit waarom koolstofdioxidegas beter in water oplost dan helium.



Dodelijke gaswolk kan zich herhalen

De eruptie in 1986 van een dodelijke wolk gas uit het Nyosmeer in Kameroen is geen eenmalig incident geweest.

Volgens onderzoekers uit Japan en Kameroen kan binnen twintig jaar een nieuwe gaswolk ontsnappen. Ze concluderen dit aan de hand van in water opgelost heliumgas, zo meldt *New Scientist* van 27 oktober.

Bij de eruptie van 1986 kwam een enorme wolk kooldioxyde vrij, waardoor 1700 omwonenden de verstikkingsdood stierven. Dit kooldioxyde stijgt op uit de onderliggende rotsmassa en lost op in de koude waterlaag op de bodem van het meer. Normaal blijft deze laag op de bodem liggen doordat koud water lichter is dan warm water. Een in het water gevallen rotsblok, hevige wind of een onverwacht grote toevoer van gas heeft er waarschijnlijk toe geleid dat het opgeslagen kooldioxyde vrijkwam uit de waterlaag.

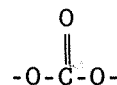
Om te voorspellen wanneer de volgende uitstoot van gas plaatsvindt, concentreerden de onderzoekers zich op de hoeveelheid helium die in het meer stroomt. Kooldioxyde en helium komen samen, en in een vaste verhouding, uit het binnenste van de aarde naar boven. Het helium wordt niet in de waterlaag opgevangen en stijgt naar boven.

Door de hoeveelheid heliumgas te meten, kan een schatting worden gemaakt van de hoeveelheid kooldioxyde die vrijkomt en in de koude waterlaag oplost. Hierop is de schatting gebaseerd dat de koude waterlaag binnen ongeveer twintig jaar verzadigd zal raken, waarna zich weer een ramp zou kunnen voltrekken. De onderzoekers houden wel een slag om de arm: er zijn tekenen dat de toevoer van kooldioxyde stagneert.

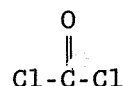
OLYMPISCHE SPELEN ONDER NEDERLANDS DAK

In twee van de belangrijkste bouwwerken binnen het Montjuic Olympic Ring project in Barcelona, de plaats waar in 1992 de Olympische spelen worden gehouden, wordt polycarbonaat beglazingsmateriaal toegepast van GE Plastics Structured Products Europe uit Bergen op Zoom.

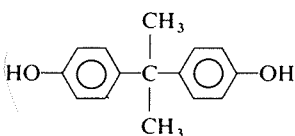
Kenmerkend voor polycarbonaten is



Een van de meest bekende polycarbonaten wordt gemaakt uit fosgeen



en difenylolpropan:



Tijdens het polymerisatieproces ontstaat naast het polycarbonaat ook waterstofchloride.

Geef de structuurformule van een stukje polycarbonaat.

KORT KORT KORT KORT KORT KORT KORT KORT KORT KORT

BLADGROENTE

'Bladgroente uit kas niet gezond'

DEN HAAG - Het nitraatgehalte van bladgroente die in de kas wordt geteeld is dermate hoog dat het raadzaam is het 's winters niet vaker dan één keer per week te eten. Onderzoek van de Keuringsdiensten van Waren heeft te hoge nitraatwaarden aangetoond. Het voornemen van de overheid de toegestane normen stapsgewijs te verlagen wordt veel te traag uitgevoerd.

Dit advies komt van Konsumenten Kontakt (KK). Nitraat is op zichzelf onschadelijk. In de mondholte wordt echter een deel ervan omgezet in het schadelijke nitriet. KK is mede gealarmeerd omdat recent toxicologisch onderzoek doet vermoeden dat nitriet giftiger is dan tot nu toe werd aangenomen. De normen zouden wat KK betreft op korte termijn drastisch omlaag moeten.

Het gaat om kasgeteelde groenten als sla, spinazie, kervel, raapstelen, postelein, peterselie, radijs, selderij en veldsla. Aan te bevelen zijn volgens KK onder meer koolsoorten, wortels, witlof, spruiten en broccoli.

1. Geef de formule van nitraat en nitriet.
2. Geef een verklaring voor het hoge nitraatgehalte in bladgroente.
3. Leg met behulp van een halfreactie uit hoe nitriet uit nitraat gevormd kan worden.
4. Welke soorten stoffen zijn naast bacteriën in de mond nodig om nitraat om te zetten in nitriet?

Gelderlander 30 oktober 1990

Membraan als katalysator

Over enkele jaren zijn er membranen voor nieuwe en betere industriële toepassingen. Zij scheiden en filteren niet alleen gassen en vloeistoffen, maar werken ook als katalysator zoals bij de produktie van formaldehyde, een grondstof voor kunstmest. Ir. V.T. Zaspalis van de Universiteit Twente heeft een snelle methode ontwikkeld om formaldehyde uit zuurstof en methanol te maken. Zonder katalysator ontstaat bij samenkomst van deze twee stoffen kooldioxide en water. Maar als aan de ene kant van een katalytisch membraan, zuurstof en aan de andere kant methanol binnenstroomt, ontstaat in het membraan formaldehyde.

Polytechnisch Weekblad
21(47), 1, 1990

Toch is het heel gebruikelijk om dit soort stoffen katalysatoren te noemen.

5. Leg uit waarom je, als je je precies houdt aan de definitie van een katalysator, dit membraan wel degelijk een katalysator kunt noemen.

1. Wat is een katalysator?
2. Ga na in welke molverhouding methanol en zuurstof normaal gesproken met elkaar reageren (dus zonder membraan).

Als methanol en zuurstof in het membraan reageren verandert de molverhouding waarin zij dat doen: nu reageert 1 mol methanol met $\frac{1}{2}$ mol zuurstof. Bij deze reactie ontstaat naast 1 mol formaldehyde ook water.

3. Beredeneer wat de formule van formaldehyde is.

Patrick leest nog eens goed na wat het membraan precies doet. Hij merkt op: "Ik vind dat je dat membraan helemaal geen katalysator kunt noemen."

4. Geef een argument voor de mening van Patrick.

Afgedankt speelgoed bron van vervuiling

Van een onzer verslaggevers

AMSTERDAM – Afgedankt speelgoed is een grote bron van vervuiling. Dat blijkt uit een onderzoek van Konsumenten Kontakt.

In elf van de 47 onderzochte speelgoedartikelen zitten zware metalen. De concentraties in zeven van de elf artikelen zijn zo hoog, dat het speelgoed na afdanking onder de Wet chemische afvalstoffen valt. Bovendien werd in de helft van het onderzochte speelgoed het milieu-onvriendelijke PVC aangetroffen. Het gebruik van PVC in plastic verpakkingen is volgens Konsumenten Kontakt onnodig, omdat er goede vervangers bestaan.

De concentraties aan zware meta-

len als cadmium en chroom, die in zeven artikelen werden aangetroffen, vormen geen gevaar voor de gebruiker. Pas als het speelgoed op de vuilnisbelt belandt, vormt het een belasting voor het milieu. De zware metalen worden niet afgebroken en richten zo hun schade aan.

Het onderzoek is een vervolg op een in 1988 gehouden onderzoek naar metalen in speelgoed. Fabrikanten en leveranciers komen hun toen gedane toezeggingen onvoldoende na, aldus Konsumenten Kontakt.

Woordvoerders van de onderzochte bedrijven willen pas op het onderzoek reageren als de uitkomsten openbaar zijn geworden.

In het artikel worden de zware metalen cadmium en chroom genoemd.

1. Geef de symbolen van cadmium en chroom.

In afgedankt speelgoed zit niet echt het metaal cadmium en het metaal chroom.

2. Hoe kunnen deze zware metalen dan toch in afgedankt speelgoed voorkomen?

De afspraak is dat alle metalen met een atoomnummer boven 20 'zware metalen' genoemd worden.

3. Zoek de atoomnummers van cadmium en chroom op. Zijn dit zware metalen?
4. Waarom vormt het speelgoed pas een belasting voor het milieu wanneer het op de vuilnisbelt belandt?

In het artikel staat dat zware metalen niet worden afgebroken. Zelfs als men het afgedankte speelgoed zou verbranden zouden de zware metalen nog steeds aanwezig zijn.

5. Leg uit waarom zware metalen nooit 'kunnen worden afgebroken'.

Errata Chemie Aktueel nummer 5

- * 'Van stamboekvee naar theekopje' blz. 11: '(beenderas)' moet staan onder $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ '(theekopjes)' moet staan onder 'China bone'.
- * Offset blz. 19 in tekening vlak boven vraag 6: + rechts boven 'polythiofeen' (rechts van evenwichtsteken) moet vervallen.

Kunstmatige diamant

Literatuur:

- * Janssen, G.: CVD growth of diamond: the multiple role of atomic hydrogen;
- * Angus, J.C.: Low-pressure, metastable growth of diamond and diamondlike phases; Science 241, 913-921, 1988.
- * Frenklach, M: Growth mechanism of vapor-deposited diamond; Journ. Mater. Res. 3, 133-140, 1988
- * Spear, K.E.: Diamond Ceramic Coating of the future; Journ. Amer. Ceram. Soc. 72, 171-191, 1989.

Snelle diamantgroei

NRC 13 oktober 1990

Vaste-stofonderzoekers van de Nijmeegse universiteit en diamant-firma Drukker International in Cuijk zijn erin geslaagd laagjes diamant van 0,15 millimeter dikte met een snelheid van 0,05 millimeter per uur te laten groeien. De onderzoekers gebruiken de techniek van 'chemical vapor deposition' (CVD), die in Japan is ontwikkeld en sinds een paar jaar wordt toegepast. Daarbij wordt acetyleen (ethyn) in overmaat met zuurstof verbrand. De ontstane koolstofradicalen slaan neer op een oppervlak en komen daar in een diamantstructuur terecht. Vorming van de grafietstructuur wordt door het eveneens uit het acetyleen afkomstige waterstof verhinderd. Het is de goedkoopste

methode om in het laboratorium diamant te maken.

De Nederlandse onderzoekers, gesubsidieerd door de Stichting Technische Wetenschappen, kunnen de laagjes nu sneller en dikker maken dan tot nu mogelijk was (Journal of Crystal Growth). Ze gebruikten kristallijne diamantplaatjes als ondergrond voor de laagjesgroei, hielden de temperatuur van de acetyleenvlam (3000 graden Celsius) en de ondergrond (950 graden Celsius) goed in de hand en gebruikten oververzadigd gas. Op het proces is octrooi aangevraagd.

Drukker voorziet toepassing als warmtegeleider en als coating voor het slijtvast maken van gereedschappen en messen.

Kunstdiamant

Een groep onderzoekers van de universiteit in Nijmegen en het diamantbedrijf Drukker in Cuijk is erin geslaagd diamant te laten groeien uit aardgas. De gegroeide diamantjes zijn nog zeer klein, enkele duizendsten van millimeters in doorsnede, maar naar verwachting zal de grootte van de kristallen kunnen toenemen en zal het proces beter gecontroleerd kunnen worden. Diamanten worden tot nu toe verkregen door delving, of kunstmatig uit koolstof onder zeer hoge drukken en temperaturen. Het maken van diamant uit aardgas geschiedt bij veel lagere drukken, namelijk 0,1 atmosfeer. Deze techniek is ontwikkeld in Rusland en via Japan en de VS naar Europa overgewaaid.

Een gasmengsel van ongeveer een procent methaan in waterstof wordt over een substraat geleid (een verhit stukje metaal, silicium of diamant). Normaal ontleedt dit mengsel en slaat op het substraat grafiet neer, de stabiele vorm van koolstof. Om dat te voorkomen, wordt een deel van het waterstofgas samen met het methaan eerst gekraakt tot een mengsel van waterstofatomen en koolwaterstof-radicalen. De waterstofatomen bedekken het



TEKENING WIM BOOST

groeïende diamantoppervlak dat hierdoor gestabiliseerd wordt, terwijl zo tevens de vorming van grafiet wordt voorkomen. De koolwaterstof-radicalen veroorzaken de groei van de diamant.

De diamantlagen die zo worden gevormd, bestaan uit een opeenstapeling van vele kleine kristalletjes. Op een diamanten ondergrond kunnen door

perfecte aangroei echter éénkristallijne lagen worden verkregen.

Dunne diamantlagen zijn geschikt voor vele toepassingen, zoals harde coatings, zeer fijne slijppoeders, koelementen voor halfgeleider-componenten en optische vensters. Het dikste éénkristallijne laagje dat tot nu toe op diamant is aangebracht, is ongeveer een honderdste millimeter.

Kunstdiamant lonkt naar chip-industrie

Nijmeegse natuurkundigen zijn in staat snel laagjes diamant te laten groeien uit niet veel meer dan een gasvlam. Dat biedt nieuwe perspectieven voor het gebruik van dit extreem harde materiaal in de industrie. Maar wellicht wordt de micro-elektronica op termijn wel de belangrijkste toepassing.

Een nieuwe generatie kunstmatige diamanten die de juwelenmarkt op termijn zou kunnen overspoelen? Dat misverstand wil prof. dr L. Giling, hoogleraar in de natuurkunde van de vaste stof aan de Katholieke Universiteit Nijmegen, op voorhand uit de weg ruimen. „Winning is maar een klein aspect van de waarde van sierdiamant. De grote kosten zitten in de vakkundige bewerking, het kloven, slijpen en facetteren. En dat verandert natuurlijk nauwelijks wanneer je een ruwe synthetische diamant neemt in plaats van natuurdiamant.”

Diamant bestaat uit koolstof, het element dat ook grafiet vormt en dat een belangrijke bouwsteen is voor organisch leven. Maar in het geval van diamant, in een kristalvorm die het materiaal zeer extreme eigenschappen geeft. Het is het hardste materiaal, laat vrijwel alle straling uit het licht spectrum ongehinderd door en het heeft bij kamertemperatuur de beste geleiding van warmte.

„Die specifieke eigenschappen maken diamant tot een uiterst interessant industrieel materiaal”, zegt directeur M. Höhle van het technisch diamantairbedrijf Drukker International in Amsterdam. Drukker werkt nauw samen met de Nijmeegse onderzoekers aan de ontwikkeling van groeitechnieken voor kunstdiamant.

Diamant is zo hard doordat de koolstofatomen extreem dicht op elkaar gepakt liggen en elkaar in alle richtingen zeer goed vasthouden. Alleen al door deze hardheid is diamant een belangrijk hulpmateriaal voor de industrie. Microscopische diamantpoeders worden als slijpmiddel gebruikt of in coatings verwerkt van zaag- en boorapparatuur. Verder zijn bijvoorbeeld lancetten van kleine diamanten gemeengoed in de oogchirurgie, aangezien extreem hard

materiaal ook extreem scherp kan worden gemaakt.

Van oudsher houdt Drukker zich bezig met de handel in diamanten voor zulke industriële en medische toepassingen. Het bedrijf selecteert geschikte categorieën uit het aanbod van stenen en sorteert ze voor bepaalde toepassingen. De industriële markt groeit echter zo snel, dat het aanbod van natuurlijk diamant het nauwelijks meer kan bijbenen. Dat drijft de prijs op, waardoor het sneller interessant wordt uit te zien naar kunstmatige vervaardiging van diamant en diamantachtige materialen.

Höhle: „Bovendien kun je op die manier proberen de eigenschappen van je diamant beter te definiëren en te beheersen. Een betere aansluiting op toepassingseisen wordt mogelijk.”

Het nabootsen van de omstandigheden waaronder natuurdiamant ooit is ontstaan, is al enkele tientallen jaren de belangrijkste methode voor diamantsynthese. De truc, in de Sovjet-Unie van de jaren vijftig ontwikkeld, berust op het opleggen van zo'n vijftig maal de atmosferische druk op zuiver koolstof bij een temperatuur van zo'n 1500 graden. Onder zulke helse omstandigheden verkiezen de koolstofatomen een onderlinge rangschikking die bij afkoeling diamantkristal oplevert.

De methode die Giling de laatste twee jaar tot ontwikkeling heeft weten te brengen, is daarbij vergeleken uiterst elegant en zachtzinnig. De Nijmegenaren zijn weliswaar niet de uitvinders, daarvoor tekenden begin jaren tachtig enkele Japanners. Maar in weerwil van stevige concurrentie van onderzoeksgroepen met Amerikaanse industrieën achter zich, wist de groep een van de snelste methoden te ontwikkelen voor de aanmaak van diamantlaagjes die in principe uit één kristal bestaan.

Het gaat letterlijk om het aangroeien van laagjes koolstof op een ondergrond van natuurdiamant. Op die manier ontstaan aaneengesloten kristalvlakken diamant. Op een andere ondergrond dan diamant ontstaat een wirwar van microscopische kristalletjes; op die manier kunnen gereedschappen worden gehard. Voor het groeiproces wordt een regen van koolstofatomen op het diamant-oppervlak losgelaten, die is opgewekt door een koolstofhoudend gas (bijvoorbeeld aardgas) te ontleden.

Onder goedgekozen omstandigheden dwingt het oppervlak van de diamanten ondergrond, het substraat, de neerdalende koolstofhoudende moleculen tot een rangschikking zoals die in diamant bestaat. De kunst is vooral, aldus Giling, om de omstandigheden tijdens het zogeheten *chemical vapour deposition*-proces (CVD) te beheersen. „We weten betrekkelijk goed hoe het moet en wat er gebeurt. Maar soms mislukt het proces onder schijnbaar gelijke omstandigheden. Er zijn nog vraagtekens, zowel fundamenteel als technisch.”

De Nijmeegse groep beproefde tot nog toe twee CVD-technieken. In eerste instantie ging men uit van een mengsel van aardgas en waterstof dat wordt ontleed met behulp van een gloeidraad op een temperatuur van zo'n tweeduizend graden. In het ontledingsproces breekt de waterstof. De reactieve 'brokstukken' trekken vervolgens een waterstofatoom uit de aardgasmoleculen, waardoor koolwaterstofradicalen ontstaan die op het diamantoppervlak vasthechten.

De techniek vereist een reactor en uiterst schone omstandigheden om te kunnen werken. Er kan een laagje van ongeveer eenduizendste millimeter diamant per uur mee worden gemaakt. Giling: „Ik ben geen econoom, maar naar mijn idee is dat niet snel genoeg voor grootscheepse industriële productie van echte diamantlagen.”

Daar staat tegenover dat het lage tempo wel een beheerste opbouw van een oppervlak mogelijk maakt. Er kunnen bijvoorbeeld met grote precisie opzettelijke verontreinigingen worden ingebouwd die speciale elektronische eigenschappen opleveren. Het is, aldus technisch diamantair Höhle, niet meer ondenkbaar dat in bepaalde micro-elektronica diamantlaagjes gebruikt gaan worden die een elektronisch onderdeel vormen van chips. De hoge warmtegeleiding van het materiaal is daarvoor het belangrijkste motief: als op een bepaalde plaats in het materiaal warmte ontstaat, verspreidt die zich razendsnel over het hele volume. Lokale oververhitting kan zo worden tegengegaan.

Naarmate chips kleinere structuren moeten herbergen waar toch stromen doorheen lopen, moet er meer warmte worden afgevoerd om doorbranden van de delicate structuren te voorkomen. Momenteel belemmeren de beperkte koelmogelijkheden soms de miniaturisatie in de micro-elektronica.

In heel speciale gevallen worden al wel kostbare diamantplaatjes van maximaal ongeveer een millimeter diameter gebruikt als zogeheten *heat sinks*, koel-elementjes waarop chips kunnen worden aangebracht. Diktes liggen in de orde van een paar tienden van een millimeter. Zowel natuurlijk diamant als hagedruk-diamant worden voor dit doel gebruikt.

MARTIJN VAN CALMTHOUT

Hoe werkt een batterij?

De rubriek 'Wist je dat al?' in de LEGO-krant wil "... heel eenvoudig proberen te vertellen hoe allerlei dingen werken (zoals bijvoorbeeld een batterij) ...". Het blijkt nogal moeilijk om dat correct te doen! De schrijver zegt ook "Als je er dan meer van wilt weten, dan kan je op school vragen of de onderwijzer (!?) er nog eens wat meer van vertelt." Het is de vraag of onderwijzers / onderwijzeressen daarop zijn voorbereid.

Hoewel de schrijver enkele fundamentele fouten maakt (elektronen lopen 'binnendoor' in plaats van 'buitenom'; een 'positieve' koolstaaf zit 'vol met elektronen'), geeft deze een levendige beschrijving en gebruikt ook aardige beelden (een grote optocht van hele kleine deeltjes). Al met al een uitdaging om het (samen met het Volkskrant-artikel) te gebruiken om leerlingen op het correcte spoor te zetten.

Zelfpellende bananen

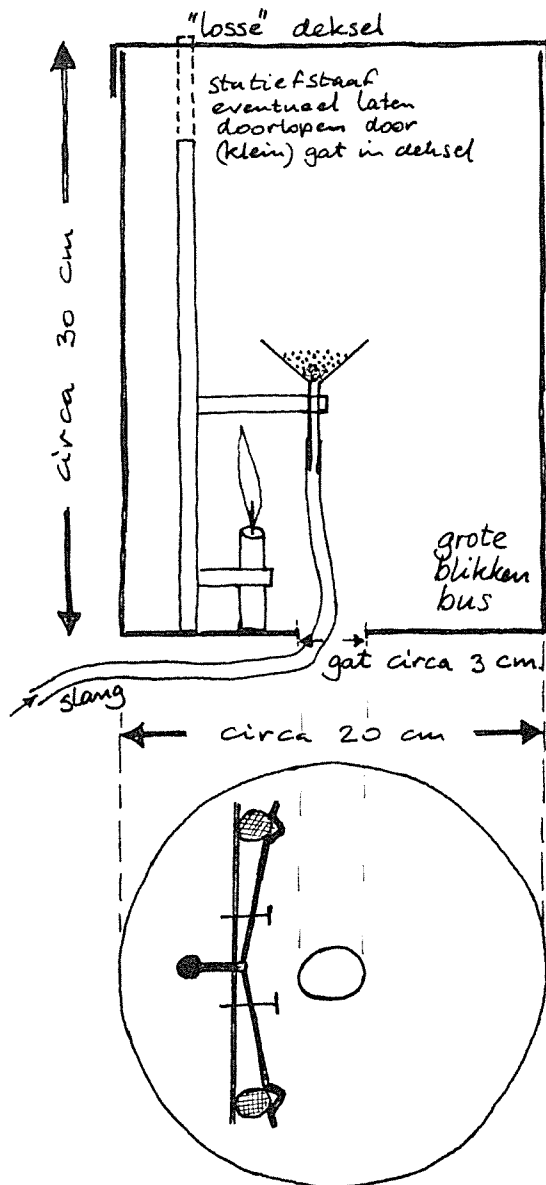
Een reactievergelijking is een krachtig hulpmiddel voor het vergelijken van begin- en eindtoestand van een proces. Over de gebeurtenissen tijdens het proces geeft de vergelijking echter geen informatie.

Dat water bij deze verbranding vrijkomt als damp heeft een grote invloed op het drukverloop in de fles. Door de aanvankelijke overdruk ten gevolge van het waterdampvolume en de uitzetting ontsnapt een deel van de inhoud van de fles. Er is dus géén gesloten systeem, waarvan tot en met de interpretatie van de verbrandingsvergelijking bij vraag 4 wèl wordt uitgegaan.

Dat er op het verbrandingsproces nog een ander proces volgt wordt ook gemakkelijk over het hoofd gezien. Toch is ook het oplossen van het koolzuurgas in het (afgekoelde!) water een behoorlijke bijdrage aan de drukverlaging in de fles.

Misschien vormt het voorgaande wel een erg 'zware' beschouwing over de rug van zo'n geestig experiment. Hopelijk leert het ons wèl enige bescheidenheid ten aanzien van ons 'universele' gereedschap: de reactievergelijking.

Plofstof



Bus voor het demonstreren van stofexplosies

Een statiefstaaf met burettenklem met daarin twee (korte) kaarsen is stabiel in de bus te zetten.

Bevestig de trechter iets hoger dan de kaarsvlam zal komen.

Plaats de bus op een driepoot... en vooral niet onder een verlichtingsarmatuur.

Een klein wattenpropje voorkomt dat de Completa in de trechtersteel of in de slang komt, waardoor de blaasstoot te zwak wordt.

1. Leg het wattenpropje in de trechter en bedek het met enkele schepjes Completa.
2. Steek de kaarsen aan en duw het deksel aan.
3. Blaas kort en zeer krachtig in de slang.

Nog een idee:

Met oudejaar staan op tafel: olieballen, poedersuiker en een brandende kaars. Je krijgt een niesbui. Wat zou er kunnen gebeuren? (En dan stap voor stap laten beschrijven.)

1. - fijn brandbaar poeder
2. - lucht, dus zuurstof
3. - ontstekingsbron
4. - opwervelen (fijne verdeling van het toch al fijne poeder)

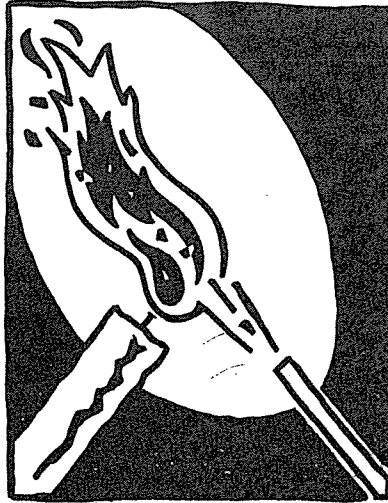
Plofstof

Bianca overlegde druk met Lien wie ze allemaal uit zou nodigen voor haar verjaarspartijtje. Ze werd tien en het moest een daverend festijn worden. „Wat denk je, zal ik Tommie wel of niet uitnodigen?” „Ajakkes nee, dat is zo'n stoffig joch”, riep Lien. „Stoffig joch? Dat zal ik Tommie verklappen!”, schreeuwde Fritsje, die op zijn tenen was binnengeslopen. „Trouwens, als je allemaal stoffige kinderen uitnodigt wordt het misschien juist een knalfeest!”

Vandaag gaan we de ontplofbaarheid van stof aantonen door een steekvlam te maken van poedermelk. We hebben nodig: een kwart theelepeltje gedroogd melkpoeder, een dik rietje of een zelfgemaakt buisje van papier en een brandende kaars.

Maak de melkpoeder eerst goed droog door het even op de centrale verwarming of boven een lage vlam te verwarmen. Doe daarna een beetje melkpoeder in het rietje en blaas het in een keer door de kaarsvlam. Houd het rietje niet te dichtbij, want dan blaas je het kaarsvlammetje uit. Als het goed gaat, verbrandt het poeder vliegensvlug in een grote steekvlam. Je kunt de poedermelk ook van bovenaf op de kaarsvlam strooien.

Dat het melkpoeder zo goed verbrandt, komt omdat het zo fijn is verdeeld. Verbranden is reageren met zuurstof uit de lucht. Het gebeurt dus daar waar het poeder en de lucht met elkaar in contact staan, met andere woorden: aan de oppervlakte van de poederdeeltjes. Hoe kleiner die zijn, hoe groter het contactoppervlak en hoe harder de verbranding gaat.



Illustratie Pe. ter Mors

B O E M

Iets dergelijks zie je ook bij het koken van aardappelen. Soms heb je van die grote joekels van aardappels die, als je ze in hun geheel in de pan doet, van binnen maar niet gaar willen worden. Met een eenvoudige truc is dit te verhelpen. Snijd de aardappels in stukken en wat eerst onbereikbare binnenkant was, is nu blootgestelde buitenkant. De aardappels koken nu gewoon in twintig minuten gaar!

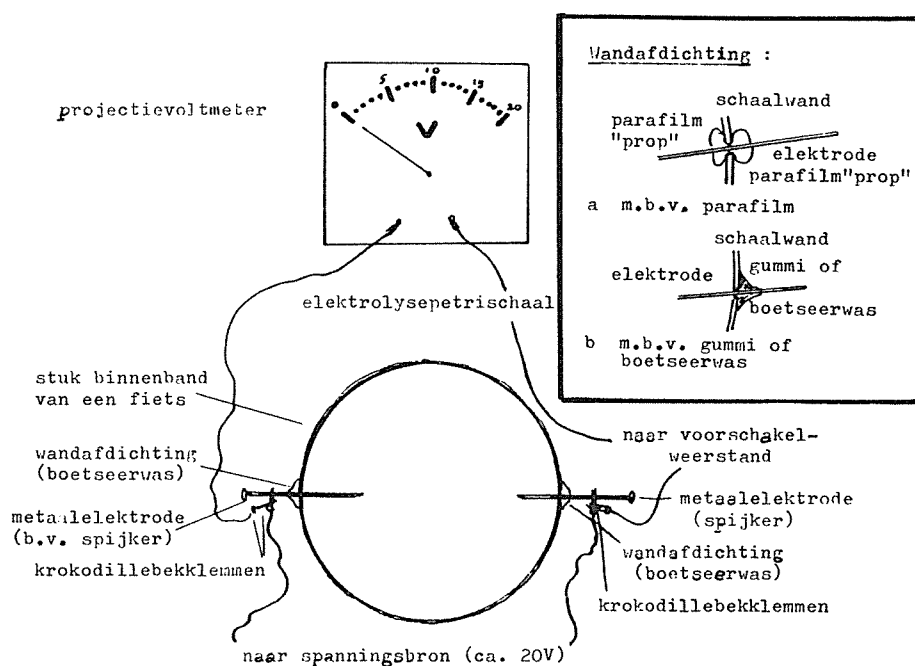
Om dezelfde reden wil een klont poedermelk of meel niet goed branden, maar als het in fijn poeder is verdeeld gaat het zo razendsnel dat je soms explosiegevaar krijgt. In de Verenigde Staten gebeurt het bij voorbeeld nogal eens dat silo's met maïsmeel plotseling ontploffen.

FELIX EIJGENRAAM

Electroreclamatie

Literatuur:

- * Bukatsch, F: Experimentelle Schulchemie Band 6, Physikalische Chemie II (Aulis Verlag, Köln, 1977)
- * Proeven in projectie, experimenten voor de spiegelschrijver van Chemiedidaktiek Vrije Universiteit Amsterdam, 1983
- * Burgess, B.J.: A simple experiment to show migration of ions; School Science Review 62, 717, 1981.
- * Spencer, M: An improved experiment to show the migration of ions; School Science Review 58, 282, 1976.
- * Harris, C.N.: Moving ions and neutralization- what is going on? School Science Review 61, 291, 1979.
- * Hancock, D.J.: Demonstration of the movement of ions in electrolysis; School Science Review 64, 122, 1982.
- * Zielinski, C.: Ionenwanderung sichtbar gemacht; Naturwissenschaften im Unterricht- Physik/Chemie 30, 362, 1982.
- * Little, J.G.: A Simple Demonstration of Ion Migration; Journ. Chem. Education 67, 1063, 1990.



Overgenomen uit: 'Proeven in projectie'.

Bereid een agar-agar gel als volgt:

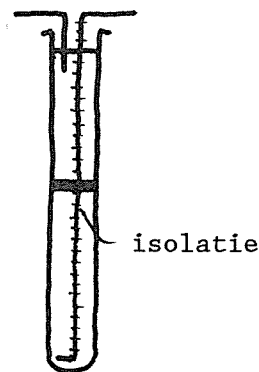
Voeg 1 g agar-agar en 1 g kaliumnitraat toe aan 90 ml gedestilleerd water. Breng de vloeistof aan de kook en laat doorkoken tot de vloeistof helder wordt.

Laat enigszins afkoelen en voeg dan IN DE ZUURKAST onder roeren 10 ml geconcentreerde ammonia toe.

Giet het mengsel in de petrischaal, plaats de elektroden en laat afkoelen.

Een aardige variant is uit te voeren in een reageerbuis. Hierbij moet als onderste elektrode een geïsoleerde draad worden gebruikt die aan beide zijden ca. 1 cm is ontbloot.

De agar-agar gel moet nu in twee bewerkingen aangebracht worden. Na het toevoegen van een eerste portie (tot ongeveer halverwege de buis) enigszins laten afkoelen en dan voorzichtig een dun laagje van het gekleurde mengsel opbrengen en in de agar laten trekken. Pas als dit voldoende stijf geworden is kan een tweede portie agar-agar worden opgebracht en de tweede elektrode geplaatst. Verder uit te voeren als bij het demonstratie-experiment.

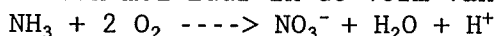


Benodigdheden:

- spanningsbron;
- voltmeter;
- snoertjes en krokodillenklemmen;
- petrischaal zie in opgave;
- 5% kaliumnitraatoplossing;
- kaliumpermanganaat;
- koper(II)nitraat of koper(II)sulfaat;
- geconcentreerde ammonia;
- ammoniumijzer(III)sulfaat;
- kaliumthiocyanaatoplossing;
- koper(II)sulfaat en kaliumchromaat opgelost in ammonia.

Nederland uniek in verzuring I

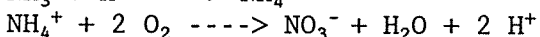
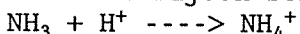
Meestal wordt de reactievergelijking voor de rechtstreekse oxidatie van ammoniak gebruikt om te laten zien dat bij deze oxidatie één mol ammoniak één mol zuur in de vorm van H^+ levert:



Bijna altijd neemt de ammoniak 'onderweg' een equivalente portie zuur mee en arriveert zo als NH_4^+ op de plaats van depositie.

Basisch gedrag en verzurend gedrag treden dus op verschillende plaatsen op; het uiteindelijke effect is echter een versterkt verzurend gedrag op de plaats van depositie.

Om dit te verduidelijken kan men de op verschillende plaatsen verlopende reacties bijeen schrijven:



en daarmee laten zien dat één van beide H^+ uit de oxidatiereactie de 'meegebrachte' H^+ is.

Optellen van beide vergelijkingen geeft natuurlijk de oorspronkelijke vergelijking terug.

Literatuur:

Een uitstekende, recente, publikatie op het gebied van zure regen en wat er tegen kan worden gedaan is de brochure van het Ministerie van VROM: 'Zure regen - oorzaken en oplossingen'.

De brochure is meestal in te zien op gemeentehuizen en bibliotheken.

Bestellen (gratis) is mogelijk op het adres:

Ministerie van VROM,

Centrale Directie Voorlichting en Externe Betrekkingen,

Bureau Beheer en Distributie,

Van Alkemadelaan 85, 2597 AC 's-Gravenhage.

(VROM 90564/12-90-3052/72)

Nederland uniek in verzuring II

Deze 'opgave' is een compleet proefwerk, bestemd voor klas 5 van het VWO. Het proefwerk sluit enigszins aan bij hoofdstuk 4 paragraaf 7 van Chemie.

Het is de bedoeling dat de leerlingen het artikel voor het proefwerk mee naar huis nemen. U kunt hen toestaan aantekeningen bij het artikel te maken. Zij kunnen dan tijdens het proefwerk gebruik maken van het artikel, van hun aantekeningen en van Binas.

Het is wenselijk de leerlingen vooraf te zeggen dat in het proefwerk niet alleen vragen over het artikel gesteld worden, maar ook enkele vragen die een beroep doen op algemene chemische kennis (bedoeld wordt de vragen 1, 2b, 7, 8 en 9b).

Een voorstel voor een antwoordmodel:

1. 2 punten per probleem
2. Per fout 1 punt aftrek
- 3.a. Per stof 1 punt
- 3.b. Bij een bepaalde toelichting (bijvoorbeeld iedere vervuiler moet betalen) kan 'ja' ook goed zijn.
- 4.a. Per stof die in mol is omgerekend 1 punt
- 4.b. Molmassa berekend 1 punt, rest 1 punt
- 4.c. Per stof 1 punt; optelling fout 1 punt aftrekken
- 5.a. Per vergelijking 2 punten
- 5.b. Opschrijven evenwichtsvoorwaarde of bufferformule 2 punten. Opzoeken K_z of pK_z 1 punt. Rest berekening 1 punt.
- 6.a. Als $H^+(aq)$ wordt $NH_4^+(aq)$ 2 punten. Trekken van conclusie 1 punt.
- 6.b. $NH_3(g)$ links en $NO_3^-(aq)$ rechts $\rightarrow$ 1 punt
Bijschrijven $H_2O(l)$ en $H^+(aq)$ $\rightarrow$ 1 punt
Kloppend maken (ook elektrisch) $\rightarrow$ 1 punt
7. 4 goede antwoorden $\rightarrow$ 3 punten
3 goede antwoorden $\rightarrow$ 2 punten
2 goede antwoorden $\rightarrow$ 1 punten
1 of 0 goede antwoorden $\rightarrow$ 0 punten
- 8.a. Per stof 1 punt
- 8.b. Per maatregel 1 punt
- 9.a. In het antwoord moet de 'veedichtheid' centraal staan.
- 9.b. -

Voor het bepalen van een cijfer kunt u uitgaan van de volgende formule:

$$\frac{5 + \text{aantal behaalde punten}}{5} = \text{cijfer}$$

Damwanden onder stroom

In het artikel zijn kennelijk enkele drukfouten geslopen of de schrijver heeft zijn zinnen niet goed gemaakt.

Onduidelijkheid bestaat of de ketting nu in de grond of in het water ligt.

Hoewel er wat fysische begrippen meespelen lijkt het geheel toch op te vatten als een voorbeeld van toepaste chemie.

Over het stroomgebruik:

Uit de berekening komt een waarde van ca. 6500 A. Dat lijkt op het eerste gezicht erg veel. Maar deze stroom wordt verdeeld over een zeer groot damwandoppervlak. Daardoor wordt de stroomdichtheid uiteindelijk nog tamelijk gering.

N.B. Waarschijnlijk zal de damwand elektrisch in een groot aantal secties verdeeld zijn met elk een eigen stroombron met een bescheiden vermogen.

Kunstmatige diamant

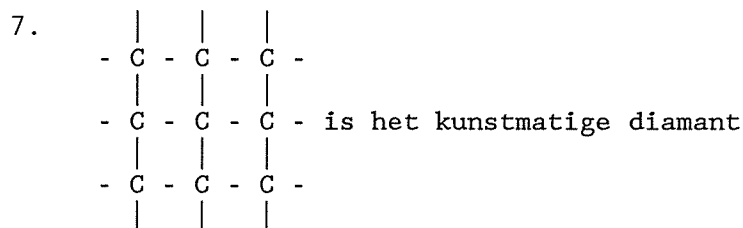
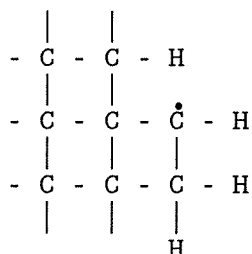
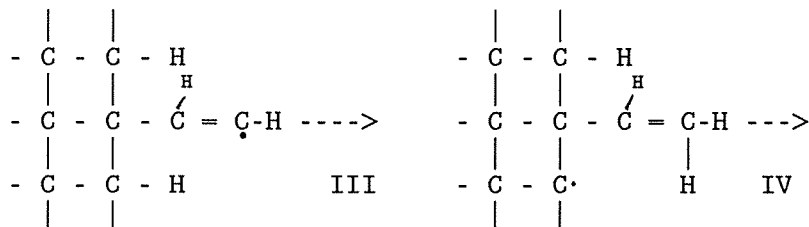
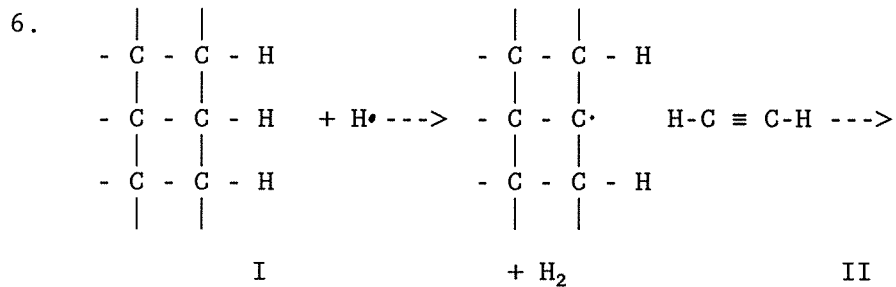
$$\begin{array}{lcl}
 & \text{C(s) diamant} + 2 \text{ H}_2(\text{g}) & \\
 \text{CH}_4(\text{g}) & \text{C(s) grafiet} + 2 \text{ H}_2(\text{g}) & \begin{array}{c} \uparrow 0,76 \text{ kJ/mol} \\ \downarrow \end{array} \begin{array}{c} \uparrow 0,78 \text{ kJ/mol} \\ \downarrow \end{array}
 \end{array}$$

2. Deeltje met ongepaard elektron.

$$3.I \quad H_2 \xrightarrow[2000^\circ]{kat} 2 H\cdot$$

4.A. $2 \text{ CH}_3\cdot \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6$

$$C. \quad C_2H_5 \cdot \xrightarrow{\text{kat}} C_2H_4 + H \cdot$$
$$\text{E. } \text{C}_2\text{H}_3\cdot \xrightarrow{\text{kat}} \text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}\cdot$$
$$5. \quad \text{O}_2 \xrightarrow{\text{kat}} 2 \text{ O} \cdot$$
$$\begin{array}{c}
 | \\
 -C - C - H \\
 | \\
 -C - C - H \\
 | \\
 -C - C - H \\
 |
 \end{array}
 + \cdot C \equiv C-H \longrightarrow
 \begin{array}{c}
 | \\
 -C - C - H \\
 | \\
 -C - C \cdot \\
 | \\
 -C - C - H \\
 |
 \end{array}
 + H-C \equiv C-H$$



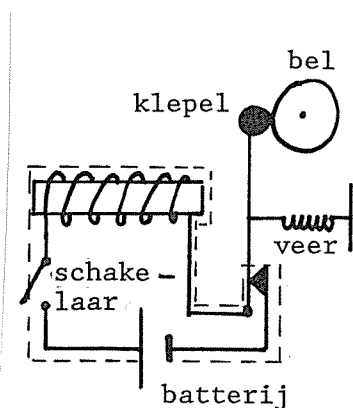
Hoe werkt een batterij?

1.a. Door krom te buigen. Het gaat niet om een 'dikker draadje' maar om een plaatje dat bestaat uit twee laagjes metaal met een verschillende uitzettingscoëfficiënt.

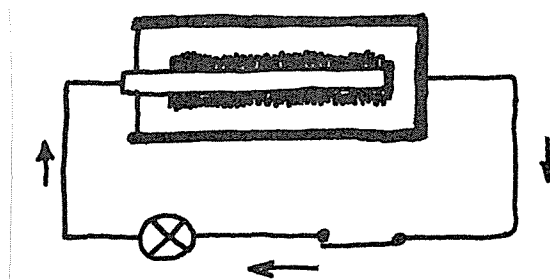
1.b. Bimetaal.

1.c. Nee.

2.a.



- 2.b. Stroom gaat lopen, klepeltje van de bel wordt aangetrokken door elektromagneet, stroomkring wordt onderbroken, veer trekt klepeltje terug, contact wordt hersteld, stroom gaat weer lopen, enzovoorts.
- 3.a. De beschrijvingen vullen elkaar aardig aan.
- 3.b. Er zijn natuurlijk nog veel meer batterij-typen.
4. Oxidator, er worden elektronen opgenomen.
5. $\text{Zn(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2 \text{ e}$
6. Bruinsteen is niet geleidend, grafiet (koolstof) wel. Niet al het bruinsteenpoeder is rechtstreeks in contact met de koolstaaf.
7. Door de stroomkring die 'buitenom' de verbinding vormt tussen zinkbeker en koolstaaf. De koolstaaf geleidt de elektronen tot bij het bruinsteen.
8. Ammoniumchloride; NH_4Cl
9. De opgeloste ionen kunnen zich verplaatsen, ze maken de pasta geleidend.
10. De andere stoffen moeten op hun plaats blijven.
- 11/
- 12.



13. De ionen verplaatsen zich; NH_4^+ naar de koolstaaf, Cl^- naar de zinkbeker.
14. Elektronen gaan 'binnendoor' in de salmiakpasta.
15. - "De elektronen worden door de elektrolyt uit het zink getrokken."
 - "Ze worden aangetrokken door de koolstaaf."
 - "Die komt dan vol met elektronen te zitten ..."
 - "Het zink wordt dan negatief (-), want de elektronen gaan er uit."
 - "... dan willen al die elektronen (...) door het draadje teruglopen ..."
16. -
17. Het zink zou reageren:
 $\text{Zn(s)} + 2 \text{ H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$
 Er komen dan gaten in de zinkbeker, de salmiakpasta zou weglekken.
18. $\text{NH}_4^+(\text{aq}) \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{NH}_3(\text{aq})$
 Nee. Als bij de redoxreactie $\text{H}^+(\text{aq})$ ionen worden verbruikt, kunnen door de bovenstaande reactie nieuwe $\text{H}^+(\text{aq})$ ionen worden gevormd.
19. + 1,23 V respectievelijk - 0,76 V.
20. Te verwachten dus bijna 2,0 V.
21. Er heersen geen standaardomstandigheden; er treedt spanningsverlies op over de (relatief hoge) inwendige weerstand.
22. Nee.
23. De spanning is te laag; er loopt te weinig stroom.

Zelfpellende bananen

1. $\text{C}_2\text{H}_6\text{O(l)} + 3 \text{ O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{ CO}_2(\text{g}) + 3 \text{ H}_2\text{O(l)}$
2. Nee, waarom kijk je niet naar alle aanwezige stoffen?
3. Door $\text{O}_2(\text{g})$ en $\text{CO}_2(\text{g})$.
4. Bij de verbranding verdwijnt een 'portie' gasvormige stof.

5. Door de overdruk in de fles wordt de banaan iets teruggeduwd en ontsnappen er gasen uit de fles.
6. Er ontstaat een sterke drukdaling.
7. - Het verdwijnen van zuurstof zou drukverlaging kunnen opleveren, maar de vorming van $H_2O(g)$ en de uitzetting ten gevolge van de verbrandingswarmte geven meer drukverhoging.
De banaan wordt iets teruggeduwd.
- Waterdamp condenseert tot waterdruppeltjes. Dit geeft een flinke drukverlaging.
De banaan wordt naar binnen geduwd.
- Een deel van het $CO_2(g)$ lost op in de $H_2O(l)$. Dit geeft een flinke drukverlaging.
De banaan wordt nog krachtiger naar binnen geduwd.

Norit voor mens en milieu

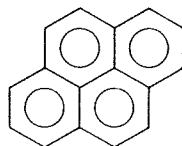
1. Actieve kool of Norit
Diamant
Grafiet
Eventueel: steenkool
2. In elk van de vier gevallen is sprake van scheiding, maar die aanduiding wordt voor nog wel meer processen gebruikt. Dat geldt ook voor de aanduiding uithalen.
Bij scheiding van rotte-eieren-lucht van de rest van lucht dient de actieve kool tegelijk als absorptiemiddel en als filtreermiddel, maar van deze laatste functie is niet in elk van de gevallen sprake.
In elk van de gevallen hecht een 'uit te halen stof' zich aan de actieve kool, die scheidingsmethode wordt absorptie genoemd.
(Scheikundigen spreken ook wel over adsorptie.)
3. 1. Heet water toevoegen aan gemalen koffie (extractie).
2. Roerend Norit toevoegen (adsorptie cafeïne!).
3. Filtreren (het residu is Norit met cafeïne).
4. Indampen filtraat (het resultaat: cafeïnevrije koffiepoeier).
4. In hout zit niet de stof koolstof, dus zal wel element bedoeld zijn. (Let op: in steenkool zit wel de stof koolstof!).
5. Een gedeelte van de stoffen uit turf verdwijnen, daarbij ontstaat onder andere koolstofdioxide.
6. Een gram actieve kool correspondeert (gemiddeld) met 1000 m^2 . Dus twaalf gram met $12 \cdot 10^3\text{ m}^2$, dat is $12 \cdot 10^7\text{ cm}^2$.
7. (Toevoeging van verschillende hoeveelheden zuurstof en vocht ---> verschillende portiegrootte --->) verschillende grootte van oppervlak.

Plofstof

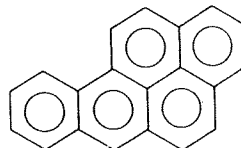
1. Zuurstof en ontsteking (juiste temperatuur of vonk).
2. Dan worden brandstof en zuurstof goed gemengd en kan reactie in de hele ruimte plaatsvinden.
3. Grenzen waartussen de verhouding brandstof / zuurstof zodanig is dat er een explosie van het mengsel kan plaatsvinden.
4. Aluminium (vast) + zuurstof (gas) $\xrightarrow{T}$ aluminiumoxide (vast).
$$Al(s) + O(g) \xrightarrow{T} Al_2O_3(s)$$
5. Puddingpoeder (s) + zuurstof (gas) $\xrightarrow{T}$ koolstofdioxide (gas) + water (vloeibaar).

Electroreclamatie

- 1.a. Stoffen die ionen vormen: de zouten en sommige moleculaire stoffen.
2. Samen met de grond vlakbij de elektroden.
3. Nee, in principe alle stoffen die geladen deeltjes kunnen vormen.
4. Geladen deeltjes
- 5.



pyreen



benzo(a)pyreen of
1,2-benzopyreen

6. Nee
7. Bij ionenuitwisseling komen gebonden ionen vrij en worden vrije ionen gebonden.
8. Niet (zoals in de tekst wordt gesuggereerd) als oorzaak; mogelijk wel als gevolg: zodra in het elektrisch veld vrije ionen zich gaan verplaatsen kan ionenwisseling wellicht optreden.
9. Paarse kleur gaat richting plus-pool; blauwe kleur gaat richting min-pool; rode kleur gaat richting min-pool.
10. Paarse kleur door $\text{MnO}_4^-(\text{aq})$; blauwe kleur door $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}(\text{aq})$; rode kleur door $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}(\text{aq})$.
11. 'Gewoon' water geleidt slecht.
12. Het groenachtige lijntje splitst zich. In de richting van de pluspool gaat een gele vlek; in de richting van de minpool een blauwe vlek.
13. Gele kleur door $\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})$; blauwe kleur door $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}(\text{aq})$.
14. De beide vlekken bewegen naar elkaar toe. Waar ze elkaar ontmoeten ontstaat (weer) een groenachtige kleur. In plaats van een scherp lijntje ontstaat een vlek.
 - De groenachtige kleur ontstaat uit geel en blauw;
 - tijdens de verplaatsing van de ionen raken ze (door diffusie) wat verspreid.
15. Proces laten doorgaan tot de vlekken vlakbij de elektrodes zijn gekomen, dan (alleen daar) de agar-agar met de vlek wegscheppen.

Rookgasreiniging

1. $2 \text{CuO}(\text{s}) + 2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{CuSO}_4$
- 2.a. $6 \text{NO}(\text{g}) + 4 \text{NH}_3(\text{g}) \rightarrow 5 \text{N}_2(\text{g}) + 6 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- 2.b. $6 \text{NO}_2(\text{g}) + 8 \text{NH}_3(\text{g}) \rightarrow 7 \text{N}_2(\text{g}) + 12 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- 3.a. $2 \text{CuSO}_4(\text{s}) \rightarrow 2 \text{CuO}(\text{s}) + 2 \text{S}(\text{s}) + 3 \text{O}_2(\text{g})$
- 3.b. $\text{CuSO}_4(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{CuO}(\text{s}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$
4. Nee, want je stopt er 1 CuO in per CuSO₄ (bij 1.) en bij 3.b. komt er per CuSO₄ ook weer 1 CuO uit.

Canadese magnetron

1. A: magnetron
B: stikstof
C/D: staaldraad, koolstofpoeder

- E/F: olie en zwavel
G/H: stikstof, vluchtige aromaten
2. Die gaan kapot.
 3. Uit tekst: "C-C en C-S bindingen worden verbroken" dus C en S.
Koolwaterstoffen ontstaan: H
(In een autoband is ook katoen aanwezig!)
 4. Dan zullen de autobanden in brand vliegen.
 5. In koeler 2 zal de stof met het laagste kookpunt zich afscheiden.
Een stof met een hoger kookpunt zal 'eerder' (bij die hogere temperatuur) condenseren tot vloeistof. (Koeler 1 heeft een hogere temperatuur dan koeler 2. Daarom kan zich in koeler 2 een stof afscheiden met een lager kookpunt.)

Wat verzuring betreft is Nederland uniek I

- 1.a. Bijvoorbeeld CFK's.
- 1.b. Vooral CO₂, ook (bijvoorbeeld) CH₄.
2. Bij hoge temperaturen (>800 °C), zoals bij de verbranding in automotoren, reageren zuurstof en stikstof (in overmaat aanwezig, uit de verbrandingslucht) met elkaar.
- 3.a. $(\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 3.b. Door verdamping uit mest en gier (er verdwijnt bij gieren/bemesten natuurlijk ook veel direct in de bodem).
- 4.a. Uit 32 g zwaveldioxide (0,5 mol) kan 0,5 mol zwaveligzuur of zwavelzuur ontstaan, wat overeenkomt met 1,0 mol H⁺.
Uit 46 g stikstofdioxide (1 mol) kan 1 mol salpeterzuur ontstaan, wat overeenkomt met 1 mol H⁺.
- 4.b. Stikstofdioxide, NO₂.
- 4.c. Omdat stikstofmonoxide met zuurstof (snel) evenveel mol stikstofdioxide oplevert.
5. $2 \text{SO}_2 + \text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{SO}_4$
 $4 \text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{HNO}_3$
6. $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$
- 7.a. $\text{NH}_4^+ + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{H}^+$
- 7.b. Nauwelijks: nitraat is een zeer zwakke base (zie BINAS-tabel 49).
- 7.c. Van de 2 H⁺ in de reactievergelijking bij a) is er één afkomstig van de oxidatiereactie. De andere werd door het NH₄⁺ 'meegebracht'.
- 7.d. Uit 17 g ammoniak (1 mol) kan 1 mol salpeterzuur ontstaan, wat overeenkomt met 1 mol H⁺.
- 8.a. $2 \text{Al} + 6 \text{H}^+ (+ 6 \text{Cl}^-) \rightarrow 2 \text{Al}^{3+} + 3 \text{H}_2 (+ 6 \text{Cl}^-)$
- 8.b. Nee, dan zou dat aluminium wel uit de bodem gehaald worden; waarschijnlijk worden stoffen zoals aluminiumoxide bedoeld die in (neutraal) water niet maar in zure oplossingen wel reageren.
- 9.a. Ten gevolge van 'verdringing' van de positieve lading van K⁺ door de positieve lading van H⁺ en/of NH₄⁺.
- 9.b. Beter zou zijn: stoffen en/of reagentia die (bijvoorbeeld) het element kalium bevatten. De enkelvoudige stof kalium is zeker niet bedoeld.
10. Eén mol ammoniumsulfaat komt overeen met twee mol NH₄⁺ en dus (zie de reactievergelijking bij vraag 5) met vier mol H⁺ dus met 4 zuur-equivalenten.
Eén zuurequivalent correspondeert dus met 130/4 = 32,5 g (NH₄)₂SO₄.
11. $2400 \cdot 32,5 / 10^4 = 7,8 \text{ g (NH}_4)_2\text{SO}_4$.

Wat verzuring betreft is Nederland uniek II

1. Broeikaseffect, aantasting ozonlaag
..., gebruik spuitbussen (koelkasten)
koolstofdioxide, ...
temperatuur op aarde stijgt, meer U.V.licht op aarde (huidkanker)

2. ..., verkeer, bio-industrie (mest)
 zwaveldioxide, ..., ammoniak
 $\text{SO}_2(\text{g})$, $\text{NO}_x(\text{g})$, ...
- 3.a. Zwaveldioxide en stikstofoxiden
- 3.b. Nee. Nederland exporteert ook veel verzurende stoffen.
- 4.a. $17 \text{ g NH}_3 = 1,0 \text{ mol NH}_3$
 $32 \text{ g SO}_2 = 0,50 \text{ mol SO}_2$
- 4.b. $1,0 \text{ mol NO}_x = 46 \text{ g}$
 $\text{N} = 14 \text{ en O} = 16$
 $14 + 2 \times 16 = 46$
 dus $x = 2$
- 4.c. $96 \text{ g SO}_2(\text{g}) = 1,5 \text{ mol} \rightarrow 3,0 \text{ z.e.}$
 $34 \text{ g NH}_3(\text{g}) = 2,0 \text{ mol} \rightarrow 2,0 \text{ z.e.}$
 $23 \text{ g NO}_2(\text{g}) = 0,50 \text{ mol} \rightarrow 0,50 \text{ z.e.}$
 $12 \text{ g NO}(\text{g}) = 0,40 \text{ mol} \rightarrow 0,40 \text{ z.e.}$

 totaal 5,9 z.e.
- 5.a. $2 \text{ SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) + 2 \text{ H}_2\text{O}(\text{l}) \xrightarrow{\text{oplossen}} 4 \text{ H}^+(\text{aq}) + 2 \text{ SO}_4^{2-}(\text{aq})$
 $3 \text{ NO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \xrightarrow{\text{oplossen}} 2 \text{ H}^+(\text{aq}) + 2 \text{ NO}_3^-(\text{aq}) + \text{NO}(\text{g})$
- 5.b.
$$K_z = \frac{[\text{H}^+(\text{aq})][\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})]}{[\text{HSO}_4^-(\text{aq})]}$$

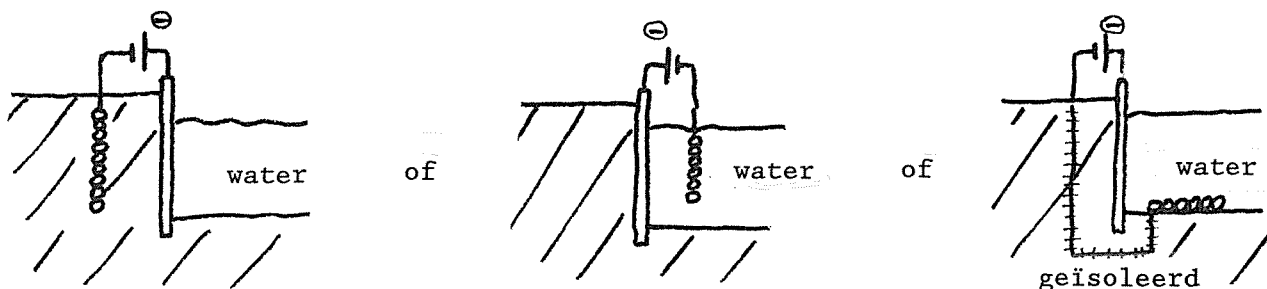
$$[\text{H}^+(\text{aq})] = K_z$$

$$\text{pH} = \text{p}K_z = 1,92$$
- 6.a. $\text{H}^+(\text{aq})$ wordt omgezet in $\text{NH}_4^+(\text{aq})$
 Het aantal deeltjes blijft gelijk maar NH_4^+ is zwakker: tweede be-
 doeling.
- 6.b. $\text{NH}_3(\text{g}) + 3 \text{ H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{NO}_3^-(\text{aq}) + 9 \text{ H}^+(\text{aq}) + 8 \text{ e}^-$
- 7.a. Ja
- 7.b. Ja
- 7.c. Nee
- 7.d. Nee
- 8.a. Koolstofmonoxide, koolwaterstoffen (loodverbindingen kunnen ook
 goed gerekend worden).
- 8.b. Ontzwavelen van brandstoffen voor auto's.
 Afdekken van mestsilos.
 'Wassen' van verbrandingsgassen bij bijvoorbeeld elektriciteits-
 centrales.
- 9.a. In het antwoord moet de 'veedichtheid' centraal staan.
- 9.b. Zowel Noord-Brabant als Gelderland kunnen worden goed gerekend.

Damwanden onder stroom

1. $\text{Fe}(\text{s}) \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{ e}^-$ (a)
 $\text{O}_2(\text{g}) + 2 \text{ H}_2\text{O}(\text{l}) + 4 \text{ e}^- \rightarrow 4 \text{ OH}^-(\text{aq})$ (b)
2. Afschermen van zuurstof en water.
- 3.a. Zie vraag 1. (b)
- 3.b. Het zijn dezelfde reacties.
- 3.c. $\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{ OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2(\text{s})$
 eventueel nog gevolgd door
 $4 \text{ Fe}(\text{OH})_2(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) + 2 \text{ H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 4 \text{ Fe}(\text{OH})_3(\text{s})$
- 4.a. (1) anode; (2) kathode
- 4.b. Aan de anode.
- 5.a. Negatief.
- 5.b. Het evenwicht van halfreactie (a) (zie vraag 1.) komt sterk naar
 links te liggen, er oxideert geen ijzer meer.

5.c.



5.d. De ketting is de anode, die loopt de kans te worden geoxideerd.

5.e. Door ionengeleiding in de (vochtige) bodem of het water.

5.f. Nee, bodem/water hebben een hoge weerstand en de spanning is maar klein ($I=V/R$)

6.a. De prijs van een kWh is onzeker (dagstroom f. 0,18; nachtstroom f. 0,09; industrieel tarief f.) We rekenen met een gemiddelde (all-in) van f. 0,15.

6.b. Voor f. 9.000,- ontvangt men dan $6 \cdot 10^4 \text{ kWh} \approx 2 \cdot 10^{11} \text{ J}$ in een jaar ($3,15 \cdot 10^7 \text{ s}$) d.w.z. ca. $6,5 \cdot 10^3 \text{ J.s}^{-1} = 6500 \text{ A}$. Dat lijkt veel, maar wordt verdeeld over een zeer groot damwandoppervlak.

6.c. Stel, dat het 'werkende' oppervlak ca. 1300 m^2 bedraagt, dan is de stroomdichtheid ca. 5 A.m^{-2} ofwel $0,5 \text{ mA.cm}^{-2}$.

6.d. Ja

7. Als de stroombron voldoende vermogen heeft om het spanningsverschil in stand te houden hindert dat de bescherming niet.

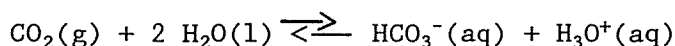
8. -

Dodelijke gaswolk

1. $\rho(\text{CO}_2) = 1,986 \text{ kgm}^{-3}$
 $\rho(\text{lucht}) = 1,293 \text{ kgm}^{-3}$
 (Binas tabel 12a)

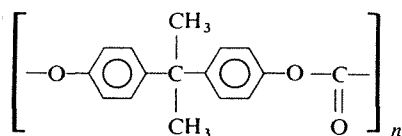
De dichtheid van koolstofdioxidegas is dus groter dan de dichtheid van lucht. Koolstofdioxidegas verdrijft de lucht vlak boven het aardoppervlak, daardoor is er geen zuurstof meer.

2. Met het woord 'lichter' wordt hier de dichtheid bedoeld. (Overigens kan in het antwoord ook ingegaan worden op de vraag of de dichtheid van koud water kleiner is dan die van warm water. Dit is afhankelijk van de temperatuur van het 'koude' en het 'warme' water.)
3. Helium is apolair, tussen de moleculen zijn alleen vanderWaalskrachten. Water is polair, tussen de watermoleculen zijn dipoolkrachten en waterstofbruggen. Door dit verschil in bindingstype zal helium en water niet goed mengbaar zijn.
4. CO_2 is een zuurvormend oxide. De volgende reactie treedt op:



Ofschoon dit evenwicht vrij ver naar links ligt wordt hierdoor wel een deel van het CO_2 gebonden.

Olympisch dak



Bladgroente

1. NO_3^- , NO_2^-
2. Nitraat is aanwezig in meststoffen. Door meer meststof te gebruiken krijg je snellere groei van planten.
3. $\text{NO}_3^- + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$
4. Zuren, reductoren.

Membraan als katalysator

1. Stof die de snelheid van een reactie beïnvloedt, maar daar zelf niet bij verbruikt wordt.
 2. $2 \text{CH}_3\text{OH} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$. Dus molverhouding 2:3.
 3. $2 \text{CH}_3\text{OH} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{X} + 2 \text{H}_2\text{O}$. Dan moet X zijn CH_2O .
 4. Deze stof beïnvloedt niet zozeer de snelheid van de reactie, maar laat heel andere produkten ontstaan. Hij maakt er een andere reactie van.
 5. Het kan zijn dat deze reactie zonder membraan ook optreedt, maar zo langzaam dat je hem niet merkt: de normale verbranding gaat dan kennelijk veel sneller. Nu vergroot het membraan de snelheid van de reactie zodat deze sneller gaat dan de verbranding.
- N.B. Sommige reacties verlopen alleen voldoende snel als je een katalysator (opgeloste stof of oppervlak van een vaste stof) aan het reactiemengsel toevoegt. Andere reacties zijn alleen bekend door het gebruik van een bepaalde katalysator: alleen daarmee ontstaat een bepaald produkt. Zo'n katalysator noemen we: selectief. Het hier beschreven membraan is een voorbeeld van zo'n selectieve katalysator.

Afgedankt speelgoed

1. Cd, Cr
2. Hier wordt niet de stof zelf, maar het element bedoeld.
3. Ja, want de atoomnummers zijn 48 respectievelijk 24.
4. Omdat de zware metalen dan in het grondwater terecht kunnen komen.
5. Je kunt het element niet verwijderen, het blijft altijd aanwezig.