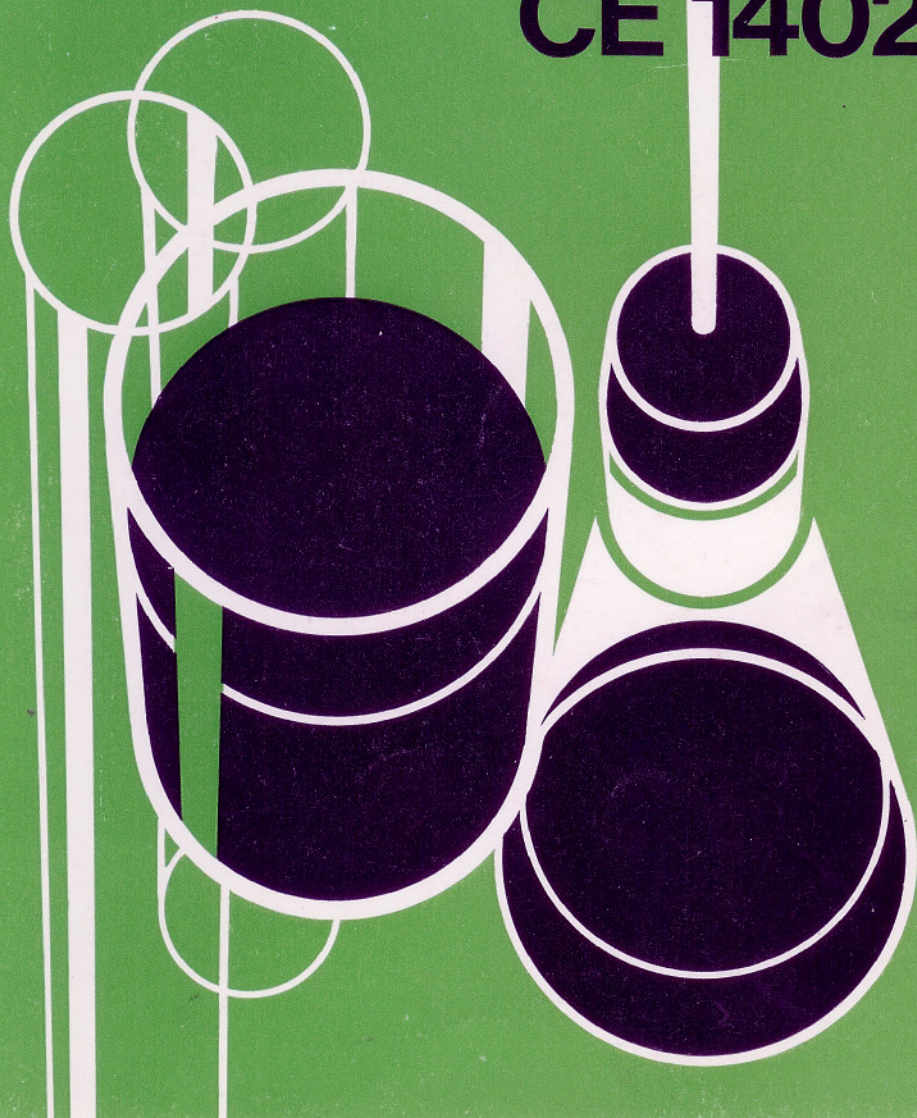


**PHILIPS**

**CHEMIE**  
**experimenteerdoos**  
**CE 1402**







**Handleiding bij de  
Chemie-Experimenteerdoos  
CE 1402**





## INHOUD

	Pagina
Voorwoord	4
Inhoud van de Philips chemie-experimenteerdoos CE 1402	6
De Philips chemie-experimenteerdoos CE 1402	8
Aanwijzingen voor het gebruik	9
1. Suiker – een zoet voedingsmiddel	13
2. Zetmeel – ook een koolhydraat	23
3. Eiwit – niet alleen in een kipei	34
4. Boter en andere vetten	39
5. Melk – een waardevol voedingsmiddel	43
6. Chemie van de plantenwereld	47
7. Alcohol – de geest van de wijn	69
8. Azijn – een organisch zuur	81
9. Papierchromatografie	87
10. Aangangsel: grondslagen van de chemie	92

## VOORWOORD

*Beste jonge chemicus,*

*Je hebt op school of in een boek vast wel eens gehoord of gelezen over Paracelsus, de grondlegger van de zuivere chemie. Na hem zijn vele wetenschapsmensen gekomen die hun leven hebben gewijd aan natuurwetenschappelijk onderzoek. En voor velen van hen stond aan het begin van een zeer belangrijke ontdekking het simpele woordje „waarom“. Zij namen geen genoegen met het antwoord „dat is nu eenmaal zo“; ze wilden het precies weten. Net als jij. Jij zou ook wel eens willen onderzoeken waarom vuur brandt, waarom ijs lichter is dan water, hoe men chemische stoffen kan analyseren en veranderen en nieuwe stoffen kan laten ontstaan.*

*Deze chemie-experimenteerdoos is een goede basisuitrusting voor je onderzoekingen en voor je eerste, eigen experimenten. Hij bevat een echte laboratoriuminrichting: brander, reageerbuisjes, erlemeyerkolven en chemicaliën. Hou je bij je eerste proeven aan deze handleiding en niets staat je succes als jong chemicus in de weg. Je zult vaststellen dat je een geweldig opwindende hobby hebt ontdekt, spannend en altijd interessant. Misschien wordt die hobby nog wel eens de aanleiding tot de keuze van een niet minder levendig en interessant beroep: dat van chemicus of wetenschapsbeoefenaar in het algemeen. Veel belangrijke wetenschapsmensen zijn op dezelfde leeftijd en niet anders dan jij nú met hun eerste onderzoekingen en experimenten begonnen en het is zeker dat bijna niemand onder hen de beschikking had over zo'n complete basisuitrusting als jouw Philips chemie-experimenteerdoos en deze handleiding.*

*In deze tijd zijn die eerste schreden op het pad der chemie voor deze mannen een aardige herinnering – vandaag de dag veranderen diezelfde mannen onze wereld. Ze ontwikkelen nieuwe voedingsmiddelen, nieuwe*



*wegen op het gebied der geneeskunde en alle kunststoffen, die je overal om je heen ziet, zijn gefabriceerd op chemische grondslag. En bijna dagelijks worden nieuwe, belangrijke resultaten geboekt.*

*Ja, de toekomst behoort aan de natuurwetenschappen – de toekomst waarin jij zult leven. Daarom is het uiterst belangrijk dat de moderne jeugd op een praktische en interessante manier – zoals hier met de Philips chemie-experimenteerdoos – met dit fascinerende thema vertrouwd wordt gemaakt.*

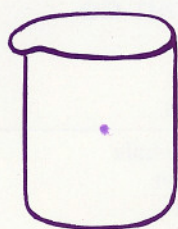
*Als je nu je eerste schreden zet in de fascinerende wereld van de natuurwetenschappen wensen we je daarbij veel plezier. Laat je leiden door deze handleiding – op die manier kun je zelf met succes de grote geheimen van onze wereld ontsluiten.*

## Inhoud van de Philips chemie-experimenteerdoos CE 1402

Bekerglas (Jenaer glas)	001
Erlemeyerkolf (Jenaer glas)	
Reageerbuis, groot (Jenaer glas)	003
Reageerbuis	004
Hoekbuis	005
Glazen buis	006
Porseleinen schaal	007
Grondplaat	008
Reageerbuisklem	009
Spiritusbrander	010
Houder voor de brander (driepoot)	011
Lont	012
Hoornen lepel	013
Trechter	014
Filtreerpapier	015
Lakmoespapier, blauw in strookjes*)	015
Lakmoespapier, rood in strookjes*)	015
Reageerbuisborstel	016
Stop	017
Gummistop, eenmaal doorboord	018
Gummistop, tweemaal doorboord	019
Buisje met ongebluste kalk	
Buisje met kopersulfaat	
Buisje met melksuiker	
Buisje met soda	
Buisje met geel bloedloogzout	
Buisje met pepsine	
Buisje met magnesiumsulfaat	
Buisje met calciumnitraat	
Buisje met kaliumdihydrogeenfosfaat	
Buisje met ijzer-III-chloride, sublimaat	
Buisje met zink, korrelvormig	
Plastic fles voor zoutzuur	
Plastic fles voor natronloog	
Afsluiter voor flessen	
Handleiding CE 1402	

\*) aan het filtreerpapier





001



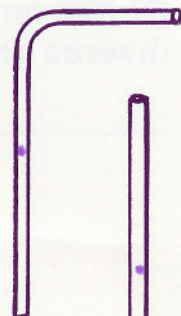
002



003



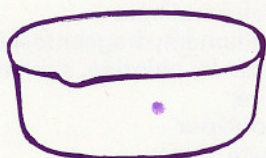
004



005



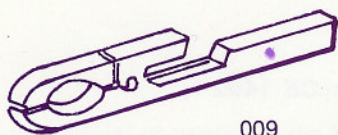
006



007



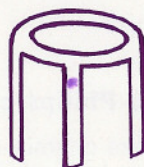
008



009



010



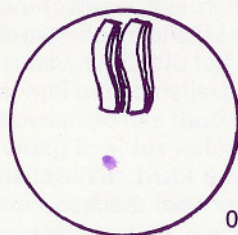
011



012



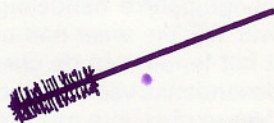
014



015



013



016



017



018



019

## Duitse en Nederlandse benamingen van de diverse chemische stoffen

Duits	Nederlands
Gebrannter Kalk	ongebluste kalk
Kupfersulfat	kopersulfaat
Milchzucker	melksuiker
Soda	soda
Gelbes Blutlaugensalz	geel bloedloogzout
Pepsin	pepsine
Magnesiumsulfat	magnesium sulfaat
Calciumnitrat	calciumnitraat
Kaliumdihydrogenphosphat	kaliumdihydrogeenfosfaat
Eisen-III-chlorid, subl.	ijzer-III-chloride, sublimaat
Zink	zink
Salzsäure	zoutzuur
Natronlauge	natronloog

### De Philips chemie-experimenteerdoos CE 1402

Deze chemie-experimenteerdoos is bedoeld om je binnen te leiden in het geheimzinnige rijk van de chemie of om je kennis uit te breiden. Sommige van je vrienden zullen je benijden om die mogelijkheid, weer anderen zullen een waarschuwende vinger opheffen en je wijzen op de gevaren die bij chemische proefnemingen kunnen optreden. Wat dat laatste betreft: na het uitvoeren van alle experimenten kun je alle twijfelaars geruststellen. Vanzelfsprekend kun je er niet maar wat op los experimenteren maar als je je houdt aan de eenvoudige regels die de handelingen van iedere chemicus bepalen zul je al gauw merken dat **alle experimenten die je met deze doos kunt uitvoeren volkomen ongevaarlijk zijn!**

Voor veel mensen bestaat de chemie uit verwoestende ontploffingen, uit glazen kolven met geheimzinnige, borrelende mengsels, uit kwalijk ruikende en zelfs giftige gassen en allerlei onbegrijpelijke handelingen. Jij, die je aan deze fascinerende wetenschap wilt wijden, weet natuurlijk wel beter. Natuurlijk hoort dat allemaal ook tot het terrein van de chemie maar het is maar een heel klein deeltje. Je zult desondanks veel horen over dit gebied en je zult enthousiast zijn, ook als je **géén explosieve mengsels en géén gifgassen** zult maken.



## Aanwijzingen voor het gebruik

Je staat natuurlijk te popelen om nu direct de eerste experimenten uit te voeren maar voor je daaraan begint moet je de hierna volgende aanwijzingen goed lezen. Daardoor kun je fouten bij het experimenteren voorkomen want je beleeft alleen maar plezier aan geslágde proefnemingen. Bovendien kun je alleen in dat geval kennis op het gebied van de chemie vergaren.

Let nu goed op het volgende:

1. Deze Philips chemie-experimenteerdoos CE 1402 is een aanvulling en een vervolg op de Philips chemie-experimenteerdoos CE 1401. Hij bevat geheel andere en interessante onderwerpen op het gebied van de chemie. In de uitleg bij de proefnemingen vind je daarom soms begrippen die direct begrijpelijk zijn voor diegene die al heeft gewerkt met de chemie-experimenteerdoos CE 1401. Als je echter die doos niet hebt en met deze begint hoef je niet bang te zijn dat je de aanwijzingen niet begrijpt. We hebben namelijk in het hoofdstuk „Grondslagen van de chemie” achter in het boek een kort overzicht met de belangrijkste grondbegrippen en enige interessante verschijnselen uit de wereld van de chemie samengevat. Als je dat hoofdstuk nauwkeurig doorwerkt of onbekende uitdrukkingen daar naslaat zul je geen moeite hebben om de experimenten te begrijpen. Bovendien weet je dan al heel veel als je later misschien eens de chemie-experimenteerdoos CE 1401 krijgt. En voor diegene die de grote doos al heeft is dit hoofdstuk zeker een goede herhaling.
2. De proefnemingen in deze doos behoren voor het merendeel tot het gebied van de organische chemie. Kenmerkend voor dit gebied is o.m. dat de proefnemingen niet altijd in een paar seconden voorbij zijn maar soms wel dagen kunnen duren. Om niet zo lang te hoeven wachten tot zo'n proef is afgelopen, kun je intussen verder werken met een andere proef en na het verstrijken van de aangegeven tijd het eerder begonnen experiment afwerken. Ieder hoofdstuk is zó ingericht dat eerst de belangrijkste proeven bij een thema worden beschreven. In het tweede deel worden dan nog proefnemingen beschreven die het geleerde wat moeten verdiepen.
3. Een geschikte plaats voor je proeven kun je het best inrichten in de keuken, in de kelder of op een zolderkamer. Bspreek maar eens met je ouders wat de beste plaats is. Het zou erg praktisch zijn als je stromend water bij de hand had.
4. Bescherm je werktafel met een kunststof-onderlaag, b.v. een groot plastic dienblad dat niet meer gebruikt wordt of een oud tafelzeil. Een groot stuk plastic folie is ook heel geschikt.



Trek bij je proefnemingen voor alle zekerheid een oude schort of een witte jas aan. Bovendien moet je er voor zorgen dat je steeds een oude lap bij de hand hebt waarmee je gemorste vloeistoffen kunt opnemen. **Vergeet niet je handen te wassen als je klaar bent met je experimenten.**

5. Voordat je met een proef begint moet je de beschrijving van de proef eerst **helemaal** doorlezen zodat je precies weet hoe je te werk moet gaan. Je kunt dan alvast de chemicaliën en de andere benodigdheden klaarzetten zodat je tijdens de proef geen tijd verliest.  
Als je eerst je eigen conclusies uit de proefneming wilt trekken moet je vooraf de schuingedrukte uitleg bedekken en die pas ná het experiment vergelijken met je eigen resultaat.
6. Ruim na elke proef direct alles op en zorg dat de werktafel weer schoon is. Dat geldt natuurlijk niet voor experimenten die een paar dagen in beslag kunnen nemen (zie punt 2).  
Zorg dat de doos goed gesloten is als je er niet mee werkt; en als je jongere broertjes en zusjes hebt, moet je hem opbergen op een plaats **waar ze er niet bij kunnen**, het best achter slot.
7. Gebruik bij de experimenten steeds de aangegeven hoeveelheden chemicaliën. Grotere hoeveelheden geven geen beter resultaat; integendeel, de proef kan er door mislukken. Bovendien moet je dan al heel gauw nieuwe chemicaliën kopen. Wat je niet gebruikt hebt, moet je direct weer in de buisjes doen. Bewaar chemicaliën **nooit** in kopjes of schoteltjes die nog gebruikt moeten worden. Alleen als het voorgeschreven is, mag je bij de experimenten van iets proeven, anders **nooit**! Let er vooral op dat het buisje met ijzer-III-chloride steeds goed dicht is, anders trekt het water uit de lucht aan en daardoor wordt het onbruikbaar.
8. Een regel die voor iedere chemicus geldt is: houd nooit je neus vlak boven een reageer- of een voorraadbuisje. Wuif jezelf met de hand wat toe van hetgeen uit het buisje komt. Veel chemicaliën hebben een zeer stekende geur.
9. Voor de eerste proefneming moet je de spiritusbrander vullen met brandspiritus die je bij iedere drogist kunt kopen. Gebruik daarvoor de trechter die bij deze doos hoort. Dan moet je de lont door de lonthouder trekken en in de brander zetten. De lont moet ongeveer 5 à 10 mm uitsteken. Zet vóór het aansteken de fles met spiritus weg. Als de brander nagevuld moet worden, moet je **in elk geval eerst de vlam doven**.
10. Als je in reageerbuisen iets wilt verwarmen, moet je daarvoor de grote, hittebestendige nemen met het opschrift „Fiolax-Jenaer Glas”. In de handleiding bij de proeven worden ze kortweg „grote reageer-



buizen" genoemd. Klem ze steeds vast met de reageerbuis-klem. Houd de reageerbuis schuin, **met de opening van je af gekeerd** en richt die ook nooit op andere mensen; als er iets uitspat, heeft niemand er last van. Verwarm de bodem van de reageerbuis en beweeg hem in de spiritusvlam heen en weer. De reageerbuisen zonder opschrift, die in de handleiding „reageerbuisen" genoemd worden, mogen niet verwarmd worden.

11. Hittebestendig glaswerk moet bij het verwarmen zorgvuldig behandeld worden zodat het niet springt. Let er daarom altijd goed op dat het van buiten droog is voor je het in de vlam houdt. Laboratorium-glaswerk is bijzonder gevoelig voor temperatuurschommelingen. Verwarmd glas mag daarom nooit in koud water worden gedompeld.
12. Uit veiligheidsoverwegingen zitten er geen vloeistoffen in deze chemie-experimenteerdoos. Het zuur en de loog moet je bij een drogist of in een apotheek kopen in de op de flessen aangegeven concentratie. De „Fehling I"- en „Fehling II"-oplossingen kun je ook in een apotheek kopen. Het verdient aanbeveling je ouders vóóraf te vragen of je deze stoffen mag gaan kopen.

## ATTENTIE

Daar de gevaarlijkheid van een zuur en een loog niet zonder meer herkend kan worden, is steeds grote voorzichtigheid geboden bij het omgaan met deze stoffen.

Draag als je met deze stoffen werkt altijd een witte jas of een schort om je kleren te beschermen. Het zou heel goed zijn als je een bril kon bemachtigen om je ogen te beschermen.

Spatten zuur of loog op de huid moeten direct worden afgespoeld met veel water. Ook zuur of loog op je kleding moet direct worden verwijderd door flink spoelen met water, omdat er anders gaten zouden kunnen ontstaan. Zuren en logen mogen nooit in drinkgerei worden bewaard!

13. Bij sommige proeven moet je een glazen buisje door het gat van een gummistop schuiven. Om te voorkomen dat je je bezeert, moet je het buisje vasthouden met een lapje. Als het dan nog niet makkelijk gaat, is het vaak al voldoende als je het een beetje nat maakt.
14. Alle proeven moeten worden uitgevoerd met schone instrumenten. Je kunt ze makkelijk schoon krijgen met water met een scheutje

vaatwasmiddel. Hardnekkige vlekken, bijvoorbeeld kalkresten, kun je verwijderen met verdund zoutzuur. Altijd met schoon water naspoeien.

Tot slot een goede raad: het is het best als je je instrumenten direct na de proeven schoonmaakt; het vuil laat dan nog gemakkelijk los.

Veel plezier en veel succes!



# 1. Suiker — een zoet voedingsmiddel

Voor ieder van ons is eten en drinken iets vanzelfsprekends. Zonder ons het hoofd erover te breken eten we als we honger hebben en drinken we als we dorst hebben. Voor de opbouw en de instandhouding van het leven is het nodig dat we bepaalde stoffen tot ons nemen; **voedingsmiddelen** noemen we die. Daaronder worden gerekend een groot aantal dierlijke en plantaardige produkten die een bepaalde functie moeten verrichten. In de loop van een dag moet ons lichaam de energie leveren voor een veelheid van bewegingen en een gelijkblijvende lichaamstemperatuur. Deze energie ontleent het o.m. aan de **koolhydraten** (suiker en zetmeel) van de voedingsmiddelen. Zij zorgen ervoor dat het lichaam „loopt” en worden daarom **werkstoffen** genoemd.

In de volgende proeven zul je iets naders te weten komen over de samenstelling van het koolhydraat suiker.

## 1.1 Een zoete aangelegenheid

Een van de belangrijkste energiebronnen en dus werkstoffen voor ons lichaam is de suiker. De suiker die in Europa in het huishouden wordt gebruikt is bijna uitsluitend afkomstig uit het sap van de suikerbiet en wordt daarom bietsuiker genoemd. Daar de grondstof vroeger werd geleverd door het tropische suikerriet kennen we ook nog rietsuiker. Andere soorten suiker, namelijk druiven- en vruchtensuiker, komen voor in vruchten en geven daaraan de zoete smaak.

Doe een monstertje druiven- en bietsuiker op een schoteltje en vergelijk de smaak.

*De smaak van de twee soorten suiker is verschillend. Druivensuiker smaakt niet zo zoet als bietsuiker. Bovendien heeft druivensuiker een verkoelend effect op de tong. Dit verschil in smaak berust op een verschil in chemische samenstelling.*

## 1.2 De grondstoffen van de bietsuiker

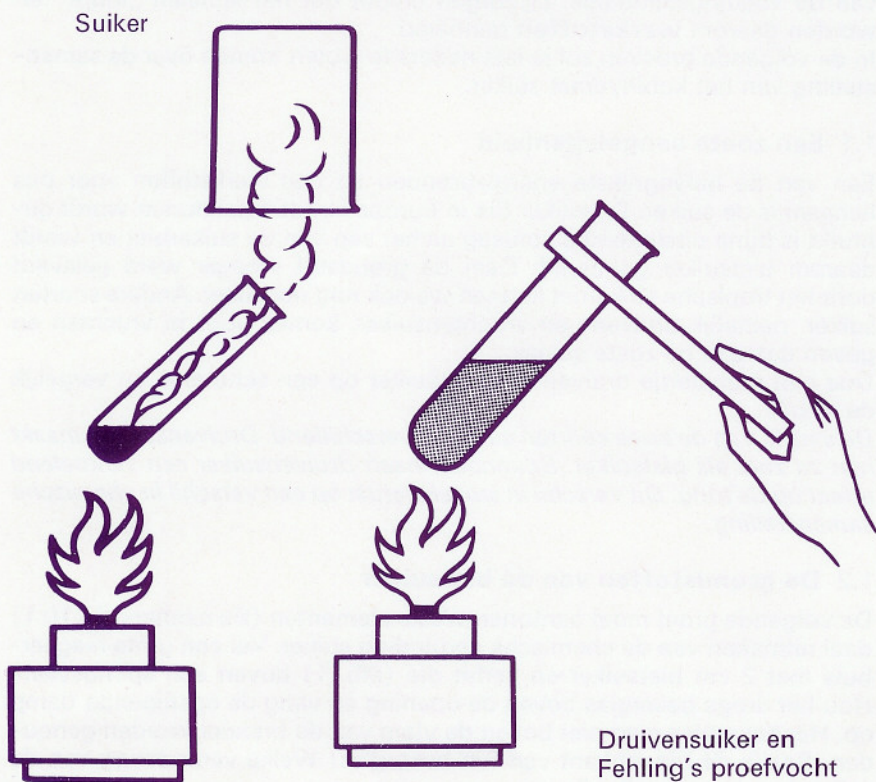
De volgende proef moet aantonen welke elementen (zie aanhangsel 10.1) deel uitmaken van de chemische verbinding suiker. Vul een grote reageerbuis met 2 cm bietsuiker en verhit die (afb. 1) boven een spiritusvlam. Hou het droge bekersglas boven de opening en vang de opstijgende damp op. Het bekersglas mag niet boven de vlam van de brander worden gehouden. Bekijk de binnenkant van het bekersglas! Welke verandering van de suiker kun je vaststellen?

*De suiker in de reageerbuis smelt eerst en wordt daarna bruin van kleur; in het bekersglas verzamelt zich damp. Na enige tijd zie je aan de wanden van het bekersglas een vochtige aanslag of zelfs kleine waterdruppels ver-*

*schijnen terwijl de smeltende suiker steeds donkerder wordt tot er niets meer dan een zwarte massa in het reageerbuisje overblijft.*

*Die zwarte massa is een bestanddeel van de suiker, het element koolstof (C). De twee andere bestanddelen zijn de elementen zuurstof (O) en en waterstof (H) die bij het verhitten als water ( $H_2O$ ) ontsnappen en op de wanden van het bekeerglas waterdruppeltjes vormen. De afscheiding van water bij het verhitten van een verbinding toont aan dat die verbinding de elementen zuurstof en waterstof bevat.*

*De verbinding suiker bestaat dus uit de grondstoffen koolstof, zuurstof en waterstof. Suiker en de chemisch ermee verwante verbindingen noemt men daarom koolhydraten <sup>1)</sup>.*



Afb. 1

Afb. 2

<sup>1)</sup> Grieks hydor = water



*Hoe de verhouding is van de verschillende elementen in de verbinding suiker kun je zien aan de formule.*

*Rietsuiker  $C_{12}H_{22}O_{11}$ .*

*In één molecuul rietsuiker bevinden zich dus 12 atomen koolstof, 22 atomen waterstof en 11 atomen zuurstof.*

**N.B.** De zwarte korst kun je verwijderen met spiritus.

### 1.3 De grondstoffen van druivensuiker

Herhaal de vorige proef met een monster druivensuiker en vergelijk de resultaten!

*Druivensuiker smelt ook en er blijft ook een zwarte massa in de reageerbuis achter, dus koolstof. In het bekeerglas vormen zich eveneens waterdruppeltjes.*

*Druivensuiker bevat dezelfde grondstoffen:*

*Koolstof (C), zuurstof (O) en waterstof (H).*

*De twee soorten suiker zijn chemisch aan elkaar verwant. Het verschil bestaat hierin dat de verschillende elementen in een andere verhouding tot elkaar staan wat de hoeveelheid betreft.*

*Dat kun je zien aan de formule van druivensuiker (zie de formule van rietsuiker).*

*Druivensuiker:  $C_6H_{12}O_6$ .*

*In deze verbinding hebben zich slechts 6 atomen koolstof, 12 atomen waterstof en 6 atomen zuurstof samengevoegd. Bij de vertering van suiker en andere koolhydraten wordt het element koolstof door de ingeademde zuurstof geoxydeerd (zie Aanhangsel: oxydatie) en levert energie aan het lichaam. Het eindprodukt van deze chemische verandering, namelijk kool-dioxyde, wordt weer uitgeademd.*

### 1.4 Druivensuiker – chemisch herkend

Om druivensuiker chemisch aan te tonen heb je een bijzonder herkenningsmiddel nodig dat de chemici een **reagens** noemen. Dit herkenningsmiddel bestaat uit twee vloeistoffen die pas kort voor het gebruik bij elkaar worden gevoegd en dan **Fehling's proefvocht** wordt genoemd. Die reagens kun je in de apotheek kopen.

Vul een grote reageerbuis voor één derde met water (het best is gedestilleerd water!) en los daarin een halve lepel druivensuiker op. In een andere reageerbuis meng je een kleine hoeveelheid Fehling I en Fehling II in de verhouding 1 : 1. Het mengsel krijgt een diepblauwe kleur: Fehling's proefvocht. Giet nu bij de druivensuikeroplossing zo veel Fehling's proefvocht tot alles een duidelijke blauwe kleur heeft en verhit het mengsel boven de spiritusvlam tot het kookt (afb. 2). Kijk goed hoe de kleur van het mengsel verandert!

*Bij het verhitten wordt het mengsel van druivensuiker en Fehling's op-*

lossing eerst groengeel, daarna oranje-rood. Die rode kleur is het bewijs dat een oplossing druivensuiker bevat.

Fehling's proefvocht is een herkenningmiddel voor druivensuiker.

### 1.5 Fehling's proefvocht helpt om te onderscheiden

Herhaal de proef 1.4. Gebruik in plaats van druivensuiker echter bietsuiker (huishoudsuiker) en kijk of er nu ook een kleurverandering optreedt! *Bij het verhitten met Fehling's proefvocht reageert bietsuiker niet omdat het chemisch anders is samengesteld dan druivensuiker (zie proef 1.3 en 1.4). Alleen wanneer de elementen koolstof, zuurstof en waterstof in dezelfde verhouding staan als bij druivensuiker lukt de proef met Fehling's proefvocht.*

### 1.6 Vruchten bevatten druivensuiker

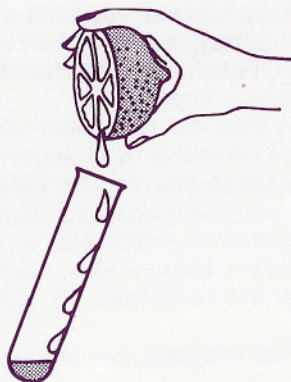
Om te onderzoeken of vruchten druivensuiker bevatten moet je rozijnen, wijndruiven, stukjes banaan en appel of andere vruchten na elkaar in een bekersglas doen. Overgiet ze met water, druk ze fijn met een vork en verwarm ze. Doe elke keer een beetje van de vloeistof in een grote reageerbuis. De moes moet in het bekersglas achterblijven. Neem weer de proef met Fehling's proefvocht!

*Als ze met Fehling's proefvocht worden verhit zul je bij alle monsters de karakteristieke rode kleur zien verschijnen. Vruchten bevatten druivensuiker en bovendien nog een ander soort suiker, de vruchtensuiker. Een molecuul vruchtensuiker bevat dezelfde bestanddelen als die van druivensuiker, alleen de opbouw verschilt.*

### 1.7 Suiker in een citroen?

Pers het sap uit een halve citroen (afb. 3), voeg daar wat Fehling's proefvocht aan toe en verwarm het. Kijk of er hier ook een kleurverandering optreedt.

Afb. 3





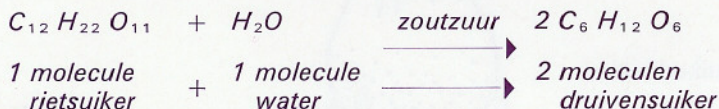
Weer wordt de oplossing oranje-rood. Citroenen bevatten dus ook druivensuiker die echter door de zure smaak van het citroenzuur wordt overheerst.

### 1.8 De overeenkomst tussen biet- en druivensuiker

Zoals je bij de proeven 1.2 en 1.3 hebt gezien bevatten biet- en druivensuiker weliswaar dezelfde grondstoffen maar in een andere verhouding waardoor verbindingen ontstaan die chemisch van elkaar verschillen. De volgende proef zal aantonen welke overeenkomsten er bestaan tussen de beide suikersoorten.

Vul een grote reageerbuis voor één derde met water (zo mogelijk gedestilleerd water), los daarin een lepel huishoudsuiker (bietsuiker) op en voeg er een scheutje verdund zoutzuur aan toe. (Let op de aanwijzingen over het gebruik van zuren in het Aanhangsel: Grondslagen van de chemie). Verwarm de oplossing al schuddend boven de spiritusvlam tot ze kookt. – Daar de oplossing voor deze proef geen zuur meer mag bevatten moet je er een strookje rood lakmoespapier in hangen en er net zo lang soda aan toevoegen tot het lakmoespapier blauw wordt. – Neem nu de proef zoals 1.4 met Fehling's proefvocht!

De oplossing krijgt een oranje-rode kleur en bevat dus druivensuiker. Door koken met zoutzuur verandert bietsuiker in druivensuiker. De grote molecule van de rietsuiker met de formule  $C_{12}H_{22}O_{11}$  split in twee moleculen druivensuiker met de formule  $C_6H_{12}O_6$ . Daarbij wordt nog water opgenomen om de ontbrekende waterstof- en zuurstofatomen aan te vullen. Voor de verandering van rietsuiker in druivensuiker luidt de vergelijking (zie Aanhangsel: Grondslagen van de chemie):



### 1.9 Zelf bonbons maken

Vul een reageerbuisje voor ongeveer één derde met bietsuiker en verwarm het langzaam boven de spiritusvlam.

Als de suiker is gesmolten giet je de bruine massa direct op een stuk perkament papier dat je eerst met wat slaolie hebt ingevet en laat het afkoelen. Proef er dan maar eens van.

De bekende suikersmaak is verdwenen. Je hebt nu gebrande suiker. Men noemt dat *caramel* en het wordt in deze vorm gebruikt bij de fabricage van suikerwerken (*caramels*).

### 1.10 Bonbons met smaak

Vraag je moeder om een pannetje en doe er een paar lepels suiker in. Verhit de suiker langzaam op het gasfornuis. Als de suiker begint te smelten voeg

je er, al roerend, een beetje gecondenseerde melk en citroen- of sinaas-appelsap aan toe. Daarna doe je de massa in een bord waarin een laagje water staat. Laat alles afkoelen en probeer je snoepjes maar eens.

*Door toevoeging van gecondenseerde melk en vruchtensap heb je de smaak van de caramels veranderd.*

### 1.11 Een biet levert een zoete sap

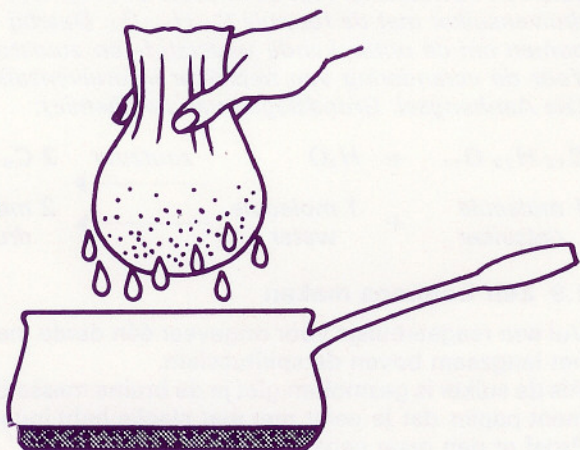
De twee volgende proeven kun je alleen uitvoeren als je de beschikking hebt over een suikerbiet.

Haal de schil er af, snijd de biet in kleine snippers en doe die in een pan. Giet er zoveel water bij dat de snippers bedekt zijn en kook het geheel ongeveer een uur op het fornuis. Giet na het afkoelen de brei in een linnen doek, druk hem goed uit en verzamel het sap in een andere pan (afb. 4). Proef dat vocht eens!

*Het sap smaakt zoet.*

*De snippers biet worden door het hete water uitgelopen waarbij ook de suiker vrijkomt. In een suikerfabriek worden grote hoeveelheden suikerbieten precies zo behandeld in grote vaten. Daarbij ontstaat het zogenaamde ruwe sap waaruit suiker wordt gewonnen.*

Brei van suikerbieten



Afb. 4

### 1.12 Uit bietensap komt suiker

Verhit op het fornuis het ruwe sap uit proef 1.11 en laat het onder voortdurend roeren koken tot het begint in te dikken. Doe een paar druppels op een schoteltje. Laat die een paar dagen staan en houd ze in het oog. *Bij het indampen van het ruwe sap ontstaat de dikke stroop die je ook op brood kunt smeren.*



*Op het schoteltje ontstaan na verloop van een paar dagen suikerkristallen. Stroop en suikerkristallen zijn nog bruin door de aanwezigheid van vreemde stoffen. Bij de verwerking tot huishoudsuiker (raffinade) worden die vreemde stoffen door bijzondere reinigingsmethoden (raffinage) verwijderd.*

### 1.13 Kandij-suiker

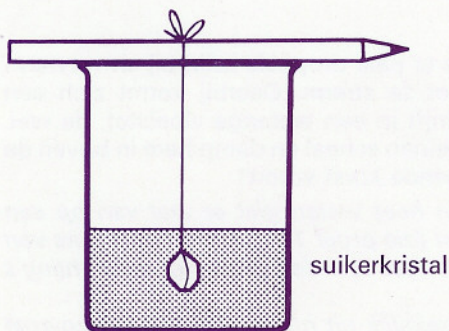
Vul een bekerglas voor de helft met water en voeg er onder voortdurend roeren zo veel suiker aan toe tot die niet meer oplost. Dat moment is bereikt als er suikerkristallen op de bodem blijven liggen. Men spreekt dan van een **verzadigde oplossing**. Giet die oplossing in een niet te diep bord, laat haar een paar dagen staan en let goed op!

*Het water verdampt en er ontstaan suikerkristallen van verschillende grootte. Suiker in deze vorm komt in de handel als kandij.*

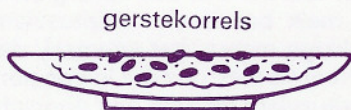
### 1.14 Suikerkristallen kunnen groeien

Neem een bijzonder goed gevormde suikerkristal uit proef 1.13 en bind er een haar of een heel dun draadje aan vast. Bevestig het andere eind van het draadje aan een potlood. Maak daarna nog eens een verzadigde suikeroplossing (zie proef 1.13), filtreer die en hang het suikerkristal er in. Het draadje moet zó lang zijn dat je het potlood op de rand van het bekerglas kunt leggen en het kristal vrij in de oplossing hangt (afb. 5). Zet het bekerglas op een rustige plaats en controleer het kristal na enige tijd! *Al na ongeveer twee dagen kun je vaststellen dat het suikerkristal groter is geworden. Het vormt namelijk een kristallisatiepunt waarop zich steeds meer kristallen vasthechten naarmate het water verdampt.*

*Het suikerkristal groeit net zo lang als het omgeven is door de verzadigde oplossing. Als er te veel water is verdampt kun je het proces voortzetten door het kristal in een verse verzadigde en gefiltreerde oplossing te hangen. Op die manier krijg je een groot stuk kandij.*



Afb. 5



Afb. 6

### 1.15 Suikerproef met gerst

Haal in een zaadhandel wat gerst en breek een paar korrels. Misschien mag je ze van je moeder wel malen in de koffiemolen. Doe daarna de gemalen korrels in een grote reageerbuis, doe er wat water bij en neem met behulp van Fehling's proefvocht de suikerproef (zie proef 1.4)!

*Bij het verwarmen verschijnt er geen neerslag. De chemicus zegt in zo'n geval dat de proef negatief verloopt.*

### 1.16 Door kiemen veranderd

Leg een paar gerstekorrels samen met vochtige watten op een schoteltje en laat de gerst kiemen (afb. 6). Als de kiemen ongeveer net zo lang zijn als de korrel moet je de korrels met een mes klein snijden. Doe ze in een grote reageerbuis en overgiet ze met warm water. Flink schudden en het vocht filtreren. Neem de proef met Fehling's proefvocht en let goed op!

*De oplossing kleurt oranjerood. Dit keer wordt die verkleuring echter niet veroorzaakt door druivensuiker maar door een soort suiker dat bij het kiemen in de gerstekorrel ontstaat, de zogenaamde moutsuiker. De gekiemde gerst noemt men mout, een van de grondstoffen voor de bierbereiding (zie proef 7.16).*

### 1.17 Mout in blokjes is ook suiker

Maak een blokje mout (moutbonbon) klein. Doe een paar stukjes in een grote reageerbuis, los die op in warm water en neem de proef met Fehling's proefvocht!

*Weer neemt de oplossing een oranjerode kleur aan. Die wordt veroorzaakt door de moutsuiker die gebruikt wordt bij de bereiding van mout in blokjes. Deze moutsuiker is chemisch dezelfde verbinding als die ontstaat bij het kiemen van gerst.*

### 1.18 Suiker in de melk?

Giet wat melk in een bekersglas, doe er paar druppels azijn bij en verwarm de melk boven een spiritusvlam tot ze stremt. Daarbij vormt zich een vlokke massa, het stremsel, dat drijft in een waterige vloeistof, de wei. Filtreer de wei, doe die in een porseleinen schaal en damp hem in boven de spiritusvlam tot zich een doorschijnende korst vormt!

*Los die korst na het afkoelen op in heet water, giet er wat van op een schoteltje en laat het uitkristalliseren (zie proef 1.12). Proef dan eens van de kristallijne massa! Onderzoek de rest van de oplossing met Fehling's proefvocht!*

*De kristallijne massa bestaat hoofdzakelijk uit melksuiker die niet zo zoet smaakt als gewone suiker.*



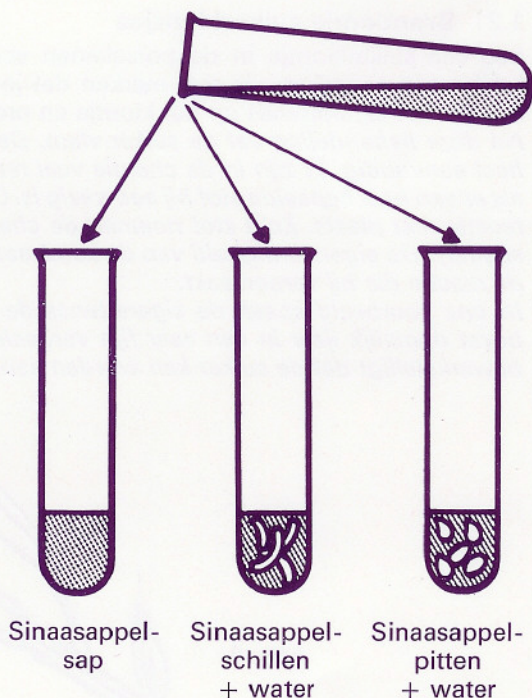
*Na toevoeging van Fehling's proefvocht krijgt melksuiker eveneens een orangerode kleur.*

*Melksuiker is zeer belangrijk voor de voeding van kleine kinderen omdat hij licht verteerbaar is.*

Afb. 7



Afb. 8



### 1.19 Overal druivensuiker

Schil een sinaasappel. Pers het sap eruit en giet daarvan een beetje in een grote reageerbuis. Doe in een tweede grote buis een paar stukjes schil en in een derde 2 of 3 geplette pitten. Giet op de pitten en de stukjes schil wat water en verhit die twee buisjes. Onderzoek daarna de inhoud van de drie reageerbuisjes op druivensuiker (afb. 8) !

*Alle drie proeven tonen de bekende orangerode neerslag, misschien de proef met de pitten niet zo overtuigend. Niet alleen het sap maar ook de schil en zelfs de pitten van de sinaasappel bevatten druivensuiker. Dat had je vast niet gedacht. In veel plantendelen wordt druivensuiker opgeslagen.*

## 1.20 Ook bijenhoning bevat druivensuiker

Los in een grote reageerbuis een beetje bijenhoning op in water. Neem dan met Fehling's proefvocht de druivensuiker-proef!

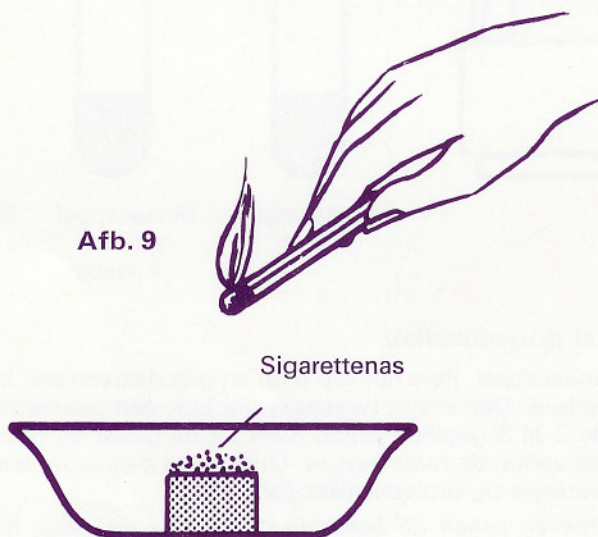
*De orangerode neerslag wijst op de druivensuiker. In zijn bloesem produceert de plant nectar dat veel druivensuiker bevat. Deze nectar wordt door de bijen veranderd in honing*

## 1.21 Brandende suikerklontjes

Leg een suikerklontje in de porseleinen schaal en probeer het met een lucifer aan te steken. Je zult merken dat je dat niet lukt. Strooi nu wat sigaren- of sigarettenas op het klontje en probeer het nog eens (afb. 9). *Na deze behandeling vat de suiker vlam. De verklaring hiervan is niet zo heel eenvoudig. Er zijn in de chemie veel reacties die alleen plaatsvinden als er een heel bepaalde stof bij aanwezig is. Ontbreekt die stof dan vindt de reactie niet plaats. Zo'n stof noemen de chemici een katalysator (versneller). De eigenaardigheid van de katalysator is dat hij geen rol speelt in de reactie die hij veroorzaakt.*

*In ons voorbeeld speelt de sigarettenas de rol van katalysator. Deze as bevat namelijk ijzer in een zeer fijn verdeelde vorm (zie proef 6.34) dat bewerkstelligt dat de suiker kan worden aangestoken.*

Afb. 9





## 2. Zetmeel — ook een koolhydraat

Naast suiker is zetmeel een van de belangrijkste werkstoffen voor ons lichaam. Deze voedingsstof vinden we hoofdzakelijk in planten. In sommige plantendelen, zoals knollen, wortels en zaden, is bijzonder veel zetmeel opgeslagen. Ook onze basis-voedingsmiddelen aardappelen en graan (meel) zijn zulke voorraadschuren. Uit de volgende proef moet blijken uit welke grondstoffen zetmeel bestaat.

### 2.1 Samenstelling van zetmeel

Vul een grote reageerbuis met ca. 2 cm zetmeel (aardappel- of tarwemeel). Verhit het boven de spiritusvlam (afb. 10), houd tegelijkertijd het bekersglas boven de opening van de reageerbuis en let goed op!

*Bij verhitting wordt zetmeel vlug zwart. De vrijkomende dampen vormen aan de wanden van het bekersglas waterdruppels. Nu weet je meteen waaruit zetmeel is samengesteld. Het zwarte restant is koolstof. Het water ontstaat bij verhitting uit de elementen waterstof en zuurstof die ook deel uitmaken van zetmeel. Zetmeel is evenals suiker een koolhydraat. Meer daarover in proef 2.11.*

### 2.2 Een herkenningsmiddel voor zetmeel

Doe wat aardappelmeel in een reageerbuis, vul die voor de helft bij met water en schud de inhoud flink. Voeg er dan een paar druppels jodiumtinctuur<sup>1)</sup> aan toe (afb. 11) en let op!

*Direct na de toevoeging van de jodiumtinctuur wordt de troebele meelbrei diepblauw, vaak bijna zwart. Het door jodium blauw gekleurde zetmeel betitelt men ook vaak als jodiumzetmeel.*

Een jodiumoplossing is een herkenningsmiddel voor zetmeel

### 2.3 Het herkenningsmiddel wordt beproefd

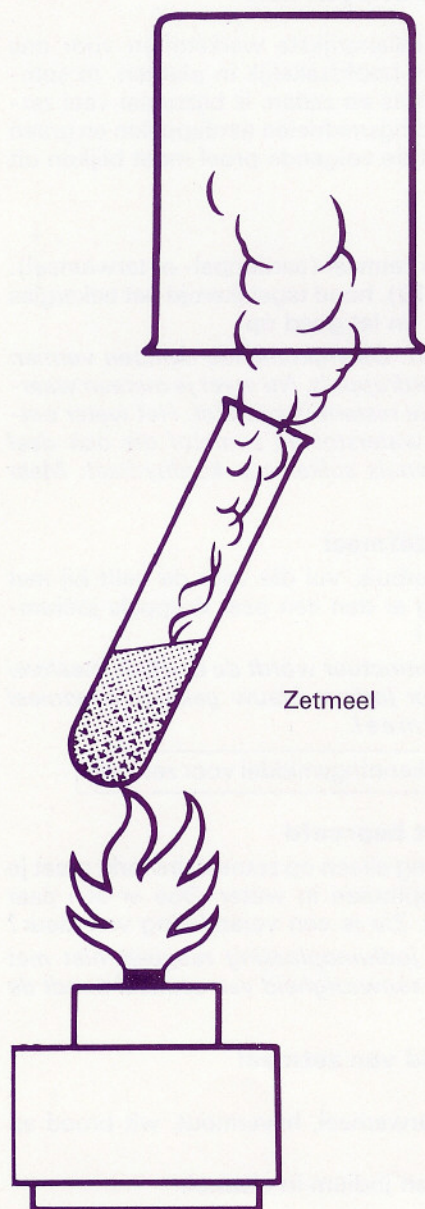
Om te bewijzen dat een jodiumoplossing alleen op zetmeel inwerkt moet je in een reageerbuis een lepel suiker oplossen in water. Doe er een paar druppels jodiumtinctuur bij en schud. Zie je een verandering van kleur? *De oplossing wordt niet blauw. De jodiumoplossing reageert niet met suiker. De proef is negatief. Alleen bij aanwezigheid van zetmeel treedt de typische blauwzwarte kleurreactie op.*

### 2.4 Bewijzen van de aanwezigheid van zetmeel in voedingsmiddelen

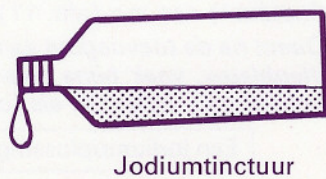
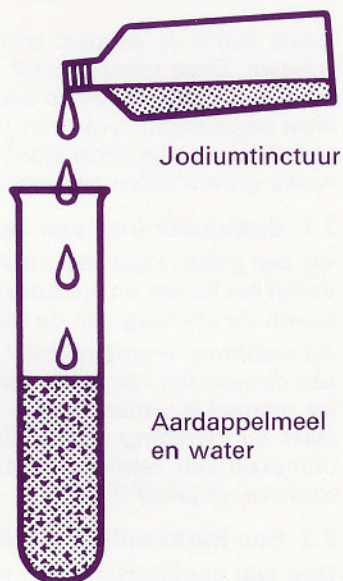
Doe in verschillende reageerbuizen tarwemeel, havermout, wit brood en

<sup>1)</sup> Jodiumtinctuur is een oplossing van jodium in alcohol.

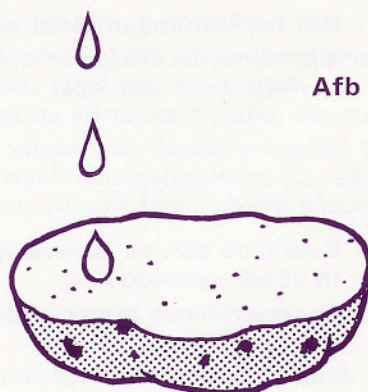
Afb. 10



Afb. 11



Afb 12





bruin brood. Overgiet alle monsters met warm water en schud ze. Voeg er dan 2 of 3 druppels jodiumtinctuur aan toe en kijk wat er gebeurt!

*Alle graanprodukten – en daar hoort brood dus ook bij – bevatten veel zetmeel. Daarom spelen ze zo'n belangrijke rol in het menselijke voedingspatroon. Omdat graanprodukten zo'n groot aandeel hebben in onze voeding voorzien we onszelf op die manier van veel werkstoffen.*

*Misschien vind je zelf nog andere voedingsstoffen die je met een jodiumoplossing op de aanwezigheid van zetmeel kunt onderzoeken.*

## 2.5 Zetmeel ook in aardvruchten?

Snijd een aardappel in tweeën, laat een paar druppels jodiumtinctuur op het snijvlak vallen (afb. 12) en let op!

*De jodiumoplossing veroorzaakt een blauwzwarte vlek op het snijvlak. Evenals graan bevatten aardappels veel zetmeel. Om die reden rekenen we ze tot de basisvoedingsmiddelen.*

In de volgende tabel kun je zien hoeveel procent zetmeel enkele van onze voedingsmiddelen bevatten.

Aardappels	17–23 %
Rogge	50–60 %
Tarwe	60–70 %
Maïs	65–75 %
Rijst	70–80 %

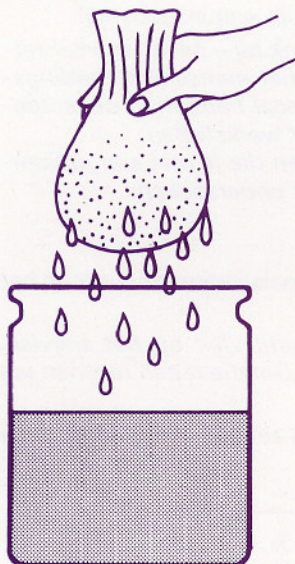
## 2.6 Zetmeel uit aardappels

Als je bij de volgende proeven geen gebruik wilt maken van het aardappelmeel (zetmeel) dat overal te koop is dan kun je zelf zetmeel maken. Schil een paar aardappels en rasp ze. Vul dan een inmaakglas voor de helft met water. Doe daarna de geraspte aardappel in een linnen lap en druk die uit boven het inmaakglas zodat het sap in het heldere water druppelt (afb. 13). Pas op dat de lap niet scheurt. Laat het inmaakglas een dag rustig staan. Als zich op de bodem een wit beslag vormt moet je het overtollige water voorzichtig uitschenken en het glas laten staan tot de witte massa gedroogd is. Onderzoek een klein monster met jodiumtinctuur!

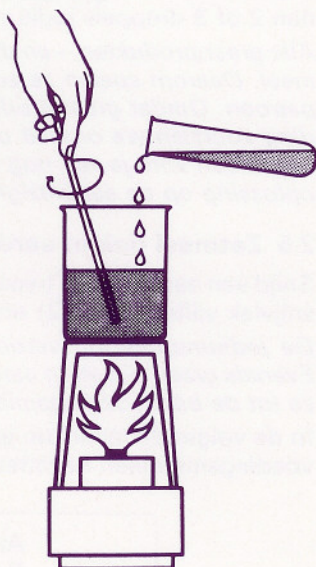
*De blauwe kleur bewijst dat je te maken hebt met zetmeel. Uit proef 2,5 weet je al dat aardappels zetmeel bevatten. Door het raspen wordt het zetmeel door de brij verdeeld en bij het uitknijpen van de doek komt het samen met het sap in het water terecht.*

*Doe de rest van het zetmeel in een reageerbuis, sluit die af met een stop en bewaar het voor de volgende proeven.*

Afb. 13



Afb. 14



## 2.7 Zetmeel – oplosbaar in water?

Om te onderzoeken of zetmeel in water oplost moet je een lepel tarwemeel al roerend in een beker glas doen dat voor driekwart met water is gevuld. Laat het mengsel een dag staan en filtreer het. Neem vervolgens de proef met jodiumtinctuur! Wat merk je op?

*De jodiumoplossing veroorzaakt geen verandering van kleur, de aanwezigheid van zetmeel in het filtraat is niet aantoonbaar. Zonder een behandeling vooraf is zetmeel niet oplosbaar in water.*

## 2.8 Zetmeellijm

Voor het maken van zetmeellijm moet je een beker glas voor de helft met water vullen en boven de spiritusvlam aan de kook brengen. Doe dan drie lepels aardappelmeel in een reageerbuis en vul die tot aan de rand met water. Schud flink tot het zetmeel gelijkmatig in het water verdeeld is en er een melkachtig, troebel bezinksel ontstaat. Eventueel kun je nog wat roeren met een glazen buisje of een breinaald. Giet daarna al roerend met het glazen buisje het bezinksel in het kokende water in het beker glas (afb. 14). Verhit alles nog 1 à 2 minuten en let op!

*In het beker glas ontstaat een dikke brij. Bij het verhitten in water zet het zetmeel sterk uit, het wordt een pap die zetmeellijm wordt genoemd. De eigenschap van het uitzetten komt de huisvrouw goed van pas bij het*



*binden van sausen; ze doet er wat meel bij. Bewaar de zetmeellijm voor de volgende proeven.*

## 2.9 Zetmeel als plakmiddel

Smeer wat zetmeellijm gelijkmatig uit over een vel papier en druk er een ander vel op. Probeer na een uur of twee of je de vellen nog van elkaar kunt krijgen!

*De vellen papier zijn zonder beschadigingen niet van elkaar te scheiden. Tijdens het drogen ontwikkelt zetmeellijm een zekere kleefkracht. Daarom werd het vroeger vaak gebruikt bij het behangen. Vandaar ook de naam zetmeellijm.*

## 2.10 Druivensuiker in zetmeel?

Doe een lepel zetmeellijm in een grote reageerbuis. Als hij te dik is geworden kun je hem verdunnen met wat warm water. Neem nu met Fehling's proefvocht de druivensuiker-proef (zie proef 1.4).

*Er komt geen reactie – de proef verloopt negatief. Hieruit blijkt dus dat zetmeel geen druivensuiker bevat hoewel ze beide dezelfde grondstoffen bevatten.*

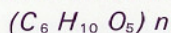
Uit de volgende proef zal blijken dat er desondanks een grote overeenkomst bestaat tussen deze twee voedingsstoffen.

## 2.11 Verwantschap tussen zetmeel en druivensuiker

Voor deze proef moet je een lepel zetmeellijm uit proef 2.8 in een grote reageerbuis doen. Voeg er een scheut zoutzuur aan toe en verhit het tot het kookpunt. Wees voorzichtig bij het verhitten want zetmeellijm spat gauw. Daarom moet je het reageerbuisje voortdurend in de vlam bewegen en de opening van je af houden. Laat daarna afkoelen.

Daar de oplossing voor de volgende proef geen zuren meer mag bevatten moet je er zoveel soda bij doen tot het rode lakmoespapier blauw wordt (zie proef 1.8). Verricht nu met Fehling's proefvocht de druivensuikerproef.

*De oranje-rode neerslag wijst op druivensuiker. Zoals je uit de vorige proeven al weet bevatten zetmeel en druivensuiker dezelfde grondstoffen. Ze zijn nauw met elkaar verwant. De meeste planten vormen suiker die dan in zetmeel wordt veranderd. Dat komt doordat heel veel suikermoleculen aaneensluiten tot één zetmeelmolecule. Daarbij wordt water uitgescheiden. Het aantal aaneengesloten suikermoleculen hangt van de soort planten af. Het kunnen er tussen 200 en 2000 zijn. Omdat men het niet precies kan aangeven neemt men voor dit aantal de letter n die staat voor elk getal tussen de 200 en 2000. De formule van zetmeel luidt dus:*



*Door het koken met zoutzuur wordt de zetmeelmolecule weer veranderd in de kleinere druivensuikermolecule waarbij het oorspronkelijk afgestane*



water weer moet worden opgenomen. Er ontstaan weer net zo veel druivensuikermoleculen als voorheen, vóór ze zich tot zetmeel hadden samengebundeld. Ook hier staat de letter  $n$  voor het juiste aantal.

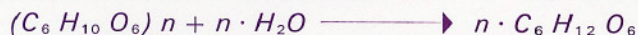
De chemische vergelijkingen voor deze veranderingen luiden:

1. Zetmeelvorming uit druivensuiker:



$n$  moleculen druivensuiker scheiden  $n$  moleculen water af en vormen 1 molecuul zetmeel.

2. Druivensuiker uit zetmeel:



1 molecuul zetmeel neemt  $n$  moleculen water op en wordt  $n$  moleculen druivensuiker.

Op deze manier worden grote hoeveelheden druivensuiker industrieel uit zetmeel vervaardigd en komen b.v. als Dextroenergietabletten in de handel.

## 2.12 Vertering van zetmeel

Om te onderzoeken hoe zetmeel in het lichaam wordt verwerkt moet je een beetje zetmeelpap in een grote reageerbuis doen en er veel speeksel aan toevoegen. Verwarm de reageerbuis nu ca. vijf minuten boven de spiritusvlam. Let er vooral op dat de inhoud **niet** gaat koken want anders worden de werkzame bestanddelen van het speeksel vernietigd.

Neem daarna de proef met Fehling's proefvocht op de aanwezigheid van druivensuiker!

Ook hier ontstaat de rode kleur, er heeft zich dus druivensuiker gevormd. Net als zoutzuur is speeksel, dat de werkstof (enzyme) *ptyalin* bevat, in staat de zetmeelmolecuul in druivensuiker te ontleden, die weer met Fehling's proefvocht kan worden aangetoond. Deze verandering wordt door de andere spijsverteringssappen (b.v. maagzuur) voortgezet.

## 2.13 Overal zetmeel

Onderzoek erwten, bonen, maïs, bananen, rijpe en onrijpe appels, rijstkorrels en kastanjes op zetmeel. Hiervoor moet je die vruchten fijn verdelen en in een reageerbuisje doen. Daarna moet je er een paar druppels jodiumtinctuur aan toevoegen (afb. 15).

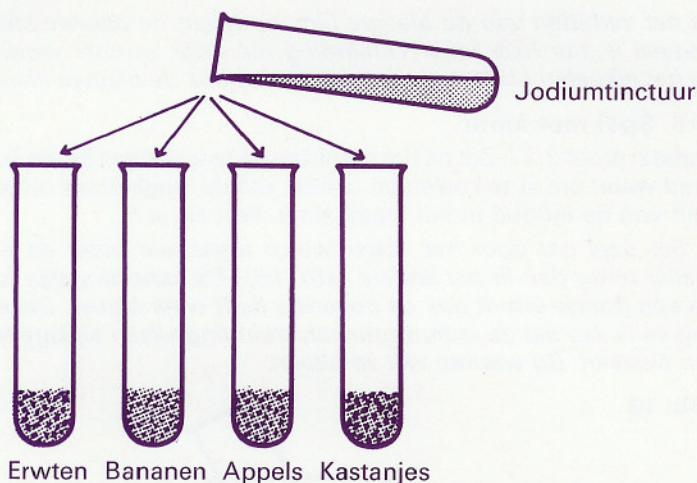
Alle monsters worden blauw en daarmee is dus de aanwezigheid van zetmeel aangetoond. Het is een verbinding die in planten, vooral in vruchten, veel voorkomt.

## 2.14 Zetmeel ook in dierlijke lichamen?

Om te onderzoeken of ook het lichaam van dieren zetmeel bevat moet je aan je moeder een paar stukjes vlees en worst vragen. Doe die in een reageerbuisje en onderzoek ze met jodiumtinctuur!



Afb. 15



*Vlees en worst reageren niet op jodiumtinctuur en bevatten dus geen zetmeel. Zetmeel wordt weliswaar gelijk met het voedsel opgenomen maar door het spijsverteringsproces veranderd.*

### 2.15 Controle met jodium

Doe een beetje margarine in een grote reageerbuis, neem de proef met jodiumtinctuur en let goed op!

*Weer ontstaat de blauwe kleur. Margarine wordt geproduceerd uit zaden zoals die van zonnebloemen e.d. Deze grondstoffen bevatten eigenlijk geen zetmeel. In oliehoudende vruchten is wel veel plantaardig vet maar geen zetmeel opgeslagen. Bij de productie van margarine moeten de plantaardige oliën worden „gehard“, d.w.z. in een vastere vorm gegoten. Daarbij wordt aan de olie een klein percentage zetmeel (0,3 %) toegevoegd. Daarom veroorzaakt de jodium ook een positieve reactie.*

### 2.16 Poeder – geen geheim

Vraag aan je moeder een beetje poeder en doe dat in een reageerbuisje. Druppel er dan wat jodiumtinctuur bij!

*De blauwe kleur bewijst dat poeder gewoon zetmeel is dat wordt bereid met kleur- en reukstoffen. Dat is het hele geheim.*

### 2.17 Tijdelijk verkleurd

Doe in een grote reageerbuis wat zetmeellijm uit proef 2.8 en voeg er een paar druppels jodiumtinctuur aan toe. Onmiddellijk krijgt de massa een blauwe kleur. Verhit nu de reageerbuis boven de spiritusvlam, laat hem afkoelen en let goed op de verandering van kleur!

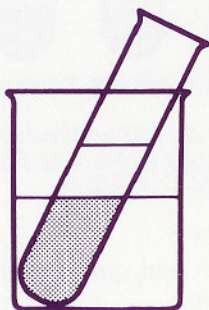
*Bij het verhitten van de blauwe lijm verdwijnt de blauwe kleur. Jodium-zetmeel is een hele losse verbinding die door warmte wordt vernietigd. Bij het afkoelen herstelt ze zich zodat dan ook de blauwe kleur terugkeert.*

### 2.18 Spel met kleur

Herhaal proef 2.17. Zet na het verhitten de reageerbuis in een bekerglas met koud water om af te koelen en wel zo, dat de reageerbuis ongeveer met de helft van de inhoud in het water staat. Wat zie je?

*In het deel dat door het water wordt afgekoeld komt de blauwe kleur sneller terug dan in het andere (afb. 16). De scheidingslijn is vrij scherp. Na een poosje wordt ook de bovenste helft weer blauw. Deze proef toont nog eens aan dat de jodiumzetmeelverbinding alleen bij lage temperaturen kan bestaan. Bij warmte valt ze uiteen.*

Afb. 16



### 2.19 De werking van bakpoeder

Als je moeder een taart bakt moet je haar eens om een beetje deeg vragen. Voor de volgende proef moet je daar twee ongeveer even grote balletjes van maken. Voeg aan het eerste een snuifje bakpoeder toe en aan het tweede niet. Zet ze allebei in de oven. Welk verschil zie je na het bakken?

*Het monster met het bakpoeder heeft dezelfde eigenschappen als de taart die je moeder heeft gebakken. Het is poreus en los. Het monster zonder bakpoeder is hard en „klef“. Keukendeeg bestaat voor het grootste deel uit zetmeel (meel) dat met water en andere zaken (melk, eieren) tot deeg wordt gekneed. Het bakpoeder dat er aan wordt toegevoegd staat bij verhitting kooldioxyde af waardoor het deeg losser wordt. Ontbreekt het bakpoeder dan ontstaat er een kleffe massa bij het bakken. Zonder toevoeging van bakpoeder maakt men produkten als vermicelli, spaghetti, macaroni enz. Dit zijn zogenaamde eierdeegwaren.*

### 2.20 Dextrine

Verhit onder roeren in de porseleinen schaal een lepel zetmeel (aardappelmeel) boven de spiritusvlam (afb. 17). Staak de proef als het poeder geel

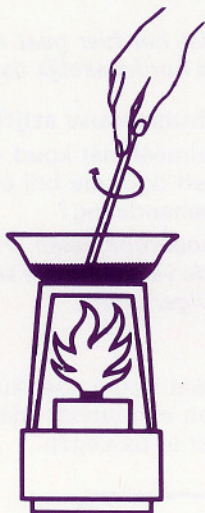


is geworden. Proef er eens van nadat het is afgekoeld. Los het poeder op in water en doe er 1–2 druppels jodiumtinctuur bij. Wat zie je?

*Bij het verhitten van zetmeel ontstaat een geel, zoet smakend poeder. Het heet dextrine en vormt de bruine korst bij brood, geroosterd brood en beschuit. Dextrine is licht verteerbaar en daarom erg belangrijk voor de voeding van zuigelingen (beschuit).*

*De grote zetmeelmoleculen (zie proef 2.11) worden door lichte verhitting in kleinere moleculen verdeeld die dan oplosbaar zijn in water. Deze kleinere moleculen veroorzaken met jodiumoplossing een rode kleur. Bij afnemende grootte van de zetmeelmoleculen loopt de kleurreactie bij de jodiumproef van donkerblauw over violet naar rood.*

#### Afb. 17



#### 2.21 Kleefstof voor postzegels

Maak volgens de procedure van proef 2.20 dextrine uit aardappel- of tarwemeel. Doe er na het afkoelen een beetje water bij en roer de dextrine tot een dikke brij. Bestrijk een vel papier op een paar plaatsen met die brij en laat opdrogen. Maak daarna die plaatsen vochtig en probeer er kleine stukjes papier op te plakken!

*De stukjes papier plakken op de dextrine. Na het drogen krijg je ze er zonder beschadiging niet meer af.*

*Dextrine wordt gebruikt als kleefstof voor postzegels, etiketten, enveloppen enz. Het is daarvoor bijzonder geschikt omdat de kleefstof er bij de fabricage van het betreffende artikel direct op aangebracht wordt (gomen) maar pas later door bevochtigen werkzaam wordt.*

## 2.22 Zelf gemengde kleuren

Maak dextrine zoals in proef 2.20. Verdeel het in 5 of 6 monsters en doe die gescheiden op een stuk papier. Schrap daarna met een mesje wat kleurstof uit je verfdos en vermeng elk monster dextrine met een beetje kleurstof. Doe elk mengsel apart in een reageerbuisje en strijk de verbrij met je vinger of met een penseel op een vel tekenpapier!

*Dextrine is een goed bindmiddel voor poedervormige verf dat na het drogen bijzonder goed aan de ondergrond hecht.*

## 2.23 Stijfsel

Onderzoek in een reageerbuisje een beetje stijfsel met jodiumtinctuur en let op!

*De blauwe kleur bewijst je dat het hier gaat om eenvoudig zetmeel. Bij de fabricage van stijfsel wordt hoofdzakelijk aardappelmeel gebruikt.*

## 2.24 Waarom gebruikt de huisvrouw stijfsel?

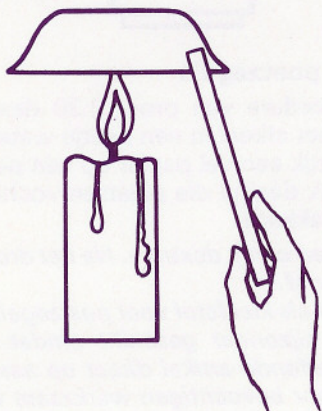
Roer in een pannetje aardappelmeel met koud water tot een tamelijk dikke stijfselbrij. Haal een stuk linnen door die brij en hang het te drogen. Wat merk je voor verschil na die behandeling?

*Het stuk linnen is na het onderdompelen in stijfsel „stijf” geworden. De deeltjes stijfsel dringen in de vezels van de stof en bij het drogen zorgen ze ervoor dat het weefsel steviger wordt.*

## 2.25 De dief op het spoor

Voor deze proef heb je wat roet nodig. Dat kun je maken door de droge porseleinen schaal dicht boven een brandende kaars te houden (afb. 18) en die langzaam heen en weer te bewegen.

Afb. 18





Doe nu een mespuntje aardappelzetmeel (aardappelmeel) op een vel papier. Schrap met een mesje het roet uit de porseleinen schaal en vermeng dat met het aardappelmeel. Het mengsel moet uit ongeveer gelijke delen roet en aardappelmeel bestaan.

Adem tegen je duim en druk hem tegen een glasplaat. Strooi er dan wat van het poeder over heen. Blaas daarna het overtollige poeder weg en kijk goed!

*Op de glasplaat zie je je vingerafdruk. Bij de politie zoekt men op dezelfde manier naar vingerafdrukken, alleen gebruikt men daar aluminiumpoeder omdat dat wat „schoner“ in het gebruik is.*

## 2.26 Geheime inkt

In proef 2.25 heb je gezien hoe je vingerafdrukken zichtbaar kunt maken. De volgende proef laat zien hoe je met een vriend „geheime boodschappen“ kunt uitwisselen.

Om geheime inkt te maken moet je het bekglas voor één derde met water vullen en daarin een halve lepel kopersulfaat oplossen. Schrijf dan met die oplossing iets op een stuk papier. Gebruik een schone pen. Als het schrift droog is moet je het vel papier **dicht** boven de spiritusvlam heen en weer bewegen. Pas op dat het niet in brand vliegt!

*In de vlam worden de letters zwart, de „geheime boodschap“ wordt zichtbaar.*

### 3. Eiwit — niet alleen in een kippeï

Eiwit is de basis-bouwstof voor alle leven. Terwijl suiker en zetmeel bijna alleen in planten voorkomen (zie proef 3.2) bevatten zelfs de kleinste cellen van elk dierlijk en plantaardig leven eiwit. Het is absoluut onontbeerlijk. De opbouw en de vernieuwing van de lichaamsweefsels is gebonden aan eiwit. Daarom noemen we het een **opbouwstof**.

#### 3.1 Eiwitoplossing

Voor de volgende proeven moet je eerst een eiwitoplossing maken bestaande uit het wit van ei, drie delen water en een mespuntje zout.

*Het eiwit is oplosbaar in water. De aanvankelijk troebele oplossing wordt later helder. Het keukenzout is een hulpmiddel bij het oplossen.*

*Deze oplossing heb je nodig voor de volgende proeven.*

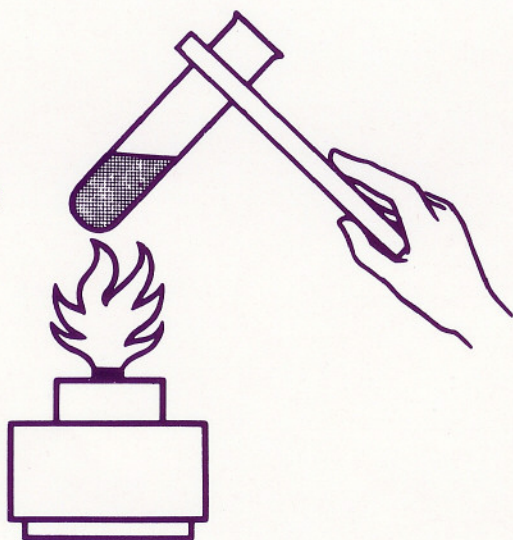
#### 3.2 Eiwit in de warmte

Om te onderzoeken hoe eiwit zich gedraagt bij verwarming moet je een grote reageerbuis voor één derde vullen met de oplossing uit proef 3.1. Verhit die boven de spiritusvlam (afb. 19) en kijk hoe de oplossing verandert!

*In de reageerbuis vormen zich witte vlokken. De eiwitoplossing stremt en is ten slotte een witte massa die herinnert aan gekookt wit uit een kippeï.*

Afb. 19

Eiwitoplossing





*Dit proces begint al bij een temperatuur van ca. 70 °C. Je zult het misschien niet willen geloven maar heet woestijnzand is vaak al warm genoeg om een ei te koken.*

*Gestold eiwit is afgestorven. Om die reden zijn zware verbrandingen ook zo gevaarlijk omdat door de hitte het lichaamseiwit wordt gedood. Het wordt afgestoten en kan alleen worden vervangen door de produktie van nieuwe lichaamscellen.*

### 3.3 Eiwit en alcohol

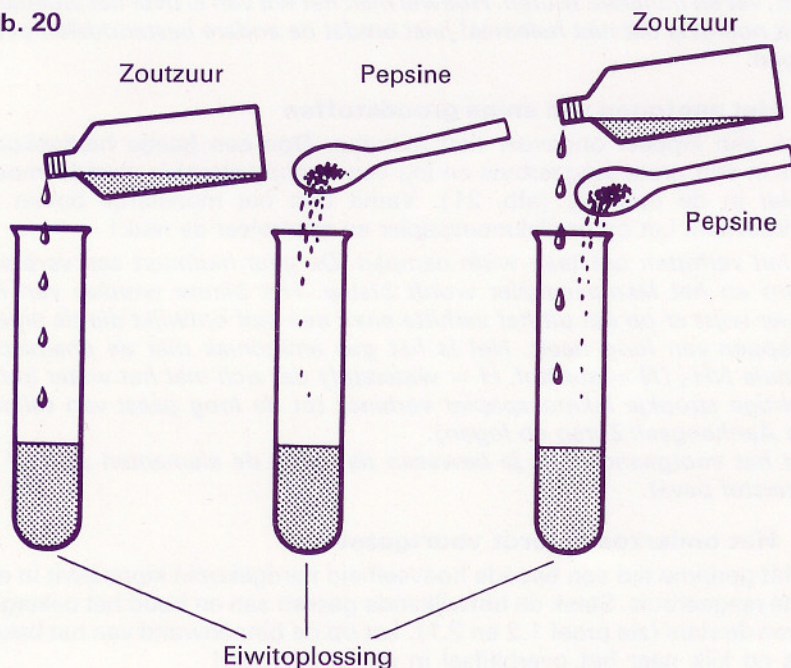
Giet wat van de eiwitoplossing uit proef 3.1 in een reageerbuisje en doe er dezelfde hoeveelheid brandspiritus (alcohol) bij. Wat zie je?

*Weer stolt het eiwit. Brandspiritus is alcohol die door bepaalde toevoegingen ongeschikt is gemaakt voor menselijke consumptie. De proef laat de schadelijke werking zien van alcohol op eiwit en tegelijk de schadelijke werking op het menselijk lichaam, vooral bij een grote consumptie van alcohol. Over alcohol (brandspiritus) meer in hoofdstuk 7.*

### 3.4 Vertering van eiwitstoffen

Deze proef dient om je te laten zien hoe spijsverteringssappen inwerken op

Afb. 20



eiwitstoffen. Vul drie grote reageerbuisen voor één derde met de eiwitoplossing uit proef 4.2 en laat die door verhitting stollen. Doe dan in de eerste reageerbuis 4 à 5 druppels verdund zoutzuur, in de tweede een mespuntje pepsine en in de derde 4 à 5 druppels verdund zoutzuur en bovendien een mespunt pepsine (afb. 20).

Zet daarna alle drie de reageerbuisen in een pannetje met handwarm water en onderzoek na een uur welke oplossing veranderd is!

*Alleen het eiwit waaraan je zoutzuur en pepsine hebt toegevoegd lost langzamerhand op. In de twee andere reageerbuisen is nauwelijks iets veranderd. Eiwitten worden opgelost door het samenwerken van zoutzuur en pepsine en dat gebeurt in ons lichaam ongeveer op dezelfde manier. Deze twee stoffen worden uitgescheiden door de maagslijmvliezen en zij maken een begin met de vertering van de eiwitstoffen.*

### 3.5 Samenstelling van een kippeï

Doe een beetje eiwit op een schoteltje en laat het net zo lang staan tot het gedroogd is. Controleer het monster!

*Op het schoteltje blijft maar een dun laagje over. Kippeïwit bestaat voor driekwart uit water. De rest, dus het laagje in het schoteltje, bestaat uit eiwit, vet en minerale zouten. Hoewel men het wit van ei over het algemeen eiwit noemt is dat niet helemaal juist omdat de andere bestanddelen overwegen.*

### 3.6 Het aantonen van enige grondstoffen

Kook een kippeï ongeveer tien minuten. Doe een beetje hardgekookt eiwit in een grote reageerbuis en leg een vochtig strookje rood lakmoespapier in de opening (afb. 21). Verhit dan het monstertje boven de spiritusvlam. Let op het lakmoespapier en controleer de reuk!

*Bij het verhitten ontstaan witte dampen. De geur herinnert aan verbrand hoorn en het lakmoespapier wordt blauw. Het blauw worden van het papier wijst er op dat uit het verhitte eiwit een stof ontwijkt die de eigenschappen van loog heeft. Het is het gas ammoniak met de chemische formule  $\text{NH}_3$  (N = stikstof, H = waterstof) dat zich met het water in het vochtige strookje lakmoespapier verbindt tot de loog geest van salmiak (zie Aanhangsel: Zuren en logen).*

*Met het voorgaande heb je bewezen dat eiwit de elementen stikstof en waterstof bevat.*

### 3.7 Het onderzoek wordt voortgezet

Verhit geruime tijd een tweede hoeveelheid hardgekookt kippeïwit in een grote reageerbuis. Steek de ontwijkende gassen aan en houd het beker glas boven de vlam (zie proef 1.2 en 2.1). Let op de binnenwand van het beker glas en kijk naar het overblijfsel in de reageerbuis!



*De binnenwand van het bekglas beslaat. Zoals je al weet uit proef 3.6 bevat eiwit het element waterstof. Dat ontsnapt in de dampen en vormt bij het verbranden met de zuurstof uit de lucht water dat neerslaat in het bekglas. Het overblijfsel in de reageerbuis is koolstof. Je hebt dus nu bewezen dat er behalve waterstof ook nog koolstof in eiwit zit. Eiwit is opgebouwd uit de grondstoffen waterstof, koolstof, stikstof en zwavel. Bovendien bevat het nog zuurstof en soms fosfor.*

### 3.8 Vergiftiging door zout

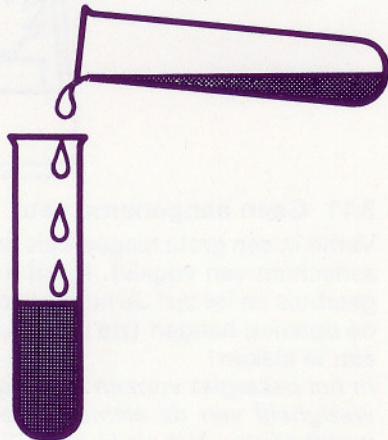
Los in een reageerbuisje een paar kristallen kopersulfaat op in een beetje water. Voeg er wat van de eiwitoplossing uit proef 3.1 aan toe en kijk goed (afb. 22)!

*Het eiwit stolt. Er vormt zich een onverbreekelijke verbinding van metaal en eiwit. De giftige werking van koperzouten en verbindingen van andere zware metalen (lood) berust op het feit dat gestold eiwit in de lichaamscellen niet meer levensvatbaar is. Een tegengif bij metaalzoutvergiftigingen is melk daar het melkeiwit (zie proef 5.4) deze stoffen bindt. Zo kan worden verhinderd dat het lichaam de giftige metaalzouten opneemt.*

Afb. 21 Lakmoespapier



Afb. 22 Kopersulfaat



### 3.9 Ook keukenzout kan schadelijk zijn

Maak in een bekglas een verzadigde oplossing van keukenzout. Om dat te bereiken moet je zó veel keukenzout in het water doen tot er een paar kristallen op de bodem van het bekglas blijven liggen. Voeg er dan de eiwitoplossing uit proef 3.1 aan toe!

*Het eiwit stolt weer. Zelfs keukenzout heeft in grote concentratie een schadelijke uitwerking op eiwitverbindingen. Je hoeft je daar echter geen*

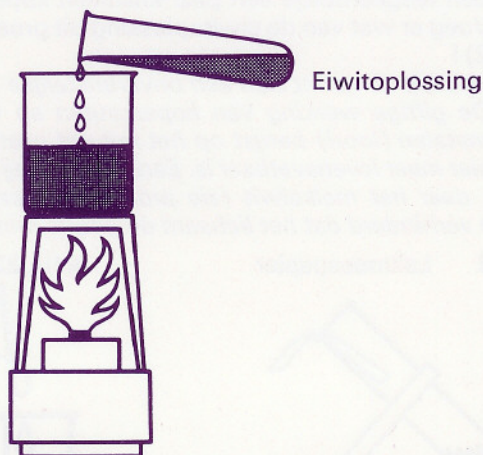
*zorgen over te maken want keukenzout wordt nooit in zo'n grote concentratie gebruikt.*

### 3.10 Gelegeerde soep

Breng in het bekglas water aan de kook. Druppel er eiwitoplossing uit proef 3.1 bij en kijk wat er gebeurt (afb. 23)!

*Het eiwit stolt onmiddellijk (zie proef 3.2), in vlokken of draden. Deze eigenschap komt de huisvrouw ten goede als ze soep wil binden met kippeëiwit. Men spreekt dan van een „gelegeerde soep“.*

Afb. 23



### 3.11 Geen aangename geur

Verhit in een grote reageerbuis wat hoorn (b.v. afgeknipte nagels of penne-schachten van vogels). Houd het bekglas boven de opening van de reageerbuis en let op! Je kunt bovendien een bevochtigd strookje lakmoes in de opening hangen (zie proef 3.6). Ruik er eens aan en probeer de gassen aan te steken!

*In het bekglas vormen zich weer waterdruppels, het bewijs voor de aanwezigheid van de elementen zuurstof en waterstof. Het lakmoespapier wordt blauw. Net als in proef 3.6 is het ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) dat zich bij het ontwijken met water verbindt tot geest van salmiak.*

*Ook hoornsubstantie (haren) bestaan uit eiwit, daarom kun je ook de aanwezigheid van die elementen bewijzen.*

*Als je doorgaat met verhitten ruik je iets dat herinnert aan „verbrand hoorn“. Het is een extra bewijs voor eiwit. Met deze zogenaamde brandproef kan het eerste grove bewijs voor de aanwezigheid van eiwit worden geleverd. Je ruikt die geur bijvoorbeeld ook bij het verbranden van haren en dierenvellen en hij is typisch voor eiwitverbindingen.*



## 4. Boter en andere vetten

Naast de opbouwstof eiwit en de werkstoffen suiker en zetmeel (koolhydraten) behoort ook vet tot de onontbeerlijke voedingsstoffen voor ons lichaam. Het is ook een **werkstof** en levert vooral de nodige energie om ons lichaam warm te houden.

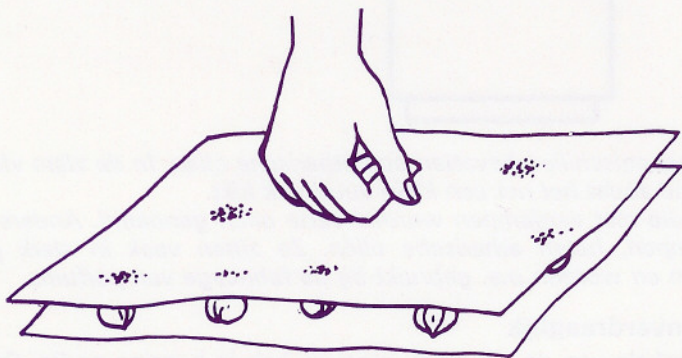
Naar hun herkomst onderscheidt men dierlijke en plantaardige vetten. Het dierlijke organisme kan vet opslaan als voorraadstof. Deze vetvoorraden zijn vaak als spekkussens onder de huid te vinden. Planten slaan hun vetten meestal op in zaden en vruchten.

### 4.1 Plantenvet

Om het vetgehalte in plantaardige zaden te onderzoeken moet je hazelnoten, walnoten of zonnebloempitten klein snijden en een paar stukjes tussen twee vellen papier leggen. Druk er flink op (afb. 24) en onderzoek daarna de plaats waar de vruchten gelegen hebben!

*Op het papier ontstaan duidelijk zichtbare vetvlekken. Ze lijken donker maar als je ze tegen het licht houdt zijn ze doorschijnend. Het vet wordt uit de oliehoudende vruchten geperst, dringt in de poriën van het papier en er ontstaat een vetvlek.*

Afb. 24



### 4.2 De onaangename vetvlek

Doe een paar monstertjes boter, reuzel en spek tussen twee vellen schrijfpapier en doe net als in proef 4.1!

*Weer ontstaan de typische vetvlekken op het papier. Dierlijke vetten veroorzaken ook vetvlekken. Om ze uit kledingstukken te verwijderen heb je speciale oplosmiddelen nodig (zie proef 4.8).*

### 4.3 Vet – helemaal niet vermoed

Snijd net als in proef 4.1 kummel, mosterdzaad of venkelzaad klein en leg

het tussen twee vellen papier. Pers de zaden uit! Controleer het papier direct en dan een poosje later.

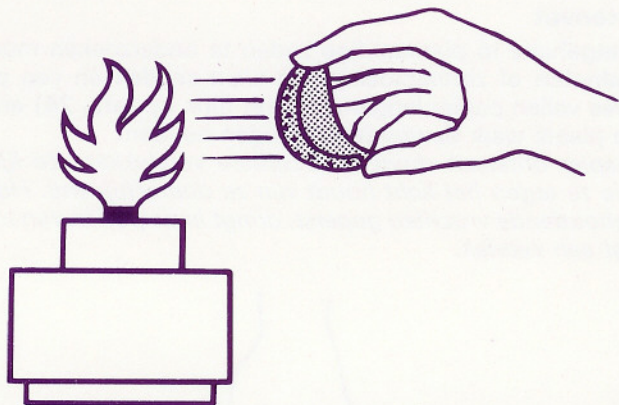
*Eerst ontstaan weer duidelijk zichtbare vetvlekken die echter na verloop van tijd verdwijnen. De olie van deze zaden verdampt. Het zijn vluchtige of etherische oliën.*

#### 4.4 Een klein vuurwerk

Houd een sinaasappelschil met de buitenkant tegen een vel papier en pers hem uit. Doe daarna hetzelfde maar dan tegen de spiritusvlam (afb. 25)!

Afb. 25

Sinaasappelschil



*Sinaasappelschillen bevatten ook etherische oliën. In de vlam vliegen ze in brand zodat het net een klein vuurwerk lijkt.*

*Oliën die niet verdampen worden vette oliën genoemd. Andere, die wel verdampen, heten etherische oliën. Ze zitten vaak in sterk geurende planten en worden o.a. gebruikt bij de fabricage van parfums.*

#### 4.5 Onverdraaglijk

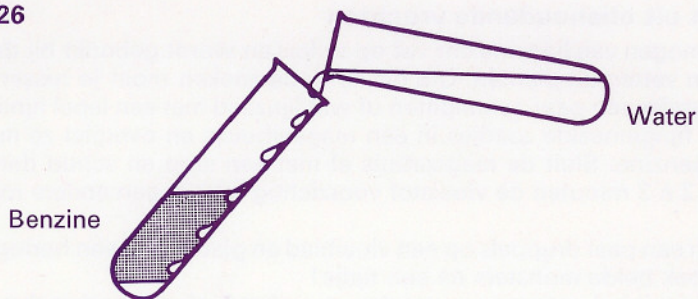
Voor enkele van de volgende proeven heb je benzine nodig. Omdat dat brandgevaarlijk is moet je eerst de spiritusvlam en alle andere open vuur in je kamer doven.

Het beste is aansteker- of wasbenzine. Doe daarvan één vingerbreed in een reageerbuisje. Houd dan de reageerbuis schuin en giet er voorzichtig water bij zodat het langs de wand van het reageerbuisje vloeit (afb. 26) en kijk daarna eens naar de inhoud!

*Tussen de twee heldere vloeistoffen vormt zich een scherpe begrenzing, ze hebben zich niet met elkaar vermengd. De volgende proef laat dat nog duidelijker zien.*



Afb. 26



#### 4.6 Schudden helpt ook niet

Markeer met een viltstift of een etiketje de scheidslijn tussen water en benzine. Sluit het reageerbuisje af met een stop en schud het flink. Kijk nu eens of de vloeistoffen zich vermengd hebben!

*Ook na het schudden is de grens tussen water en benzine duidelijk te zien. Aan de markering kun je zien dat die grens op precies dezelfde hoogte ligt als eerst.*

*Water en benzine laten zich niet met elkaar vermengen. Benzine is lichter dan water en blijft daarom boven drijven. Om die reden mogen benzine-branden nooit met water worden geblust want de benzine zou rustig doorbranden op het water.*

#### 4.7 Vet en water

Om te onderzoeken hoe de verhouding is tussen vet en water moet je een vingerbreed slaolie in een reageerbuis doen en die dan tot de helft met water bijvullen. Schud de reageerbuis flink en laat hem dan 2 à 3 minuten rustig staan. Kijk dan wat er is gebeurd!

*Net als de benzine in proef 4.6 verdeelt de olie zich bij het schudden eerst in het water maar al te gauw gaat het weer bovendrijven.*

*Olie en andere vetten zijn ook niet oplosbaar in water. Ze zijn lichter dan water en komen daarom bovendrijven.*

#### 4.8 Vet en benzine

Doe net als in de vorige proef een beetje slaolie in een reageerbuisje en giet er dit keer benzine bij. Sluit de reageerbuis met stop. Flink schudden. Kijk daarna eens naar de inhoud!

*Er is geen scheidslijn tussen olie en benzine meer te bekennen. De olie lost helemaal op in de benzine. Benzine en soortgelijke oplosmiddelen kunnen daarom heel goed worden gebruikt om vetvlekken te verwijderen (chemische reiniging).*

#### 4.9 Vet uit oliehoudende vruchten

Het vermogen van benzine om vet op te lossen wordt gebruikt bij de winning van vetten uit planten. Om dat te onderzoeken moet je tussen twee vellen papier een paar zonnepitten of wat lijnzaad met een lepel fijnmaken. Doe de fijngemaakte zaadjes in een reageerbuisje en overgiet ze met een beetje benzine. Sluit de reageerbuis af met een stop en schud dan flink. Giet na 2 à 3 minuten de vloeistof voorzichtig over in een andere reageerbuis.

Doe dan een paar druppels op een vloeiblad en giet iets op een horlogeglas. Onderzoek beide monsters na een tijdje!

*Op het vloeiblad ontstaat een vetvlek en op het horlogeglas een dun laagje olie.*

*De benzine onttrekt de vettige bestanddelen aan de plantenzaden. Als de benzine verdampt is blijft het vet over.*

#### 4.10 Gal – een spijsverteringssap voor vetten

Voor deze proef moet je zien dat je bij de slager een volle galblaas (runder- of varkensgal) krijgt. Doe de gal in een bekeerglas.

Herhaal nu proef 4.7 maar voeg er een beetje gal aan toe. Wat zie je na het schudden?

*Er ontstaat een melkachtig-troebele vloeistof en de olie komt dit keer niet bovendrijven. De gal verdeelt de olie in hele kleine druppeltjes in het water. Zo'n verdeling noemt men emulsie.*

*Ook in het lichaam worden de vetten die we met de voeding binnen krijgen door de gal geëmulgeerd. Pas dan kunnen ze door de spijsverteringsorganen worden opgenomen. De produktie van gal is dus onmisbaar voor de spijsvertering.*

#### 4.11 Zo reinigt zeep

Snij met een mes een paar vlokken van een stuk zeep af en maak daarvan in een reageerbuisje met water een zo geconcentreerd mogelijke oplossing. Doe in een tweede reageerbuisje een vinger slaolie en voeg er dezelfde hoeveelheid van de zeepoplossing aan toe. Flink schudden en kijk wat er gebeurt!

*Er ontstaat weer een melkachtig-troebele vloeistof. Zeep is ook in staat om vet fijn te verdelen in een oplossing, dus te emulgeren. Hierop berust de reinigende werking van zeep.*



## 5. Melk — een waardevol voedingsmiddel

Melk is een van de belangrijkste voedingsmiddelen van de mens. Hij bevat bijna alle noodzakelijke voedingsstoffen en vitaminen die noodzakelijk zijn voor de opbouw en de instandhouding van het menselijk lichaam. Als een van de meest waardevolle en volmaakte voedingsmiddelen speelt hij een belangrijke rol bij de voeding van zuigelingen. Bij de volgende proeven moet je de melk eens wat nader onderzoeken.

### 5.1 Een glas melk

Vul het bekglas voor de helft met melk. Bedek het met een glasplaatje en verhit het dan op de driepoot boven een spiritusbrander (afb. 27). Let op het glasplaatje!

*Al gauw stijgen er dampen op die heldere druppels vormen op het glasplaatje. Het is water dat bij het verhitten van melk verdampt. Koemelk bestaat voor ca. 87% uit water.*

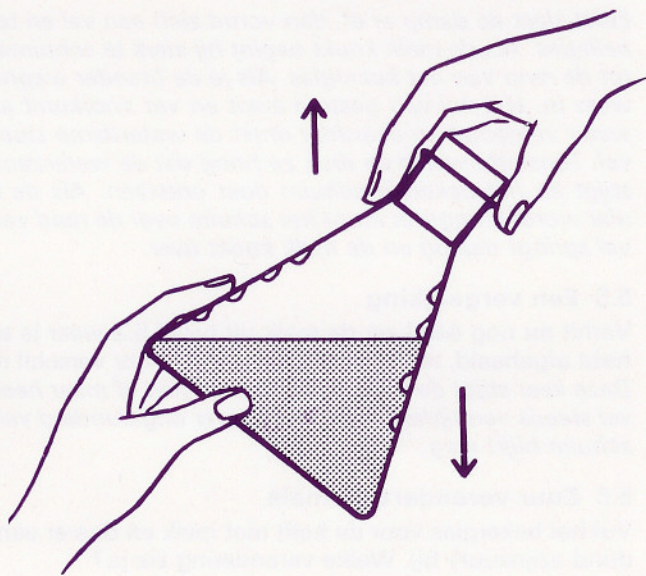
### 5.2 Een vreemd verschijnsel

Neem nu het glasplaatje weg en ga door met het verhitten van de melk uit proef 5.1. De inhoud mag **niet** koken! Blaas af en toe eens over de vloeistof. Er vormt zich een vel. Haal dat vel er af met een glazen buisje en leg het op

Afb. 27



Afb. 28



het glasplaatje. Als je door gaat met verhitten vormt zich al gauw weer een vel dat je ook moet verwijderen. Ga net zo lang door tot er geen vel meer op de melk komt. Pak daarna eens zo'n vel en trek het uit elkaar. Wat valt je op? *Het vel voelt vettig aan. In melk is het vet verdeeld in microscopisch kleine balletjes. Melk is een emulsie (zie proef 4.10). Bij het verhitten stolt een gedeelte van het eveneens aanwezige eiwit en vormt samen met het vet een vel. In de melkfabriek wordt het vet door centrifugeren aan de melk onttrokken en daarna geslagen waarbij de kleine vetballetjes grotere ballen vormen. Er ontstaat boter.*

*Opmerking: bewaar deze aldus behandelde melk voor een volgende proef.*

### 5.3 Boter – zelf gemaakt

Vul een erlemeyerkolf voor één derde met verse melk en sluit hem af met een stop. Schud de kolf dan ongeveer drie minuten flink en kijk wat er gebeurd is! (Afb. 28)

*Aan de wanden van de kolf vormen zich kleine vetkogeltjes. Het is boter, proef maar eens!*

*Vroeger werd boter net zo gemaakt in eenvoudige houten karntonnen.*

### 5.4 Melk kookt over

Doe in een bekeerglas 2 cm verse melk en breng die aan de kook. Let goed op!

Haal ten slotte de brander weg.

*Eerst slaat de damp er af, dan vormt zich een vel en ten slotte ontstaan er belletjes. Als de melk kookt begint hij sterk te schuimen. Het schuim stijgt tot de rand van het bekeerglas. Als je de brander weghaalt zakt het schuim weer in. Het vel van gestold eiwit en vet voorkomt aanvankelijk dat het water verdampt en daardoor drukt de waterdamp steeds sterker tegen het vel. Tenslotte wordt de druk zo hoog dat de waterdamp onder het vel opstijgt en het bekende schuim doet ontstaan. Als de toevoer van warmte niet wordt stopgezet loopt het schuim over de rand van het bekeerglas. Het vel springt daarbij en de melk kookt over.*

### 5.5 Een vergelijking

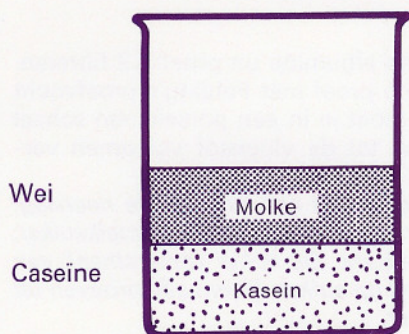
Verhit nu nog één keer de melk uit proef 5.2 waar je een paar keer het vel hebt afgehaald, tot hij kookt. Wat zie je voor verschil met de vorige proef? *Deze keer stijgt de melk bij het koken niet of maar heel weinig. Omdat het vel steeds verwijderd is kan het water ongehinderd verdampen en ook het schuim blijft weg.*

### 5.6 Zuur verandert de melk

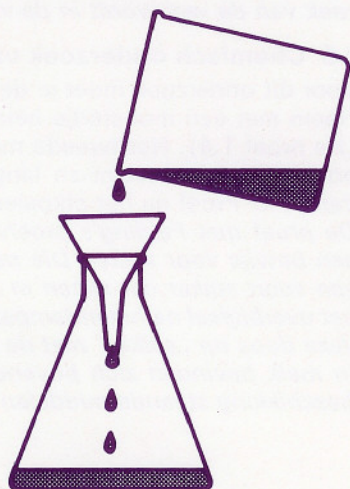
Vul het bekeerglas voor de helft met melk en doe er een eetlepel azijn (verdund azijnzuur) bij. Welke verandering zie je?



Afb. 29



Afb. 30



*Al na korte tijd stremt de melk, er ontstaan grote, witte vlokken. Langzamerhand vormt er zich een witte stof, de kaasstof of caseïne. In deze vorm wordt die stof tot kwark verwerkt. Boven de caseïne verzamelt zich een blauwachtig-groene vloeistof, de wei (afb. 29).*

*Dit proces, dat wordt veroorzaakt door azijnzuur, begint 's-zomers vaak vanzelf, als de melk „zuur" wordt. Bijzondere bacteriën, de zogenaamde melkzuurbacteriën, laten in de melk melkzuren ontstaan die dit proces op gang brengen.*

### 5.7 Onderzoek van de bestanddelen van melk

Om caseïne en wei nog verder te onderzoeken moet je de wei uit proef 5.6 door een papierfilter filtreren (afb. 30). Doe dan een stukje caseïne aan een draad, hou het in de vlam van de spiritusbrander en onderzoek de geur! Verhit daarna in een grote reageerbuis de wei tot ze kookt en let goed op! Verkoolde caseïne ruikt naar verbrande hoorn (zie proef 3.11), een bewijs voor eiwit (brandproef). Caseïne is melkeiwit dat alleen stolt na toevoeging van zuur maar niet bij verhitting.

*Bij het verhitten van wei vertroebelt die. Ook wei bevat nog eiwit. Het is echter geen caseïne (melkeiwit), dat door toedoen van het zuur al gestremd is, maar albumine<sup>1)</sup> of eiwit van het ei. Dat is een ander soort eiwit, dat alleen bij verhitting maar niet door de inwerking van zuren stremt. Hij vormt het vel bij het koken (zie proef 5.2).*

<sup>1)</sup> albus (Latijn) = wit

*Melk bevat dus twee soorten eiwit: caseïne en albumine. Het onderzoek van de wei wordt in de volgende proef voortgezet.*

### **5.8 Chemisch onderzoek van wei**

Voor dit onderzoek moet je de gestremde albumine uit proef 5.2 filtreren. Neem met een monstertje heldere wei de proef met Fehling's proefvocht (zie proef 1.4). Het tweede monstertje moet je in een porseleinen schaal boven de spiritusvlam zo lang verhitten tot de vloeistof volkomen verdampt is. Proef na het afkoelen van het restant!

*De proef met Fehling's proefvocht veroorzaakt een orangerode neerslag, een bewijs voor suiker. Die neerslag wordt veroorzaakt door melksuiker, een soort suiker dat alleen in melk voorkomt. De lichte zoete smaak van het overblijfsel na het indampen wijst ook op suiker. Neem alle proeven uit deze doos op „suiker” met de melksuiker.*

*In melk bevinden zich bovendien nog zouten die echter met de ons ter beschikking staande middelen niet bewezen kunnen worden.*



## 6. Chemie van de plantenwereld

De meeste mensen zien in de plantengroei een natuurwonder. Dit wonder is voor de chemie echter al sinds lang een vanzelfsprekend en belangrijk onderzoeksterrein.

De eerste chemicus die zich bezighield met de opbouw van planten was de Duitse professor Justus von Liebig. Omvangrijke onderzoeken leerden hem dat planten bepaalde stoffen nodig hebben voor hun opbouw, die met één uitzondering door de wortels uit de grond worden opgenomen. De bodem moet dus alle *voedingsstoffen* bevatten, anders kan er zich geen vegetatie op ontplooien. In gebieden waar de mens zich niet bemoeit met de plantenwereld wordt een gedeelte van die voor de opbouw noodzakelijke stoffen geleverd door rottende, afgestorven planten. Andere stoffen ontstaan door vertering van gesteenten of mineralen. Oogst men de planten daarentegen regelmatig dan onttrekt men langzamerhand de voedingsstoffen aan de bodem en na korte tijd neemt de groei af. Om desondanks de grond vruchtbaar te houden is het noodzakelijk de verbruikte stoffen op een andere manier aan te vullen. Stalmest was lange tijd het enige middel maar door het toenemend gebruik van de bodem steeg de behoefte aan stalmest zó sterk dat men er niet meer mee uitkwam. Daarom zocht men naar mogelijkheden om de voedingsstoffen uit de stalmest op kunstmatige wijze in de bodem te brengen.

Justus von Liebig ontdekte door zijn onderzoeken welke chemische verbindingen daarvoor het meest geschikt zijn. Met de **minerale mest** (kunstmest) effende hij de weg voor een steeds nuttiger gebruik van de akkerlanden. De volgende proeven in dit hoofdstuk verklaren veel verschijnselen die tot nu toe een raadsel voor je waren, bijvoorbeeld de chemische samenstelling van planten, hun levensvoorwaarden en de voedingsstoffen die noodzakelijk zijn voor plantaardig leven.

### 6.1 Koolstof in hout

Doe in een erlemeyerkolf zoveel helder kalkwater, dat je hebt gemaakt volgens proef 10.13, dat de bodem goed bedekt is. Steek dan een droog stuk hout aan en steek het in de kolf, maar niet in het kalkwater (afb. 31). Neem het hout eruit als de vlam is gedoofd, houd je handpalm tegen de opening van de erlemeyerkolf en schud flink. Let goed op het kalkwater!

*Onder het schudden wordt het heldere kalkwater melkachtig troebel. Waar het hout heeft gebrand, is het verkoold.*

*Hout bevat het zwarte element koolstof dat zich bij het verbranden van hout verbindt met de zuurstof in de lucht. Daarbij ontstaat het gas kool-dioxyde. Als dat in aanraking komt met kalkwater dan wordt het kalkwater troebel. Het is het bewijs voor de aanwezigheid van kooldioxyde en dus*





Kalkwater

ook van koolstof dat bovendien zichtbaar wordt in de zwarte kleur van het verbrande hout.

## 6.2 Niet alleen hout bevat koolstof

Leg op de deksel van een jampot een paar delen van planten zoals bloesems, bladeren, stengels enz. Verhit de deksel op de driepoot boven een spiritusvlam en let op de plantendelen!

*Alle plantendelen worden eerst bruin en worden steeds donkerder tot ze ten slotte zwart zijn. Op die manier heb je bewezen dat koolstof een bestanddeel van planten is.*

Alle planten bevatten het element koolstof

## 6.3 Er zit tóch water in

Steek een hele droge houtsplinter aan. Het beste is een stukje van een oude groentenkiest. Houd daarna het koude maar droge bekglas boven de vlam (afb. 32) en kijk goed naar de wanden!

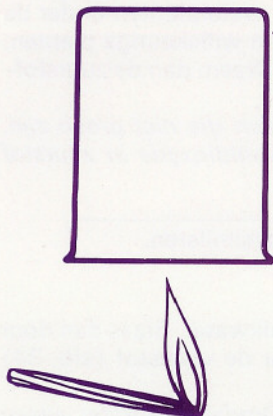
*Op het droge bekglas ontstaan bij het verbranden druppels water. De droge houtspaander moet dus tóch de elementen van water hebben bevat. Hout bevat de elementen waterstof en zuurstof in de vorm van chemische verbindingen. Daaruit ontstaat bij het verbranden water dat neerslaat tegen de wanden van het bekglas.*

## 6.4 Waterplanten produceren gas

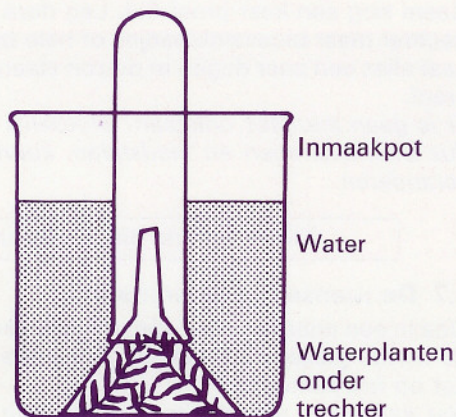
Voor deze proef heb je waterplanten nodig, bijvoorbeeld uit een aquarium. Het meest geschikt is „waterpest“. Vul een inmaakpot met leidingwater en blaas een paar minuten ademlucht met een glazen buisje door het water. Leg nu de waterplanten er in en zet de trechter er over heen. Vul daarna een reageerbuis met water, houd je duim voor de opening en zet hem op de tuit van de trechter. Haal je duim pas onder water weg zodat het water in de reageerbuis blijft, zelfs als hij met de opening naar beneden wordt neergezet. (afb. 33).



Afb. 32



Afb. 33



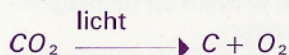
Zet de proef op een plaats waar de planten door de zon worden beschenen. Kijk na ongeveer twee dagen eens naar de reageerbuis en naar de planten! *Er stijgen luchtbelletjes op die zich in de reageerbuis verzamelen en zo het water verdringen. In de volgende proef zul je ontdekken welk gas dat is.*

### 6.5 Het gas herkend

Neem de reageerbuis uit proef 6.4 van de trechter. Houd je duim voor de opening voor hij uit het water komt. Steek een houtspaander aan en blaas hem direct weer uit zodat hij blijft gloeien. Draai nu de reageerbuis om, haal je duim van de opening en steek de gloeiende houtspaander in het gas. Wat zie je?

*De gloeiende houtspaander vat vlam als hij in het gas wordt geduwd. Het gas zelf ontbrandt niet. Dit gas is het element zuurstof. Met deze proef kun je altijd de aanwezigheid ervan bewijzen.*

*De waterplanten nemen het gas kooldioxyde op dat je met het glazen buisje in het water hebt geblazen. Als er zonlicht op de planten valt kunnen ze het kooldioxyde ontleden.*



*De plant heeft voor zijn opbouw o.a. koolstof nodig die hij onttrekt aan de kooldioxyde. De zuurstof die daarbij vrijkomt, wordt afgegeven. Dit proces noemt men assimilatie. Hieruit kun je afleiden dat planten koolstof bevatten zoals bij de verbranding zichtbaar wordt.*

Alle koolstof in planten wordt opgenomen bij de assimilatie.

## 6.6 Niet de hele plant ademt

Neem nog een keer proef 6.4. Leg deze keer geen waterplanten onder de trechter maar bloesemblaadjes of hele bloesems van willekeurige planten. Laat alles een paar dagen in de zon staan en let op! Neem dan de zuurstof-proef.

*Er is geen zuurstof ontstaan. Bloesems en alle delen die niet groen zijn, dus boomstammen en bladstelen, kunnen geen kooldioxyde in zuurstof veranderen.*

Alleen groene plantendelen kunnen assimileren.

## 6.7 De menselijke ademhaling

Doe in een erlemeyerkolf één vingerbreed helder kalkwater. Blaas dan door de rechte glazen buis wat uitgeademde lucht door de vloeistof (afb. 34) Let op het kalkwater!

*Het kalkwater wordt direct melkachtig troebel. Omdat kalkwater alleen vertroebeld wordt door kooldioxyde moet dat dus deel uitmaken van de uitgeademde lucht.*

*In proef 1.3 heb je al geleerd dat de voeding in het menselijk lichaam wordt „verbrand“. Daarbij ontstaat o.m. uit de koolstof van de voedingsmiddelen en de ingeademde zuurstof kooldioxyde dat bij het uitademen wordt uitgescheiden.*

*Planten verhinderen door assimilatie dat het kooldioxyde-gehalte in de lucht door menselijke en dierlijke ademhaling toeneemt. Je kunt dus spreken van een kringloop: mensen en dieren nemen zuurstof uit de lucht op en scheiden kooldioxyde uit. Planten nemen de kooldioxyde op en scheiden zuurstof uit (afb. 35).*

*Nu begrijp je natuurlijk ook waarom parken in grote steden vaak „groene longen“ worden genoemd.*

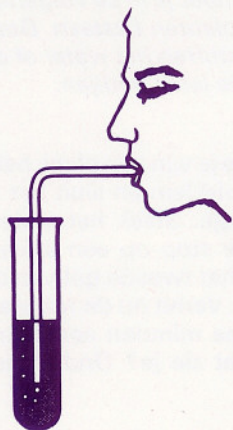
## 6.8 Assimilatie en ademhaling

Vul een reageerbuis met één vingerbreed kalkwater en zet een trechter in de opening. Leg nu wat bloemblaadjes of bloesems in de trechter zonder dat er iets van in de reageerbuis valt (afb. 36). Kijk na een paar uur eens naar het kalkwater. Neem dan de trechter weg, houd je duim op de reageerbuis en schud flink. Kijk weer eens naar het kalkwater!

*Het kalkwater wordt troebel; er moet zich dus kooldioxyde in de reageerbuis bevinden. Zoals je in proef 6.6 al hebt gelezen kunnen bloemen niet assimileren. Ze nemen zuurstof uit de lucht op en zetten die om in kooldioxyde, net als bij menselijke ademhaling. Je zou het ook „verbranding“ kunnen noemen. In een plant spelen zich twee tegenovergestelde reacties af: bij daglicht nemen de groene delen kooldioxyde op en geven zuurstof af (assimilatie). In het donker daarentegen nemen de andere delen zuurstof*



Afb. 34



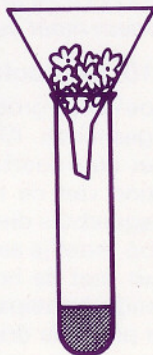
Kalkwater

Afb. 35



Kooldioxyde

Afb. 36



Kalkwater

*op en geven kooldioxyde af (ademhaling). Nu begrijp je natuurlijk ook waarom men 's avonds de bloemen van ziekenzalen weg haalt. Ze mogen geen zuurstof gebruiken die de zieken nodig hebben.*

### 6.9 Water of aarde?

In de vorige proeven van dit hoofdstuk heb je al geleerd dat planten kooldioxyde, zuurstof en licht nodig hebben om te kunnen leven. Het lijkt misschien hoogst merkwaardig maar in deze proef moet je vaststellen of ze ook aarde nodig hebben om te kunnen groeien.

Voor deze en nog een paar andere proeven heb je enkele bonen nodig. Misschien kun je er wat krijgen van je moeder.

Verhit op de deksel van een jampot wat tuinaarde tot hij helemaal droog is. Laat de aarde afkoelen en druk er dan ca. vijf bonen in. Op een andere deksel (een schoteltje mag ook) leg je een dun laagje verbandwatten en daarop ook vijf bonen. Giet op de watten zo veel water dat ze goed nat zijn. De aarde **moet** droog blijven.

Zet de deksels naast elkaar op een warme, droge plaats en hou de bonen een paar dagen in het oog. Zorg er voor dat de watten steeds vochtig blijven!

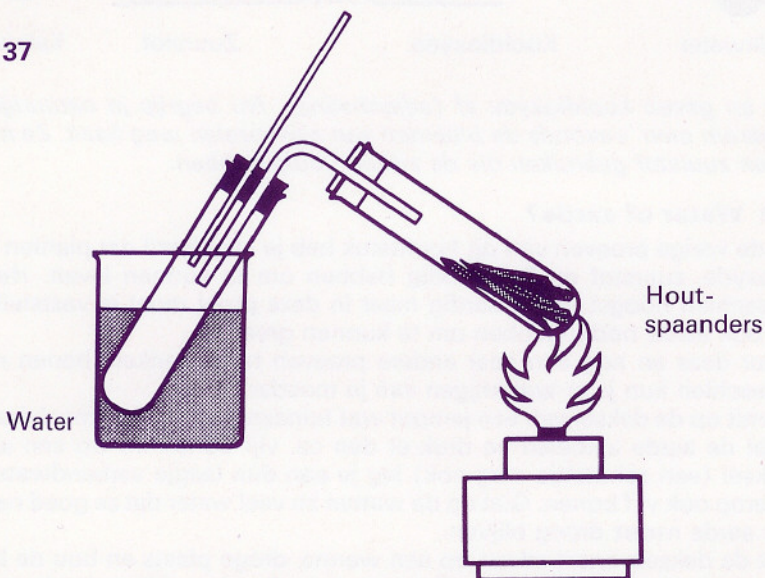
*Na een paar dagen blijkt dat de bonen alleen op de vochtige watten ontkiemen maar niet in de droge aarde. Daarmee heb je het bewijs geleverd dat water onontbeerlijk is voor de groei van planten. Aarde daarentegen niet. Droge aarde bevat te weinig water zodat de bonen niet kunnen ontkiemen.*

*Water alleen is echter niet voldoende, de plant heeft nog meer stoffen nodig. Om er achter te komen welke stoffen dat zijn moet je in de volgende proeven eerst onderzoeken uit welke bestanddelen planten bestaan. Deze analyse zal je dan duidelijk maken welke voedingsstoffen het water of de bodem moet bevatten om planten zo goed mogelijk te laten gedijen.*

#### 6.10 Verkoold zonder vlam

Doe in een grote reageerbuis droge houtspaanders die je van een plank hebt afgesneden. Klem het reageerbuisje in de reageerbuis-klem en sluit het af met een doorboorde stop met een glazen hoekhuisje. Steek het andere einde van de hoekbuis door de dubbel doorboorde stop op een andere reageerbuis die in een bekglas met water staat. In het tweede gat van de stop moet je een rechte glazen buis steken (afb. 37). Verhit nu de reageerbuis met de houtspaanders. Houd na ongeveer twee minuten een brandende houtspaander bij de rechte glazen buis! Wat zie je? Onderbreek de proef na drie minuten.

Afb. 37



*Het hout verkoolt langzamerhand. Daarbij ontstaan eerst waterdruppels aan de wand van de reageerbuis die te zamen een bruin vocht gaan vormen. Dit vocht verzamelt zich echter in de reageerbuis die in het water staat. Deze noemt men de „ontvanger” of „recipiënt”. De dampen die uit de glazen buis stromen kun je aansteken en ze branden met een heldere vlam.*



*Het verhitten van hout in een afgesloten ruimte noemt men droge destillatie. Daarbij worden alle vloeibare en gasvormige verbindingen aan het hout onttrokken en er blijft een zwarte massa over, de houtskool, die voor het grootste deel uit koolstof bestaat (zie proef 6.1). De gasvormige verbindingen zijn brandbaar. Ze bestaan voornamelijk uit het gas methaan – ook wel mijngas genoemd – en uit het element waterstof.*

De vloeistof in de ontvanger en de houtskool heb je nodig voor de volgende proeven. Voor je verder werkt moet je eerst de grote reageerbuis met brandspiritus schoonmaken. Als je te lang wacht krijg je hem niet meer schoon.

### 6.11 „Zuur hout“

Om te onderzoeken waaruit de bruine vloeistof in de ontvanger bestaat moet je een strookje blauw lakmoespapier in de reageerbuis steken. Wat zie je?

*Het lakmoespapier wordt rood. Door de droge destillatie wordt door het hout een zuur afgescheiden dat het lakmoespapier rood kleurt. Het gaat hier om een organisch zuur, het azijnzuur. Daarom noemen we die vloeistof ook wel houtazijn. Vroeger produceerde men door droge destillatie van grote hoeveelheden hout houtazijn om daaruit azijnzuur voor technische doeleinden te winnen.*

*Naast azijnzuur bevinden zich in de vloeistof nog de houtgeest, met de chemische benaming methylalcohol, en een reeks andere verbindingen. De bruine kleur wordt veroorzaakt door een geringe hoeveelheid teer.*

### 6.12 Waaruit bestaat houtskool?

Om de houtskool uit proef 6.10 te onderzoeken moet je een klein stukje ongeveer één minuut in de vlam houden. Neem dan het gloeiende stukje vuur en laat het langzaam uitgloeien. Kijk eens naar de uitgegloeide plek!

*Nadat bij de droge destillatie alle brandbare gassen uit het hout zijn verdwenen brandt de houtskool niet meer. Ze gloeit langzaam op en oxydeert daarbij tot het kleurloze gas kooldioxyde (zie proef 6.1).*



*Er blijft alleen een witte of grijze massa over, de houtas. Daar zitten nog bestanddelen van hout in die niet verbrand zijn. Daarom kon je tot dusver hun aanwezigheid in hout nog niet bewijzen.*

Voor de volgende proeven heb je een flinke hoeveelheid houtas nodig. Omdat het nogal een karwei is om dat met hout te maken kun je ook houtwol, hooi of stro nemen en die in het deksel van een jampot laten verbranden. Er bestaat geen chemisch verschil met houtas.

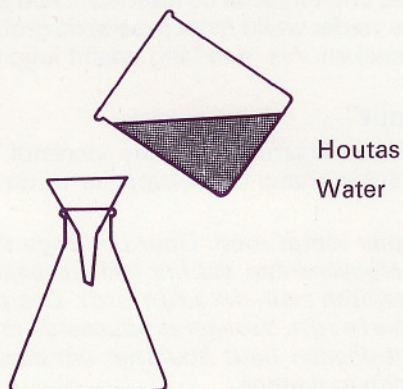
Het stuk houtskool dat je in proef 6.10 hebt gemaakt met droge destillatie heb je nodig voor proef 6.31.



### 6.13 De aanwezigheid van zout in planten bewezen

Voor deze en de volgende proeven heb je een half bekerglas houtas nodig (zie proef 6.12). Breng in een erlemeyerkolf water aan de kook. Giet dan het hete water op de houtas in het bekerglas en roer het goed om. Filtreer de hete oplossing na een paar minuten (afb. 38). Bewaar het filtraat en het restant in de filter goed voor de volgende proeven.

Afb. 38



Doe een paar druppels filtraat in een schone, grote reageerbuis en verwarm het voorzichtig boven een spiritusvlam. Wat zie je?

*Na het verdampen van het water blijft er in de reageerbuis een wit restant over. Het hete water heeft uit de planten as een paar chemische verbindingen opgelost die na het indampen zichtbaar worden. Het gaat hier om minerale zouten die door de planten via de wortels worden opgenomen. Ze zijn, zelfs in zeer kleine hoeveelheden, een noodzakelijke voorwaarde voor de opbouw en de groei van de plant.*

### 6.14 Het bruisende overblijfsel

Om te onderzoeken welke chemische elementen als verbindingen in de houtas aanwezig zijn heb je het filtraat en het overblijfsel tot je beschikking. Eerst gaan we het overblijfsel onderzoeken: het bevat verbindingen die niet oplossen in heet water. Het filtraat heb je pas nodig na proef 6.18.

Doe het restant met een lepel in een reageerbuis en voeg er een paar druppels zoutzuur aan toe. Ruik dan snel aan de opening van het reageerbuisje en bekijk de inhoud. Als er geen reactie meer optreedt in de reageerbuis moet je er weer wat zoutzuur bij doen, net zo lang tot er niets meer gebeurt.

*Na toevoeging van het zoutzuur begint het overblijfsel te bruisen; er ontwijken gassen. De geur die je ruikt bij het begin van de gasontwikkeling herinnert aan „rotte eieren“. Dit gas is de verbinding zwavelwaterstof met*



de formule  $H_2S$ . Als je die geur ruikt betekent dat dat er zwavel in zo'n monster zit. In houtas zit dus zwavel.

Het bruisen wijst op een verbinding die de rest van koolzuur, het carbonaat, bevat. Het zoutzuur vernietigt die verbinding en daarbij ontwijkt het gas kooldioxyde, vandaar het bruisen. Bij de volgende proeven zul je vaststellen welk metaal met het carbonaat in verbinding stond.

### 6.15 Een onoplosbare verbinding

Een zout dat de rest van koolzuur (carbonaat) bevat is **soda**. Dat kun je net zoals in proef 6.14 onderzoeken. Doe een beetje soda in een reageerbuisje en druppel er zoutzuur op. Of er in plantenas soda – chemisch  $Na_2CO_3$  – zit kun je heel makkelijk onderzoeken. Dat is alleen het geval als ze niet in water oplosbaar is want het restant bevatte de verbinding uit proef 6.14. Onderzoek de oplosbaarheid van soda in water!

*Soda bruist ook als je er zoutzuur op giet. Het bevat dus de rest van het zoutzuur. Daar soda heel goed oplosbaar is in water kan het restant deze chemische verbinding dus niet bevatten.*

### 6.16 De aanwezigheid van een element door een verbinding bewezen

Een verbinding die niet in water oplost is kalksteen of kalk, chemische benaming calciumcarbonaat ( $CaCO_3$ ). Ze bevat, zoals de naam al zegt, het element calcium. Nu moet je eens onderzoeken of er calcium in de verbinding zit. Filtreer het restant uit proef 6.14 in een andere reageerbuis. Voeg aan het filtraat een mespuntje magnesiumsulfaat toe en kijk dan eens naar de inhoud!

*Er ontstaat een fijne, witte neerslag van calciumsulfaat. Calciumsulfaat is bekend onder de naam gips ( $CaSO_4$ ). Het ontstaan van de onoplosbare verbinding gips is het bewijs voor de aanwezigheid van een calciumverbinding (calciumcarbonaat) in plantenas.*

*Het filtraat met de witte neerslag heb je nodig voor de volgende proef.*

### 6.17 „Berlijns blauw“ als bewijs

Filtreer de oplossing uit proef 6.16 nog een keer tot je weer een heldere vloeistof hebt. Maak dan een bloedloogzout-oplossing. Dat kun je doen door een paar kristallen geel bloedloogzout op te lossen in gedestilleerd water. Doe daarna een paar druppels van deze oplossingen bij het filtraat. Let op de kleurverandering!

*Na het toevoegen van geel bloedloogzout wordt het filtraat blauw. Deze kleurverandering treedt altijd op wanneer een ijzerverbinding reageert op geel bloedloogzout. Daarbij ontstaat een gecompliceerde chemische verbinding die luistert naar de naam „Berlijns blauw“.*

*Je hebt nu al een paar chemische elementen aangetoond in dat deel van*

*de plantenas dat niet oplosbaar is in water, namelijk zwavel, calcium en ijzer. Bovendien bevat de as nog het element magnesium dat je niet zonder meer kunt aantonen met de ter beschikking staande chemicaliën.*

### 6.18 Potas uit het filtraat

Nu moet je het filtraat uit proef 6.13 onderzoeken. Je hebt al vastgesteld dat het verbindingen bevat die oplosbaar zijn in water. Nu moet je bewijzen welke chemische elementen dat zijn.

Giet het filtraat in de porseleinen schaal en breng het boven de spiritusvlam aan de kook (afb. 39). Daarbij verdampt water. Nu moet je de schaal zo lang verhitten tot er nog net een laagje water op de bodem staat. Neem dan de schaal van de vlam en laat de rest van het water zonder warmte-toevoer verdampen.

*Nadat al het water verdampt is blijft er in de porseleinen schaal een vuil-bruine massa over, de zogenaamde potas, dat tegenwoordig nog wel als bakpoeder wordt gebruikt.*

### 6.19 Potas reinigen

Verhit de potas uit de vorige proef nog een paar minuten boven de spiritusvlam en let goed op!

*Terwijl het uitgloeit wordt de potas steeds lichter van kleur tot het ten slotte bijna wit is. Daarmee heb je het gereinigd.*

Afb. 39



### 6.20 Samenstelling van potas

Om iets naders te weten te komen over de samenstelling van potas moet je ongeveer een kwart van de hoeveelheid in een reageerbuisje doen en die overgieten met een beetje zoutzuur. Wat zie je?

*Na de toevoeging van zoutzuur begint de potas te bruisen. Zoals je bij proef*



6.14 al hebt gemerkt bevat een verbinding altijd de rest van zoutzuur, het carbonaat, als ze na toevoeging van zoutzuur begint te bruisen. Er ontwijkt dan kooldioxyde.

Chemisch gezien is de potas dus een carbonaat. Wanneer je het verhit valt die verbinding al uiteen en staat daarbij kooldioxyde af. Daarom is potas ook geschikt voor bakpoeder. Bij het bakken maakt het ontwijkende kool-dioxyde het deeg losser.

## 6.21 Een kleurige vlam

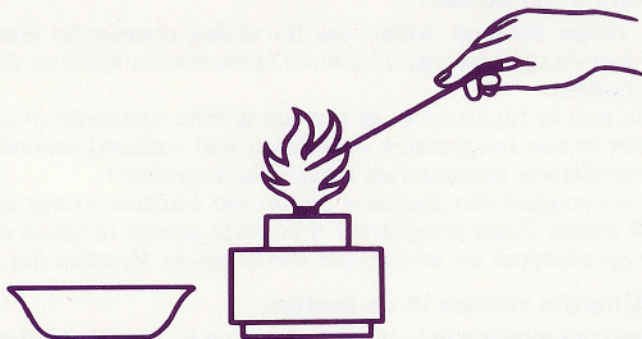
Ook het metaal dat in potas verbonden is met de rest van het koolzuur kun je gemakkelijk aantonen.

Maak een breinaald gloeiend in de spiritusvlam en steek die daarna in de potas (uit proef 6.19). Houd dan de naald weer in het vuur (afb. 40) en kijk hoe de vlam van kleur verandert!

*De vlam krijgt door de potas een violette kleur. De kleur is steeds het bewijs voor het element kalium. De chemische benaming voor potas is samengesteld uit kalium en carbonaat: kaliumcarbonaat ( $K_2CO_3$ )*

*Bovendien bevat potas nog andere elementen in de vorm van verbindingen, natrium en chloor als natriumchloride (keukenzout) en het element fosfor. Daarmee is je analyse van planten bijna ten einde. Je hebt ontdekt dat planten voor het grootste deel bestaan uit koolstof, waterstof en zuurstof. Daarnaast bevatten ze, zij het in kleine hoeveelheden, de elementen zwavel, calcium, ijzer, kalium, magnesium, fosfor, natrium en chloor.*

Afb. 40



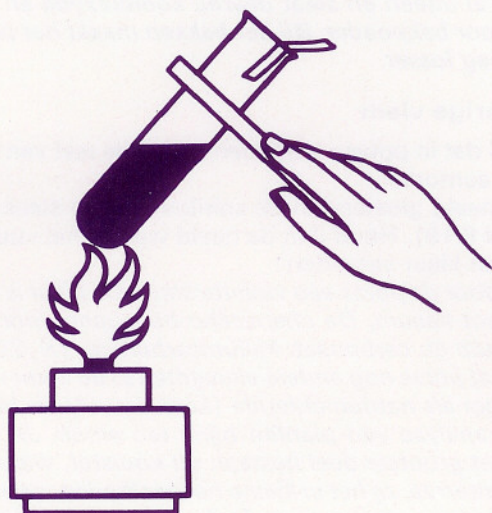
## 6.22 Een gas van de lucht in planten

Het laatste element dat in planten zit moet met een bijzondere proef worden aangetoond. Meng in een grote reageerbuis zaagsel of hele fijne hout-splinters met dezelfde hoeveelheid ongebluste kalk. Verhit de reageerbuis boven de spiritusvlam en houd tegelijkertijd een bevochtigd strookje rood lakmoespapier bij de opening (afb. 41).

*Bij het verhitten wordt het lakmoespapier blauw. De kalk haalt de verbinding ammoniak –  $\text{NH}_3$  – uit het hout. Ammoniak is een loog en kleurt lakmoespapier blauw. Nu hebben we het laatste element, de stikstof (N), aangetoond. Het behoort tot de belangrijkste bestanddelen.*

**Afb. 41**

Zaagsel en  
ongeluste kalk



### 6.23 Kalk in de bodem

Uit de vorige proeven weten we nu welke chemische elementen deel nemen aan de opbouw van planten. De planten onttrekken die elementen aan de bodem.

Om kalk aan te tonen moet je een monstertje tuinaarde of aarde uit een bloempot in een reageerbuis overgieten met verdund zwavelzuur! Neem b.v. verschillende monsters uit verschillende potten!

*Na het toevoegen van zoutzuur begint het bodemonmonster te bruisen als het kalk bevat. Zoals je bij proef 6.16 hebt gezien reageert de kalk in de bodem op zoutzuur en er ontwijkt kooldioxyde. Vandaar het bruisen.*

### 6.24 Minerale zouten in de bodem

Om je een voorstelling te kunnen maken van de geringe hoeveelheden oplosbare minerale zouten in landbouwgrond moet je eens de volgende proef nemen:

Vul het bekeerglas voor één kwart met tuinaarde of aarde uit een bloempot en voeg er de dubbele hoeveelheid gedestilleerd water aan toe. Laat dat mengsel kort koken, en filtreer dan de vloeistof er uit. Het filtraat moet in de porseleinen schaal boven de spiritusbrander ingedampt worden. Kijk eens naar het overblijfsel in de schaal!



*De dunne, witte rest is een samenstel van alle oplosbare minerale zouten in de bodem. In verhouding tot de totale hoeveelheid grond is het een zeer geringe hoeveelheid.*

#### **6.25 Een „gasfabriek“**

Vraag je moeder om twee eetlepels melk. Roer die in een jampot door een handvol zo mogelijk verse tuinaarde of aarde uit een bloempot tot een dikke brij. Plak met plastic plakband een strookje vochtig rood lakmoespapier aan de binnenkant van de deksel en sluit de jampot af (afb. 42). Kijk na een paar uur eens naar het lakmoespapier!

*Na een poosje wordt het lakmoespapier blauw. Als je de pot openmaakt ontsnapt het kleurloze, sterk ruikende gas ammoniak waarvan de chemische formule luidt  $\text{NH}_3$ . Ammoniak bevat dus stikstof. Het gas vormt met het water in het vochtige lakmoespapier een loog en daarom verkleurt de indicator. In de verse tuinaarde leven talrijke bacteriën die het eiwit in de melk (zie proef 5.7) ontleden. Zij zijn het die alle stikstofhoudende verbindingen in de bodem door verrotting ontleden. Planten zijn zelf niet in staat stikstof uit verbindingen op te nemen. Pas door de hulp van de bacteriën komt de stikstof vrij die de plant nodig heeft.*

#### **6.26 Zonder licht geen bladergroen**

Laat een plantje ca. 10 dagen in het donker groeien. Als je geen kelder hebt kun je ook een „zak“ van zwart papier over de plant zetten maar je moet vooral niet vergeten de plant water te geven!

Bekijk na tien dagen de bladeren van de plant eens!

Bedruppel de bladeren met jodiumtinctuur!

*Als een plant lange tijd in het donker moet groeien worden de bladeren geel. Zonder licht kunnen planten namelijk geen bladergroen vormen en dat bladergroen is onmisbaar voor de assimilatie. Uit kooldioxyde in de lucht en water uit het blad vormt zich in het blad zetmeel, zoals de blauwe kleur van het blad na het bedruppelen met jodiumtinctuur bewijst. Gelijktijdig komt bij de assimilatie zuurstof vrij (zie proef 6.5).*

#### **6.27 Een plant met jouw naam**

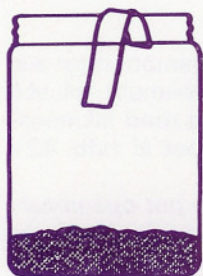
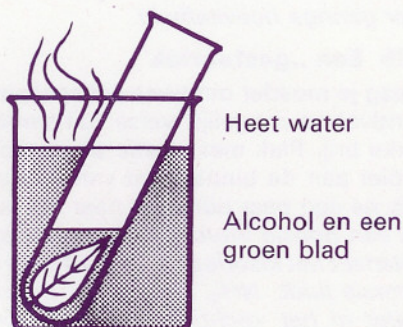
Maak een sjabloon van je eigen voornaam maar denk er aan dat de sjabloon precies op het blad van een plant moet passen. Als je de sjabloon klaar hebt moet je hem met paperclips vastmaken aan het blad van een plant (afb. 43). Zet de plant daarna een paar dagen in de zon en haal na een dag of drie, vier de sjabloon van het blad.

*Je naam staat op het blad. Op die plekken waarop de zon viel, kon zich ongehinderd bladergroen vormen (zie proef 6.26). Het bedekte gedeelte is echter vergeeld omdat daar zonder licht geen bladergroen kon ontstaan. Als je je moeder eens een groot plezier wilt doen kun je haar een plant met haar naam cadeau geven. Ze zal vast en zeker verstomd staan.*



**Afb. 42**

Rood lakmoespapier

**Afb. 43****Afb. 44**

### 6.28 Bladergroen, gewonnen uit planten

Doe in een reageerbuisje een fijngesneden groen blad en doe er zo veel brandspiritus bij dat de snippertjes helemaal onder de vloeistof staan. Zet dan de reageerbuis in een bekglas dat gevuld is met heet water (afb. 44). Giet na ongeveer twintig minuten de spiritus in een ander reageerbuisje en kijk goed! Bewaar de groene vloeistof voor de volgende proef.

*De brandspiritus heeft een helgroene kleur gekregen maar de stukjes blad zijn kleurloos geworden. Brandspiritus, vooral wanneer het verwarmd wordt, neemt het groen uit de bladeren op.*

*Bladergroen is geen enkelvoudige chemische verbinding maar een mengsel van vier verbindingen. De bekendste is chlorofyl dat in twee soorten voorkomt, namelijk chlorofyl a en chlorofyl b. Daarnaast bevat bladergroen nog carotine en xanthofyl. Deze twee kleurstoffen veroorzaken de kleurverandering van de bladeren in de herfst, als het chlorofyl verdwijnt.*

### 6.29 Chlorofyl – een lichtend-groene kleurstof

Het chlorofyl van het bladergroen kun je makkelijk scheiden van de carotine en de xanthofyl als je aansteker- of wasbenzine bij de hand hebt. Giet de oplossing uit de vorige proef in de porseleinen schaal en laat die zo lang staan tot de helft van de spiritus verdampt is. Doe dat restant in een reageerbuis en voeg er precies evenveel benzine aan toe. Sluit de reageerbuis af en schud één minuut flink. Kijk nu eens naar de inhoud!

*Er vormen zich twee lagen in de reageerbuis; bovenin de benzine – die lichter is – en onderin de spiritus. De eerst kleurloze benzine is nu lichtend-groen. Alleen de chlorofyl is er in opgelost. De gele en rode kleurstoffen van carotine en het xanthofyl zijn in de spiritus achtergebleven die er nu geelbruin uitziet. Uit die kleur kun je zien dat deze beide verbindingen de kleuren van de herfst veroorzaken.*



### 6.30 In de donkere kamer

Herhaal proef 6.4. Richt de proef echter zó in dat er geen licht op valt. Kijk dan weer eens na een paar dagen!

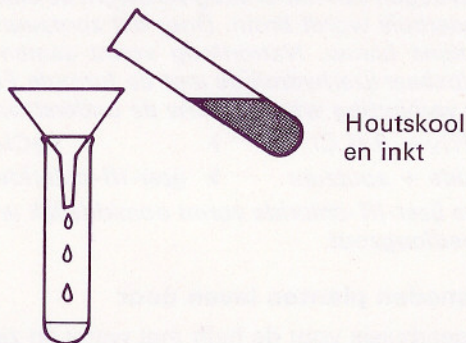
*Er zit geen gas in de reageerbuis. Planten kunnen niet assimileren in het donker. De ontleding van kooldioxyde in koolstof en zuurstof is alleen mogelijk bij zonlicht. In het donker kunnen planten dus niet leven.*

### 6.31 Een zwart schoonmaakmiddel

Wrijf een stukje houtskool uit proef 6.10 tussen twee velletjes papier met een lepel tot poeder. Doe dan in een reageerbuis vol water een à twee druppels inkt en voeg er het houtskoolpoeder aan toe. Houd je duim op de reageerbuis en schud alles flink door elkaar. Filtreer daarna de zwarte vloeistof door een filter die net zo is gemaakt als in proef 10.4 (afb. 45). Bekijk het filtraat.

*Het filtraat komt bijna helder uit de filter. De kleurstof wordt vastgehouden door de houtskool die namelijk ontelbare fijne poriën heeft die ontstaan bij de droge destillatie omdat alle vloeibare en gasvormige bestanddelen uit het hout werden gedreven. Het met inkt gekleurde water dringt in die poriën. Daarbij wordt de kleurstof vastgehouden en het gereinigde water afgegeven. De opneming van een opgeloste kleurstof door houtskool noemt men adsorptie. Ook gassen kunnen worden geadsorbeerd door houtskool. Daarom wordt het gebruikt in gasmaskers om giftige gassen uit de ademhalingslucht te filtreren.*

Afb. 45



### 6.32 Een lichtgevende kleurstof

Met een ijzerverbinding die bij deze chemie-experimenteerdoos hoort, kun je de verbinding „Berlijns blauw” nog duidelijker maken.

Los in een reageerbuis wat ijzer-III-chloride op in water en voeg er een paar druppels van de bloedloogzoutoplossing uit proef 6.17 aan toe.

*Weer verkleurt de inhoud van de reageerbuis, dit keer zelfs diepblauw.*

*IJzerverbindingen bewerkstelligen met geel bloedloogzout altijd het ontstaan van „Berlijns blauw“.*

### 6.33 IJzer in de bloempot

Probeer eens of je ijzer kunt aantonen in bloempotaarde. Doe een lepel aarde uit de bloempot in een reageerbuis en overgiet het monster met zoutzuur. Vul dan de reageerbuis voor de helft bij met water en schud alles flink door elkaar. Filtreer daarna het mengsel en voeg aan het heldere filtraat een paar druppels bloedloogoplossing toe!

*De oplossing wordt diepblauw. Daarmee heb je het bewijs geleverd dat tuinaarde ijzer bevat.*

### 6.34 Sigaretten met ijzer

Onderzoek eens of sigaren- of sigarettenas ijzer bevat. Ga net zo te werk als bij de vorige proef.

*Het ontstaan van Berlijns blauw bewijst dat de as van tabak ijzer bevat.*

### 6.35 Berlijns blauw wordt bruin

Doe in een reageerbuisje een paar druppels ijzer-III-chloride-oplossing en voeg er een heel klein beetje bloedloogzoutoplossing aan toe. Als het Berlijns blauw is ontstaan moet je er net zo lang natronloog bijgiets tot de kleur verandert. Druppel daarna zoutzuur in de reageerbuis. Wat zie je? *Door het toevoegen van natronloog verdwijnt de blauwe kleur en de inhoud van de reageerbuis wordt bruin. Door het zoutzuur ontstaat weer de verbinding Berlijns blauw. Natronloog vormt samen met ijzer-III-chloride bruin, onoplosbaar ijzerhydroxide met de formule  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Zoutzuur verandert deze verbinding weer volgens de onderstaande vergelijking:*



*IJzerhydroxide + zoutzuur  $\longrightarrow$  ijzer-III-chloride + water.*

*Het ontstane ijzer-III-chloride vormt onmiddellijk weer Berlijns blauw met het geel bloedloogzout.*

### 6.36 Afgesneden planten leven door

Vul een reageerbuisje voor de helft met water en zet er een takje met een paar blaadjes in. Voeg er een paar druppels slaolie aan toe zodat het water niet kan verdampen (afb. 46). Markeer met een viltstift de waterstand in de reageerbuis. Controleer na een paar uur.

*De waterspiegel is sterk gedaald. Omdat er geen water kon verdampen – dat werd immers verhinderd door het laagje olie – moet het twijgje dus het water hebben opgenomen. In de volgende proef zul je er achter komen waar het gebleven is.*



### 6.37 Verdwenen water opgespoord

Herhaal proef 6.36 maar neem een nieuw twijgje. Doe weer water in het reageerbuisje maar bindt een plastic zakje om het twijgje (afb. 47). Bekijk na een poosje het zakje en de waterstand in het reageerbuisje!

Afb. 46



Slaolie

Water

Afb. 47



Slaolie

Water

*Al gauw verschijnen er op de binnenkant van het plastic waterdruppeltjes. Net als bij de vorige proef neemt het twijgje water op. Het grootste deel wordt echter door de bladeren weer afgestaan zodat je bijna kunt spreken van een „riviertje“ door de plant. Een middelgrote berk b.v. verdampt op een warme, zomerse dag ca. dertig emmers water. Als planten meer water verdampen dan ze kunnen opnemen, verwelken de bladeren.*

### 6.38 Bonenplantjes ontkiemen

Bij de volgende experimenten moet je onderzoeken welke uitwerking het gemis van sommige minerale zouten heeft op de groei van planten. Voor dit onderzoek moet je bonenplantjes nemen die je zelf kunt kweken. Vraag je moeder om een handvol bonen.

Om precies te kunnen vaststellen aan welke voorwaarden moet worden voldaan om bonen te laten ontkiemen moet je op drie schoteltjes en in het bekeerglas tien bonen leggen. Het best is als de zaden op een onderlaagje van watten liggen (zie proef 6.9). Houd de watten steeds vochtig en let daarbij op het volgende: drink de watten op het eerste schoteltje in gedistilleerd water, die op het tweede met leidingwater, de bonen op het derde schoteltje worden overgoten met kokend water. De zaden in het bekeerglas moeten steeds helemaal onder water staan (afb. 48). Let na de eerste dag op de grootte van de bonen en vergelijk die na een paar dagen!

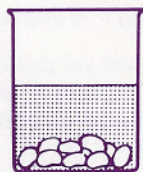


## Afb. 49

Watten



Water



*Na ongeveer 24 uur zijn alle zaden opgezwollen door het water. Later blijkt dat alleen die bonen ontkiemen die zijn gedrenkt in gedestilleerd of leidingwater. De andere niet.*

*Het resultaat van deze proef toont aan dat voor ontkiemen voorlopig alleen maar water nodig is. Voedingsstoffen worden daarbij niet opgenomen want anders zouden de bonen in het gedestilleerde water niet ontkiemd zijn.*

*Het hete water heeft de zaden gedood; daarom zijn ze ook niet ontkiemd. Als de zaden helemaal onder water liggen, zoals in het bekglas, dan ontbreekt de voor het ontkiemen noodzakelijke zuurstof.*

*De kiemen heb je nodig voor de volgende proeven. Houd ze daarom in leven met water totdat ze ca. 1 à 2 cm lange wortels hebben.*

*Opmerking: de proeven waarmee je de groei van de planten kunt onderzoeken, zullen een week of vier duren. Je kunt dus in de tussentijd veel andere experimenten uitvoeren omdat je maar één keer per dag een paar minuten voor de plantjes moet zorgen.*

### 6.39 Kiemen zonder zuurstof?

Stop een dikke prop watten in een reageerbuisje en giet er zoveel water op tot de watten zich helemaal hebben volgezogen. Leg dan op de natte watten twee of drie bonen of erwten en sluit de reageerbuis goed af met een stop. Bekijk na een paar dagen de zaden eens!

*Het kiemen van de erwten of bonen houdt na een korte tijd op. In de afgesloten ruimte is de zuurstof snel verbruikt en daarvoor in de plaats is kooldioxyde gekomen dat door de kiemen is geproduceerd. Als er geen zuurstof meer is kunnen de zaden niet verder kiemen.*

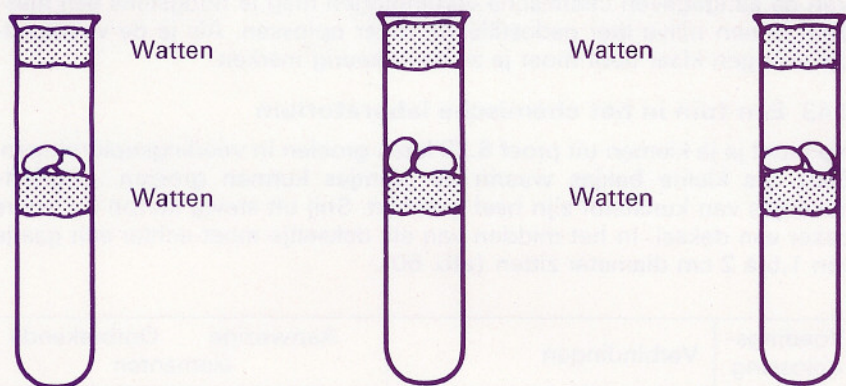
### 6.40 „Dronken” kiemen

Vul drie reageerbuizen elk voor de helft met water. Doe in de ene drie of vier druppels brandspiritus, in de tweede ongeveer de drievoudige hoeveelheid en in de laatste ongeveer half zo veel spiritus als water. Goed schudden. Steek dan in elke buis een stevige prop watten zodat hij net de vloeistof raakt. Leg daarop twee of drie bonen en sluit dan elke reageerbuis af met een watteprop (afb. 49). Bekijk na een dag of acht de kiemen eens! *In de reageerbuis met de meeste brandspiritus kiemen de zaden erg slecht. Brandspiritus is chemisch alcohol (daarover later meer). Het resultaat van*



deze proef bewijst dat alcohol een remmende werking heeft op de groei van plantaardig leven.

Afb. 49



#### 6.41 Een chemisch oerwoud

Het ontkiemen van jouw bonen duurt behoorlijk lang, daarom moet je ondertussen eens proberen hoe vlug „chemische planten” zich kunnen ontwikkelen. Los in een bekglas vol water een mespunt geel bloedloogzout op. Strooi dan in die oplossing een paar kristalletjes kopersulfaat zodat ze over de hele oppervlakte worden verdeeld. Let op het kopersulfaat als het in de oplossing valt en kijk nog eens na tien à twintig minuten!

*Het kopersulfaat wordt onmiddellijk bruin als het in de bloedloogzoutoplossing valt. Het vormt met het geel bloedloogzout de bruine verbinding koperhexacyanoferraat (II). Na ongeveer twintig minuten is er uit elke kristal een „plantje” gegroeid zodat het lijkt of de bodem van het bekglas begroeid is. De oorspronkelijk alleen door een laagje koperhexacyanoferraat (II) omgeven kristallen kopersulfaat zijn langzamerhand helemaal in deze bruine verbinding veranderd. Op grond van gecompliceerde natuurkundige wetmatigheden verloopt de „groei” alleen naar boven.*

#### 6.42 Voedingsoplossingen

Door de analyse van plantenas (zie proef 6.13–6.20) heb je vastgesteld welke elementen planten aan de bodem onttrekken. Als je wilt onderzoeken welke uitwerkingen het ontbreken van de verschillende elementen op de groei heeft moet je ervoor zorgen dat planten bepaalde elementen niet kunnen opnemen. Dit kun je bereiken door verschillende minerale zouten op te lossen in gedestilleerd water.

Je moet zes proeven tegelijk nemen. Bij één proef wordt alleen gedestilleerd water gebruikt, bij de tweede een meststof die de noodzakelijke elementen bevat. De voorwaarden voor de overige vier proeven worden zodanig gekozen, dat er steeds één of meer elementen ontbreken.

Van de aangegeven chemische verbindingen mag je hoogstens één mespunt in een halve liter gedestilleerd water oplossen. Als je de voedingsoplossingen klaar hebt moet je ze nauwkeurig merken.

#### 6.43 Een tuin in het chemische laboratorium

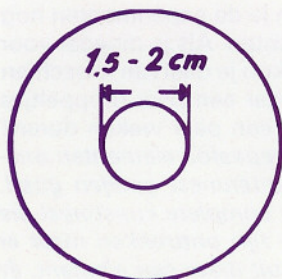
Nu moet je je kiemen uit proef 6.38 laten groeien in voedingsoplossingen. Zoek zes kleine bakjes waarin de plantjes kunnen groeien. Yoghurtbekertjes van kunststof zijn heel geschikt. Snij uit stevig karton bij iedere beker een deksel. In het midden van elk dekseltje moet echter een gaatje van 1,5 à 2 cm diameter zitten (afb. 50).

Voedingsoplossing	Verbindingen	Aanwezige elementen	Ontbrekende elementen
1	Gedestilleerd water	—	alle
2	Magnesiumsulfaat Kaliumhydrogeenfosfaat Calciumnitraat IJzer-III-chloride	Mg, S, K, P, Ca, Fe, Cl	N
3	Magnesiumsulfaat Kaliumhydrogeenfosfaat, Calciumnitraat	Mg, S, K, Ca N	Fe, Cl
4	Magnesiumsulfaat Calciumnitraat IJzer-III-chloride	Mg, S, Ca, N, Fe	P, K
5	Kopersulfaat Kaliumhydrogeenfosfaat Calciumnitraat IJzer-III-chloride	Cu, S, K, P, Ca, N, Fe, Cl	Mg
6	Kunstmest	Mg, S, K, P, Ca N, Fe, Cl	—

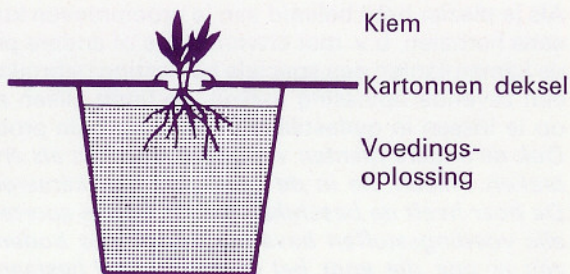
Vul daarna de zes bekertjes elk tot vlak onder de rand met een voedingsoplossing en schrijf er het nummer van de betreffende oplossing op.



Afb. 50



Afb. 51



Kies nu uit de kiemen uit proef 6.38 zes onbeschadigde, even grote exemplaren. Steek in elk deksel een plantje en wikkel het in watten zodat het niet door het gat kan zakken; zorg dat alle wortels in de vloeistof hangen (afb. 51).

Zet de bekken weg op een zonnige, rustige plaats (zie proef 6.30)!

De plant moet steeds de voedingsstof kunnen opnemen. Daarom moet je die regelmatig controleren en zo nodig bijvullen.

#### 6.44 Controle op de groei

Let nu heel goed op of je verschillen ziet in de groei van de verschillende planten uit proef 6.43. Het is heel mooi als je vier weken lang elke dag de planten kunt controleren en de resultaten opschrijft in een schrift. Dan kun je aan het einde van het experiment nog precies nakijken wanneer je voor het eerst verschillen begon te zien.

*De eerste veertien dagen groeien de plantjes nog allemaal goed. Pas dan ga je de eerste verschillen zien. De plant in oplossing 6 is de enige die normaal doorgroeit. Deze vloeistof bevat namelijk alle chemische elementen die een plant nodig heeft om te kunnen groeien (zie proeven 6.21 en 6.22).*

*Een mengsel van alle verbindingen wordt daarom complete kunstmest genoemd. Bovendien zijn voor de groei natuurlijk koolstof, zuurstof en waterstof nodig. Die worden aan de lucht of het water onttrokken (zie proeven 6.1 en 6.3)*

*De planten in de andere vijf oplossingen vertonen gebreken; bovendien zijn ze kleiner dan die uit oplossing 6. De bladeren in oplossing 3 worden geel, omdat het ijzer ontbreekt. Daardoor kan er geen bladergroen worden gevormd en ten slotte sterft de plant. Zonder stikstof sterven de oudste, de onderste bladeren. Zonder fosfor, kalium en magnesium wordt de groei zo sterk beïnvloed dat die planten zich ook niet normaal kunnen ontwikkelen en ook spoedig sterven.*



#### 6.45 Een weelderige tuin

Als je plezier hebt beleefd aan je groeiproeven kun je de experimenten nog eens herhalen, b.v. met erwten, mais of andere planten. Als je moeder voor de kamerplanten een speciale bemesting gebruikt kun je daarvan misschien een zevende oplossing maken. Je hoeft alleen maar een paar druppeltjes op te lossen in gedestilleerd water. Laat de proef een paar weken duren! *Ook de andere planten vertonen gebreken als er bepaalde elementen ontbreken. Alleen die in de oplossing met kamerplantenmest gedijen goed. De boer heeft de beschikking over talrijke soorten complete kunstmest die alle voedingsstoffen bevatten die aan de bodem zijn onttrokken maar er zijn er ook die voor het overgrote deel bestaan uit maar één element. Er zijn b.v. stikstofhoudende, kalihoudende en fosfaathoudende soorten kunstmest. Als blijkt dat de grond weinig stikstof bevat kan de boer strooien met natronsalpeter, kalksalpeter, kalkammonsalpeter, kalkstikstof enz. Er zijn ook speciale mestsoorten voor grond die gebrek heeft aan kalk of fosfor. Vandaag de dag wordt er steeds meer complete kunstmest gebruikt.*

*Behalve meststoffen die de plantengroei bevorderen zijn er tegenwoordig ook soorten die de groei remmen. Ze worden daarom anti-meststoffen genoemd. Deze stoffen worden gespoten op grasvlakten, bij autowegen, op vliegvelden enz. Ze maken dat het gras niet meer groeit maar net niet sterft. Maaien wordt overbodig. Als men er aardappels mee bespuit vlak voor de oogst dan voorkomt men daarmee het uitlopen van de aardappels als ze opgeslagen liggen. Graan dat met anti-mest wordt bespoten krijgt kortere halmen maar de aren blijven net zo groot als altijd en daardoor waaien die halmen niet zo vlug meer om.*

*Je hebt in dit hoofdstuk over meststoffen gelezen hoe groot het werkterrein is van de mensen die zich er mee bezighouden. De onderzoeken van Justus von Liebig waren het prille begin van een ontwikkeling van stoffen die als anti-mest schijnbaar niets meer uitstaande hebben met von Liebig's onderzoeken.*



## 7. Alcohol — de geest van de wijn

De produktie van alcoholische dranken is al bekend sinds de oudheid en dat geldt ook voor de werking ervan. Steeds weer ontdekte de mens nieuwe manieren om het genotmiddel alcohol geschikt te maken voor de consumptie. Zuivere alcohol is namelijk zeer schadelijk voor de mens en reeds kleine hoeveelheden kunnen een dodelijke uitwerking hebben. In alcoholische dranken is hij zó verdund dat hij geconsumeerd kan worden. Kleine hoeveelheden alcohol hebben aanvankelijk een ontremmende werking en het lijkt of het lichaam meer energie krijgt maar langzamerhand neemt het prestatievermogen sterk af. Overmatig gebruik van alcohol leidt op den duur tot ernstige schade aan de spijsvertering, het zenuwstelsel, het hart en de bloedvaten. Het woord „spiritualiën“ dat vaak wordt gebruikt voor alcoholische dranken, is dan ook eigenlijk fout. Als je het vertaalt betekent het zoiets als „geestrijke dranken“ maar de menselijke geest wordt in geen geval tot grotere prestaties aanzet.

Behalve het gebruik voor sterke drank is alcohol zeer belangrijk voor de geneeskunde. Bovendien is het een belangrijke grondstof voor de cosmetische en de chemische industrie.

In dit hoofdstuk zul je veel leren over de samenstelling, de fabricage en het gebruik van de chemische verbinding alcohol.

### 7.1 Een spookachtige vlam

Giet in de schone porseleinen schaal zoveel brandspiritus dat de bodem er mee bedekt is. Sluit de fles goed af en zet hem weg voor je verdergaat met experimenteren. Houd een brandende lucifer bij de spiritus en let goed op! Houd daarna een stukje papier vlak boven de schaal. Wat zie je? <sup>1)</sup>

*De brandspiritus in de schaal vat vlam, wat trouwens voor de hand lag. De blauwachtige vlam is echter nauwelijks te zien. Pas als je er een stukje papier in houdt wordt de vlam duidelijk zichtbaar.*

*De brandspiritus die je voor je brander gebruikt is chemisch voor 92% alcohol, dus bijna zuivere alcohol. Voor de mens is hij echter niet te gebruiken en schadelijk voor de gezondheid omdat men er bepaalde middelen aan heeft toegevoegd. Die middelen veroorzaken ook de onaangename geur. Voor de proeven op het gebied van de „alcohol“ is brandspiritus desondanks best te gebruiken omdat de middelen die er aan zijn toegevoegd en die er nauwelijks uit te krijgen zijn, niet storen. Zuivere, pure alcohol, ook wel wijngeest genoemd, wordt door de staat zwaar belast en is daardoor erg duur. Die belasting is ingesteld om het alcoholmisbruik tegen te gaan.*

<sup>1)</sup> Als je de vlam doven wilt, hoef je alleen maar een stuk karton over de schaal te leggen. Meer over het blussen van branden kun je vinden in de Philips Chemie-experimenteerdoos CE 1401.



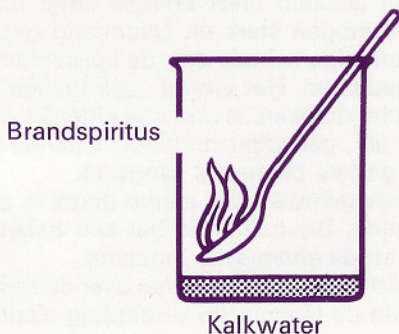
## 7.2 Samenstelling van alcohol

Steek in de porseleinen schaal weer een beetje brandspiritus aan. Houd het droge, schone bekeerglas boven de schaal en let op (afb. 52)! Doe daarna kalkwater in het bekeerglas zodat de bodem helemaal bedekt is. Doe wat brandspiritus in een theelepel, steek die aan, en houd de lepel zo diep mogelijk in het bekeerglas zonder dat de alcohol er af loopt (afb. 53). Als de vlam uit is moet je het bekeerglas met je hand bedekken en goed schudden. Let op het kalkwater!

Afb. 52



Afb. 53



*Als je het bekeerglas boven de brandende alcohol houdt, ontstaan er waterdruppels. Het kalkwater wordt troebel: er is dus kooldioxyde ontstaan (zie proef 6.1).*

*De waterdruppels wijzen er op dat alcohol waterstof en zuurstof bevat. Het kooldioxyde wijst op het element koolstof dat zich bij verbranding met de zuurstof uit de lucht tot kooldioxyde verbindt. De elementen koolstof, waterstof en zuurstof zijn in alcohol dusdanig verbonden dat de formule  $C_2H_5OH$  ontstaat.*

*Deze verbinding die men in het algemeen als alcohol betitelt, is voor de chemicus maar één soort van vele soorten alcohol die zijn samengebracht in de groep der alcoholen. Hij draagt de chemische benaming ethyl-alcohol of ook ethanol.*

## 7.3 Onzichtbaar water

Verwarm in de porseleinen schaal boven de spiritusvlam ongeveer een halve lepel blauw kopersulfaat en blijf zo lang roeren tot het bijna wit is geworden. Laat de schaal afkoelen en doe dan **één** druppel water bij het kopersulfaat. Let op de kleur!

*Na toevoeging van het water neemt het witte kopersulfaat weer de oorspronkelijke blauwe kleur aan. Chemisch is de verbinding echter niet veranderd.*



*Het kopersulfaat bestaat uit vele, kleine kristallen. In elk kristal is tussen de zoutmoleculen ook water onzichtbaar ingesloten (kristalwater). Bij verhitting springen de kristallen uit elkaar en het water wordt afgegeven zodat de kleur verandert. Als het water weer kan worden opgenomen keert de oorspronkelijke vorm van het kristal terug en wordt het kopersulfaat weer blauw.*

#### **7.4 Alcohol veroorzaakt een blauwe kleur**

Brandspiritus bestaat niet voor 100 % uit alcohol maar bevat behalve de middelen om het ondrinkbaar te maken ook nog water. De aanwezigheid van dat water moet je aantonen met kopersulfaat.

Verhit het kopersulfaat uit proef 7.3. Laat het helemaal afkoelen! Doe daarna een beetje brandspiritus in een reageerbuisje en voeg er een beetje watervrij kopersulfaat aan toe. Let op het kopersulfaat!

*Het kopersulfaat wordt langzamerhand blauw. Het water dat het nodig heeft voor de hernieuwde opbouw van zijn kristallen onttrekt het aan de brandspiritus (zie proef 7.3). Behalve het watervrije kopersulfaat zijn er nog andere verbindingen die gretig water opnemen en het dan vasthouden. Die stoffen noemt men hygroscopisch, d.w.z. wateraantrekkend.*

#### **7.5 Verdwenen alcohol**

Vermeng in een reageerbuis water en alcohol (brandspiritus) met elkaar. Dat doe je als volgt: doe eerst water in de reageerbuis (tot een kwart) en voeg er dan beetje bij beetje de alcohol aan toe tot je twee maal zoveel alcohol als water met elkaar hebt vermengd.

*Alcohol vermengt zich met water in iedere verhouding. Het alcoholgehalte van zulke mengsels wordt dan ook meestal aangegeven in volume-percenten (vol. %). Dat betekent het aantal liters pure alcohol in 100 liter van de betreffende alcoholische drank. Als je op het etiket van een drankfles ziet staan 38 vol. % dan betekent dat, dat 100 liter sterke drank 38 liter pure alcohol bevat.*

*Voor wetenschappelijke doeleinden geeft men vaak de gewichtspercenten (gew. %) aan. Daarmee wordt het aantal grammen absolute alcohol per 100 gram van het mengsel aangegeven.*

#### **7.6 „Brandend water“**

In proef 7.1 heb je al geleerd dat alcohol brandt hoewel het ongeveer acht volumeprocent water bevat. Onderzoek nu met hoeveel water alcohol nog brandt. Meng in vier reageerbuisjes water en alcohol in de verhoudingen 1 : 3 (één deel water en drie delen alcohol), 1 : 2, 1 : 1 en 2 : 1. Neem kleine hoeveelheden, anders gebruik je te veel brandspiritus. Doe de mengsels na elkaar in een porseleinen schaal en probeer ze met een lucifer aan te steken. Welk mengsel brandt nog?



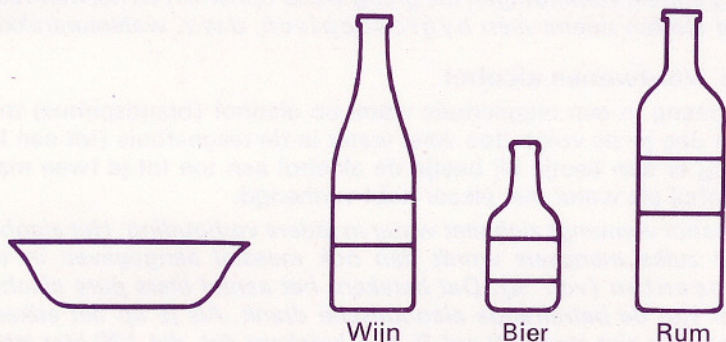
*De mengsels in de verhouding 1:3 en 1:2 en 1:1 kun je nog aansteken. Er moet dus minstens 50% alcohol in een mengsel zitten, wil het nog branden.*

### 7.7 Brandt jenever?

In de inleiding van dit hoofdstuk heb je kunnen lezen dat kleine hoeveelheden pure alcohol al een dodelijke uitwerking kunnen hebben. Spiritualiën bevatten daarom maar een bepaald alcoholpercentage, de rest bestaat uit water en verschillende smaakstoffen. Als je ouders sterke drank in huis hebben willen ze je misschien van elke soort wel een paar druppels geven voor het volgende onderzoek. Probeer de monstertjes na elkaar in de porseleinen schaal aan te steken (afb. 54). Aan de hand van de etiketten op de flessen kun je dan vaststellen of het percentage boven of onder de 50 % lag!

*Er zijn maar weinig sterke dranken met meer dan 50 % alcohol en die branden wel degelijk. De meeste dranken bevatten 40 of minder vol. % en die branden dus niet.*

Afb. 45

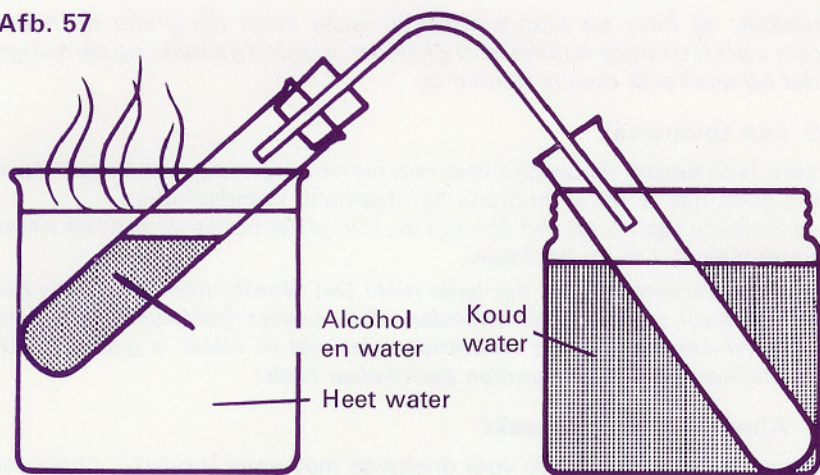


### 7.8 Alcohol teruggewonnen

Meng in een grote reageerbuis water en brandspiritus in de verhouding 2:1. Breng tegelijkertijd in het bekglas water aan de kook. Sluit de reageerbuis af met een stop met het gebogen glazen buisje. Het uiteinde van dat buisje hangt in een ander reageerbuisje dat zo mogelijk in koud water staat (b.v. in een jampot). Neem het bekglas met het kokende water van de driepoot en zet het reageerbuisje met de waterhoudende alcohol er in (afb. 55). Let op de reageerbuis in het koude water. Als het hete water te sterk afkoelt moet je het weer verhitten. Onderbreek de proef wanneer in de reageerbuis in het koude water ongeveer twee vingers vloeistof staat. Ruik er aan en probeer of je het in de porseleinen schaal kunt aansteken!



Afb. 57



*Nadat je de reageerbuis met het alcohol-watermengsel korte tijd hebt verwarmd verzamelt zich in de andere reageerbuis een eveneens waterklare vloeistof. Die vloeistof ruikt naar brandspiritus en kan aangestoken worden. Dat is dus het bewijs dat de heldere vloeistof in de reageerbuis alcohol is. Bij verhitting van het mengsel kookt de alcohol bij ongeveer 78 °C. Daarna verdampt hij en de damp slaat neer in de andere reageerbuis – als vloeistof. Dit proces noemt men destillatie. Omdat water een hoger kookpunt heeft (100 °C), verdampt het nauwelijks en blijft daarom achter. Men kan dus door destillatie alcohol van water scheiden. De brandproef heeft bewezen dat er nauwelijks water is meegedestilleerd. Het mengsel dat je verwarmd hebt, brandt niet (proef 7.6), het destillaat echter wél. De toevoegingsmiddelen krijg je er echter niet uit. Men heeft ze met opzet zó gekozen dat ze hetzelfde kookpunt hebben als alcohol. Daarom kan men door destillatie geen drinkalcohol winnen uit de goedkope brandspiritus.*

## 7.9 Harde spiritus

Meng in een grote reageerbuis zeepvlokken en brandspiritus in de verhouding 1 : 3 en voeg er net zoveel water als zeep aan toe. Zet de reageerbuis in het met water gevulde bekerglas en verhit het boven de spiritusvlam net zo lang tot de zeep is opgelost (afb. 56). Giet daarna de vloeistof in de porseleinen schaal en laat hem afkoelen. Leg een stukje van de steeds harder wordende massa op het deksel van een jampot en steek het aan! Na het afkoelen wordt het mengsel steeds harder en je kunt het makkelijk



*aansteken. Je hebt nu brandspiritus in vaste vorm die onder de naam harde spiritus in de handel is. Hij kan b.v. worden gebruikt op campings omdat hij makkelijk mee te nemen is.*

### 7.10 Een toverdoek

Je kunt je vrienden verbluffen met een eenvoudig trucje: maak een lapje linnen goed nat in water en drink het daarna in brandspiritus.

Als je het lapje vasthoudt met een pincet, kun je het boven de schotel water in brand steken. Let op het lapje!

*De alcohol verbrandt maar het lapje niet! Dat wordt voorkomen door het water. Je kunt misschien je vrienden of je ouders beetnemen als je ze daarna zelf een doekje laat verbranden dat niet in water is gedrenkt. Ze zullen denken dat je een handige goochelaar bent!*

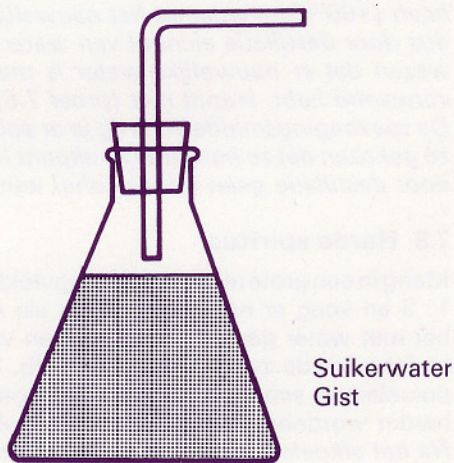
### 7.11 Alcohol – zelf gemaakt

Los in een erlemeyerkolf, die voor driekwart met water is gevuld, ongeveer drie à vier lepels druivensuiker op. Voeg daaraan een stukje gist toe, dat je bij de bakker kunt kopen, ter grootte van een erwt (afb. 57). Zet dan de erlemeyerkolf een minuut of tien in een schaal met handwarm water. Daarna moet je de kolf wegzetten op een warme plaats, b.v. in de buurt van de verwarming of de kachel. Sluit na ongeveer een half uur de kolf af met een doorboorde stop waarin de gebogen glazen buis is aangebracht. Steek het uiteinde van de buis eventjes in een reageerbuis met kalkwater. Wat kun je vaststellen?

Afb. 56



Afb. 57





*De suikeroplossing wordt troebel en begint na de toevoeging van gist te schuimen. Daarbij ontstaat een gas dat kalkwater troebel maakt, namelijk kooldioxyde. De gist bestaat uit zeer kleine gistcellen die zich snel vermeerderen in de warme suikeroplossing en daarbij een chemische omzetting veroorzaken waarbij o.a. kooldioxyde ontstaat.*

*Na ongeveer vijf dagen is de reactie voorbij. Dan kun je de aanslag verder onderzoeken.*

## 7.12 Alcoholdestillatie

Als na een dag of vijf de reactie uit proef 7.11 voorbij is moet je voorzichtig de vloeistof die zich boven de aanslag op de bodem heeft verzameld in het schone bekerglas gieten. Doe een gedeelte van de vloeistof in een reageerbuis en destilleer dat zoals in proef 7.8 beschreven. Controleer de geur van de ontstane vloeistof! Doe een paar druppels van het destillaat in de porseleinen schaal en steek ze aan.

*Bij de destillatie ontstaat er in de reageerbuis een glasheldere vloeistof die je kunt aansteken en die brandt met een zwakke, blauwe vlam. Je hebt alcohol geproduceerd. Door de inwerking van de gistcellen wordt druivensuiker omgezet in alcohol en kooldioxyde.*



*Dit proces noemt men alcoholische gisting. Op deze manier kun je uit één kilogram druivensuiker bijna 500 gram alcohol destilleren.*

## 7.13 Alcohol uit wijndruiven

In de tijd van de wijnoogst kun je ook makkelijk alcohol maken uit wijndruiven. Pers **ongewassen** wijndruiven uit (door een schone linnen doek) en doe het sap weer in de erlemeyerkolf. Voor deze proef heb je geen gist nodig. Ga verder te werk zoals in proef 7.11 en destilleer aansluitend de gewonnen alcohol zoals in proef 7.12.

*Ook uit wijndruiven ontstaat alcohol. Zoals je in proef 1.6 hebt geleerd bevatten wijndruiven druivensuiker. Hij wordt door de alcoholische gisting omgezet in alcohol en kooldioxyde. Je hoeft geen gist in het sap te doen omdat er bij het rijpen van de druiven gistcellen ontstaan. Daarom mag je de druiven ook niet wassen. Voor de produktie van bepaalde wijnsoorten maakt men echter geen gebruik van deze gistcellen omdat ze de smaak van de wijn ongunstig beïnvloeden. Er worden gistsoorten „gekweekt” die in elk wijngebied anders zijn. Ze dragen er mede toe bij dat elke beroemde wijn zijn smaak krijgt.*

*Je kunt ook alcohol maken door honing met gist te laten gisten. Als je het leuk vindt kun je dat best eens proberen.*



### 7.14 De alcoholische gisting is niet altijd gelijk

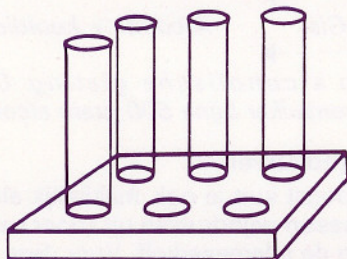
Je moet de gunstigste proefvoorwaarden zien te ontdekken voor de alcoholische gisting.

Maak een druivensuikeroplossing zoals in proef 7.11 en verdeel die gelijkelijk over vier reageerbuisen (afb. 58). Verhit twee grote reageerbuisen tot het kookpunt. Sluit er dan één (reageerbuis 1) af met een stop en de andere (reageerbuis 2) niet en zet ze naast elkaar op een warme plaats. De derde (reageerbuis 3) moet bewaard worden in de koelkast en de vierde (reageerbuis 4) zet je bij de twee die verhit zijn geweest. Vergelijk de vier reageerbuisen na ongeveer een uur, na een dag en na vijf dagen.

Probeer ook de ontstane alcohol te destilleren!

*Na een uur is de gisting het sterkst in reageerbuis 4 en het zwakst in reageerbuis 3. De nummers 1 en 2 gisten niet. Na een dag gist ook nummer 2 en in nummer 3 zie je een zwakke kooldioxyde-ontwikkeling. De gistcellen waaruit bakkersgist bestaat, vermenigvuldigen zich het best bij temperaturen tussen 30 en 40 °C. Daarom verloopt het gistingsproces in de koelkast ook zo langzaam. Door het koken worden de cellen gedood. Als er in nummer 2 desondanks sprake was van gisting dan kwam dat doordat gistcellen uit de lucht („wilde gist“) zich in de suikeroplossing hebben vermenigvuldigd.*

Afb. 58



Reageerbuis 1 Reageerbuis 2 Reageerbuis 3 Reageerbuis 4

### 7.15 Gistcellen in alcohol

Maak nog eens een suikeroplossing met gist en verdeel die over twee reageerbuisjes. Voeg bij de ene oplossing dezelfde hoeveelheid brandspiritus en laat de andere zonder toevoeging gisten. Kijk eens na een uur en dan na een paar dagen!

*In de alcoholische oplossing is geen spoor van gisting te bekennen en de inhoud van de andere reageerbuis is weer gegist. Door toevoeging van alcohol worden de gistcellen gedood zodat er geen gisting optreedt. Om die reden kan men bij alcoholische gisting nooit een hoger alcoholpercentage dan 18 % bereiken. Bij een hoger percentage vermenigvuldigen de cellen zich niet meer. Behalve de gistcellen worden er ook andere kleine,*



*levende wezens gedood door de alcohol. Daarom wordt alcohol zo vaak gebruikt voor desinfectie en bij de behandeling van verwondingen.*

### **7.16 Mout – het uitgangsprodukt van bier**

Als je beschikt over gerst of mout kun je zelf voor bierbrouwer gaan spelen. Gerst kun je misschien kopen bij een boer of bij een graanhandel. Mout kun je onder bepaalde voorwaarden bij een brouwerij krijgen. Als je moeilijk aan mout kunt komen moet je het zelf maken uit gerst.

Verdeel de gerstekorrels op een bord, overgiet ze met water en wacht een paar dagen tot de kiemen ongeveer net zo lang zijn als de gerstekorrels. Deze gekiemde gerst noemt de bierbrouwer mout.

Doe de mout in het bekerglas en verwarm het licht boven de spiritusvlam. Je moet steeds goed roeren, anders verbrandt de mout.

*De gerstekorrel bevat zetmeel (zie proef 1.16). Dit zetmeel dient voor de voeding van de kiemen tot ze wortels hebben. De kiem kan het zetmeel echter niet direct opnemen. Eerst moet het worden omgezet in moutsuiker en dat gebeurt onder inwerking van het enzyme diastase dat in de cellen van de gerstekiem wordt gevormd.*

*Als er genoeg diastase is ontstaan worden de kiemen gedood door verhitting. Het enzyme blijft echter aanwezig.*

*De droge mout die je hebt gemaakt wordt in de volgende proef direct verder verwerkt. In bierbrouwerijen vermengt men het met water en ongekiemde gerst en verwarmt dit mengsel een paar uur achtereen. Daarbij wordt ook het zetmeel van de ongekiemde gerst door de diastase van de mout omgezet in suiker. Er ontstaat wort.*

### **7.17 Een kleine bierbrouwerij**

De mout uit de vorige proef wordt verwerkt. Je moet het echter eerst op een harde ondergrond of tussen twee stenen klein maken. (Misschien mag je de koffiemolen even gebruiken!)

Doe de fijngemaakte mout in een erlemeyerkolf en doe er een drie- of viervoudige hoeveelheid water bij. Nu ontbreekt alleen nog de gist. Een stukje ter grootte van een erwt is voldoende. Ga weer te werk zoals in proef 7.11!

Als de ontwikkeling van kooldioxyde is opgehouden, is de gisting geëindigd. Nu moet je heel voorzichtig de vloeistof van de aanslag op de bodem afgieten. Als de aanslag zich tóch met de vloeistof heeft vermengd moet je filtreren. Probeer een **klein slokje** van je zelfgebrouwen bier!

*De smaak van jouw bier lijkt heel in de verte wel iets op dat van het bier dat je overal kunt kopen. In bierbrouwerijen wordt de wort eerst nog met hop verhit tot het kookpunt. Daarbij worden allerlei bacteriën gedood maar tegelijkertijd krijgt de wort door de hop een karakteristieke smaak. Na het afkoelen wordt er aan de gehopte wort nog gist toegevoegd. De*



*cellen van deze biergist ontwikkelen zich het best bij temperaturen tussen 2 en 8 °C. Daarom geschiedt de gisting bij deze temperatuur. Na een wat langere nagisting kan het bier dan in de handel worden gebracht.*

### **7.18 Absolute alcohol**

Vaak heeft een chemicus alcohol nodig die geen water meer bevat. Je moet nu eens met eenvoudige middelen proberen om zoveel mogelijk water aan de alcohol te onttrekken. Vul een droge reageerbuis voor een kwart met brandspiritus en voeg er wat watervrije kopersulfaat uit proef 7.4 aan toe. Filtreer het kopersulfaat er uit als het weer blauw van kleur is. Verhit het dan weer in de porseleinen schaal tot het kristalwater is afgestaan en doe het na het afkoelen weer in de brandspiritus. Dit proces kun je zo lang herhalen tot het kopersulfaat niet meer blauw wordt.

*Op deze manier kun je watervrije alcohol maken, zogenaamde absolute alcohol.*

*Deze methode is echter erg omslachtig en daarom worden in de techniek andere methoden gebruikt.*

### **7.19 Slecht oplosmiddel**

Vul een reageerbuis voor de helft met water en een andere met dezelfde hoeveelheid brandspiritus. Voeg aan allebei de vloeistoffen een mespunt suiker toe. Houd de reageerbuizen dicht met je duim en schud ze flink. Kijk dan eens naar de suiker!

*In het water lost de suiker na enige tijd helemaal op maar in de brandspiritus niet, hoe lang je ook schudt. Alcohol is dus niet te gebruiken als oplosmiddel voor de vele chemische verbindingen die in het water zonder meer oplossen.*

### **7.20 Een kleine destilleerderij**

Probeer eens of je pure alcohol uit spiritualiën kunt winnen. Voor dit experiment kun je wijn, likeur of andere sterke drank gebruiken. Vraag je ouders om één glaasje. Ga te werk zoals in proef 7.8. Ruik aan het destillaat. Bewijs weer de winning van alcohol met een hoog percentage door hem aan te steken in de porseleinen schaal!

Een kleine aanwijzing: als je wijn gebruikt heb je meer nodig en moet je langer destilleren.

*De brandproef bewijst dat je alcohol met een hoog percentage hebt geproduceerd. De geur van het monster is typerend voor pure alcohol.*



In de volgende tabel vind je volumepercenten van enkele dranken:

Drank	Alcoholgehalte (vol. %)
Bier	3,5– 5
Witte wijn	7 –11
Rode wijn	8 –14
Likeuren	20 –35
Graanbrandewijn	32 –42
Cognac	38 –42
Rum	50 –80

### 7.21 Brandgevaarlijke parfum

Je zult wel verrast zijn als je in een hoofdstuk over alcohol plotseling iets leest over parfum. De samenhang zal je gauw genoeg duidelijk zijn. Vraag je moeder om een beetje eau de cologne (een paar druppels is genoeg). Steek de eau de cologne aan in de porseleinen schaal!

*Eau de cologne brandt onmiddellijk. Het bevat minstens 70 % alcohol waar welriekende oliën en water aan toegevoegd zijn.*

*Je moet niet geloven dat je alcohol uit de eau de cologne kunt destilleren want daar zit ook een middel in dat je weliswaar niet ruikt maar dat heel onaangenaam smaakt.*

### 7.22 Een aangename verfrissing

Doe een paar druppels eau de cologne op je hand en blaas er over heen. Wat voel je?

*De eau de cologne koelt op je hand als je er op blaast. Na korte tijd is het verdampt. De koeling wordt veroorzaakt door het verdampen. Daar is namelijk warmte voor nodig en die warmte wordt aan de huid onttrokken. Dit natuurkundige verschijnsel noemt men verdampingskoude. Iets dergelijks kun je 'szomers ook zien bij het zwemmen: zelfs bij de grootste hitte krijg je kippevel als je uit het water komt omdat de warmte die nodig is voor de verdamping van het water aan je lichaam wordt onttrokken.*

*Alcohol verdampt echter veel sneller dan water omdat het kookpunt lager ligt (zie proef 7.8).*

### 7.23 Alcohol in toiletartikelen

Niet alleen eau de cologne bevat alcohol. Stel d.m.v. de brandproef vast welke andere toiletartikelen op basis van alcohol zijn samengesteld. Onderzoek o.a. haarwater, scheerlotion enz. (afb. 59).

*Als een toiletartikel vlam vat bevat het minstens 50 % alcohol. Bij de fabricage van haarwater worden er aan de alcohol welriekende en haargroei*

bevorderende stoffen toegevoegd. Goedkope haarlotions branden meestal niet. Hun alcoholgehalte ligt dan onder de 50 %. Je kunt in zo'n haarwater de aanwezigheid van alcohol aantonen door het te destilleren zoals in proef 7.8.

Afb. 59



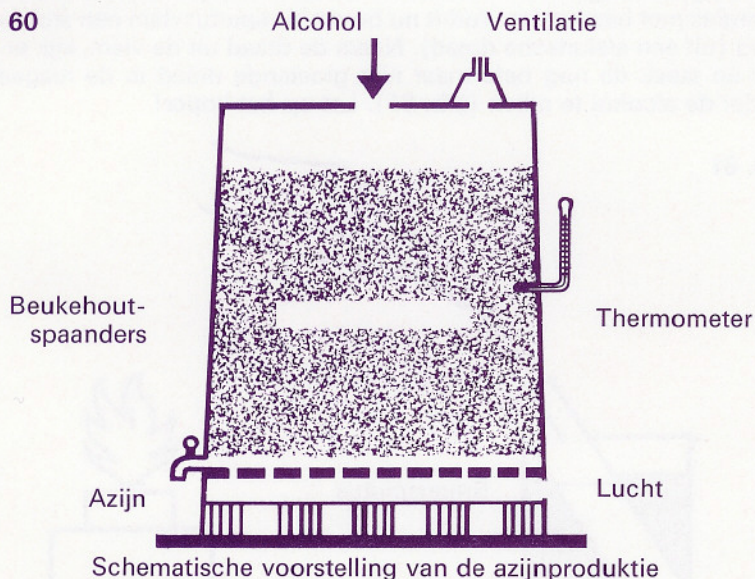


## 8. Azijn — een organisch zuur

Naast de bekende anorganische zuren zoals zout-, zwavel, salpeter en zoutzuur bestaat er nog een groot aantal zuren die in de natuur ontstaan en daarom organische zuren worden genoemd. Je kent vast wel het citroenzuur dat langs de natuurlijke weg ontstaat in elke citroen. Het is er een uit vele. De zure smaak van onrijpe vruchten wordt ook veroorzaakt door organische zuren.

In dit hoofdstuk zul je een van die zuren zelf maken en onderzoeken of het net zo reageert als de anorganische verbindingen.

Afb. 60



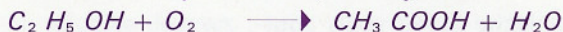
### 8.1 Uit wijn ontstaat een zuur

Vraag aan je ouders een beetje wijn (je kunt eventueel ook bier gebruiken). Proef de smaak van de wijn. Doe een druppel op een strookje blauw lakmoespapier. Zet een monstertje wijn in de porseleinen schaal op een warme plaats (in de buurt van de kachel of de centrale verwarming). Proef na een paar dagen weer eens de smaak door er je vinger in te dopen en die af te likken. Steek ook weer een strookje lakmoespapier in de vloeistof!

*De smaak van de wijn is in twee dagen heel wat veranderd. Hij smaakt erg zuur en het lakmoespapier wordt dieprood.*

*Door de inwerking van de zuurstof in de lucht speelt er zich een chemische*

reactie af die op het oog niet is waar te nemen. Uit de alcohol in de wijn ontstaat namelijk een zuur, het azijnzuur.



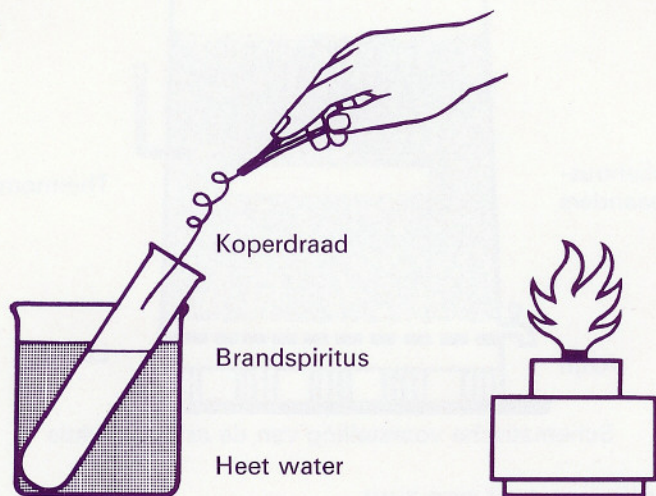
Alcohol + zuurstof  $\longrightarrow$  azijnzuur + water

Behalve zuurstof moeten ook nog azijnzuurbacteriën aan het proces meewerken die ook in de lucht aanwezig zijn. Ze bewerkstelligen de oxydatie van de wijn tot azijnzuur. In tegenstelling tot de anorganische zuren zoutzuur, zwavelzuur enz. is azijnzuur een organisch zuur.

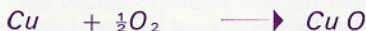
## 8.2 Alcohol „reinigt“

Vul een grote reageerbuis voor de helft met brandspiritus en zet die in het bekglas met heet water. Verhit nu boven de spiritusvlam een stuk koperdraad (uit een elektrische draad). Neem de draad uit de vlam, kijk er goed naar en steek de nog hete maar niet gloeiende draad in de reageerbuis zonder de alcohol te raken (afb. 61). Let op het koper!

Afb. 61



Na het verhitten wordt het koperdraad zwart. Het is bedekt door een laagje koperoxyde.



Koper + zuurstof  $\longrightarrow$  Koperoxyde

In de alcohol damp die in de reageerbuis hangt wordt de zuurstof aan het koperoxyde onttrokken. Daardoor wordt het rode koper weer zichtbaar. Terwijl het koperoxyde wordt gereduceerd tot koper oxydeert de alcohol damp tot azijnzuur.





*Aan deze proef kun je zien dat alcohol zich relatief gemakkelijk met zuurstof verbindt. De chemische processen zijn dezelfde als die door de vergelijkingen in de vorige proef zijn uitgebeeld.*

### 8.3 Tafelazijn

Onderzoek de smaak van een monster tafel- of huishoudazijn. Steek een strookje blauw lakmoespapier in de azijn!

*Tafelazijn heeft – zoals alle zuren – de typische zure smaak waaraan het zijn naam dankt. Blauw lakmoespapier wordt rood.*

*Tafelazijn bevat ongeveer 5 % azijnzuur. Als hij is gemaakt door oxydatie van alcohol noemt men hem wijnazijn.*

*In grote hoeveelheden wordt wijnazijn gemaakt door verdunde alcohol over beukehoutspaanders te druppelen. De lucht, die tegen de alcohol instroomt, bewerkt bij een temperatuur van rond 30 °C de oxydatie.*

*Naast tafelazijn is er ook nog azijnzuur als azijnessence en als ijsazijn. Beide soorten hebben een sterk-etsende werking en zijn daarom gevaarlijk.*

*Ijsazijn bestaat voor 99 % uit azijnzuur. Hij heeft de eigenschap al bij +16 °C te verstarren tot een harde, ijsachtige massa, vandaar de naam.*

*Azijnzuur is het enige zuur dat al in de oudheid bekend was. Azijnzuur is er maar een uit een lange rij organische zuren die chemisch aan elkaar verwant zijn. Het eenvoudigste is het mierenzuur met de formule  $\text{HCOOH}$ . Twee andere in de keten zijn het palmitinezuur ( $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ ) en het stearinezuur ( $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ ). Deze laatste twee vormen een belangrijk onderdeel van spijsvetten. Daarom heten alle zuren uit deze keten vetzuren. Ook boterzuur ( $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$ ) dat zich bevindt in ranzige boter, behoort hierbij.*

### 8.4 Acetaten – zouten van azijnzuur

Vul een reageerbuis voor een kwart met tafelazijn. Doe er steeds een beetje soda bij, net zo lang tot het niet meer schuimt. Giet nu de vloeistof in de porseleinen schaal en verhit hem boven de spiritusvlam. Als er zoveel water is verdampt dat alleen de bodem nog bedekt is moet je de schaal van de vlam nemen (afb. 62). Wacht, tot de rest is verdampt. Wat zie je?

*Na het verdampen blijft er in de porseleinen schaal een wit poeder over dat luistert naar de chemische naam natriumacetaat. Het azijnzuur heeft zich met de soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) omgezet tot het natriumzout van azijnzuur, het natriumacetaat.*



*In tegenstelling tot anorganische zuren (zoutzuur, zwavelzuur etc.) waarbij de zuurwaterstof in de formule vóór de rest wordt genoemd ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , enz.) staat hij bij de organische zuren aan het eind van de formule. Maar ook hij bewerkt de eigenschappen van het zuur. De rest van het azijnzuur*

heeft de formule  $\text{CH}_3\text{COOH}$  en heet *acetaat*. Alle zouten van azijnzuur heten daarom *acetaten*.

Afb. 62



Azijn + soda



### 8.5 Zeeplijm uit was

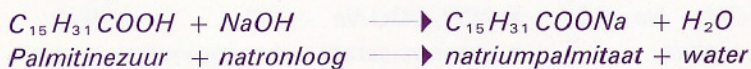
In proef 8.3 heb je iets gehoord over twee zuren die chemisch verwant zijn aan azijnzuur, het stearine- en het palmitinezuur. Deze twee zuren bevinden zich in kaarsenwas. Daar moet je nu zeep uit maken.

Vul het bekglas voor de helft met water en breng het aan de kook. Snij in de tussentijd een stuk kaars klein en doe twee lepels in het kokende water<sup>1)</sup>.

Doe er na het smelten van de was een paar druppels natronloog bij en laat alles doorkoken (afb. 63). Steek na een minuut of tien de glazen buis in de vloeistof en kijk wat er gebeurt! (De vloeistof heb je nog nodig voor de volgende proef).

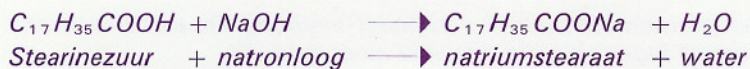
*In het bekglas ontstaat eerst schuim, vergelijkbaar met zeepschuim. Na wat langer koken ontstaat een bijna kleurloze massa die op het water drijft en erg taai is want ze trekt draden aan de glazen buis. Deze massa noemt men zeeplijm omdat men er zeep van kan maken.*

*Voor de chemische processen moeten twee vergelijkingen worden geschreven omdat palmitine- en stearinezuur deel hebben genomen aan de omzetting.*



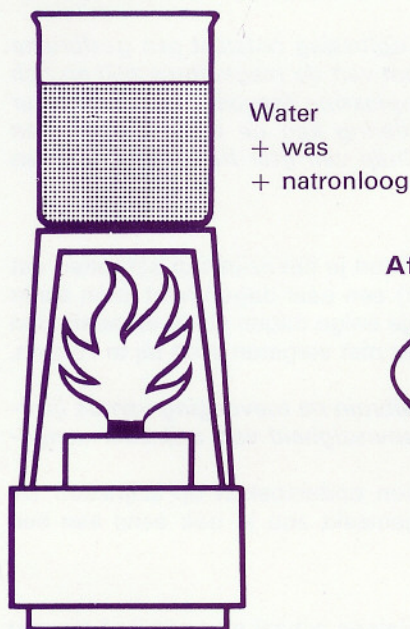
<sup>1)</sup> Mocht de proef niet gelukken dan moet je hem herhalen met de resten van een andere kaars. In deze tijd worden kaarsen vaak van andere grondstoffen gemaakt.



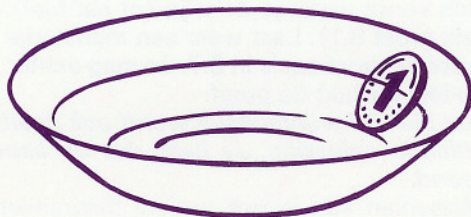


De zouten van deze beide zuren heten palmitaten, resp. stearaten. De natriumzouten vormen na verdere verwerking kernzeep. Gebruikt men daarentegen kaliloog voor de omzetting dan ontstaat er smeerzeep.

Afb. 63



Afb. 64



### 8.6 Zelfgemaakte kernzeep

De zeeplijm uit de vorige proef moet nog een keer „uitgezouten“ worden. Verhit de lijm weer boven de spiritusvlam en doe er drie of vier lepels keukenzout bij. Roer alles goed om. Let op de zeep!

*Bij het uitzouten vormt zich een vaste massa die drijft op de vloeistof. Men noemt die massa zeepkern. De vloeistof eronder heet onderloog. Jouw zeep is natuurlijk wel iets anders dan de fijne toiletzeep die je bij de drogist kunt kopen. Die wordt gemaakt van de meest reine vetten en door de toevoeging van parfums afgestemd op de wensen van de kopers.*

*In de techniek wordt zeep gemaakt van plantaardige of dierlijke vetten (palmvet, cocosolie, cocosvet) of van goedkope plantenoliën (lijnolie, soja-olie). Men onderscheidt daarbij twee methoden: de loogmethode*

*waar jij mee gewerkt hebt, en de carbonaat-methode. De eerste methode wordt overigens tegenwoordig niet veel meer gebruikt.*

### **8.7 Azijnzuur – chemisch aangetoond**

Doe in een reageerbuis zoveel tafelazijn dat de bodem net bedekt is. Vul de rest van de buis met drie- of viermaal dezelfde hoeveelheid water en doe er dan zo veel soda bij tot het schuimen is opgehouden. Maak dan een oplossing van ijzerchloride en giet daarvan een beetje bij de verdunde tafelazijn. Wat zie je?

*Na het toevoegen van de ijzerchloride-oplossing ontstaat een geelbruine neerslag die op den duur naar de bodem van de reageerbuis zakt en zich daar vastzet. Als je meer ijzerchloride-oplossing toevoegt wordt de kleur nóg donkerder. Door deze kleurverandering kan de aanwezigheid van azijnzuur in de meeste gevallen met behulp van ijzer-III-chloride worden aangetoond.*

### **8.8 Azijn in de wijn**

Met behulp van het bewijs uit proef 8.7 kun je het azijnzuur aantonen dat zich vormt nadat je de wijn (of het bier) een paar dagen hebt laten staan (zie proef 8.1). Laat weer een monstertje enige dagen staan en neem dan weer de proef zoals in 8.7. Je mag echter niet vergeten soda bij te voegen, anders mislukt de proef.

*Het bier- of wijnmonster wordt ook geelbruin na toevoeging van de ijzerchloride-oplossing. Je hebt dus de aanwezigheid van azijnzuur aangetoond.*

Misschien kun je ook andere frisdranken onderzoeken op azijnzuur. De vloeistof waarin augurken worden ingemaakt zou je ook eens aan een onderzoek kunnen onderwerpen.

### **8.9 Een cent verandert**

Leg een oude koperen cent in de porseleinen schaal en overgiet hem met azijn. De cent moet zó liggen dat alleen de onderste helft in de azijn staat en de andere niet (zie afb. 64). Bekijk het geldstuk eens na twee of drie dagen!

*De helft van de cent die in de azijn staat is blank geworden, de andere helft is bedekt door een groenachtig laagje, vooral bij de scheidslijn van de vloeistof. Dat laagje noemt men kopergroen en is een mengsel van verschillende koperacetaten. Kopergroen is giftig en daarom mogen eetwaren niet te lang in koperen potten of pannen worden bewaard.*



## 9. Chromatografie

In dit hoofdstuk zul je iets lezen over een chemische onderzoeksmethode die, in tegenstelling tot vele andere, pas sinds het begin van deze eeuw bekend is. Het is de chromatografie, of, preciezer gezegd, een deel van dit gebied, de **papierchromatografie**.

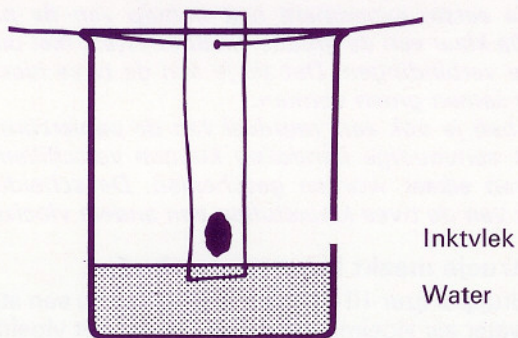
De chemicus ziet zich steeds weer geplaagd voor de opgave om onbekende stoffen te analyseren, d.w.z. ze door ontleding te onderzoeken. Veel van die onderzoeken zijn gemakkelijk uit te voeren – je herinnert je het wel: zetmeel kan worden aangetoond met een jodiumoplossing en druivensuiker met Fehling's proefvocht – andere vereisen veel moeite. De papierchromatografie biedt de chemicus een relatief eenvoudige mogelijkheid een mengsel van verschillende stoffen zodanig te scheiden dat de aanwezigheid van de verschillende bestanddelen zichtbaar wordt.

De volgende proeven zullen je misschien nog niet alle finesses van dit nieuwe bewijsprocédé kunnen verduidelijken maar in ieder geval leer je de grondbeginselen ervan kennen en gebruiken.

### 9.1 De zwervende inktvlek

Vul het bekglas ongeveer één vinger breed met water. Knip dan uit het midden van een blad filtreerpapier een 10 mm brede strook. Maak met je vulpen 5 mm van de rand van dat strookje een inktvlek. De vlek moet een doorsnee hebben van 2 à 3 mm.

Afb. 65



Hang dan het strookje aan een opgebogen paperclip zo in het bekglas dat het ongeveer 2 à 3 mm in het water hangt. De inktvlek mag echter niet in aanraking komen met water (afb. 65). Kijk een paar minuten naar het strookje papier en dan pas weer na ca. dertig minuten!

*De inktvlek blijft niet op de plaats waar je hem hebt gemaakt. Na een half uurtje is hij al een paar cm boven de waterspiegel.*



*Als het strookje papier in aanraking komt met het water stijgt dat op in microscopisch kleine kanaaltjes, de haarvaten of capillairvaten in het papier. Daarbij lost het water de inkt op en de blauwe kleurstof stijgt mee. Na ongeveer een half uur is het proces voorbij en de kleur vormt een brede streep op het papier.*

## 9.2 Een nieuw loopmiddel

Herhaal proef 9.1 met een nieuwe strook filtreerpapier en maak weer een inktvlek. Gebruik bij deze proef inplaats van water brandspiritus. Let op het verplaatsen van de inktvlek!

*De vlek stijgt ook met de spiritus mee maar toch is spiritus niet zo geschikt om inkt te onderzoeken. Water is daarvoor een beter vloeimiddel of loopmiddel.*

*Bij onderzoeken op het gebied van de papierchromatografie is het dus altijd belangrijk het juiste vloeimiddel te kiezen.*

## 9.3 Een kleurige wedstrijd

Maak op een strook filtreerpapier een grote vlek met een groene viltstift en maak het papier weer vast aan een opengebogen paperclip zodat het onderinde weer in de brandspiritus hangt die bij deze proef als vloeimiddel wordt gebruikt. Kijk na **precies** twintig minuten naar de strook papier! *Als de vlek ongeveer 4 of 5 mm is gestegen is hij plotseling niet meer groen maar er worden twee nieuwe kleuren zichtbaar. De oorspronkelijke kleur is niet meer te herkennen maar geel en blauw.*

*Je hebt je eerste experiment met behulp van de papierchromatografie verricht. De kleur van de groene viltstift bestaat niet uit één maar uit twee chemische verbindingen. Dat zie je aan de twee nieuwe kleuren geel en blauw die samen groen vormen.*

*Daarmee heb je ook een voordeel van de papierchromatografie ontdekt: door deze eenvoudige handeling kunnen verschillende chemische substanties van elkaar worden gescheiden. De scheiding wordt zichtbaar omdat elk van de twee kleurstoffen een andere vloeisnelheid heeft.*

## 9.4 Een trucje maakt het onderzoek af

Doe een druppel ijzer-III-chloride-oplossing op een strookje filtreerpapier. Gebruik water als vloeimiddel. In de tijd dat het vloeimiddel opstijgt moet je een oplossing van geel bloedloogzout in water maken. Kijk na twintig minuten eens naar het resultaat van de proef. Drenk een propje watten in de bloedloogzoutoplossing en bestrijk daarmee het filtreerpapier! (De twee gebruikte oplossingen heb je nodig voor de volgende proef.)

*Het bovenste deel van het papier wordt diepblauw, het onderste lichtblauw. Er ontstaat, zoals je al hebt geleerd, Berlijns blauw.*

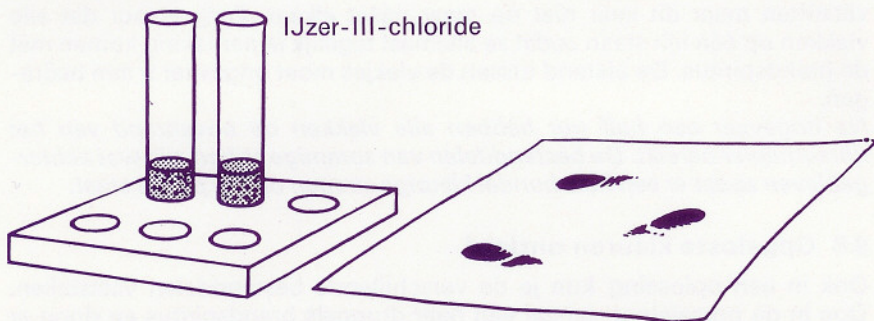
*Veel onderzoekssubstanties zijn kleurloos zodat je ze op papier niet kunt*



herkennen. Na afsluiting van het experiment moet daarom een geschikte chemische verbinding worden gebruikt die de grens van het vloeimiddel zichtbaar maakt. Omdat zulke verbindingen meestal met een verstuiver worden gespoten noemt men ze sproeimiddelen. Verbindingen met welluidende namen als broomfenolblauw, broomkresolgroen en chloorfenolrood zijn daarvoor uitermate geschikt.

Geel bloedloogzout

Afb. 66



### 9.5 Een verzameling vingerafdrukken

Na al die inspannende onderzoeken en experimenten kun je je nu eens ontspannen bij een interessante proef. Je hebt er een vel wit schrijfpapier voor nodig.

Bevochtig je duim en je vingers met een propje watten dat gedrenkt is in een oplossing van ijzer-III-chloride. Druk je vingers een voor een op het vel papier en laat de natte plekken drogen. Wrijf daarna over het papier met een watje dat is gedrenkt in een oplossing van geel bloedloogzout (afb. 66)! Na het bestrijken worden de vingerafdrukken zichtbaar die eerst niet meer te zien waren. Op de plaatsen waar het ijzer-III-chloride is opgedroogd ontstaat Berlijns blauw als er geel bloedloogzout bij komt.

Op die manier kun je gemakkelijk een archief van vingerafdrukken aanleggen van je vrienden en bekenden zonder dat iemand vuile vingers krijgt.

### 9.6 Beslissing door een wedstrijd

Nu je weet dat verschillende kleuren met behulp van papierchromatografie gescheiden kunnen worden moet je de volgende proef eens nemen.

Maak op een strook filtreerpapier met verschillend gekleurde viltstiften een serie vlekken **op elkaar** zodat er één donkere vlek ontstaat. Hang daarna de strook in het vloeimiddel, net als bij de vorige proeven. Bij deze proef moet je weer brandspiritus gebruiken. Kijk eens na ca. vijftig minuten!



*De oorspronkelijk donkere vlek ontvouwt zich in steeds meer kleuren naarmate het vloeimiddel opstijgt. Ten slotte herken je alle bestanddelen van de verschillende viltstiften weer. Ook bij deze proef leidt de verschillende vloeisnelheid van de chemische verbindingen tot een scheiding.*

### 9.7 Een kleurige staart in het bekerglas

Neem voor deze proef een strook filtreerpapier van 2 à 3 cm breed. Maak nu, net als bij de vorige proef, weer vlekken met verschillend gekleurde viltstiften maar dit keer niet op maar náást elkaar. Zorg ervoor dat alle vlekken op één lijn staan zodat ze allemaal tegelijk in aanraking komen met de brandspiritus. De afstand tussen de vlekjes moet ongeveer 5 mm bedragen.

*Na ongeveer een half uur hebben alle vlekken de bovenrand van het filtreerpapier bereikt. De bestanddelen van sommige stiften zijn wat achtergebleven zodat er een hele bundel kleurige strepen op het papier staat.*

### 9.8 Opgeloste kleuren ontleed

Ook in een oplossing kun je de verschillende bestanddelen vaststellen. Doe in de porseleinen schaal een paar druppels brandspiritus en doop er een paar viltstiften in totdat je een donkere oplossing hebt. Doop het glazen buisje er in en doe één druppeltje op de onderrand van het filtreerpapier. Wacht tot het is opgedroogd en doe het dan nog eens. Ga net zo lang door tot je een duidelijke vlek hebt. Chromatografeer dan, net als in de vorige proeven. Gebruik brandspiritus als vloeimiddel. Bekijk de strook papier eens na ca. twintig minuten!

*Bij het opstijgen van het vloeimiddel gaan, net als bij de vorige proeven, de kleuren mee. Door de verschillende vloeisnelheid van de diverse bestanddelen komt de scheiding tot stand.*

*Als de kleuroplossing erg verdund is geweest dan zijn de kleurige strepen natuurlijk ook niet zo duidelijk.*

### 9.9 Bladergroen gechromatografeerd

Bij proef 6.28 heb je bladergroen al ontleed in chlorofyl, carotine en xanthofyl. Dat kun je ook met behulp van de papierchromatografie.

Trek net als in proef 6.27 en 6.26, het bladergroen uit een blad en laat weer het grootste deel van de alcohol verdampen. Dep nu de kleuroplossing op een strook filtreerpapier en hang dat in het vloeimiddel alcohol!

*Al na tien minuten is de scheiding tussen chlorofyl en de twee andere kleurstoffen zichtbaar geworden. Chlorofyl heeft een lagere vloeisnelheid dan de twee andere stoffen en daarom blijft de groene streep iets achter bij de geelbruine die bestaat uit carotine en xanthofyl.*



### 9.10 De kleurstof van wortels

In de chromatografie bedient de chemicus zich voor het vaststellen van een onbekende substantie vaak van een bekende vergelijkende verbinding. Zo'n proef kun jij ook nemen als je het sap van een wortel tot op een paar druppels na laat verdampen. Dep dan op een strookje papier de oplossing van bladergroen uit de vorige proef en op een andere strook het wortelsap. Hang daarna de beide stroken in de brandspiritus en zorg er voor dat de vlekken op gelijke hoogte hangen. Kijk eens na twintig minuten.

*De kleurstof van het wortelsap is in dezelfde tijd net zo hoog gestegen als de gele kleur uit het bladergroen. Daarmee is het bewijs geleverd dat het om dezelfde verbindingen gaat. Inderdaad bevatten wortelen de chemische verbinding carotine die de geelrode kleur bepaalt.*

## 10. Aanhangsel — Grondslagen van de chemie

Overal om ons heen ontmoeten we de chemie hoewel we het meestal niet eens opmerken. De chemie is de wetenschap van de natuurlijke en kunstmatige stoffen waarvan zij de eigenschappen, de samenstelling en de veranderingen onderzoekt. Bovendien onderzoekt de chemie de stoffen op hun bruikbaarheid voor het dagelijks leven van de mensen.

Al in de oudheid hielden de Grieken zich bezig met dit probleem. Ze namen aan dat alle dingen op aarde bestonden uit maar vier stoffen, namelijk: vuur, water, lucht en aarde. In de loop der eeuwen ontdekte men dat die opvatting fout was. De onderzoekers die sindsdien steeds maar weer hadden nagedacht over de opbouw der stoffen ontdekten ten slotte dat er 104 grondstoffen bestaan, waaruit alles op deze aarde is samengesteld.

10.1 Zo'n grondstof, ook wel **chemisch element** genoemd, is b.v. zink dat je ook in je experimenteerdoos kunt vinden. Bekijk die stukjes zink eens. Als je nu eens zou beginnen om zo'n stukje steeds maar weer opnieuw te verdelen dan zou er een moment komen waarop je het niet meer kunt verdelen. Het is dan te klein geworden en zo'n heel klein stukje noemt men **een atoom**.

Alle elementen zijn opgebouwd uit atomen.

De atomen van één element hebben dezelfde eigenschappen.

Om het voor alle chemici in de hele wereld mogelijk te maken die elementen te herkennen heeft elk element een chemisch teken, een **symbool**, een afkorting die is afgeleid van de Griekse of de Latijnse benaming. Er zijn dus 104 chemische symbolen. Enige elementen en hun symbolen kun je in de volgende tabel leren kennen.



Naam van het element	Chemisch symbool
Aluminium	Al
Calcium	Ca
Fosfor	P
Goud (Aurum)	Au
Kalium	K
Koolstof (Carboneum)	C
Koper (Cuprum)	Cu
Lood (Plumbum)	Pb
Magnesium	Mg
Mangaan	Mn
Natrium	Na
Nikkel	Ni
Stikstof (Nitrogenium)	N
Tin (Stannum)	Sn
Waterstof (Hydrogenium)	H
IJzer (Ferrum)	Fe
Zilver (Argentum)	Ag
Zink (Zincum)	Zn
Zuurstof (Oxygenium)	O
Zwavel (Sulfur)	S

10.2 Bij het volgende experiment zul je zien hoe stoffen ontstaan uit grondstoffen. Doe vier of vijf plaatjes zink in de porseleinen schaal en verhit ze boven de spiritusvlam tot het zink smelt (afb. 67). Let daarbij op de oppervlakte van het gesmolten metaal. Er vormt zich al gauw een grauwe, doffe huid die het gesmolten zink helemaal bedekt.

Neem nu een opengebogen paperclip of een oude breinaald en probeer die huid voorzichtig opzij te trekken. Er komt blanke zink onder te voorschijn. Als je ophoudt zul je gauw zien dat er zich een nieuwe laag vormt op het vloeibare metaal. Herhaal de procedure een paar keer en doe dan de brander uit. Vergelijk na het afkoelen de rest van het metaal met het produkt dat je hebt verkregen door het wegtrekken van de grauwe lagen.

Het zink neemt onder het afkoelen weer vaste vorm aan en daarnaast blijft er een grauwe massa over. Het vloeibare metaal gaat bij verhitting een verbinding aan met het element zuurstof uit de lucht. Daarbij ontstaat een nieuwe stof, namelijk die grauwe huid. Het is zinkoxyde. De verbinding met zuurstof noemt men oxyderen. Bij deze chemische omzetting hebben de atomen van de twee elementen zink en zuurstof zich vast met elkaar verbonden. De chemicus noemt een stof die bestaat uit twee verschillende

Afb. 67



elementen, een **chemische verbinding**. Zo'n verbinding vormt een stevige eenheid die alleen door een ander chemisch veranderingsproces kan worden verbroken.

Chemische verbindingen ontstaan door het zich aaneensluiten van twee of meer elementen. Ze hebben andere eigenschappen dan de elementen die er deel van uitmaken.

Voor het weergeven van zo'n chemische verandering gebruikt de chemicus de chemische symbolen. De symbolen hebben dan niet alleen de betekenis van het element zelf maar ook van de hoeveelheid van één atoom.

Zn = zink of Zn = 1 atoom zink

O = zuurstof of O = 1 atoom zuurstof

Als er meer dan een atoom nodig is wordt de hoeveelheid door een cijfer **vóór** het symbool aangegeven, bijv.:

2 Zn = 2 atomen zink

4 O = 4 atomen zuurstof

Bij deze schrijfwijze gaat het steeds om ongebonden atomen.

Ontstaat er door de vereniging van atomen van verschillende elementen een verbinding dan vormt zich een **molecuul**. Het is de kleinste eenheid van de verbinding. Geschiedt de vorming van een molecuul door atomen van hetzelfde element – dat is bij gasvormige grondstoffen altijd het geval – dan wordt het aantal atomen dat zich heeft verenigd tot een molecuul aangegeven door een iets lager staand cijfer achter het symbool:

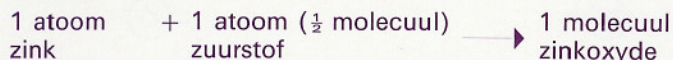
O<sub>2</sub> = 2 atomen zuurstof die zich hebben aaneengesloten tot een molecuul. Omdat gassen normaliter in moleculen voorkomen, gebruikt men de schrijfwijze  $\frac{1}{2}$ O<sub>2</sub> ( $\frac{1}{2}$  molecuul) als men 1 atoom zuurstof wil aangeven.



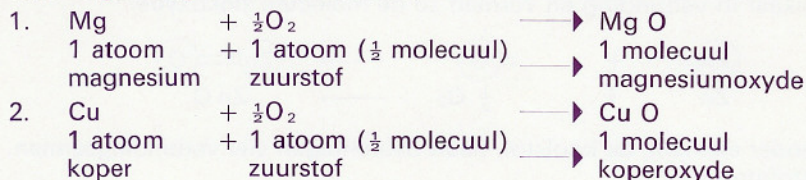
Om het ontstaan van een verbinding uit te drukken gebruikt de chemicus alleen de symbolen van de elementen en schrijft:



Dat betekent:

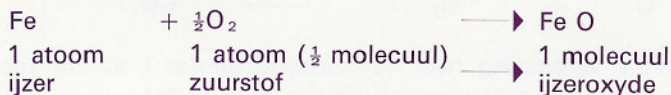


Hier volgen nog twee voorbeelden:



### 10.3 Nu voor de afwisseling weer eens een proef.

Houd een blank geschuurde ijzeren spijker in de vlam van de spiritusbrander (afb. 67a) en je ziet dat hij zwart wordt. Ook hier verbindt zich het ijzer in de hitte met de zuurstof in de lucht tot ijzeroxyde. Het laagje oxyde kun je met een mes afschrapen en het blanke ijzer komt weer te voorschijn. Het is precies hetzelfde proces dat je bij het smelten van zink hebt kunnen zien. Ook hier kan het chemische veranderingsproces worden weergegeven in een chemische vergelijking.



Afb. 67a



Bij de vereniging van atomen speelt bovendien het verschillende **getal** een rol. Je kunt je het best voorstellen dat elk atoom van een element een bepaald aantal „verbindingsarmen” heeft die contact moeten zoeken met

de armen van het andere atoom. Geen enkele arm mag vrij blijven. Een zinkatoom en een zuurstofatoom hebben bijvoorbeeld elk twee armen:

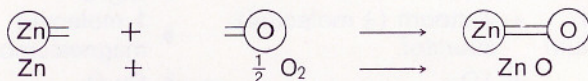
Zinkatoom



Zuurstofatoom



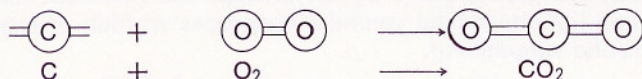
Bij het samenkomen van zink en zuurstof komen de armen van elk atoom met elkaar in verbinding en vormen zo de molecuul zinkoxyde:



Een ander element, de koolstof, heeft daarentegen vier verbindingsarmen. Koolstofatoom



Als koolstof en zuurstof een verbinding moeten aangaan heeft elk koolstofatoom twee zuurstofatomen nodig zodat alle armen met elkaar verbonden zijn.

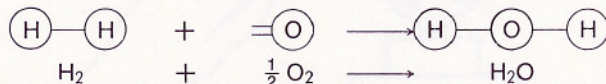


De nu ontstane verbinding heet kooldioxyde omdat 1 atoom koolstof verbonden is met 2 atomen zuurstof (Grieks, di = twee).

Het element waterstof heeft maar één verbindingsarm



Bij de chemische vereniging van waterstof en zuurstof heeft het zuurstofatoom twee waterstofatomen nodig om alle armen met elkaar te verbinden.



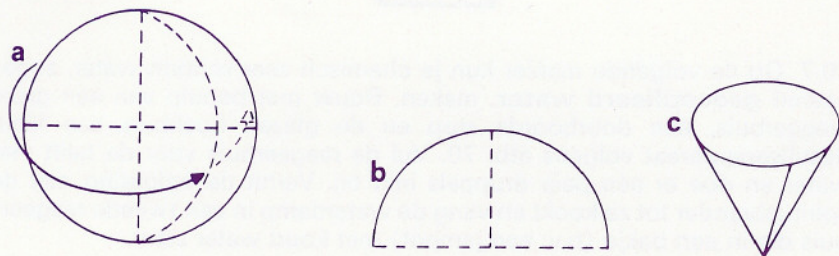
Naast de verbinding die altijd ontstaat door een chemische verandering kunnen stoffen ook met elkaar vermengd worden zonder dat ze zich verenigen. De eigenschappen van de uitgangsstoffen blijven dan echter bewaard.

10.4 Om dat te onderzoeken moet je het bekglas voor de helft met water vullen. Doe er dan een lepel bloemaarde bij en roer alles goed om. Er



ontstaat een troebele vloeistof want veel deeltjes blijven zweven en verontreinigen het water. Om de oplossing te filtreren moet je een filter maken. Je neemt een rond blaadje filterpapier en vouwt het tweemaal zodat er een kwart cirkel ontstaat. Vouw het gevouwen papiertje dan zó open dat drie zijden aan de ene en een zijde naar de andere kant worden gelegd (afb. 68). Nu past het filterpapier in de trechter; het blijft ook beter zitten als je het bevochtigt met een beetje water.

Afb. 68



Filtreer nu het „vuile water“. Het water is weer helemaal helder en dat noemt men een filtraat. De bloemaarde blijft in de filter achter.

Er is geen chemische verbinding ontstaan tussen water en bloemaarde want ze hebben zich door een eenvoudige natuurkundige scheidingsmethode namelijk het filtreren, van elkaar laten scheiden. Men spreekt hierbij van een **mengsel**.

10.5 In dit experiment kun je dit onderzoek nog voortzetten. Vul het beker-glas weer voor de helft met water, doe er een lepel keukenzout bij en roer het flink om. Je hebt nu een glasheldere vloeistof. Als een stof als keuken-zout oplost in water spreekt men van een **oplossing**.

10.6 Of het hierbij gaat om een chemische verbinding of een mengsel van stoffen kun je zien als je een beetje van de zoutoplossing in de porseleinen schaal doet en het verhit boven de spiritusvlam (afb. 69).

Als de vloeistof is verdampt, kun je de proef beëindigen en het overblijfsel onderzoeken. Proef er maar rustig van.

Bij het koken verdampt alleen het water; de opgeloste stof, in dit geval dus keukenzout, blijft over.

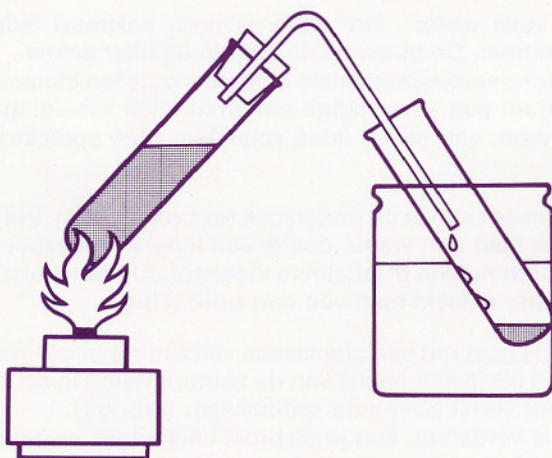
Een oplossing is dus ook een mengsel want er ontstaat geen nieuwe stof met andere eigenschappen. De eigenschappen van de opgeloste stof en van het oplosmiddel blijven bewaard. Alle oplossingen van zout zijn slechts mengsels.

Afb. 69



10.7 Op de volgende manier kun je chemisch zeer schoon water, zogenaamd **gedestilleerd water**, maken. Bouw met behulp van een grote reageerbuis, een doorboorde stop en de glazen hoekbuis een klein destilleerapparaat volgens afb. 70. Vul de reageerbuis voor de helft met water en doe er een paar druppels inkt bij. Verhit de oplossing met de spiritusbrander tot ze kookt en vang de waterdamp in een tweede reageerbuis die in een bakje (b.v. een jampot) met koud water staat.

Afb. 70



Het opgevangen water is kleurloos en heeft een flauwe smaak. Bij het verdampen blijven alle opgeloste bestanddelen achter, zelfs de zouten die in leidingwater zijn opgelost. Dit proces noemt men **destillatie**. Twee belangrijke groepen stoffen waar je ook iets van moet weten zijn **zuren** en **logen**.

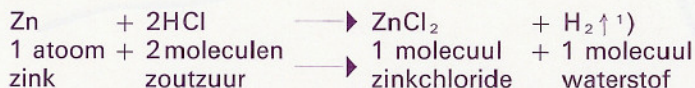


Zuren zijn verbindingen van het element waterstof en een groep atomen die men de zuurrest noemt. De eigenschappen van alle zuren worden bepaald door een gemeenschappelijk bestanddeel, de waterstof; de **bijzondere** eigenschappen door de betreffende zuurrest.

Een gemeenschappelijke eigenschap van alle zuren is dat ze inwerken op metalen en dat daarbij door chemische veranderingen nieuwe verbindingen ontstaan.

10.8 Doe in een grote reageerbuis twee of drie plaatjes zink en vul de buis dan voor een derde met verdund zoutzuur. Verwarm de buis voorzichtig en beweeg hem boven de vlam heen en weer (Voorzichtig, **niet laten koken** anders spuit het zuur er uit!).

Al gauw zie je opstijgende gasbelletjes (afb. 71). Het zink wordt door een chemisch veranderingsproces ontleed en daarbij komt een gas vrij. Het is waterstof dat eerst was verbonden met de zuurrest. Gelijktijdig verbindt het metaal zink zich met de zuurrest tot een zout: zinkchloride (zie de tabel der zuren).



Daar elk zinkatoom twee verbindingssarmen heeft en de zuurrest van het zoutzuur maar één, bindt zink bij het ontstaan van zinkchloride twee zuurresten van het zoutzuur.

Een gemakkelijk te herkennen eigenschap van zuren is dat ze blauw lakmoespapier rood kleuren.

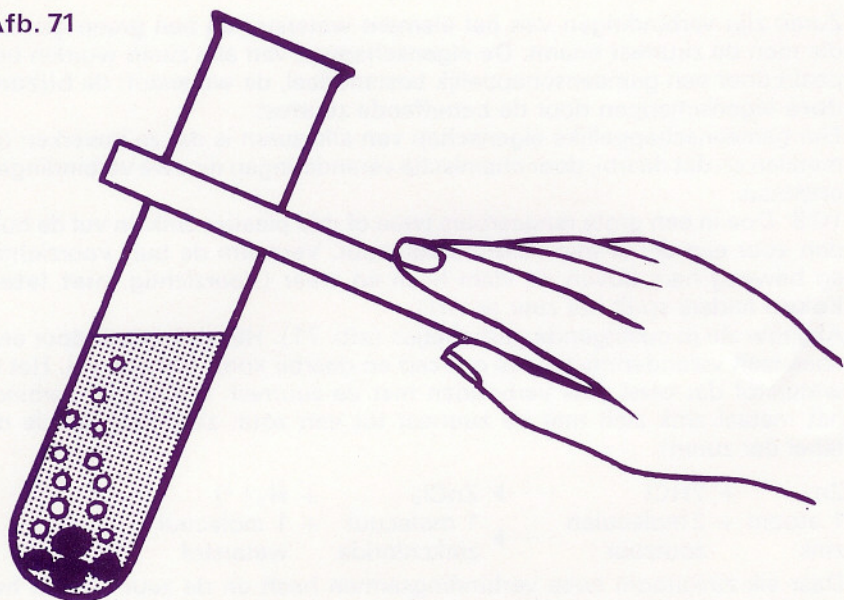
10.9 Toon dit feit aan door een reageerbuisje te vullen met een laagje verdund zoutzuur en er een half strookje blauw lakmoespapier in te hangen. De rode kleur is het zekerste bewijs voor de aanwezigheid van zuren.

In de hiernavolgende tabel vind je de belangrijkste zuren met hun chemische formules.

Naam van het zuur	Formule	Zuurrest
Zwavelzuur	$\text{H}_2\text{SO}_4$	— $\text{SO}_4$ : sulfaat
Zoutzuur	$\text{HCl}$	— $\text{Cl}$ : chloride
Salpeterzuur	$\text{HNO}_3$	— $\text{NO}_3$ : nitraat
Fosforzuur	$\text{H}_3\text{PO}_4$	— $\text{PO}_4$ : fosfaat
Koolzuur	$\text{H}_2\text{CO}_3$	— $\text{CO}_3$ : carbonaat
Aziijnzuur	$\text{CH}_3\text{COOH}$	— $\text{COOH}$ : acetaat

<sup>1)</sup> De pijl geeft aan dat de bij deze chemische verandering ontstane waterstof als gas ontwijkt.

Afb. 71



### Opmerking

Daar men de mate van gevaar van een zuur niet zonder meer kan herkennen is steeds grote voorzichtigheid geboden bij het omgaan met zuren.

Draag altijd een witte jas of een schort om je kleren te beschermen ! Het zou heel goed zijn als je een bril kon bemachtigen om je ogen te beschermen.

Spatten zuur op de huid moeten direct wordt afgespoeld met veel water.

Ook zuur op je kleding moet direct verwijderd worden door flink te spoelen met water want anders ontstaan er gaten.

Zuren mogen nooit in drinkgerei worden bewaard !

Net als zuren hebben ook logen gemeenschappelijke eigenschappen want ze bevatten eveneens een gelijksoortig bestanddeel. Het is een bijzondere atoomgroep die door de chemici de OH- of hydroxyl-groep wordt genoemd. In een loog is er altijd een metaal chemisch met deze OH-groep verbonden en dat bepaalt de bijzondere chemische eigenschappen van de betreffende loog. Net als zuren reageren ook logen typisch met lakmoes.



10.10 Doe wat natronloog in een reageerbuisje en voeg er een half strookje rood lakmoespapier aan toe. Deze keer verandert de kleur van rood in blauw. Die blauwe kleur is een bewijs voor de aanwezigheid van logen. De volgende tabel geeft een overzicht van de bekendste logen:

Loog	Formule
Natronloog	NaOH
Kaliloog	KOH
Kalkloog	Ca(OH) <sub>2</sub>
Ammoniakoplossing (Geest van salmiak)	NH <sub>4</sub> OH

### Opmerking

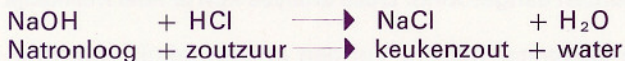
Voor de omgang met logen gelden dezelfde veiligheidsmaatregelen als voor zuren.

Als men gelijke hoeveelheden zuur en loog bij elkaar voegt blijven hun typische werkingen uit. De chemicus zegt in zo'n geval dat de stoffen zich neutraliseren.

10.11 Doe één vinger verdund zoutzuur in een reageerbuisje en leg er een half strookje blauw lakmoespapier bij. Het papiertje wordt rood. Voeg dan onder voortdurend schudden **druppelsgewijs** zoveel natronloog aan het zuur toe tot het lakmoespapier een **violette** kleur krijgt.

Als die kleur ontstaat hebben de twee stoffen zich geneutraliseerd. De eigenschappen van zuur en loog zijn verloren gegaan.

Bij een neutralisatie ontstaan nieuwe stoffen. Het natrium in de natronloog verbindt zich met de zuurrest van het zoutzuur tot keukenzout (natrium-chloride). De hydroxylgroep van de loog verbindt zich tegelijkertijd met de waterstof uit het zuur tot water.



Iedere neutralisatie (omzetting tussen zuur en loog) produceert altijd zout en water.

Zuur + loog  $\longrightarrow$  zout + water

10.12 Het bij de neutralisatie van zoutzuur en natronloog ontstane zout kun je zichtbaar maken door de vloeistof boven de spiritusvlam in de porseleinen schaal in te dampen. Even proeven na het afkoelen (een natte vinger indopen) bewijst het: er is keukenzout ontstaan.

Zouten zijn verbindingen tussen metalen en zuurresten. Ze ontleen hun namen aan de zuren en metalen waaruit ze zijn ontstaan.

Het metaal wordt samengetrokken met de Latijnse benaming van de zuurrest, b.v. natriumchloride, zinksulfaat, ijzersulfaat enz.

De hiernavolgende tabel bevat enkele van de ca. 15.000 zouten met hun chemische formule (zie: tabel van de zuren):

Zout	Formule
Zinkchloride	$\text{ZnCl}_2$
Ijzersulfaat	$\text{FeSO}_4$
Kaliumnitraat	$\text{KNO}_3$
Natriumsulfaat	$\text{Na}_2\text{SO}_4$
Loodsulfaat	$\text{PbSO}_4$
Natriumcarbonaat	$\text{Na}_2\text{CO}_3$
Kalciumfosfaat	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

Een belangrijke taak van de chemicus is o.m. met bijzondere onderzoeksmiddelen (reagensen) de samenstelling van stoffen te onderzoeken. Deze bezigheid noemt men **analyse**.

Eén reagens ken je al, namelijk lakmoespapier. Met blauw papier kun je zuren herkennen (rode verkleuring), met het rode papier logen (blauwe kleuring). IJzer kun je ook bewijzen met geel bloedloogzout, zoals je al weet.

Maar niet alleen vaste stoffen en vloeistoffen, ook gasen kunnen chemisch worden aangetoond. Zo kan de aanwezigheid van b.v. het gas kooldioxyde waarvan een grote hoeveelheid voorkomt in de uitgeademde lucht, met de reagens kalkwater worden aangetoond. Deze analyse kun je heel makkelijk zelf verrichten.

10.13 Eerst moet je kalkwater maken. Vul een erlemeyerkolf voor driekwart met water en voeg er beetje bij beetje zoveel ongebluste kalk aan toe tot het op de bodem blijft liggen. Filtreer daarna de oplossing en doe het heldere filtraat in een reageerbuisje.

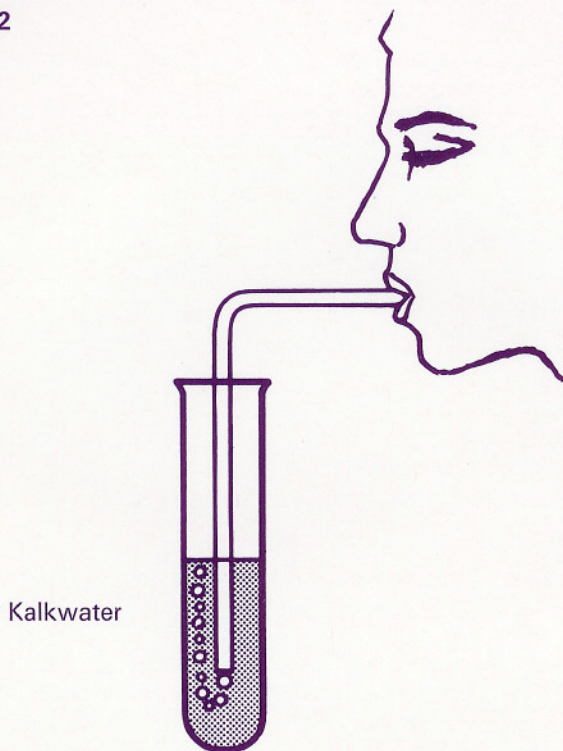
10.14 Vul het reageerbuisje voor de helft met kalkwater en blaas er door een glazen buisje je uitgeademde lucht doorheen (afb. 72). Al gauw wordt



het kalkwater melkachtig, het vertroebelt. Deze vertroebeling is het bewijs voor de aanwezigheid van het gas kooldioxyde.

De hier genoemde reagenten zijn natuurlijk maar een kleine keus uit vele. De chemicus heeft er voor zijn veelzijdige onderzoeken heel wat meer en ook veel gecompliceerdere nodig.

Afb. 72





Door je **chemie-experimenteerdoos CE 1402** heb je de wereld van de natuurwetenschappen geopend. Je bent vast ook wel geïnteresseerd in het Philips elektronica-programma, bestaande uit een reeks bouw- en aanvullingsdozen voor tientallen elektronische schakelingen.



