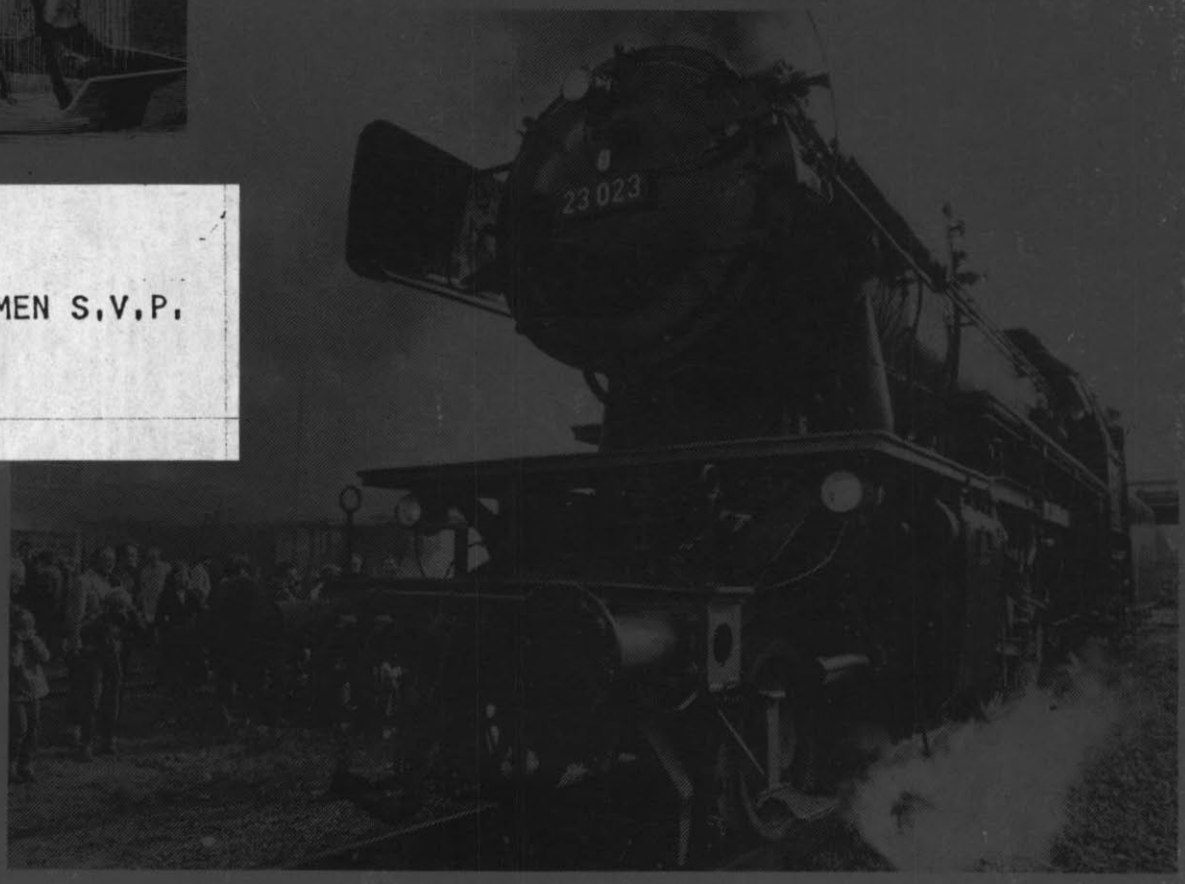
NIET MEENEMEN

ijs, water, stoom II

TER INZAGE
NIET MEENEMEN S.V.P.



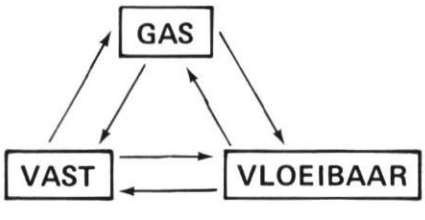
PLON
BV Uitgeverij nib

In de winter zie je rijp op de bomen. Je kunt dat 's zomers zien rond het vriesvak van de ijskast. Deze rijp ontstaat direkt vanuit de waterdamp in de lucht. Ga maar eens kijken.

De overgang direkt van vast naar gasvorm heet verdampen. De overgang van gasvorm naar vast heet *sublimeren.*

Opdracht 4

Neem onderstaand schema over in je schrift. Vul bij de pijltjes in hoe de diverse faseovergangen heten.

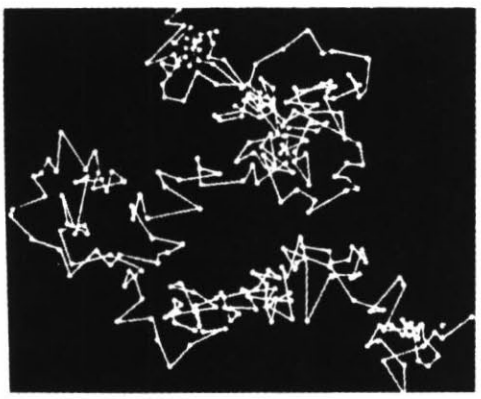


2. MOLECULEN

Stel eens dat je een stukje ijs (of suiker of andere vaste stof) door midden zou breken. Stel dat je een van de twee stukken weer zou halveren en dat ook weer en dat ook weer enz. enz. Dan zou blijken dat je niet eeuwig door kan gaan, maar dat je op een gegeven moment niet verder kunt delen.
Dat weten we niet uit dit experiment, maar uit diverse andere experimenten. Uit die proeven blijkt dat stoffen zijn opgebouwd uit hele kleine deeltjes. Die deeltjes noemen we moleculen. Hoe ze er precies uitzien, weten we niet. We stellen ons er iets bij voor. Zelfs met een microscoop met een grote vergroting kun je ze niet zien. Toch weten we dat ze moeten bestaan. Er volgen nu een heleboel experimenten (proef 3 t/m proef 12) waarmee aannemelijk gemaakt zal worden dat ze bestaan.
Met de verschillende proeven kun je je ook een idee vormen, hoe die moleculen zich in stoffen in de vaste-, vloeibare- of gasfase gedragen.

PROEF 3 **Brown beweging**

Dit effekt werd oorspronkelijk ontdekt door de Schot Robert Brown. Leg een druppel van een sterk verdunde oplossing van melk en water op een objectglaasje onder de microscoop. Bekijk de druppel nauwkeurig onder de microscoop met een sterke vergroting.
Als je goed kijkt, zie je de kleine melkdeeltjes onophoudelijk lichtjes heen en weer dansen.



Opname van de beweging van een deeltje, telkens na 20 seconden. De verschillende plaatsen zijn verbonden door rechte lijnen.

Wat kun je hieruit afleiden?

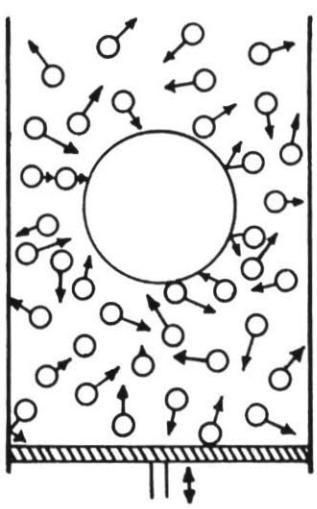
De deeltjes die je ziet bewegen zijn melkdeeltjes. De beweging is willekeurig, soms gaan ze naar links, soms naar rechts, dan weer naar boven, onderen enz.
De melkdeeltjes bewegen niet uit zichzelf zo. Er moet dus iets in het water zitten dat ze heen en weer beweegt. Dat iets moet ook heel klein zijn, want je kunt het met de microscoop niet waarnemen, ook niet als je heel sterk vergroot.
We nemen nu aan dat melkdeeltjes omgeven zijn door watermoleculen en dat die watermoleculen steeds tegen het melkdeeltje opbotsen.
Daardoor gaat het melkdeeltje bewegen.
Die watermoleculen bewegen dan kris-kras door het water heen, immers het melkdeeltje beweegt ook willekeurig. Dus:

Wat zie je?	Wat kun je eruit afleiden?
melkdeeltjes bewegen	er moet iets zijn dat ze heen en weer beweegt: de watermoleculen
de beweging is willekeurig	de moleculen bewegen ook willekeurig, kris-kras door elkaar heen.

Doe de volgende proef maar eens:

PROEF 4

Doe in een bak kleine kraaltjes en doe er één groter licht voorwerp tussen.
Breng de bodem van de bak in trilling met behulp van een motor.
De kraaltjes stellen de watermoleculen voor, het grotere voorwerp het melkdeeltje.
Wat zie je gebeuren?
Ga eens ver weg staan zodat je de kraaltjes nauwelijks meer ziet.
Zie je het grotere voorwerp nog?
Wat heeft dit te maken met de Brownbeweging?



Hoe kun je je voorstellen dat moleculen zich in een vaste stof, vloeistof, gas gedragen?

We zullen ons een voorstelling maken hoe moleculen zich in een vaste stof, vloeistof en gas gedragen.

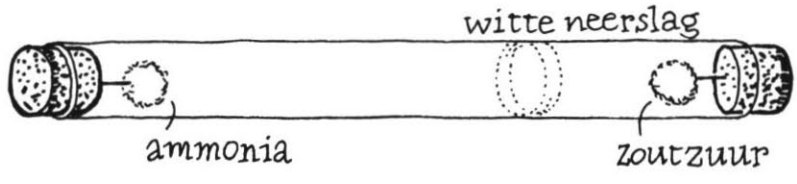
	vaste stof	vloeistof	gas
moleculen bewegen	ja, dat zal blijken uit proef 10	ja, dat heb je gezien aan de Brown-beweging en dat is te zien aan proef 5	ja: zie proef 6

PROEF 5

Vul een bekerglas voor de helft met water. Laat er een paar kopersulfaatkristallen in vallen, en roer goed. Zet deze kopersulfaatoplossing op een rustige plaats. Breng voorzichtig met behulp van een spuitfles een laag water aan op de kopersulfaatoplossing. Kijk één of twee dagen later wat er gebeurd is. Wat zie je? Hoe kun je dat verklaren?

PROEF 6

Doe een druppel zoutzuur op het watje aan het ene uiteinde van de buis en doe een druppel ammonia op een watje aan de andere kant van de buis. Na enige tijd zie je een witte rook. Deze ontstaat door een scheikundige reactie tussen zoutzuur en ammonia. Hoe zijn de moleculen bij elkaar gekomen?



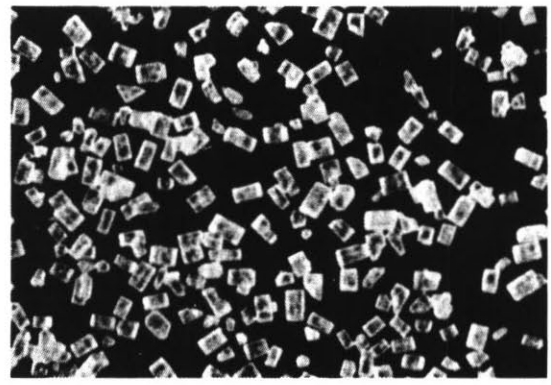
	vaste stof	vloeistof	gas
moleculen trekken elkaar aan	ja, heel stevig: zie proef 7. ook zitten moleculen netjes geordend: zie proef 8	ja, een beetje: zie proef 9. ze bewegen kriskras door elkaar: zie proef 4 en 5	nee, je kunt een gas zo uit elkaar slaan. ze bewegen zomaar door elkaar heen: zie proef 6

PROEF 7

Neem een ijzeren draad en trek daar hard aan! Wat gebeurt er?
Houden de moleculen elkaar stevig vast?
(aan een ijzerdraad van 2½ cm doorsnede kun je een voorwerp van 2500 kg hangen.)

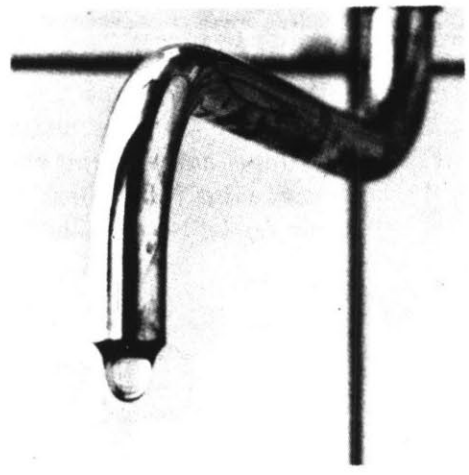
PROEF 8a

In een buisje zit het (giftige) butyl-alcohol. Verwarm het buisje met je hand. Je ziet dan de vaste stof vloeibaar worden. Houd het buisje dan al schuddend onder de koude kraan en let op! Wat zie je gebeuren?
Herhaal de proef.
(de smelttemperatuur van deze stof is 25,4°C).



PROEF 8b

Bekijk een suiker- of zoutkristal onder een loep (vergroting 10x). Bekijk het ook onder een microscoop (vergroting 50 x).
Bekijk candijsuiker of een kopersulfaatkristal met het blote oog.
Wat zie je?



PROEF 9a

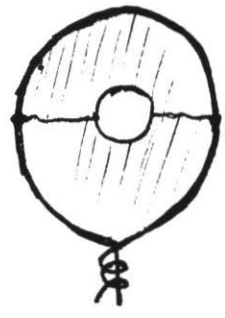
Kijk naar een waterdruppel uit een kraan.
Hoe komt het dat het onderste deel van het water blijft hangen?
Geldt dit ook voor andere vloeistoffen?

PROEF 9b

Doe water in een ballon, hang de ballon op (voorzichtig) en vergelijk de vorm met de vorm van een waterdruppel. Leg de ballon op tafel en vergelijk de vorm met die van een waterdruppel op vet (olie, boter).
Hoe kun je de vorm van de waterdruppel verklaren met moleculen?

PROEF 9c

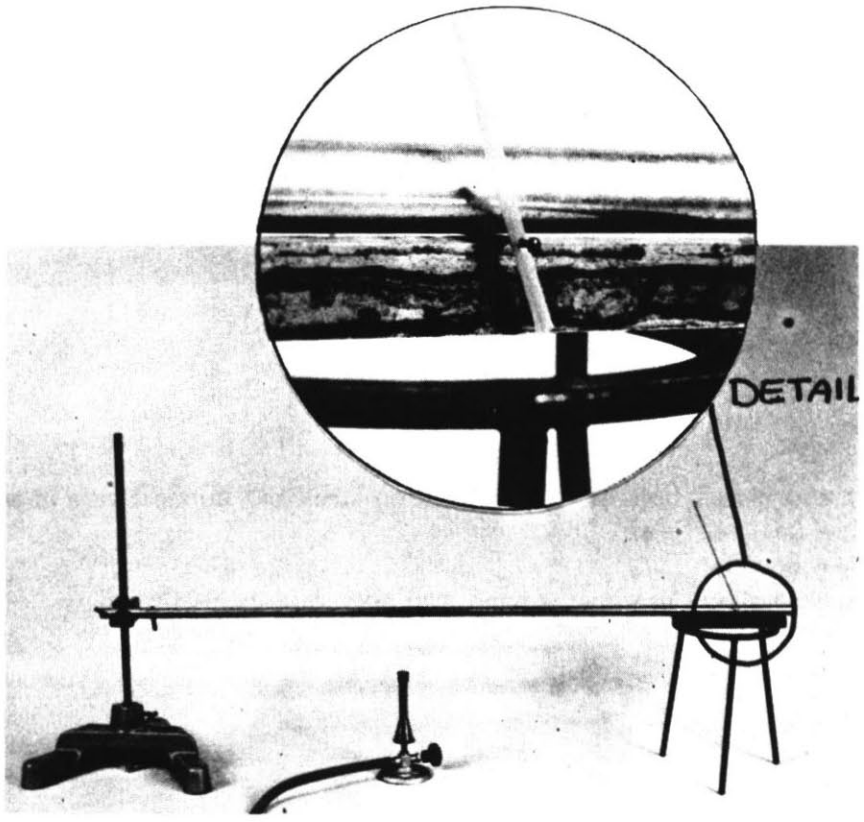
In een metalen frame wordt een dun katoendraadje gespannen met een opening in het midden. Het geheel wordt in een zeepoplossing geduwd. Met een scherpe naald prik je in de opening. Wat zie je? Hoe kun je dat met moleculen verklaren?



	vaste stof	vloeistof	gas
door temperatuur-stijging gaan de moleculen sneller bewegen	ja, moleculen bewegen sneller rond de evenwichtsstand: zie proef 10	ja: zie proef 11	ja: zie proef 12

PROEF 10

Neem een metalen staaf, installeer hem zoals op onderstaande foto te zien is, en verwarm de staaf.
Wat zie je?

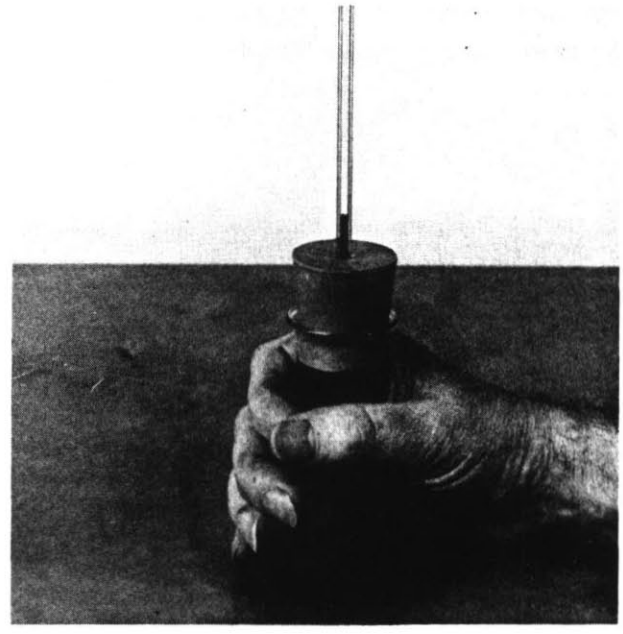


Je kunt je dit als volgt voorstellen. Als het metaal koud is trillen de moleculen rond de evenwichtstand:

Door verwarmen gaan de moleculen heftiger trillen, nemen meer ruimte in en de stof zet uit:

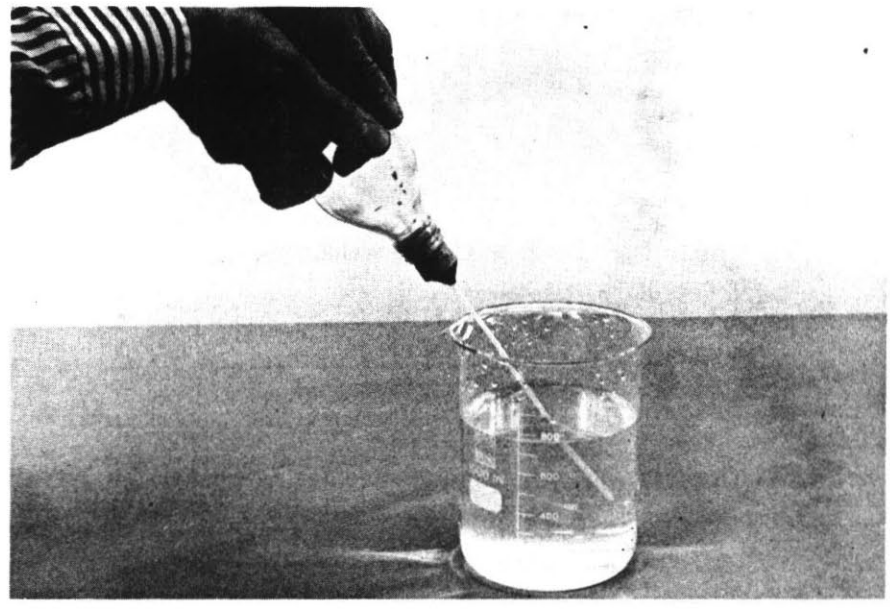
PROEF 11

Verwarm een kolf vol met water, waarin een rietje steekt, met de hand (zie foto).
Wat zie je?
Hoe kun je dat verklaren?



PROEF 12

Verwarm een glazen bolletje met je hand en steek het dunne buisje in een beker water. Koel het bolletje af.
Wat zie je gebeuren?
Verwarm het bolletje weer met je hand. Wat zie je nu gebeuren?



Je kunt je dit als volgt voorstellen: doordat de moleculen door de warmte een grotere snelheid krijgt, botsen ze harder tegen de wanden en kunnen dus het water of de lucht wegduwen. De druk binnen in het bolletje wordt groter.
Bij afkoelen gaan ze langzamer bewegen en de druk wordt kleiner: ze botsen minder hard.

Opdracht 5

Neem de verschillende eigenschappen van moleculen die tussen de proeven staan over in je schrift, zet ze onder elkaar, en vul het schema in.

	vaste stof	vloeistof	gas
moleculen bewegen	ja, want	ja, want	ja, want .....
.....	ja, want	.....	.....
.....			

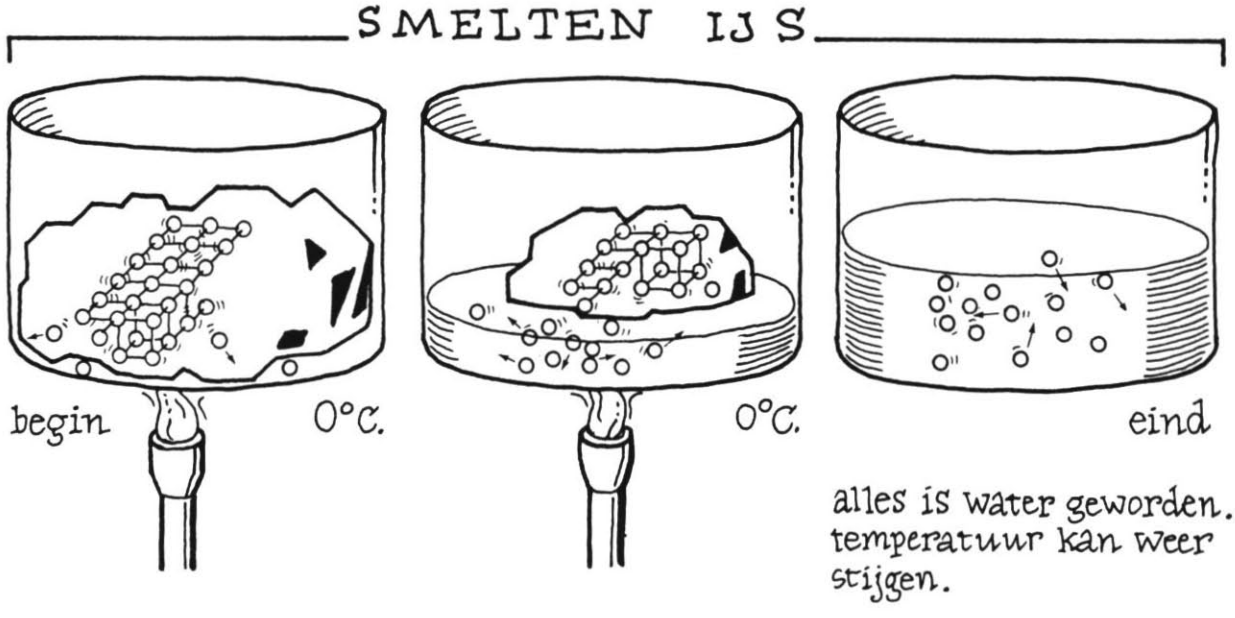
3. MOLECULEN HELPEN BIJ DE VERKLARING VAN FASE-OVERGANGEN

Je kunt je dus voorstellen dat *in een vaste stof* de moleculen geordend zijn. Ze trekken elkaar sterk aan. Ze trillen heen en weer om de evenwichtsstand en bij temperatuurverhoging gaan ze heviger bewegen.
In een vloeistof kun je je voorstellen dat moleculen ongeordend bewegen, ze trekken elkaar een beetje aan en ze gaan heviger bewegen bij temperatuurstijging.
In een gas kun je je voorstellen dat moleculen ongeordend en vrij van elkaar bewegen. Ze botsen tegen de wanden, als ze in een afgesloten ruimte zitten en ze gaan heviger bewegen als de temperatuur hoger wordt. De druk in de ruimte wordt dan groter.

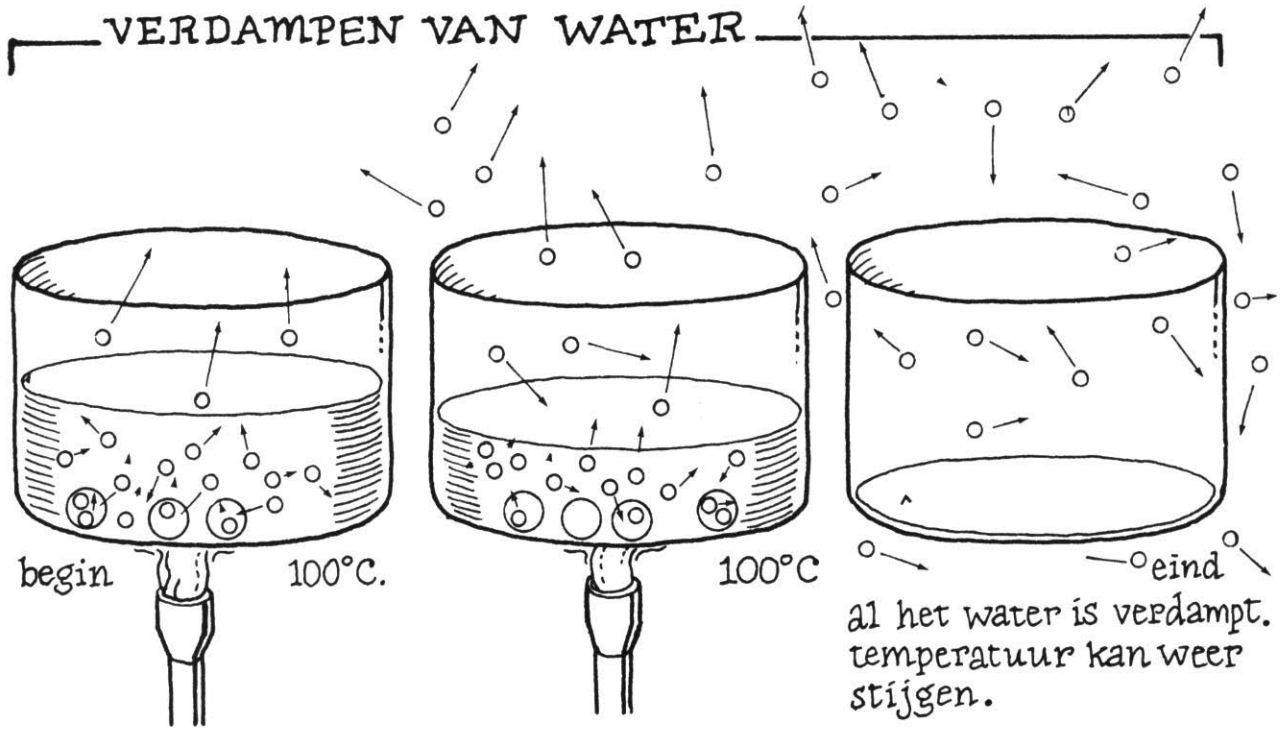
Smelten en koken

Wat gebeurt er nu tijdens het smelten van ijs en tijdens het koken (het verdampen) van water?

Je kunt je voorstellen dat door het verwarmen van ijs de moleculen heviger gaan trillen. Bij een bepaalde temperatuur (0°C) is de trilling van de moleculen zó hevig geworden, dat de moleculen uit hun structuur trillen. De onderlinge aantrekkingskracht is niet meer in staat om de hevig trillende moleculen netjes geordend bij elkaar te houden. Het eerste ijs is dan in water overgegaan. Bij doorverwarmen trillen steeds meer moleculen los. De temperatuur blijft 0°C, dus alle warmte wordt gebruikt om de moleculen uit hun verband los te maken. Pas als alle moleculen losgetrild zijn, en al het ijs water is geworden, kan de temperatuur weer gaan stijgen.



Bij verwarmen van het water gaan de moleculen heviger bewegen. Je kunt je voorstellen dat de moleculen bij een temperatuur van 100°C zo'n grote snelheid hebben, dat ze uit het water kunnen ontsnappen. Ze komen dan ver van elkaar te zitten. Hun onderlinge afstand is zó groot, dat ze van elkaars aantrekkingskracht niets meer merken. Ze kunnen vrij van elkaar bewegen.
De temperatuur blijft 100°C tot al het water in waterdamp (stoom) is overgegaan. Alle toegevoerde warmte wordt gebruikt om de moleculen los van elkaar te maken. Pas als alle moleculen los van elkaar zijn, en al het water waterdamp is geworden, kan de temperatuur weer gaan stijgen.



Bij condenseren of stollen gebeurt het omgekeerde. Als je een gas afkoelt, gaan de moleculen langzamer bewegen. Langzamer bewegende moleculen zijn wat langer bij elkaar in de buurt als ze (toevallig) langs elkaar heen gaan. Dan krijgt hun onderlinge aantrekkingskracht de kans om ze naar elkaar toe te trekken: er ontstaat vloeistof. Als je die vloeistof verder afkoelt, gaan de moleculen steeds langzamer bewegen. Bij een bepaalde temperatuur is hun snelheid zó ver afgenomen, dat hun onderlinge aantrekkingskracht ze netjes in een geordende structuur bijeen kan houden. De stof is vast geworden.
In paragraaf 4 zul je zien dat er bij stollen en condenseren warmte vrijkomt.

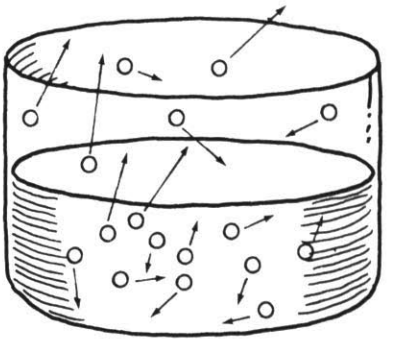
Je ziet dat je je goed kunt voorstellen met behulp van moleculen hoe het bij faseovergangen van ijs naar water en water naar waterdamp toegaat. Zo ongeveer kun je je het bij alle stoffen voorstellen die smelten (of stollen) of verdampen (of condenseren).

Waar water is, is waterdamp

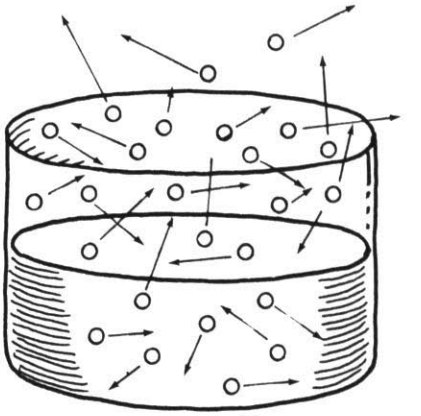
Misschien heb je wel eens gezien dat bij vochtig weer de ruiten van het lokaal beslaan. Op de ruiten vormen zich kleine waterdruppels. Dit gebeurt ook als je tegen een koud voorwerp aan ademt. Kennelijk zit er in de lucht of in jouw adem waterdamp, die condenseert op een koud voorwerp in de vorm van kleine druppeltjes.
Er kunnen ook andere stoffen in dampvorm in de lucht aanwezig zijn. Dat ruik je bijvoorbeeld als er een flesje met ether (of alcohol) in het lokaal openstaat. Je ruikt onmiddellijk de ether overal in het lokaal, en dat kan alleen maar als er etherdamp is ontstaan.
Ook warm eten ruik je overal in huis.
Hoe kan dat nu?

Ook bij gewone temperaturen (en niet alleen bij 100° C) zijn er moleculen die uit het water springen. De moleculen in het water bewegen willekeurig door elkaar heen en sommige moleculen zullen eens wat sneller bewegen, andere wat langzamer. Een molecuul die dichtbij het oppervlak is en die toevallig een grote snelheid heeft, zal uit het water springen. Die is „verdampt". Zelfs bij een lage temperatuur zijn er nog altijd moleculen die „verdampen". Bij een hogere temperatuur zullen dat er veel meer zijn, immers de snelheid van de moleculen neemt dan toe en er zullen er meer zijn met een voldoende grote snelheid.

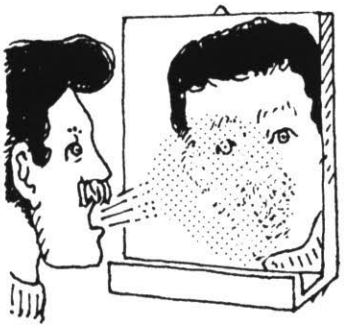
Dus: waar water is, is waterdamp.



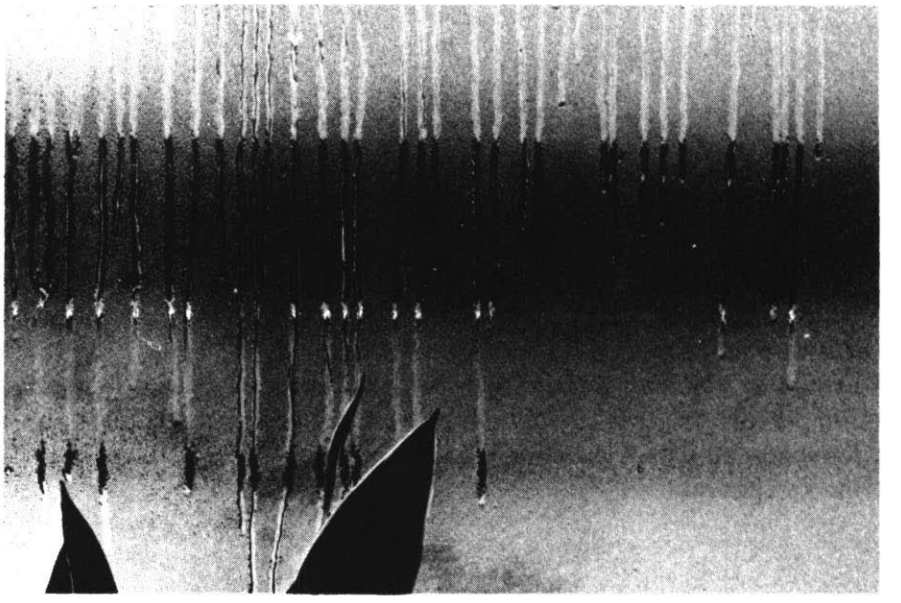
10° C



50° C



Op een koude plek (bij het raam), gaan moleculen die „ontsnapt" zijn, langzamer bewegen. De wat langzamer bewegende moleculen blijven wat langer bij elkaar in de buurt, zodat hun onderlinge aantrekkingskracht de kans krijgt ze naar elkaar toe te trekken. Er ontstaan kleine waterdruppeltjes.



Opdracht 6

Geef aan waarom je warm eten beter ruikt dan koud eten.

PROEF 13

Leg twee druppels water op een vettig papiertje en schuif die eens dicht bij elkaar in de buurt. Wat zie je gebeuren? Verklaring?
Dit verschijnsel kun je ook waarnemen op een hele vochtige ruit, waar druppels naar beneden lopen. Zie de foto op de vorige bladzijde.

4. WARMTETOEVOER, WARMTE DIE VRIJKOMT

Je hebt gezien dat voor smelten en verdampen warmte nodig was. Die warmte wordt gebruikt om de moleculen los van elkaar te maken.

PROEF 14

Doe wat ether of alcohol of eau de cologne op je hand. Wat voel je even later? Wat zie je?
Hoe komt de vloeistof aan z'n warmte die nodig is om te verdampen?

Bij condenseren of stollen gaat het net andersom. De moleculen hebben dan net zo'n grote snelheid dat ze elkaar weer aan zullen trekken en er ontstaat water of ijs. Bij het dicht op elkaar komen van de moleculen komt warmte vrij.

PROEF 15

1. Vraag een aantal kristallen hypo (natriumthiosulfaat) aan je leraar en verhit die in een reageerbuis in een *kleine vlam.*
   De hypo mag niet bruisen of knetteren maar moet langzaam smelten.

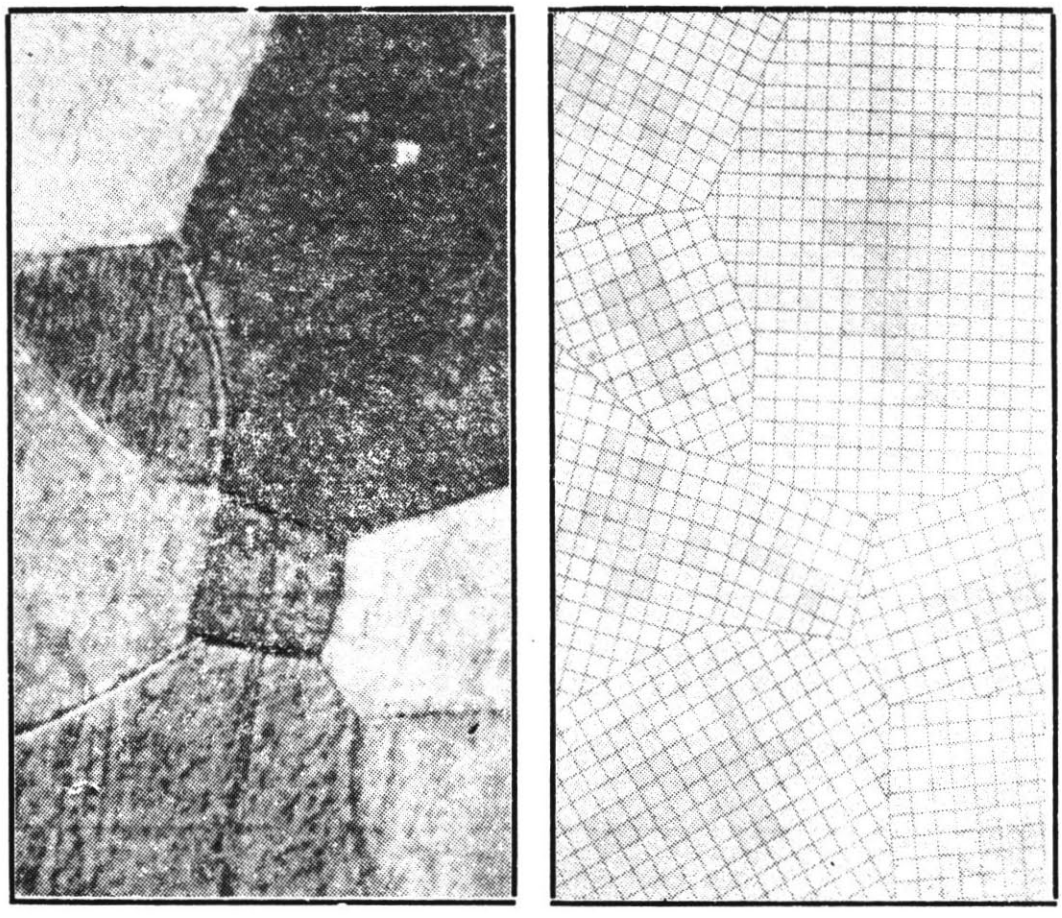
2. Zet de reageerbuis in een standaard, als alle hypo is gesmolten. Laat hem daar afkoelen. Je mag de reageerbuis niet of nauwelijks bewegen.

3. Gooi in de reageerbuis een extra kristalletje hypo, als de vloeistof is afgekoeld.
   Kijk goed wat er gebeurt! Wat zie je? Voel onderaan de reageerbuis. Wat merk je?

Dus:
bij smelten of verdampen is warmte nodig.
bij stollen of condenseren komt warmte vrij.

LEESTEKST

Niet alle vaste stoffen bestaan uit mooi geordende moleculen. Zo bestaan plastics uit rijen ketenvormige moleculen, die samen één reuzemolecuul vormen. Dit geldt voor alle kunststoffen. Door een iets andere ordening van moleculen in die ketens, ontstaan er andere reuzemoleculen met andere eigenschappen.
Zo zijn er plastics voor spuitflesjes, voor boterhamzakjes, voor materialen die elektriciteit isoleren enz. enz.
In de scheikundeles leer je hier meer over.
Zo zijn metalen in het algemeen opgebouwd uit een willekeurige opeenhoping van dicht aan elkaar gevoegde kristalblokjes (kristallieten).



De foto links toont bij circa duizendvoudige vergroting een gepolijst metaaloppervlak, dat met een etsmiddel werd behandeld, zodat men de willekeurige rangschikking der kristallieten kan zien. Het ontstaan van deze structuur is in de tekening rechts nog eens verduidelijkt: bij het afkoelen van een smelt ontstaan kleine kiemen (donker) van waaruit de kristalheten eerst vrij uitgroeien (lichter wordende vakjes). Doordat ze elkaar op een gegeven moment raken, wordt een verdere groei tenslotte onmogelijk.

Zijn alle moleculen hetzelfde?

In de loop van vele eeuwen onderzoek hebben mensen geprobeerd om steeds nauwkeuriger na te gaan hoe stoffen in elkaar zitten. De Grieken dachten, meer dan 2000 jaar geleden, dat alle materialen opgebouwd waren uit vier verschillende grondstoffen: vuur, aarde, water en lucht.

Er bestaan wel een paar miljoen verschillende stoffen. In de vorige eeuw heeft men ontdekt dat alle stoffen opgebouwd zijn uit zo'n honderd verschillende stoffen. Een stof als water is opgebouwd uit de stoffen waterstof en zuurstof. Suiker bestaat uit zuurstof, waterstof en koolstof. En zout uit natrium en chloor.
Een watermolecuul ziet er daarom anders uit dan een suikermolecuul of een zoutmolecuul. Alle watermoleculen zijn echter aan elkaar gelijk.

kiezen

Je hebt nu het basishoofdstuk achter de rug. Nu volgt het vervolgdeel. Dit vervolgdeel gaat door op een aantal verschijnselen die je hebt gezien in het basishoofdstuk.
Uit deze vervolgblokken moet je een keuze maken. Als je een blok gekozen hebt, moet je daarna weer kiezen welke experimenten je dan gaat doen en wat je gaat lezen.

De vervolgblokken zijn:

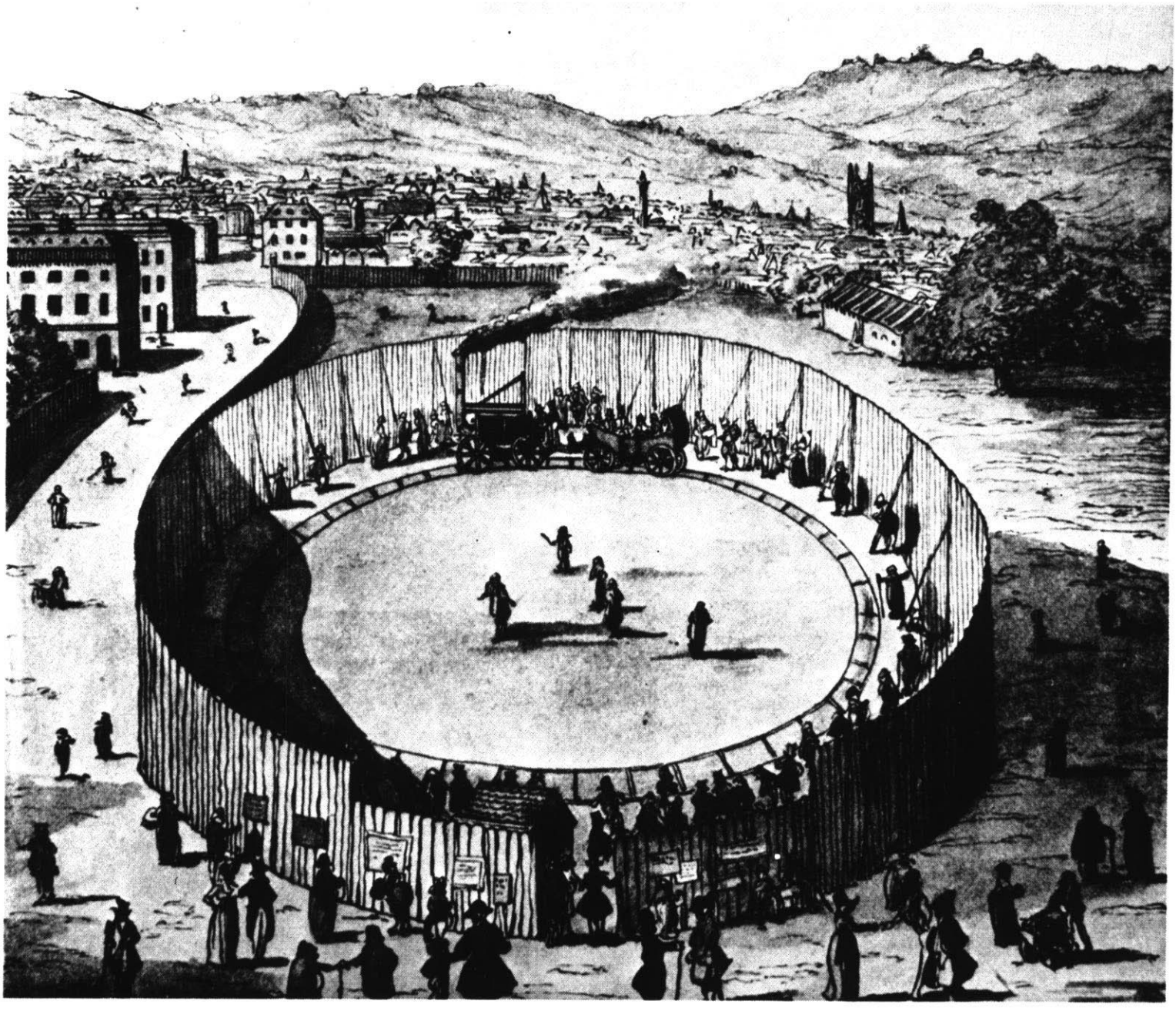
I STOOMMACHINES blz. 17
Dit gaat over stoommachines en wat je daarmee kunt doen bijv. water oppompen, machines laten draaien, een lampje laten branden. Bovendien kun je lezen hoe een stoommachine werkt en hoe stoom vroeger gebruikt werd en nu nog gebruikt wordt.

II KOELEN DOOR VERDAMPEN blz. 27
In de koelkast wordt gebruik gemaakt van het feit dat verdampen warmte kost. Hoe gaat dat daar precies in zijn werk?
Verder nog meer proeven en leesteksten die hiermee samenhangen.

III WOLKEN EN NEERSLAG blz. 41
Zonder water in de lucht zou het weerbericht er heel anders uitzien.
Er is wèl waterdamp in de lucht, dus is er ook ijs, regen, sneeuw, hagel enz. Hoe ontstaat dat precies? Daar kom je achter door proeven te doen en te lezen.

IV KRISTALLEN blz. 57
In diverse proeven kun je kristallen maken en kristallen zien groeien. Ook kun je lezen over hoe kristallen er van binnen en van buiten uitzien.

V HOE KLEIN? blz. 71
Moleculen zijn erg klein, dat weet je. Hoe klein ze zijn kun je ontdekken met diverse proeven en daarover kun je ook lezen.



Circus met stoomlocomotief in 1804. Een stoomtrein was toen nog zo uniek dat iedereen tegen betaling kon kijken.

VERVOLGBLOK 1

Onderzoek 1. Een stoomboot blz. 19
Zelf een eenvoudige boot bouwen, die zich met behulp van stoom voortbeweegt.

Onderzoek 2. Met de stoommachine elektriciteit maken blz. 20
Met behulp van een stoommachine een lampje laten branden. Nagaan welke invloed het branden van het lampje op de stoommachine heeft.

Onderzoek 3: Een stoompomp blz. 21
Zelf een eenvoudige stoompomp bouwen en met behulp van stoom water 1 meter omhoog pompen.

Onderzoek 4: Een stoompomp met atmosferische druk blz. 22
Weer een pomp bouwen die met behulp van stoom water 1 meter oppompt. De werking is nu heel anders dan in onderzoek 3.

Leestekst 1. De dubbele stoompomp blz. 23
Met de pompen zoals in onderzoek 3 en onderzoek 4 werd vroeger water uit de mijnen gepompt. Hoe ging dat precies?

Leestekst 2. Stoommachines en stoomturbines blz. 24
Vroeger werden stoommachines gebruikt. De invloed hiervan is heel groot geweest. Nu worden stoomturbines gebruikt in elektriciteitscentrales.

VOORDAT JE BEGINT

Voordat je begint aan het onderzoeken in het door jou gekozen vervolgdeel moet je het volgende goed lezen:

bij het begin van elk onderzoek:	maak een duidelijke keuze wat je gaat doen en beslis met de groep hoe je het (ongeveer) gaat doen. Bedenk dat de onderzoekjes mogelijkheden geven. Je mag zelf variaties bedenken. Wel is het goed om de eerste keer de proeven uit te voeren volgens de instruktie.
tijdens het uitvoeren:	houd voor jezelf een *kort* verslag bij, waarin staat wat je gedaan hebt, wat je gezien hebt en hoe je dat kunt verklaren. Ook kun je erin schrijven met wie je gewerkt hebt en of je fijn gewerkt hebt. Dit is belangrijk voor als je op het einde moet rapporteren in één of andere vorm. Dan weet je alles.
na elk onderzoek:	schrijf in je verslag wat je geleerd hebt van het onderzoek. Beslis of je variaties gaat bedenken op dit onderzoek of dat je iets nieuws gaat doen. Of heb je vragen die je wilt uitzoeken?

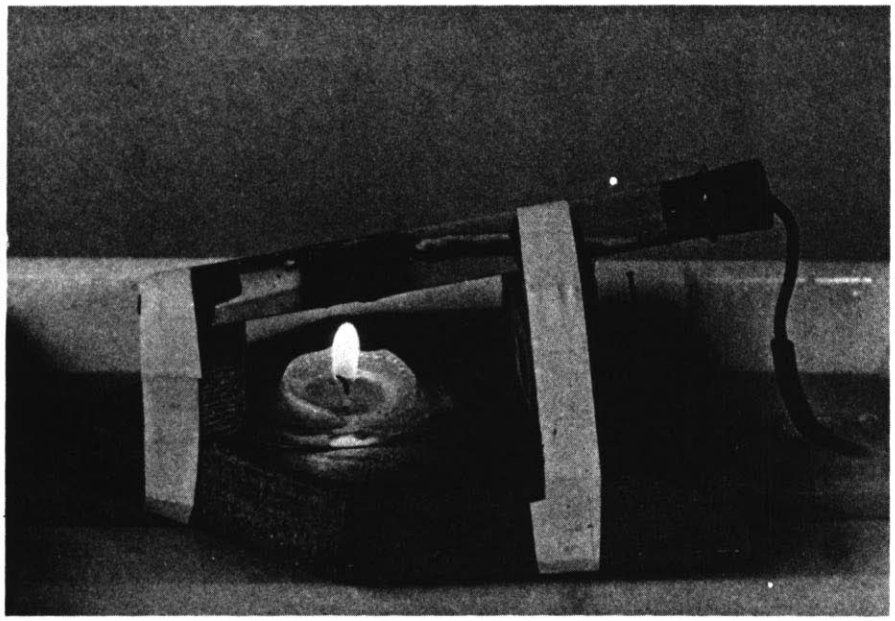
Denk hierover na en bespreek deze bladzijde met je groepsgenoten voordat je gaat beginnen. Verdeel de taken. Ga aan het werk . . . hopelijk met veel plezier.

STOOMMACHINES
Onderzoek 1.

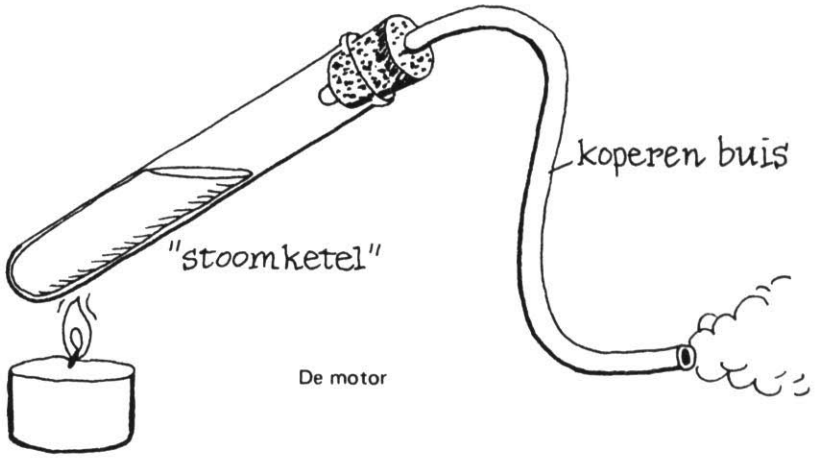
een stoomboot

In dit onderzoekje ga je een stoomboot bouwen.

1. Bouw met een stuk polystereen, een reageerbuisje, een kaars, een dun metalen pijpje en wat losse stukjes hout de boot na die op de foto en de tekening te zien is.



Een stoomboot



De motor

2. Doe de reageerbuis halfvol met water en zet het geheel in een bak met water. Zorg dat het uiteinde van de stoompijp in het water steekt.

Behouden vaart!

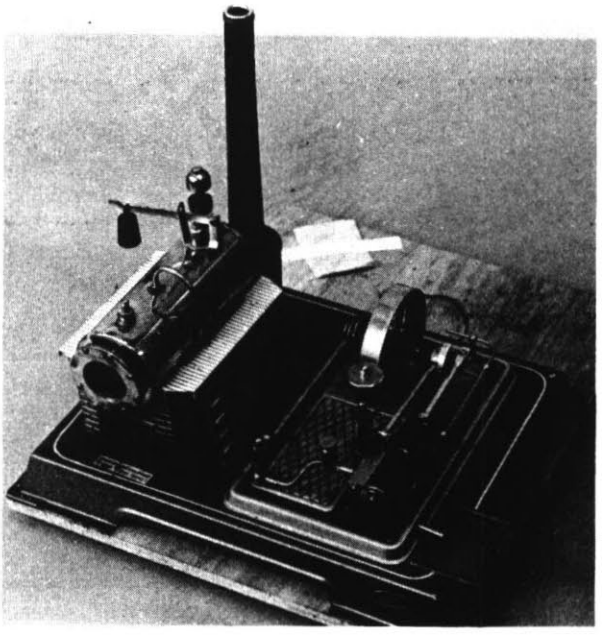
3. Kun je de boot sneller laten varen. Hoe dan?

4. Hoe komt het dat de boot gaat varen? Wat kun je zeggen over de warmte die de kaars levert en het varen van de boot?
   Gebeurden er nog andere dingen tijdens het varen? Kun je die verklaren?

STOOMMACHINES
Onderzoek 2.

met de stoommachine elektriciteit maken

Met een stoommachine werd vroeger allerhande apparatuur aangedreven. Hele spinnerijen en houtindustrieën werden door de stoom van beweging voorzien. Tegenwoordig wordt nog altijd stoom gebruikt bij het opwekken van elektriciteit. Voor meer informatie hiervoor: zie leestekst 2.



1. Maak de stoommachine gebruiksklaar (halfvol water, vuur eronder) zodat hij gaat draaien. Sluit daarna met een elastiekje de dynamo aan.
   Sluit op de dynamo een lampje aan (2,5 volt; 0,2 ampère).
   Zorg dat het lampje gaat branden.

2. Draai afwisselend het lampje los en vast. Wat merk je aan het toerental van de stoommachine? Kun je meerdere lampjes tegelijk laten branden? Weet je nog meer apparaten die je op deze stoommachine kunt aansluiten?

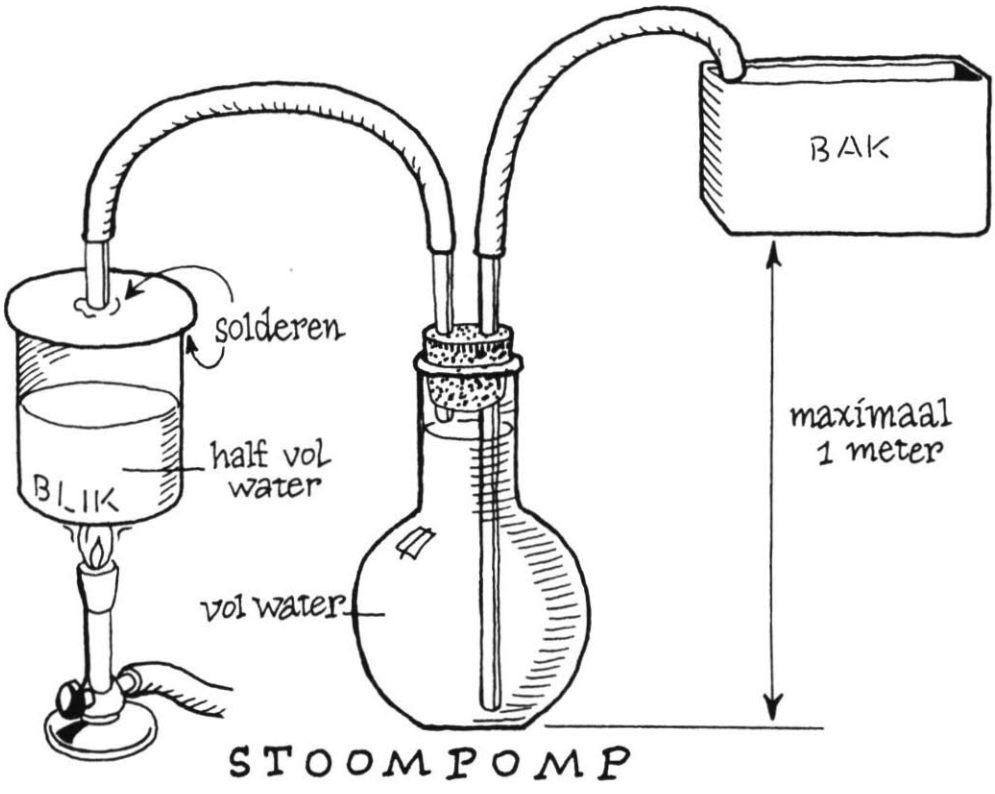
3. Zoek in leestekst 2 uit hoe de zuiger en de stoomschuif van deze stoommachine werkt. Let daarbij vooral op hoe je met vuur (warmte) een draaiende beweging kunt krijgen (bewegingsenergie).
   Kun je verklaren waarom de stoommachine langzamer gaat draaien, als je het lampje aandoet?

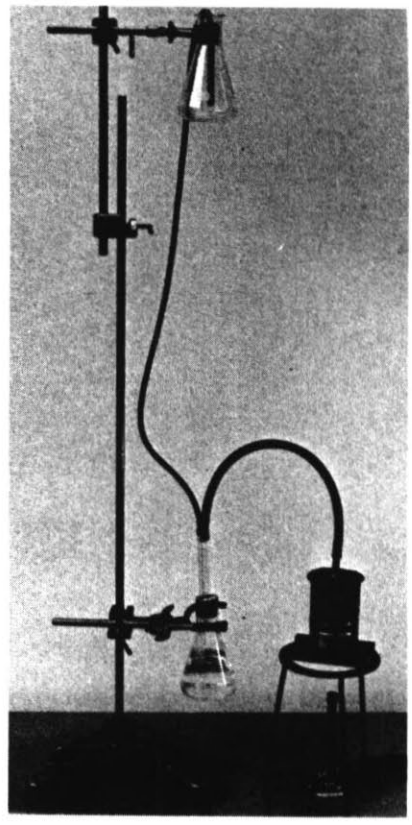
STOOMMACHINES
Onderzoek 3.

een stoompomp

Vroeger werd water omhooggepompt met behulp van een „stoommachine", bijv. in een watertoren of uit een mijn. Zo'n stoompomp ga je nu nabouwen.

1. Pak een conservenblik waarop een deksel met een tuitje is gesoldeerd. Prik twee koperen of glazen buisjes door een kurk heen en doe de kurk op de kolf. Verbind beide vaten met elkaar, zoals in de tekening staat aangegeven. Voer één slang naar een 1 meter hoger gelegen bak.
   Doe de kolf vol met water.
   Doe het conservenblik halfvol met water.





2. Zet het conservenblik op een driepoot op een gaasje, en verhit het LANGZAAM met een bunsenbrander (blauwe vlam, klein).
   Zie hoe het water wordt opgepompt. Herhaal de proef.

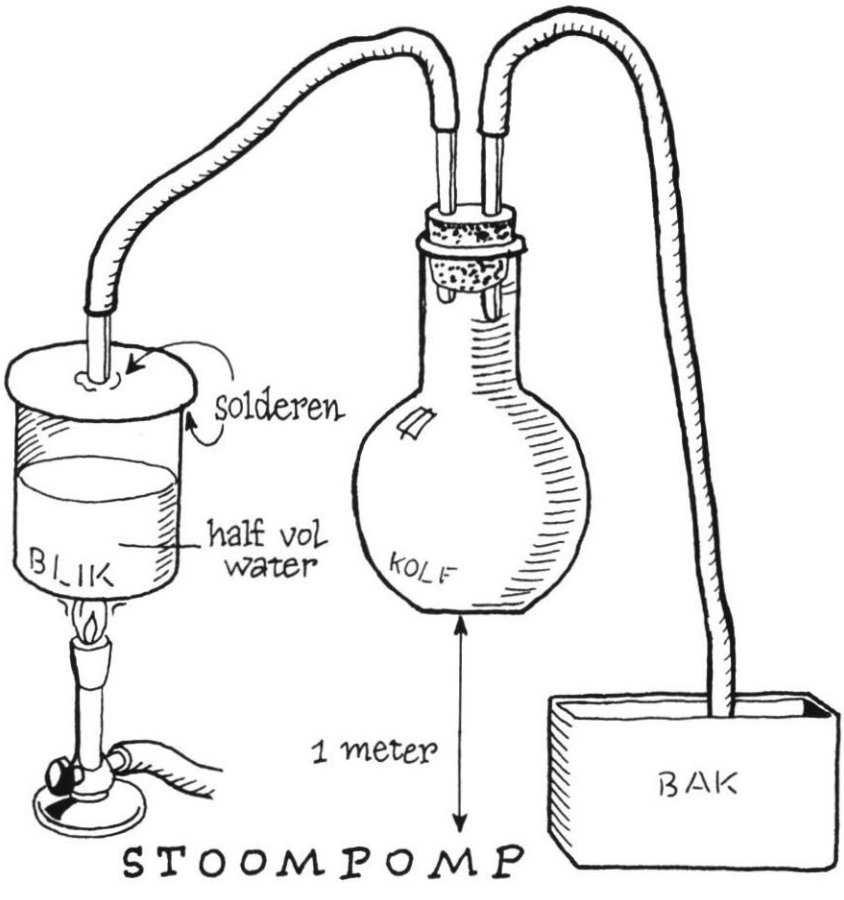
3. Ga na hoe je pomp werkt. Kun je een reden bedenken dat het water maar 1 meter omhoog gepompt mag worden? Welke maatregelen moet je treffen om het water hoger te mogen pompen? Zie leestekst 1 hoe er vroeger met de stoompomp gewerkt werd.

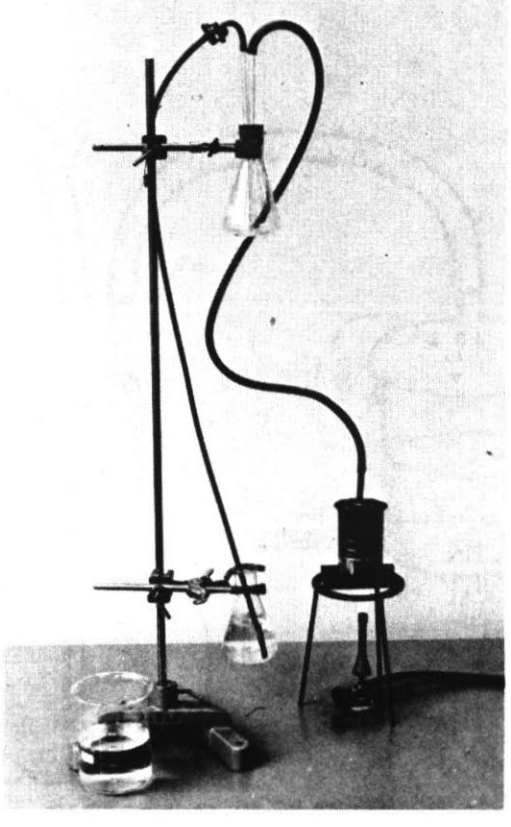
POMP HET WATER MAXIMAAL 1 METER OMHOOG. ALS HET HOGER GEPOMPT MOET WORDEN, WORDT DE DRUK IN DE „KETEL" TE GROOT.

een stoompomp met atmosferische druk

Er bestaat nog een andere pomp die het water omhoog pompt. Deze werkt op de druk van de atmosfeer (buitenlucht). Hoe het precies gaat vind je hieronder.

1. Verbind de apparaten uit onderzoek 3 op de manier zoals op de foto staat.





De bak van waaruit water gepompt moet worden, staat nu 1 meter lager dan de kolf! De slang hangt in het water. Vul het blik half met water en hou de kolf leeg!

2. Verwarm het water in het blik (LANGZAAM) en blijf doorverwarmen tot de kolf goed heet is (en er stoombellen uit het water in de bak komen). Haal de brander weg. Giet langzaam koud water over de kolf!
   Wat zie je gebeuren?
   Giet de kolf leeg, en doe de proef nog een keer!

3. Probeer zelf een verklaring te vinden hoe het komt dat het water in de kolf spuit. In leestekst 1 vind je een verklaring!
   Bovendien zie je daar hoe de pomp vroeger gebruikt werd.

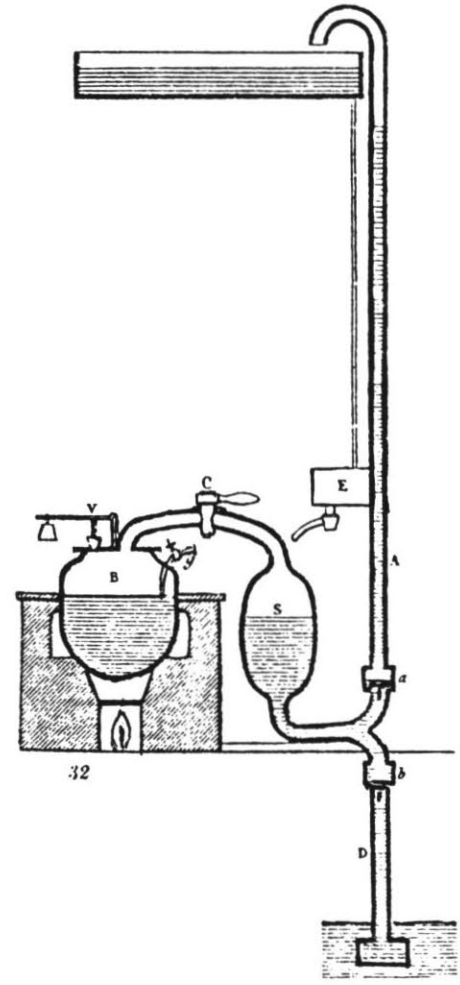
de dubbele stoompomp

De pompen die jij wellicht hebt uitgeprobeerd in onderzoek 2 en 3 werden in 1700 tezamen gebruikt om water uit de mijnen omhoog te pompen. Hiernaast zie je een model van zo'n pomp.

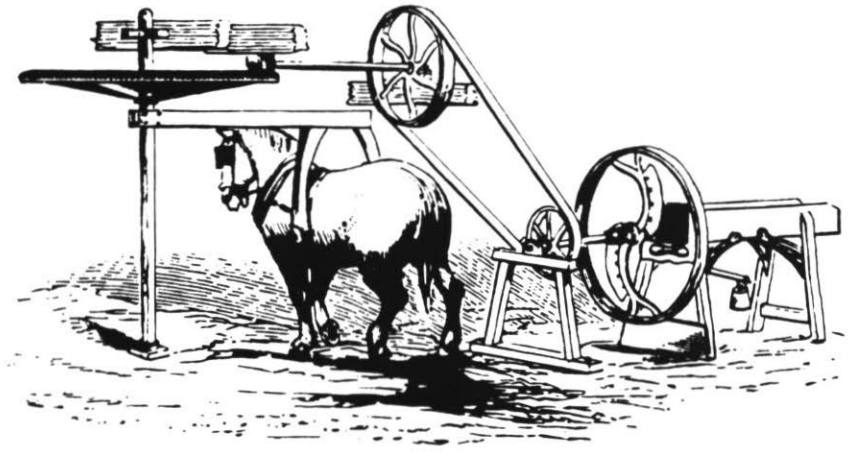
1. In vat B werd stoom gevormd, die water uit vat S omhoog drukte. Als al het water uit S was, dan sloot men de kraan C en ventiel a ging dicht.

2. Met koud water uit E condenseerde men de stoom in S. Doordat druppels een veel kleiner volume innemen dan stoom, ontstaat er in S een hele lage druk. De druk van de atmosfeer (de luchtdruk) drukt het water van beneden via buis D van ventiel b naar vat S. Zo'n pomp heet daarom een atmosferische pomp.

   Het proces kan daarna opnieuw starten: kraan C open, ventiel a open, ventiel b dicht enz. In de praktijk werd dat geautomatiseerd.



De stoompomp was een uitvinding van Savery en Newcomen. Voor die tijd werd water uit de mijnen gepompt met behulp van spierkracht. Daarbij werden paarden gebruikt.



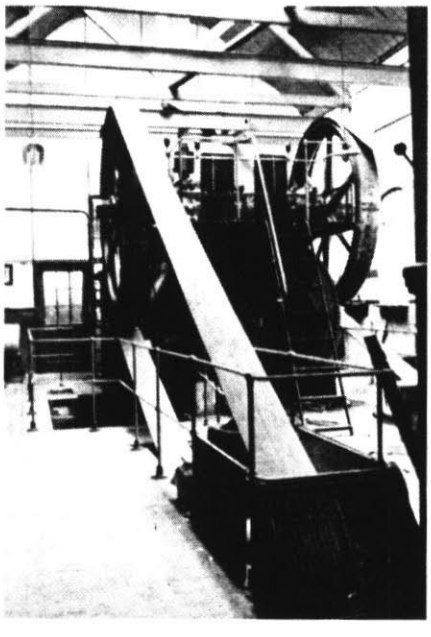
STOOMMACHINES
Leestekst 2.

stoommachines en stoomturbines

Stoommachines

Stoom opwekken

De allereerste stoommachine was de pomp. Soms werd het opgepompte water gebruikt om een waterrad mee te laten lopen, maar dat loonde niet. Belangrijk was voor industrieën hoe de druk van de stoom gebruikt kon worden om een draaiende beweging te veroorzaken. Dan immers was er een motor die van alles kon: machines aandrijven om wol te spinnen, treinen laten rijden, enz. In 1781 werd deze machine uitgevonden door James Watt. Vanaf dat moment deed de stoommachine alom zijn intrede. Rond 1800 werd hij overal in Engeland gebruikt en in Nederland was dat rond 1850.
Zelfs in 1974 werd er nog met stoommachines gewerkt bij een stoomhoutzagerij in Zwijndrecht.



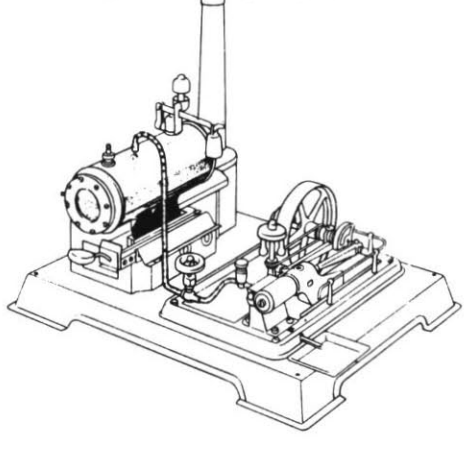
Interieur ketel/machinehuis van stoomhoutzagerij te Zwijndrecht. De machine is een Lanz stationaire locomobiel van 225 PK., gebouwd in 1902, sinds 1924 op deze plaats. Bij een locomobiel staat de stoommachine op de stoomketel. Deze locomobiel drijft met drijfriemen o.a. een elektrische generator aan. Opname 1974.

uit: monumenten van bedrijf en techniek

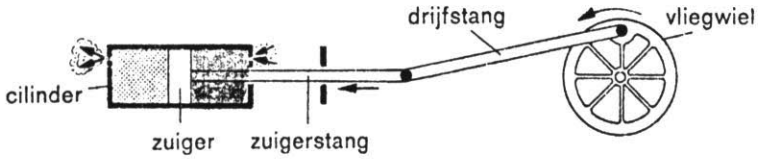
De werking van de stoommachine

Het principe van de stoommachine, zoals ook dat toegepast wordt in de speelgoedstoommachines, is als volgt:

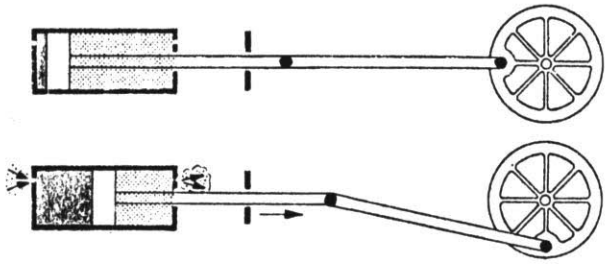
1. Het water in de ketel wordt aan het koken gebracht en er ontstaat stoom onder druk. Doordat de ketel is afgesloten kan de stoom alleen door de stoomleiding naar de zuiger en de cylinder.



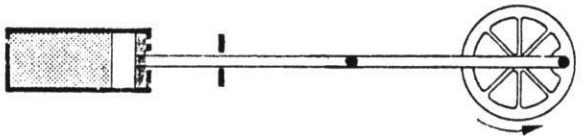
2. Eerst wordt de stoom aan de rechterkant van de cilinder toegevoerd. De stoom duwt de zuiger naar links. De stoom die zich nog links in de cilinder bevindt, kan door een opening ontwijken.



3. Als de zuiger helemaal links in de cilinder is aangekomen, wordt de stoom aan de linkerkant van de cilinder toegevoerd. De zuiger wordt naar rechts geduwd. Nu kan de stoom die zich nog rechts in de cilinder bevindt, door een opening ontwijken.

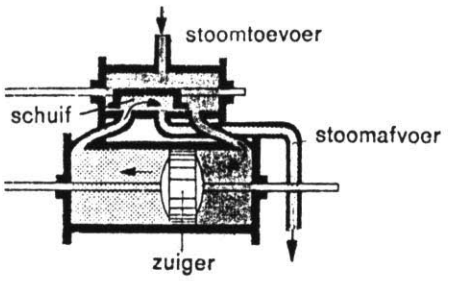


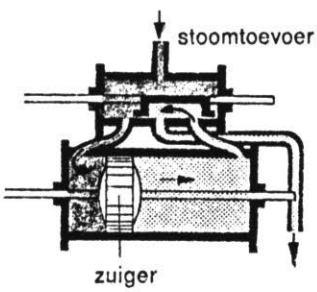
4. Dit proces herhaalt zich.



De heen-en-weer-gaande beweging van de zuiger wordt omgezet in een draaiende beweging van het vliegwiel.

De stoomtoevoer wordt geregeld met een schuif, die afwisselend de stoom aan de rechter- en linkerkant van de cilinder laat instromen. In de tekeningen zie je hoe met behulp van de schuif de stoom afwisselend links en rechts wordt toegevoerd. Als de stoom aan de rechterkant wordt toegevoerd, is de toevoer-opening aan de linkerkant van de cilinder door de schuif afgesloten. De stoom die zich nog links in de cilinder bevindt, kan door deze opening onder de schuif langs ontwijken door de stoomafvoer.
De beweging van de schuif ontstaat door de draaiende beweging van het vliegwiel om te zetten in een heen-en-weer-gaande beweging van de schuif.





Zie je aan de stoommachine de onderdelen die hier genoemd zijn?

Door de stoommachine begon de industriële revolutie. Deze periode liep in Engeland van ± 1785 tot ± 1875, in Nederland van ± 1825 tot ± 1920. Kijk je geschiedenisboek hier maar op na.
De invoering van de stoommachine had een aantal voordelen, maar ook nadelen. Kun je een aantal van die voor- en nadelen noemen?

Na de stoommachine deed de verbrandingsmotor zijn intrede, evenals de stoomturbine. De verbrandingsmotor wordt nog steeds gebruikt in auto's, bromfietsen, generatoren, enz. Kijk maar in een encyclopedie hoe hij werkt.

De stoomturbine

Tegenwoordig wordt stoom gebruikt in elektriciteitscentrales bij het opwekken van elektriciteit. In de centrale wordt stoom verkregen door water te verdampen. De stoom wordt daarna onder hoge druk met grote snelheid tegen platen aangespoten. Deze platen zijn gemonteerd op een draaibaar wiel en het wiel gaat daardoor draaien. Het draaiende wiel wordt verbonden met een dynamo die dan de stroom opwekt.
Via hoogspanningskabels en transformatoren wordt de stroom bij je thuis gebracht.

Voor de opwekking van elektrische energie in onze elektriciteitscentrales zijn zeer grote turbines en generatoren nodig. Hier zie je de montage van een van de turbines van de Flevocentrale

De stoom wordt verkregen door water te verwarmen. Dit verwarmen gebeurt door verbranding van olie, gas of kolen. De laatste jaren gebeurt dat ook met de warmte die vrijkomt bij een kernreactie. Dit gebeurt in een kernergiecentrale.

Nog lang niet iedereen is het erover eens of er wel kernenergiecentrales moeten komen voor het opwekken van elektriciteit. Er zijn immers ook gevaren aan verbonden, met name de radioaktiviteit.

Misschien kun je uitzoeken hoe in een centrale elektriciteit wordt opgewekt. Kijk eens in bijv. een encyclopedie, boeken of folders. Lees ook discussies in de krant over het voor en tegen van kernenergie (en andere manieren van elektriciteitsopwekking) of zoek een voorstander van kernenergie en een tegenstander van kernenergie op.
Wat zijn de voordelen van kernenergie boven olie of gas? Wat zijn de nadelen?

de stoom wordt met kracht tegen de bladen van een stoomturbine geperst

VERVOLGBLOK 2

Onderzoek 1. Het drogen van de was blz. 29
Hoe kun je was snel laten drogen? Maak zelf een tekst over de diaserie.

Onderzoek 2. De thermometer die afkoelt blz. 30
Waarom wijst een natte thermometer lager aan dan een droge thermometer?

Onderzoek 3. Koelen door verdampen blz. 31
In deze opstelling kun je een koelkast nabootsen

Onderzoek 4. Het raadsel van het stijgende water blz. 32
Waarom stijgt het water in het buisje als je de bovenkant nat maakt? Dit onderzoek kun je alleen doen als je een van de drie andere onderzoekjes gedaan hebt

Leestekst 1. Koelen en verwarmen blz. 32
Hoe wordt er in huis, hotels, boomgaarden enz. gekoeld en verwarmd?

Leestekst 2. Warmte bewaren blz. 35
De warmte die vrijkomt als een stof stolt, kun je gebruiken om een huis te verwarmen.

Leestekst 3. Koelkast en diepvriezer blz. 36
De plaats waar wij onze voedingsmiddelen bewaren is heel belangrijk. Deze moet koel, droog en donker zijn. De koelkast heeft deze eigenschappen.

VOORDAT JE BEGINT

Voordat je begint aan het onderzoeken in het door jou gekozen vervolgdeel moet je het volgende goed lezen:

bij het begin van elk onderzoek:	maak een duidelijke keuze wat je gaat doen en beslis met de groep hoe je het (ongeveer) gaat doen. Bedenk dat de onderzoekjes mogelijkheden geven. Je mag zelf variaties bedenken. Wel is het goed om de eerste keer de proeven uit te voeren volgens de instruktie.
tijdens het uitvoeren:	houd voor jezelf een *kort* verslag bij, waarin staat wat je gedaan hebt, wat je gezien hebt en hoe je dat kunt verklaren. Ook kun je erin schrijven met wie je gewerkt hebt en of je fijn gewerkt hebt. Dit is belangrijk voor als je op het einde moet rapporteren in één of andere vorm. Dan weet je alles.
na elk onderzoek:	schrijf in je verslag wat je geleerd hebt van het onderzoek. Beslis of je variaties gaat bedenken op dit onderzoek of dat je iets nieuws gaat doen. Of heb je vragen die je wilt uitzoeken?

Denk hierover na en bespreek deze bladzijde met je groepsgenoten voordat je gaat beginnen. Verdeel de taken. Ga aan het werk . . . hopelijk met veel plezier.

KOELEN DOOR VERDAMPEN
Onderzoek 1.

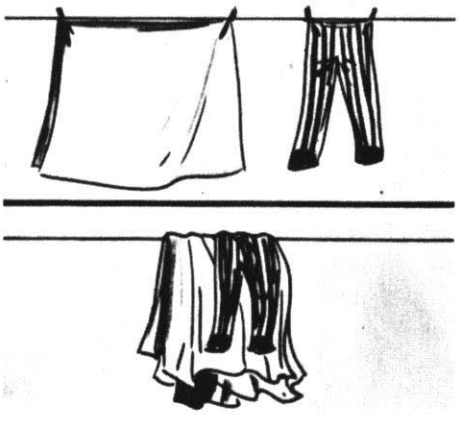
het drogen van de was

1. Bekijk de diaserie „het drogen van de was" en beluister het commentaar erbij.

2. Maak zelf je eigen kommentaar als je hem in de klas wilt vertonen.

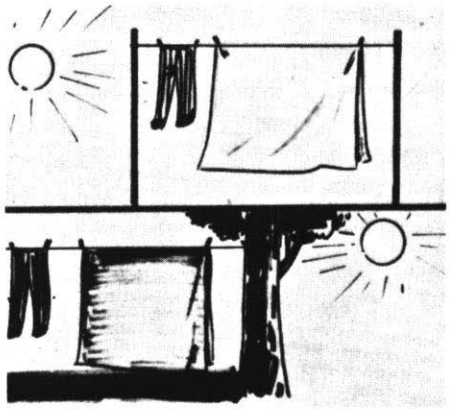
3. Geef van elke tweetal plaatjes hieronder aan of de was bij A of bij B sneller droogt. Geef ook aan hoe dat komt.

1A

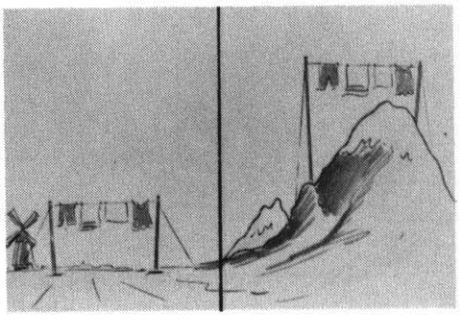


1B

2A

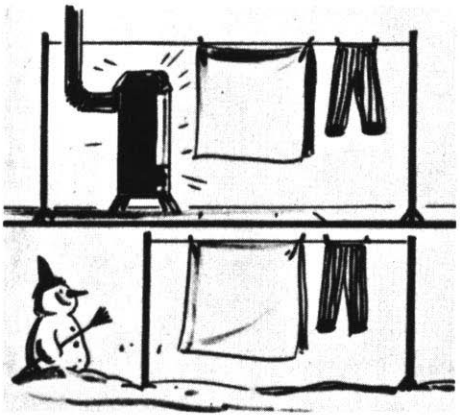


2B



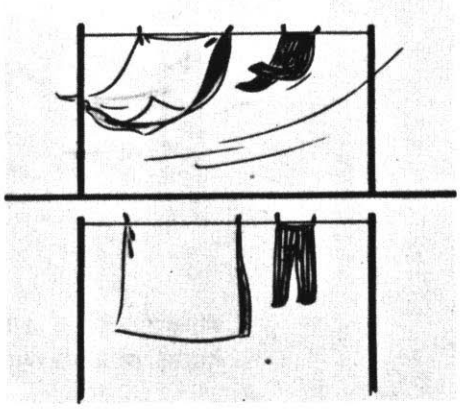
3A 3B

4A



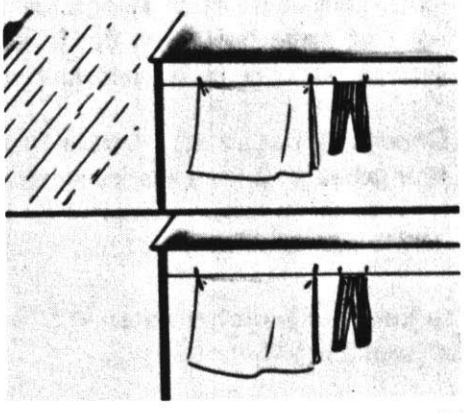
4B

5A



5B

6A



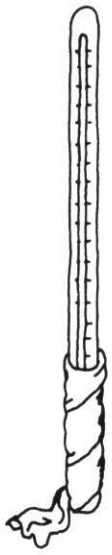
6B

4. Als wasgoed in de wind droogt wordt het erg koud, ook al schijnt de zon. Hoe komt dat?

KOELEN DOOR VERDAMPEN
Onderzoek 2.

de thermometer die afkoelt

Neem een thermometer en wacht tot de temperatuur die de thermometer aanwijst niet meer verandert. Onderzoek nu de volgende drie gevallen.



1. Lees de begintemperatuur af. Verandert de temperatuur als je de thermometer heen en weer beweegt.?
   Maakt het uit of je de thermometer snel of langzaam heen en weer beweegt?
   Maakt het uit hoe lang je de thermometer heen en weer beweegt?

2. Wikkel om het reservoir van de thermometer een lapje. Lees de thermometer af. Maak het lapje nu nat met water dat al een tijd in het lokaal heeft gestaan. Kijk hoe de temperatuur verandert.

3. Onderzoek net als bij 1 wat er met de temperatuur gebeurt als je de thermometer met het natte lapje heen en weer beweegt. Wat is het verschil met je waarnemingen bij 1?

4. Waarom krijg je het zo koud als je uit het water komt, ook als het warm weer is?

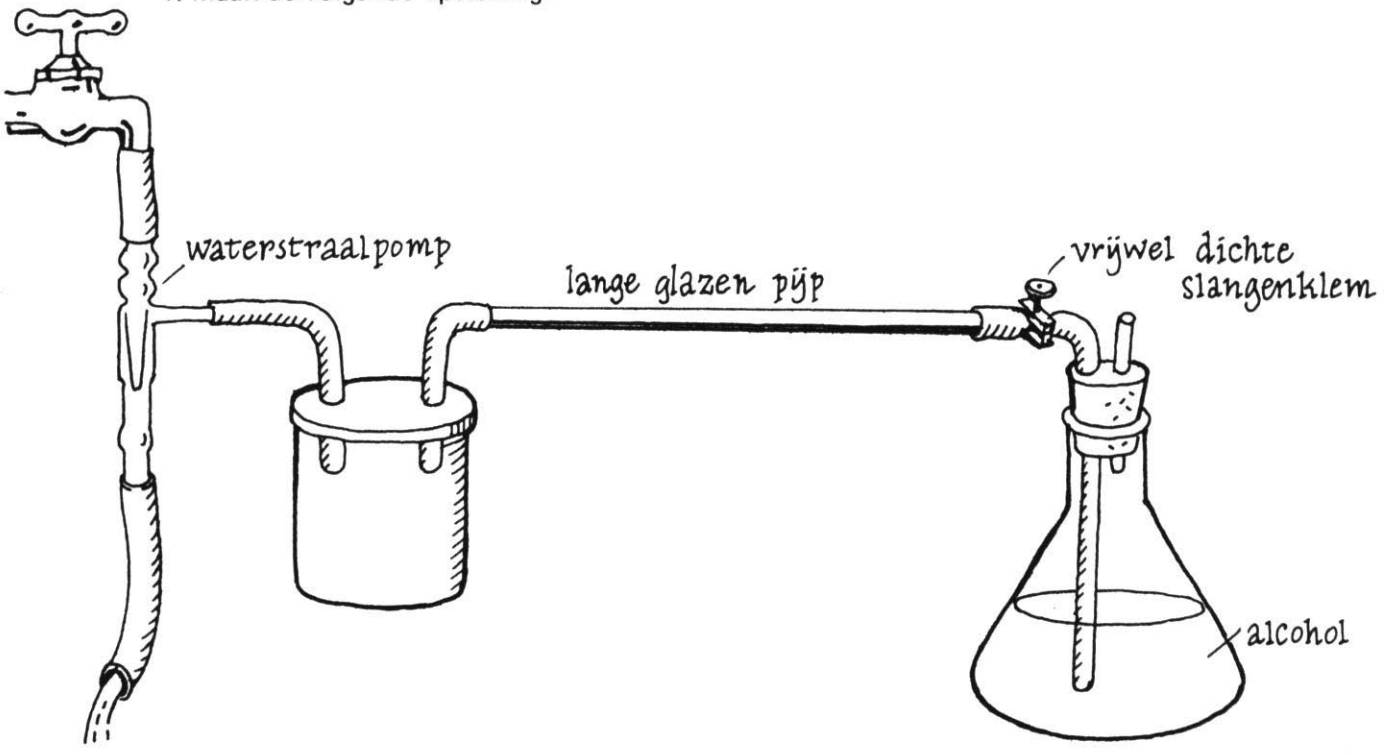
5. Wat is het nut van transpireren (zweten) als het warm weer is?

KOELEN DOOR VERDAMPEN
Onderzoek 3.

koelen door verdampen

Vaak verdampt een vloeistof doordat er warmte aan wordt toegevoerd. Maar er zijn ook andere manieren om een vloeistof te laten verdampen (als je daar meer van wilt weten moet je onderzoek 1 doen).
Eén methode om een vloeistof te laten verdampen is de druk boven de vloeistof te verlagen.

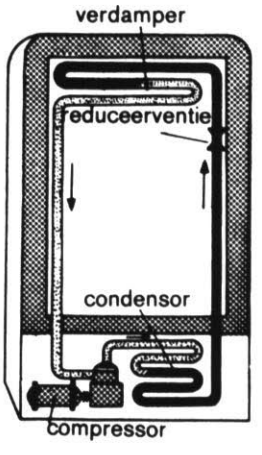
1. Maak de volgende opstelling:



2. Zuig met de waterstraalpomp de lucht uit het potje weg. Zorg dat je de slangklem zo dicht draait dat je na de klem net vloeistof ziet borrelen.

3. Waar wordt het koud?

In een koelkast wordt van hetzelfde principe gebruik gemaakt. In het koellichaam van de koelkast verdampt een vloeistof waardoor het koellichaam afkoelt. De damp wordt nu niet afgevoerd maar op een andere plaats in de condensor weer gecondenseerd. Daarbij komt warmte vrij. Achter een koelkast zit daarom altijd een rooster dat warm wordt.
Het plaatje hiernaast laat dat principe zien.



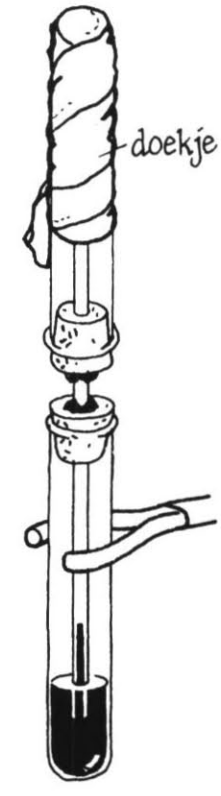
Het „reduceerventiel" heeft dezelfde funktie als de slangklem in de proef (zie ook leestekst 1).

De compressor pompt de damp uit de verdamper weg en perst ze samen in de condensor.

Als er op school een geschikte zuigperspomp is, kun je dit systeem nabouwen.

AFKOELEN DOOR VERDAMPEN
Onderzoek 4.

het raadsel van het stijgende water



Dit onderzoek kun je alleen doen als je een van de andere onderzoeken gedaan hebt.

1. Maak het volgende apparaatje.

2. Giet alcohol of water over het lapje.

3. Wat zie je?

4. Kun je je waarneming verklaren?

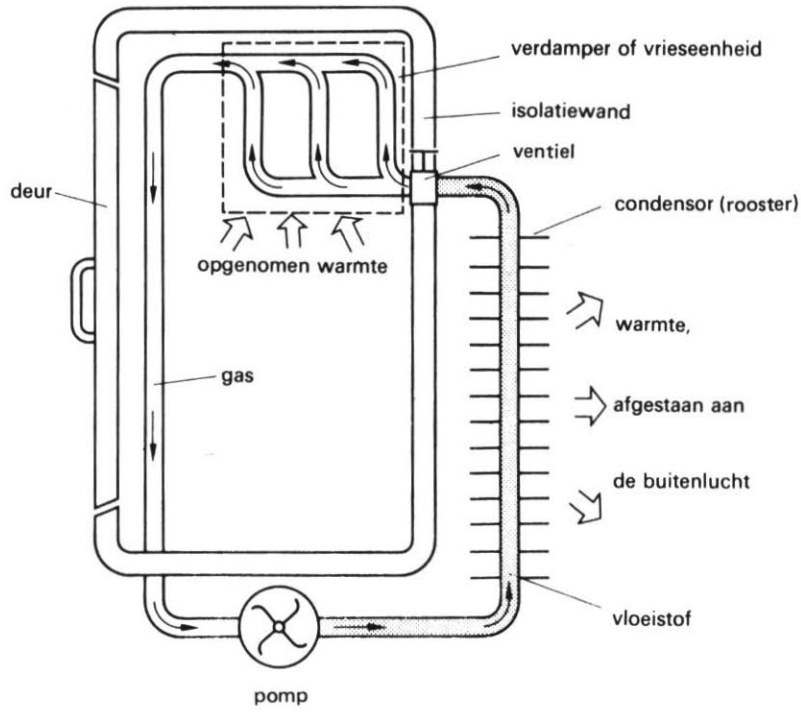
koelen en verwarmen

AFKOELEN DOOR VERDAMPEN
Leestekst 1.

Voor verdampen is warmte nodig; bij condenseren komt warmte vrij. Van dit principe wordt veel gebruik gemaakt.

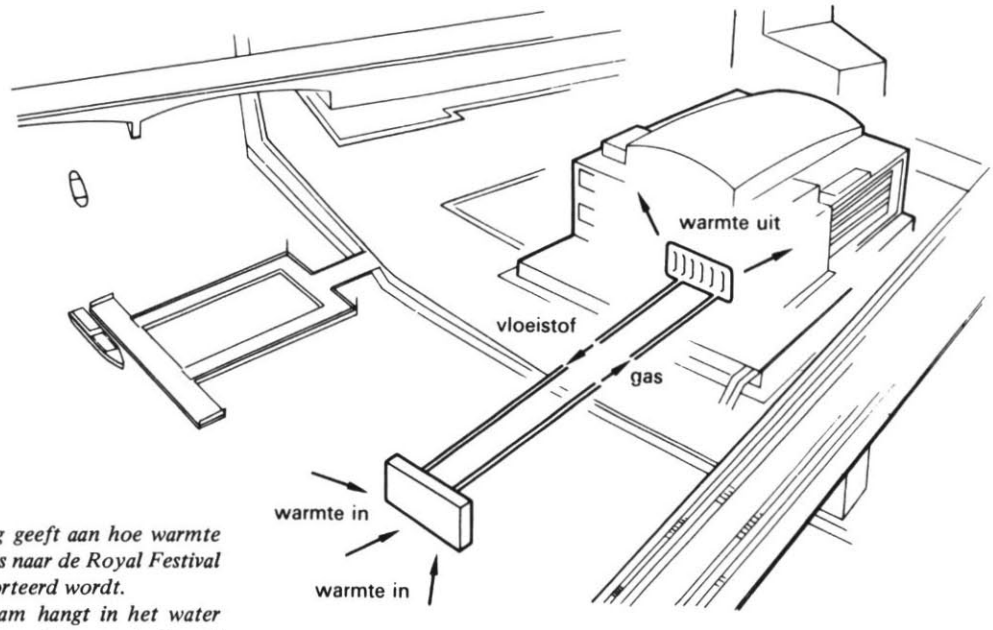
KOELKAST

In de koelkast wordt kou gemaakt door een vloeistof te laten verdampen (als je hier meer van wilt weten moet je onderzoek 3 doen).
De verdampende vloeistof onttrekt warmte aan het koellichaam in de kast, zodat het afkoelt. Buiten de kast, in het rooster achterop, condenseert de vloeistof weer, zodat daar warmte vrijkomt.
Een pomp zorgt ervoor dat de damp wordt samengeperst en condenseert. Een ventiel zorgt voor een drukverschil tussen het rooster en de verdamper, zodat de vloeistof blijft verdampen.



WARMTEPOMP

Tegenwoordig wordt voor het verwarmen van huizen en gebouwen soms gebruik gemaakt van warmtepompen. Een warmtepomp werkt net zo als de koelkast. Het koellichaam zit nu buiten het gebouw en het rooster binnen het gebouw. In het koellichaam verdampt de vloeistof. Daarvoor wordt warmte onttrokken aan de buitenlucht (of aan water of de grond). Binnen in het gebouw condenseert de damp weer in het rooster en geeft daarbij warmte af.
Er wordt als het ware warmte van buiten naar binnen gepompt.



Deze tekening geeft aan hoe warmte van de Theems naar de Royal Festival Hall getransporteerd wordt.
Het koellichaam hangt in het water van de Theems (en neemt daaruit warmte op). De radiator (het rooster) verwarmt het gebouw

In onderstaand berichtje kun je lezen hoe veel warmtepompen gebruikt worden:

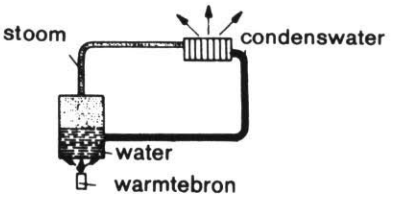
Duitse warmtepompen doen het zonder bijstoken

De warmtepomp vindt — blijkens een overzicht van de VDEW — reeds uitgebreid toepassing in West-Duitsland. Er zijn in totaal rond 6000 in gebrui. Van de ongeveer 4000 installaties, waarover gegevens zijn binnengekomen, werkt het merendeel (3450) zonder verdere energietoevoer voor ruimteverwarming en warmwatervoorziening. Slechts bij 480 installaties bleek op zeer koude dagen nog bijstoken met olie of andere brandstoffen nodig. De meeste, n.l. 2885 zijn voor huishoudelijk gebruik in bedrijf. Verder zijn voor zwembaden 1237 installaties in gebruik en 321 in openbare gebouwen, scholen e.d. waarvan driekwart zonder bijstoken. De elektriciteitsbedrijven verwachten een sterke toename van het aantal warmtepompen.
ELEKTROTECHNIEK 57, 1979, JAN.

HET VOORKOMEN VAN SCHADE DOOR NACHTVORST

De takken van de fruitbomen koelen bij nachtvorst af tot temperaturen ver onder nul. De bloesem lijdt daardoor schade, zodat ook de te verwachten fruitopbrengst kleiner wordt. Hoe kun je dat voorkomen?
Door 's nachts een beregeningsinstallatie aan te zetten een daarmee de fruitbomen nat te sproeien, kan de schade beperkt worden. Op de takken bevindt zich dan water en ijs. Pas als het water bevroren is, koelt het ijs op de takken (en dus ook de takken zelf) verder af. Om te voorkomen dat dat gebeurt, sproeit men steeds weer nieuw water op de takken. Op deze manier worden de takken niet veel kouder dan nul graden, zodat de bloesem intakt blijft.

STOOMVERWARMING

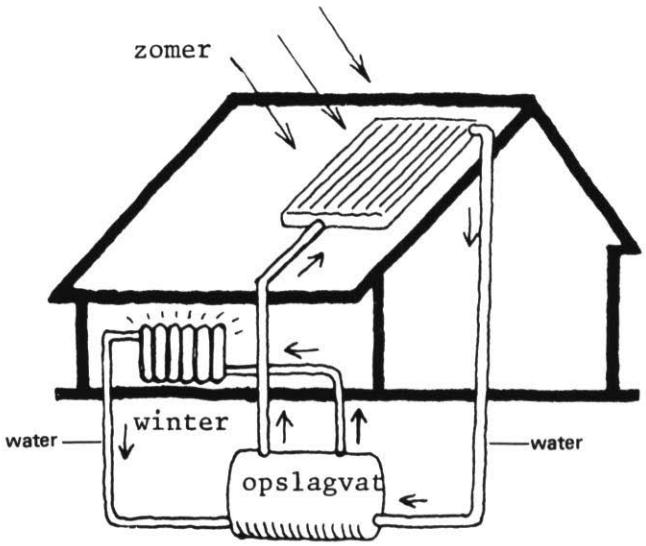


Stoomverwarming wordt in huizen en fabrieken niet vaak toegepast. Op schepen wordt er wel veel gebruik van gemaakt. Bij stoomverwarming wordt de warmte die vrijkomt bij het condenseren van stoom gebruikt om te verwarmen. Het water wordt in een ketel verhit en gaat als stoom naar de radiatoren. Daar condenseert het waarbij veel warmte vrijkomt zodat de kamer wordt verwarmd. Het gecondenseerde water gaat terug naar de ketel.
Hetzelfde principe wordt in cafés gebruikt om dranken te verwarmen. Soms ook thuis (expressoapparaat).

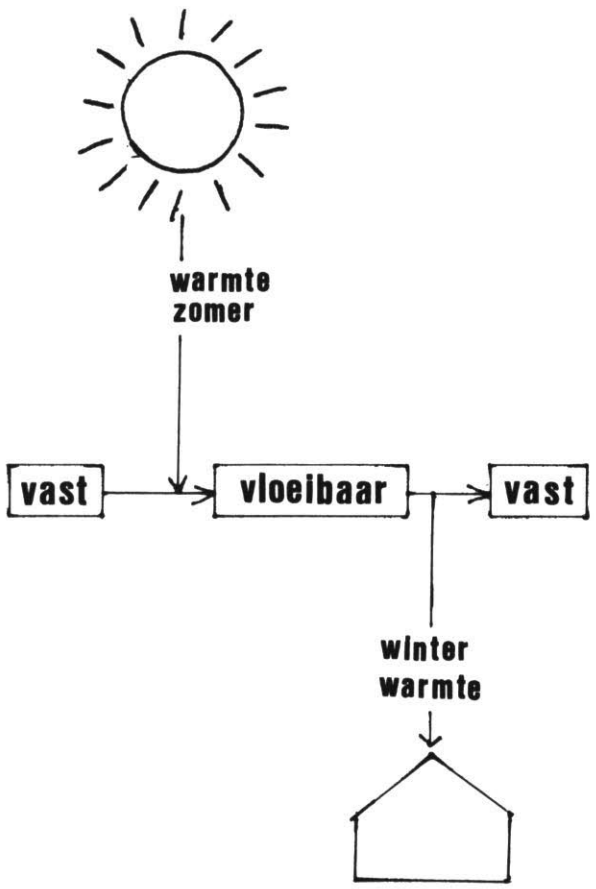
KOELEN DOOR VERDAMPEN

Leestekst 2.

Tegenwoordig wordt geprobeerd om huizen te verwarmen met behulp van zonnewarmte. Er komt erg veel warmte van de zon op aarde. Als het zou lukken om daarmee huizen te verwarmen kunnen we ons goedkoop warm houden!
Maar zover is het nog niet. Er zitten veel problemen aan verwarming met zonnewarmte. Een belangrijk probleem is het volgende. De meeste warmte krijgen we van de zon in de zomer. Maar de meeste warmte hebben we nodig in de winter. Juist als we de warmte nodig hebben werkt onze bron een stuk minder. Er wordt geprobeerd de warmte die de zon levert in de zomer op te slaan en die in de winter te gebruiken.
Dat kun je zo doen:
Je neemt een stof die een smeltpunt heeft van ongeveer 30°C. In de zomer kun je met de zon die stof verwarmen zodat hij smelt. Daardoor neemt hij veel warmte op, vooral als je een grote hoeveelheid van die stof neemt. Zo gauw het huis nu verwarmd moet worden omdat het te koud wordt brengt je het huis in kontakt met de gesmolten stof. Die stolt en staat daarbij warmte af.
De warmte wordt dus bewaard in de gesmolten stof.
Dit systeem is nog niet veel in gebruik. Er wordt nog mee geëxperimenteerd.

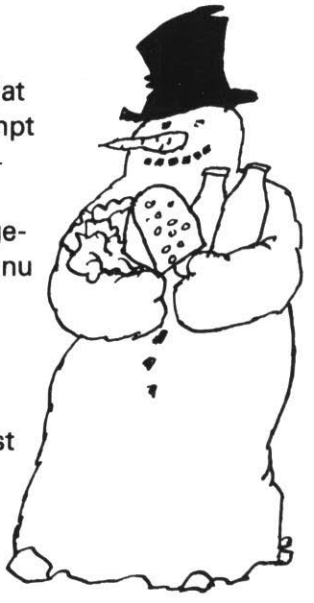


Misschien kun je uitzoeken hoe het opslagvat van binnen in elkaar zit.



koelkast en diepvriezer

De koelkast



Werking
De koelkast wordt gekoeld door het koellichaam dat zich boven in de koelruimte bevindt. Hierin verdampt een vloeistof die voor die verdamping warmte onttrekt aan de lucht in de kast.
Aan de achterzijde van de koelkast, wordt alle opgenomen warmte afgegeven aan de condensor. Het nu vloeibare koelmiddel gaat weer terug naar de verdamper.

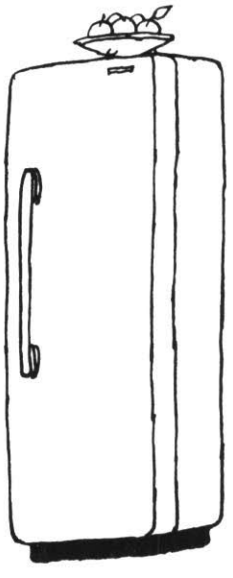
Op het koellichaam vormt zich een laag rijp (ijs). Wanneer deze laag ± 1 cm dik is, moet de koelkast worden ontdooid.
Tegenwoordig gaat het ontdooien bij koelkasten automatisch.

De temperatuur in de koelkast is ± 2-5 °C. Onder het vriesvak is de temperatuur het laagst, onderin (groentelade) het hoogst. Ook de gesloten vakken hebben een hogere temperatuur.

Sterrencode
De temperatuur in het vriesvak hangt af van het type koelkast. Deze wordt aangegeven door de sterren op de klep van het vriesvak of op de deur van de koelkast.

* -6 °C. Het produkt is hierin 3 à 4 dagen te bewaren.
** -12 °C. Bewaartijd 10 à 14 dagen.
*** -18 °C. Bewaartijd ± 1 maand.

Alleen in kasten met 3 sterren waarin vries- en koelruimte afzonderlijk worden gekoeld is een bewaartijd van 2-3 maanden mogelijk.



Het gebruik

* Doe de kast zo weinig mogelijk open
* Zet de spijzen er koud in
* Doe etensresten over in gesloten bakjes, plastic zakjes of gebruik plastic hoesjes. De beste verpakking is aluminiumfolie.
* Voor de binnenkant gebruiken we als schoonmaakmiddel schoon water en soda.
* Bewaar geen bananen, peren, mayonaise en pindakaas in de koelkast. Deze produkten worden er niet beter op.

* *Tip:*
  Als de koelkast gedurende lange tijd niet wordt gebruikt, neem dan de stekker uit het stopcontact, maak de kast goed schoon en zet de deur op een kier.

Ga eens na wat je allemaal in een koelkast bewaart. Hoe afhankelijk ben je van een koelkast, met andere woorden: welke problemen ontstaan er als de koelkast eens een week lang kapot is?

De diepvriezer

Wij hebben er altijd naar gestreefd om levensmiddelen houdbaar te maken. Verschillende methoden zijn:

* roken;
* steriliseren;
* drogen;
* pekelen;
* diepvriezen.

In de diepvrieskist of kast is de temperatuur veel lager dan in de koelkast: ± - 20 °C. Bij het invriezen van produkten wordt de schakelaar op de koudste stand gezet (± - 40 °C).

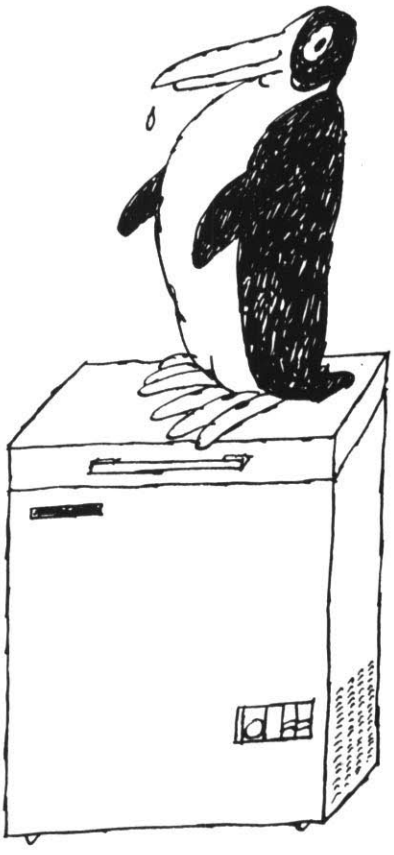
Probeer de voordelen en de nadelen van zo'n diepvriezer eens op een rijtje te zetten.

Inpakmateriaal

Het inpakmateriaal moet goed bestand zijn tegen de lage temperatuur en mag niet bros worden en gaan scheuren.

Geschikt diepvriesmateriaal is:

* diepvriescellofaan;
* polyethyleen zakjes;
* aluminiumfolie;
* aluminium bakjes;
* geparaffineerde kartonnen bekers;
* polyethyleen dozen;
* plastic klemmen of strips om af te sluiten.



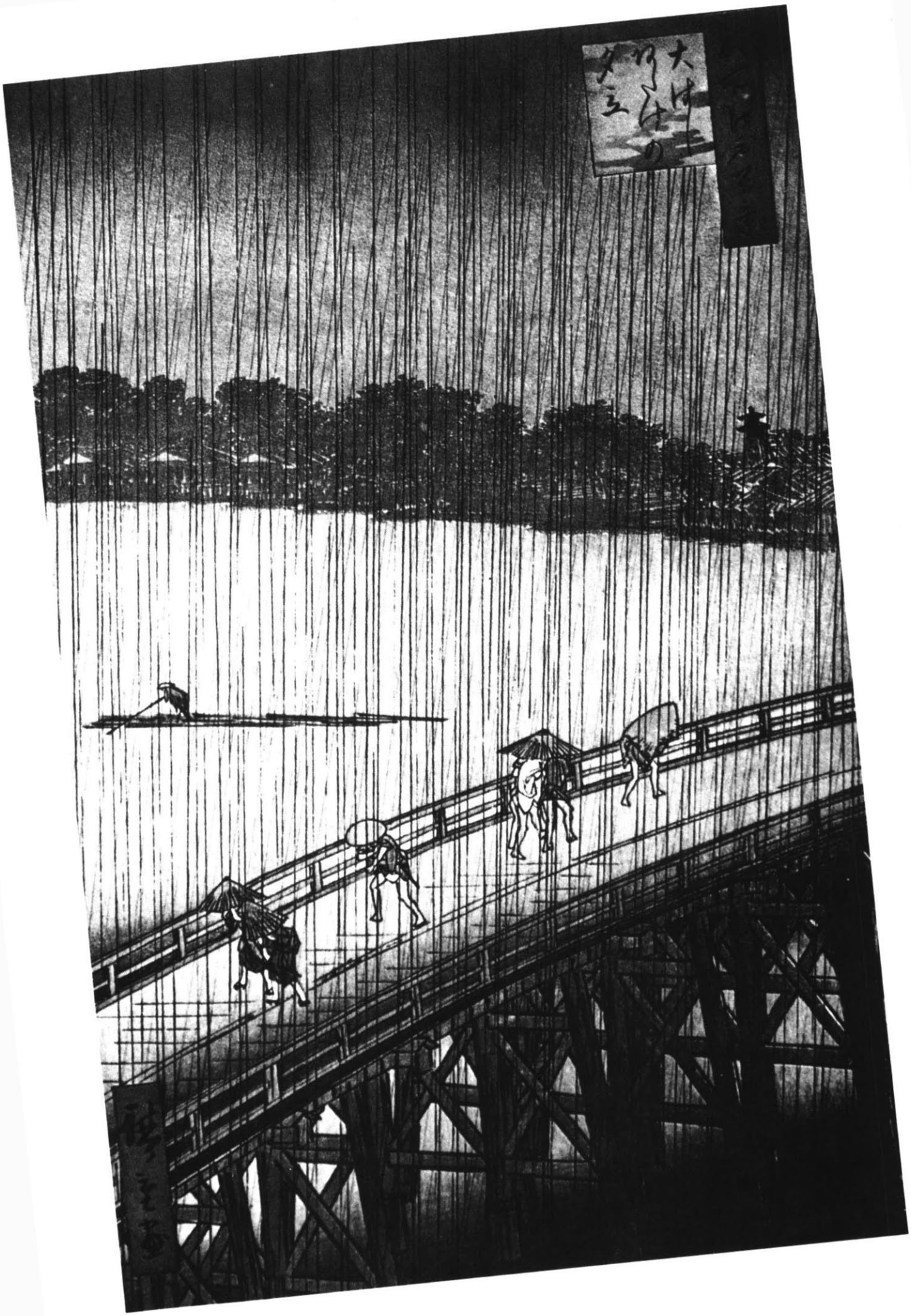
Onderhoud

Ontdooi de vrieskist 1 x per jaar.

Bij het uitvallen van de stroom, het deksel niet openen. De produkten blijven nog 1 à 2 dagen bevroren.

Tips:

* Laat de produkten invriezen in dozen en pak ze daarna over in goedkoper materiaal. Je hebt dan goed te stapelen pakjes.
* Houdt een diepvriesboek bij. Daarin noteer je wat er ingaat en wat er uitgaat.
* Plak op elk pakje een etiketje (speciaal diepvriesetiket). Hierop moet staan: de hoeveelheid, inhoud en de datum van het invriezen.



VERVOLGBLOK 3

Onderzoek 1. Dauw maken blz.43
Met ijs en water kun je waterdamp uit de lucht halen en dauw maken. Hiermee kun je ook bepalen of de lucht vochtig is of droog.

Onderzoek 2. IJs maken blz.45
Heb je wel eens een waterdruppeltje zien bevriezen? Of ijs uit waterdamp zien ontstaan?

Onderzoek 3. Wolken maken blz.47
Zelf in een fles een wolk maken.

Leestekst 1. Water in de lucht blz.49
Doordat er waterdamp in de lucht zit, krijg je ook regen, sneeuw, dauw, rijp, enz.

Leestekst 2. Wolken blz.52
Hoe ontstaan wolken? Wanneer regent het uit wolken? Kun je regen maken, hoe dan?

Leestekst 3. De kringloop van het water blz.55
Het water dat uit de oceaan verdampt, komt er eens weer in terug.

VOORDAT JE BEGINT

Voordat je begint aan het onderzoeken in het door jou gekozen vervolgdeel moet je het volgende goed lezen:

bij het begin van elk onderzoek:	maak een duidelijke keuze in wat je gaat doen en beslis met de groep hoe je het (ongeveer) gaat doen. Bedenk dat de onderzoekjes mogelijkheden geven. Je mag zelf variaties bedenken. Wel is het goed om de eerste keer de proeven uit te voeren volgens de instruktie.
tijdens het uitvoeren:	houd voor jezelf een *kort* verslag bij, waarin staat wat je gedaan hebt, wat je gezien hebt en hoe je dat kunt verklaren. Ook kun je erin schrijven met wie je gewerkt hebt en of je fijn gewerkt hebt. Dit is belangrijk voor als je op het einde moet rapporteren in één of andere vorm. Dan weet je alles.
na elk onderzoek:	schrijf je in je verslag wat je geleerd hebt van het onderzoek. Beslis of je variaties gaat bedenken op dit onderzoek of dat je iets nieuws gaat doen? Of heb je vragen die je wilt uitzoeken?

Denk hierover na en bespreek deze bladzijde met je groepsgenoten voordat je gaat beginnen. Verdeel de taken. Ga aan het werk . . . hopelijk met veel plezier.

dauw maken

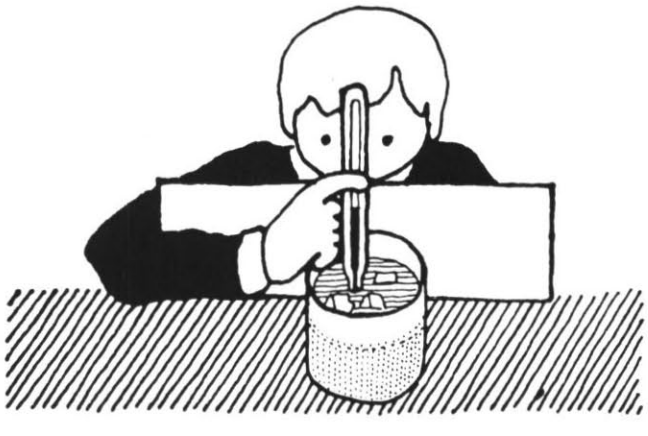
Onderzoek 1.

Waterdamp kondenseert op gras, dat 's nachts is afgekoeld. Het gras wordt nat; dat heet dauw. Ook op andere koude voorwerpen zet zich dauw af; bijvoorbeeld op een auto, op een spinneweb enz. Met een koud metalen blikje kun je zelf dauw maken.

Spinneweb met dauw

PROEF 1 **Dauw maken**

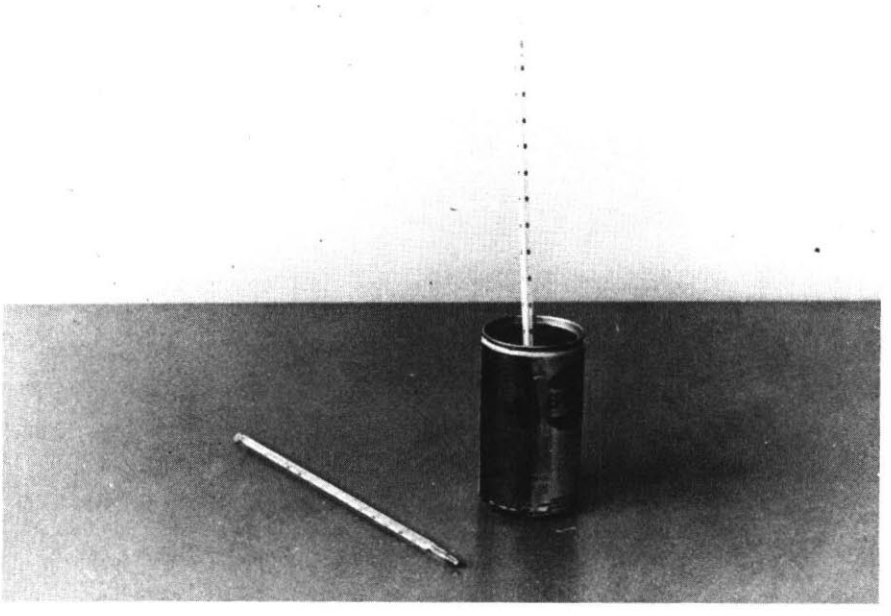
1. Neem een metalen blikje met een gladde buitenkant en vul dat met water
2. Zet een scherm tussen jezelf en het blikje zodat je niet tegen het blikje ademt
3. Voeg een of meer blokjes ijs toe en begin te roeren



PROEF 2 **Is de lucht vochtig of droog?**

Met proef 1 kun je ook bepalen of lucht vochtig is of droog. Dat gaat zo:

1. Meet de temperatuur van de lucht met een thermometer $-10°C$ tot $50°C$. De thermometer moet goed droog zijn.



2. Voer proef 1 uit en meet de temperatuur van het water-ijsmengsel op het moment dat je dauw ziet verschijnen aan de buitenkant van het blikje (je kunt ook zeggen: de temperatuur op het moment dat je het blikje ziet beslaan). Deze temperatuur heet het *dauwpunt.*
3. Vergelijk luchttemperatuur en dauwpunt:
   - De lucht is *vochtig* als het verschil tussen luchttemperatuur en dauwpunt klein is
   - De lucht is *droog* als het verschil tussen luchttemperatuur en dauwpunt groot is

Nu kun je overal bepalen of de lucht vochtig is of droog.

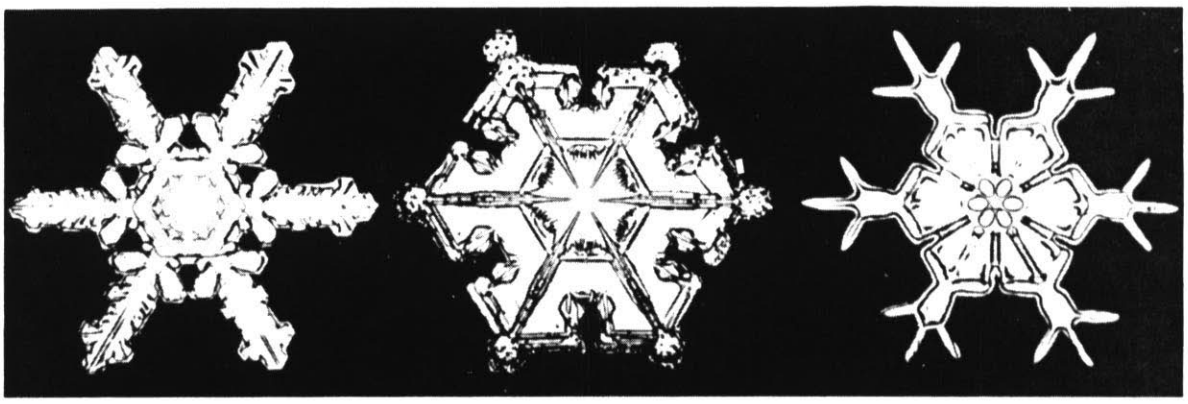
4. Is de lucht in de klas vochtig of droog? En in de kantine? En buiten?
5. Waarom moet je de luchttemperatuur met een droge thermometer meten?

Bedauwd gras

EXTRA PROEF **Een vochtigheidsmeter**

Soms moet je precies weten hoe vochtig de lucht is of hoe droog. Je moet dan de *relatieve vochtigheid* van de lucht meten. Vraag aan je leraar hoe dat gaat.

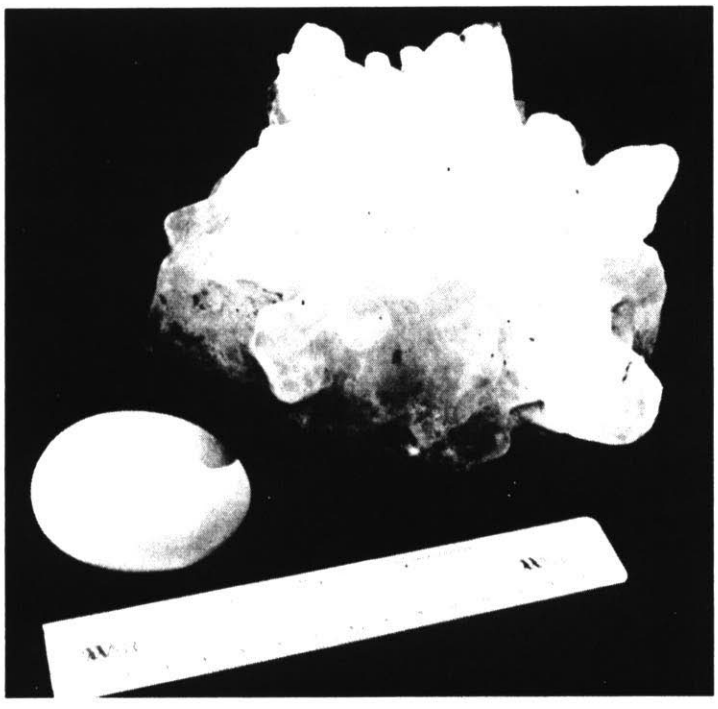
ijs maken



Sneeuwvlokken

Bij wolken en neerslag kun je denken aan water. Maar ook aan ijs, bijvoorbeeld bij hagel en sneeuw. Ook sommige wolken bestaan helemaal uit ijs, zoals de windveren op de foto.
Het ijs in de lucht ontstaat uit waterdamp of uit waterdruppeltjes. In dit onderzoek ga je zelf ijs maken.

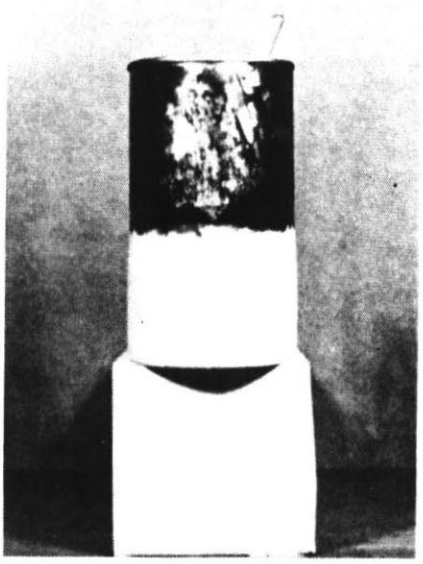
Windveren



Hagel

PROEF 1 **Rijp maken**

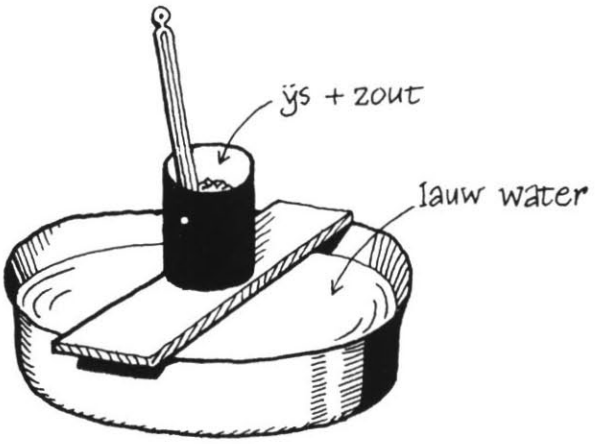
Rijp op gras

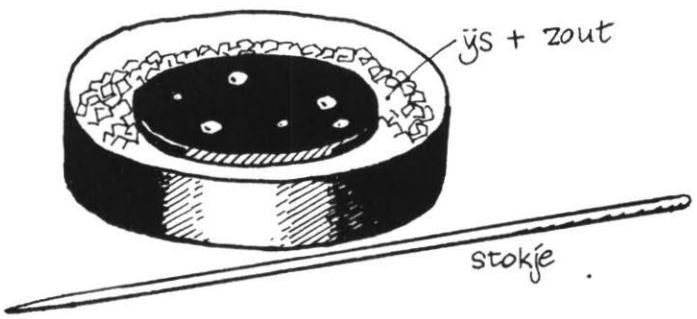


Rijp op een koud zwart blikje

Waterdamp sublimeert op gras, dat 's nachts is afgekoeld beneden 0°C. Het gras wordt wit; dat heet rijp. Ook op andere koude voorwerpen vormt zich dan rijp, bijvoorbeeld op de takken van bomen, op de draden van een hek enz.
Met een ijskoud metalen blikje kun je zelf rijp maken.

1. Vul een zwartgeschilderd metalen blikje met een koudmakendmengsel van ijs en keukenzout. Hoe koud wordt het blikje?
2. Zet het blikje in de buurt van een bak met lauw water, bijvoorbeeld zoals in de tekening.
3. Laat de opstelling staan; je hebt hem nodig in proef 2.



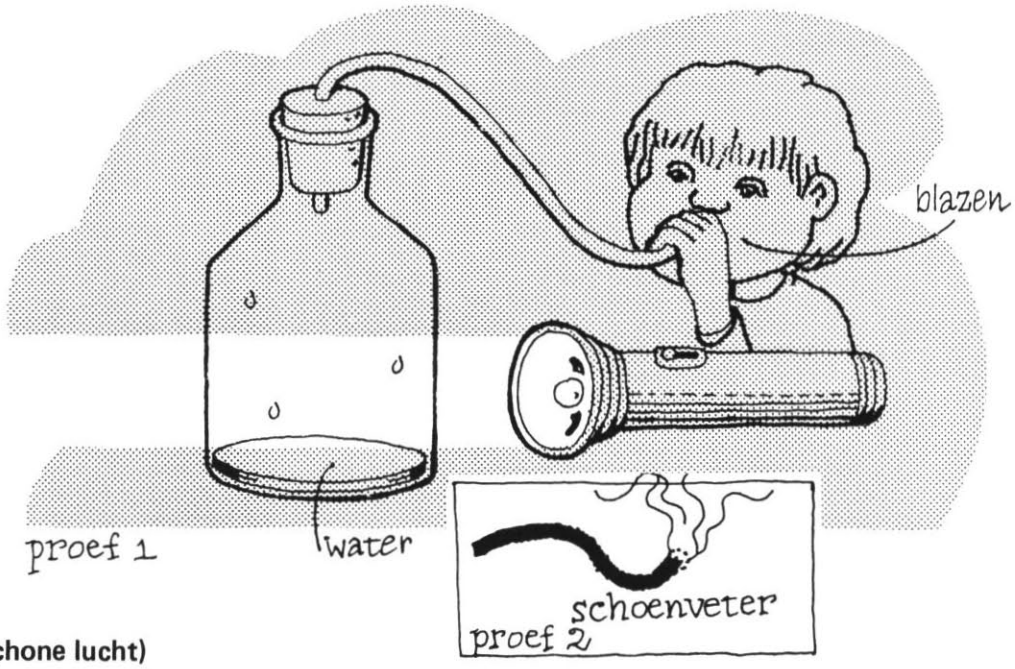


PROEF 2 **Waterdruppels laten bevriezen**

1. Vul een ondiep blik met een koudmakend mengsel van kleine stukjes ijs en keukenzout.
2. Leg een metalen deksel met zwarte binnenkant op het koudmakend mengsel.
3. Leg wat waterdruppels van verschillende grootte in het dekseltje en bekijk hoe ze bevriezen.
4. Schraap met een stokje wat rijp van het blik uit proef 1. Duw de rijp snel in waterdruppels die niet willen bevriezen.

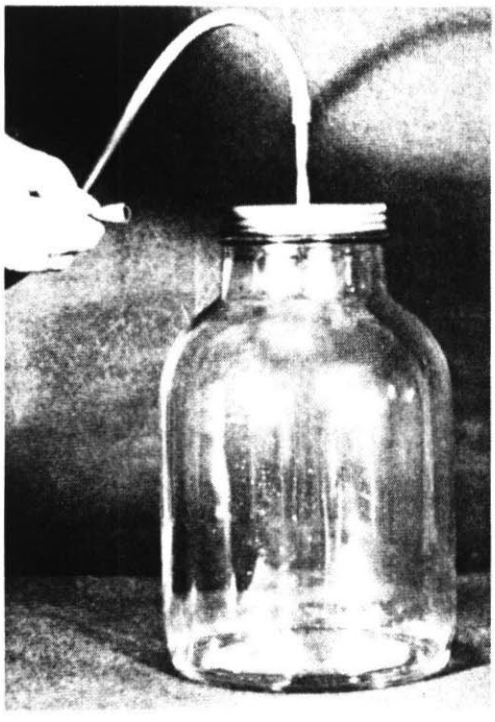
wolken maken

Wolken ontstaan als vochtige lucht afkoelt. Met vochtige lucht in een fles kun je zelf een wolk maken. Doe de proeven in een donkere ruimte. Gebruik de lichtbundel van een zaklamp of een lichtkastje om de wolkendruppeltjes zichtbaar te maken. Je ziet de druppeltjes het best als je schuin in de lichtbundel kijkt.

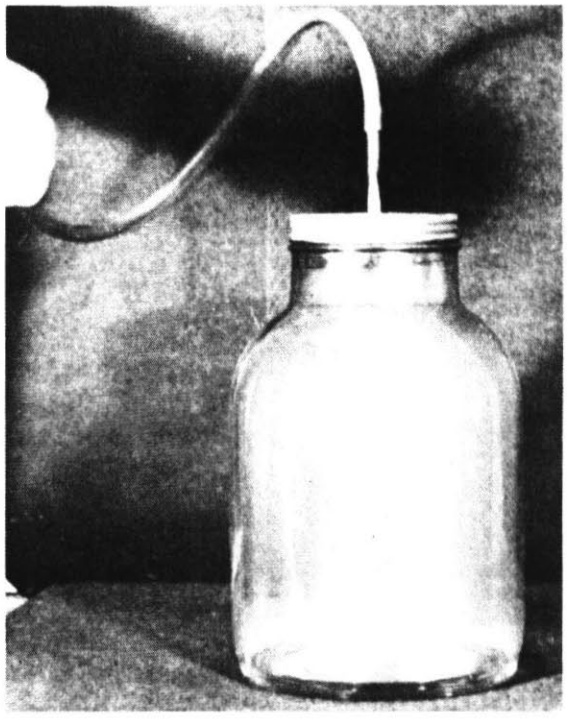


PROEF 1 **Een wolk maken (schone lucht)**

1. Doe een klein beetje water in de fles en schud even. Dan is de lucht goed vochtig.
2. Druk de stop stevig op de fles.
3. Blaas even op de slang die door de stop loopt. Knijp de slang goed dicht. Laat de lucht opeens (pffft) ontsnappen.



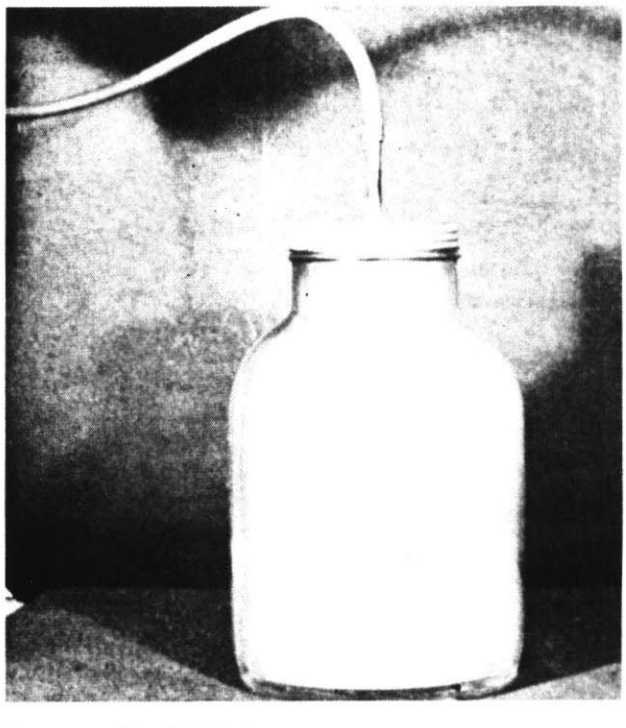
fles met vochtige lucht



fles met wolk (schone lucht)

PROEF 2 **Een wolk maken (vuile lucht)**

1. Breng wat rook in de fles.
2. Wacht tot je (bijna) geen rook meer ziet.
3. Herhaal proef 1.



fles met wolk (vuile lucht)

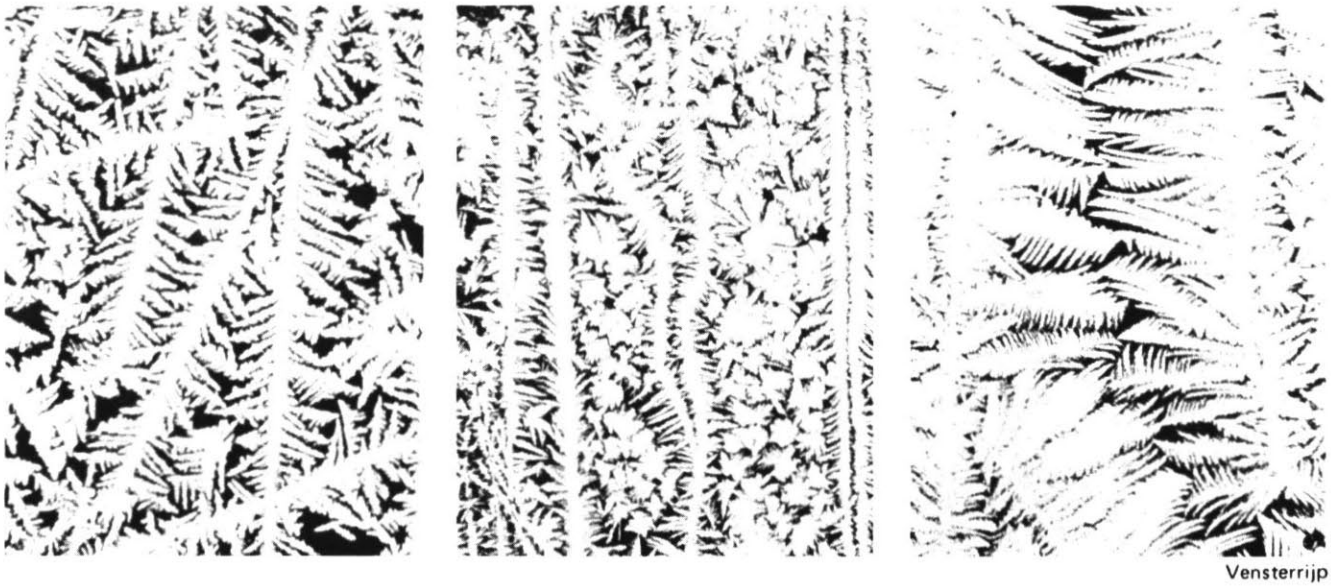
In leestekst 2 kun je lezen waarom er druppeltjes ontstaan en waarom de lucht in de fles afkoelt.

water in de lucht

In lucht zit meestal ook water. Soms kun je dat zien, bijvoorbeeld:

- als het regent; je ziet dan de druppels door de lucht naar beneden vallen.
- als je onder de douche hebt gestaan; je ziet dan hele kleine druppeltjes door de lucht in de badkamer zweven.
- als het mistig is; je ziet dan hele kleine druppels of je merkt alleen maar dat je niet erg ver kunt zien.

Maar meestal zie je het water dat in de lucht zit niet; het is waterdamp. Je hebt dan een vochtigheidsmeter (zie onderzoek 1) nodig om het water aan te tonen.
Of je merkt het als de ramen beslaan. De waterdamp uit de lucht (die je niet kunt zien) kondenseert dan op de ruit tot druppeltjes (die je wel kunt zien). Als de lucht erg vochtig is (zoals in de badkamer of in de keuken) gebeurt dat heel gauw. De binnenkant van het raam moet wel koud zijn. Dubbele ramen beslaan veel minder snel.
Het water op het raam kan bevriezen en prachtige ijsbloemen opleveren (*vensterijs*) als het buiten hard vriest en de kachel in de kamer niet te hoog staat. Maar de waterdamp uit de lucht gaat op het raam ook wel direkt over in ijs (*vensterrijp*), net als in onderzoek 2.



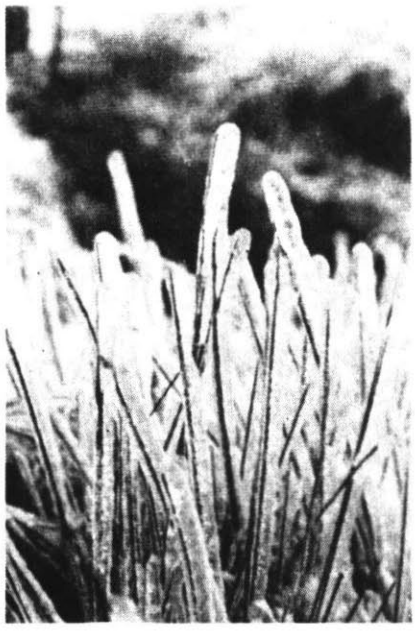
Vensterrijp

IJzel, mistaanslag en ruige rijp

We komen 's winters buiten nog wel meer vormen van ijs tegen. Als het gaat vriezen vormt zich op de plassen op straat een laagje ijs. Na een paar dagen vorst is de grond erg koud: „de vorst zit in de grond". Al het water, dat op de grond of een koud voorwerp aan het aardoppervlak terecht komt bevriest dan meteen. Dat geldt ook voor regenwater. Regen die meteen bevriest op de grond heet *ijzel*. Als het ijzelt is het buiten overal spiegelglad.
Er kan ook mist voorkomen bij temperaturen onder nul.
Mistdruppels die op boomtakken of struiken bevriezen veroorzaken *ruige rijp*. Deze groeit aan in de richting waar de wind vandaan komt. Hij kan zo zwaar worden dat boomtakken breken.

Mistdruppels die op het wegdek bevriezen veroorzaken gladheid (*bevroren mistaanslag*).
Als het ijzelt komt er een laag ijs op de grond en op boomtakken, planten enz. Het is dan overal spiegelglad!

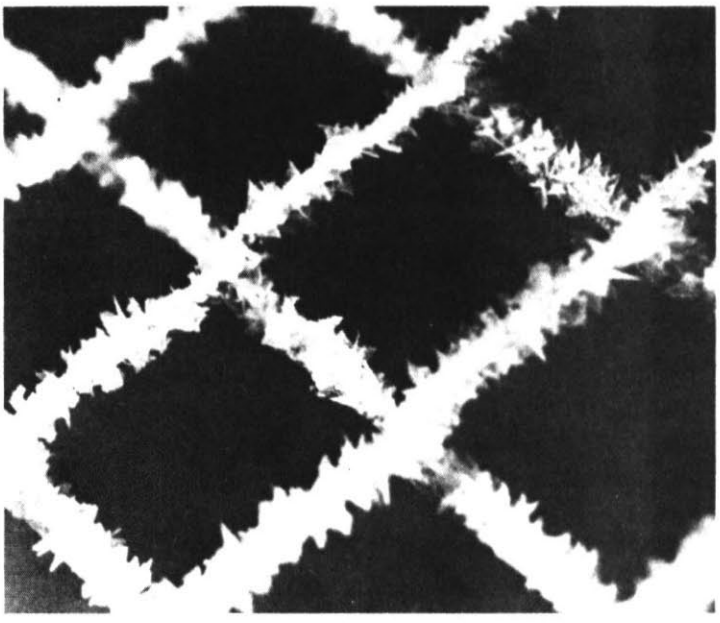
Ruige rijp ontstaat als mistdruppeltjes bij temperaturen onder 0 C tegen boomtakken e.d. opwaaien. De ruige rijp groeit aan in de richting van de wind.



ijzel op boomtakken en op gras

Dauw, rijp, hagel, sneeuw en regen

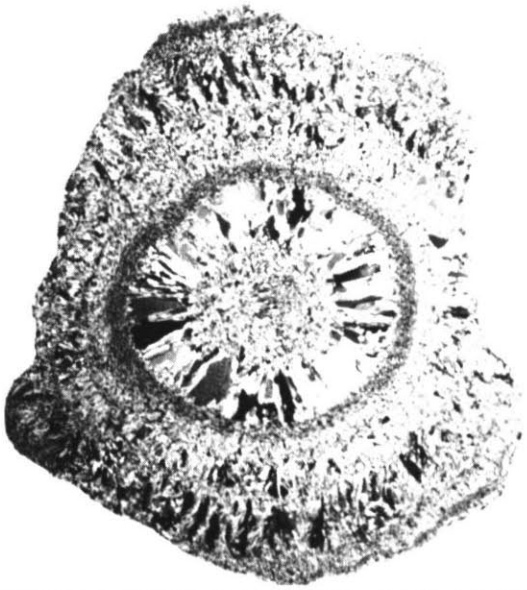
Een koud raam kan de waterdamp uit de lucht in de kamer of de klas halen. Ook andere koude voorwerpen kunnen dat. Meestal spreekt men van dauw (zie onderzoek 1). 's Winters als het vriest gaat de waterdamp uit de buitenlucht meteen over in ijs. De auto is wit en de ruiten moeten worden schoongekrabd. Ook het gras en de takken van de bomen zijn wit; we noemen dat *rijp*.



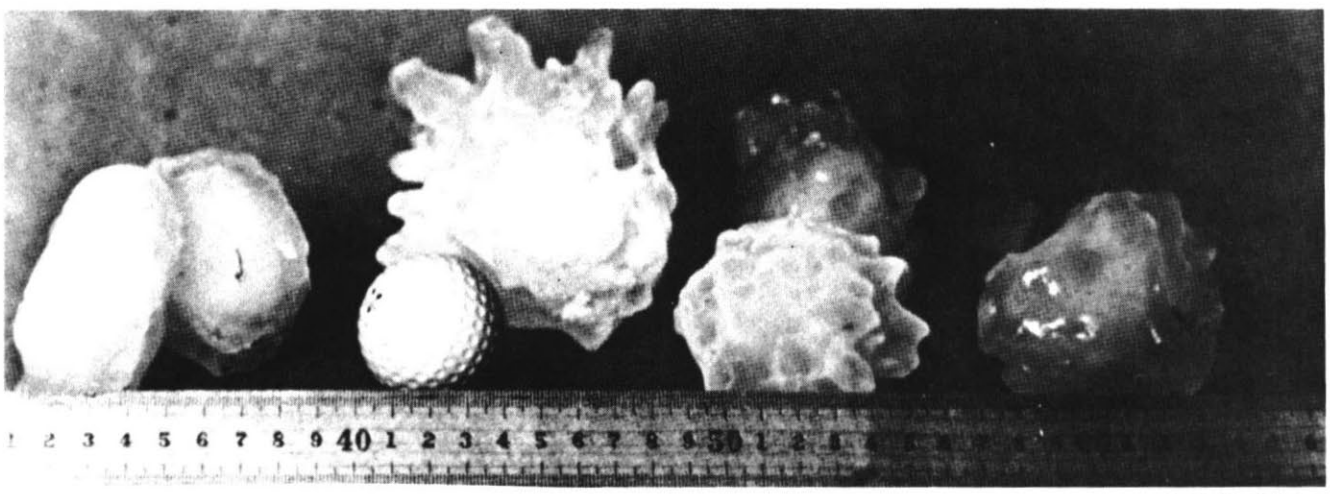
Rijp ontstaat als waterdamp uit de lucht direkt overgaat in ijs op koude voorwerpen zoals de tak van een struik of de draden van een hek.

Het is hetzelfde witte spul dat op het vriesvak van de koelkast zit. Je kunt ook zelf rijp maken (zie onderzoek 2). Sommige stofdeeltjes hoog in de lucht kunnen eveneens waterdamp uit de lucht halen. Ze vormen dan het begin van een wolkendruppeltje, van een misdruppeltje of van een ijskristal. De ijskristallen hebben de meeste kans om uit te groeien tot iets groters: een *sneeuwvlok.*

Meestal smelt zo'n sneeuwvlok voor hij op de grond komt. Het ijs is dan weer water geworden (*regen*). Soms groeien ijskristallen of bevroren regendruppels uit tot grote brokken ijs: *hagel*. Hagelstenen kunnen wel enkele cm in doorsnee zijn. Op een doorsnede van zo'n hagelsteen (op een speciale manier bekeken) kun je zien dat hij uit ijskristallen bestaat.



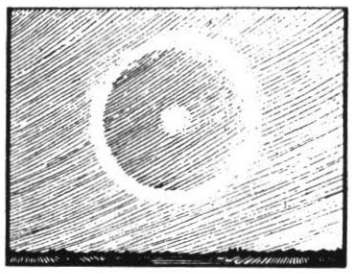
Doorsnede van een grote hagelsteen.

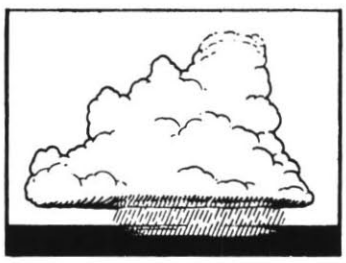


grote hagelstenen

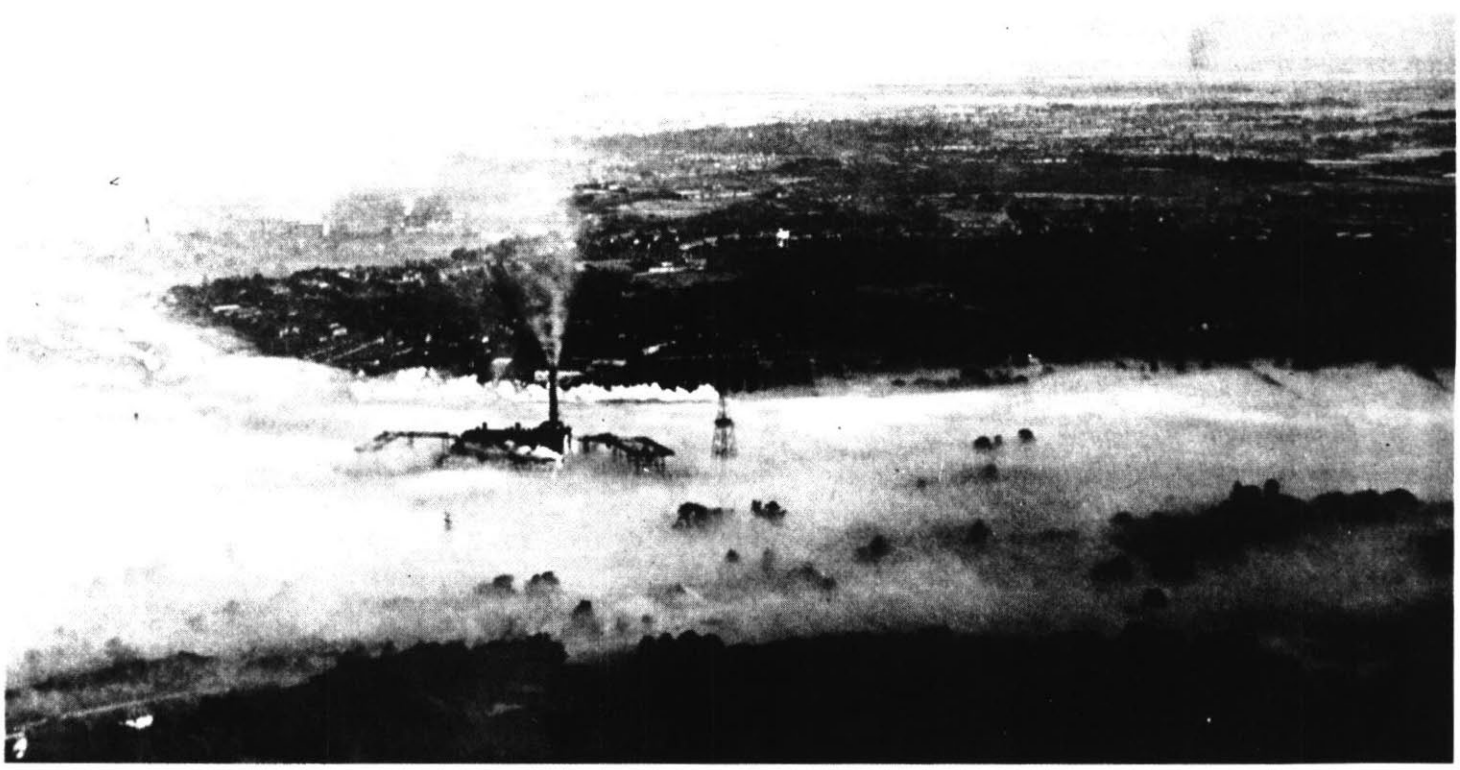
wolken

Wolkenvorming

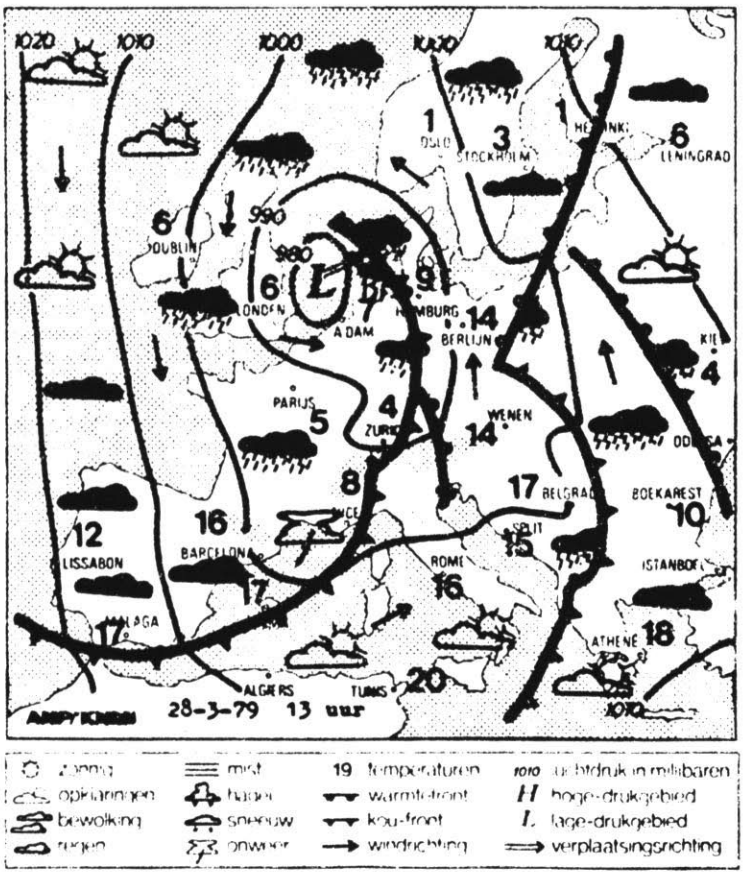




In lucht van een bepaalde temperatuur kan maximaal slechts een bepaalde hoeveelheid waterdamp zitten. Bij hogere temperaturen is die hoeveelheid meer. Bij lagere minder. Als lucht kouder wordt kan er dus minder waterdamp inzitten. Wat er na afkoeling teveel inzit, condenseert tot kleine waterdruppeltjes (wolkendruppeltjes of mistdruppeltjes). Zo ontstaan wolken. Een wolk is dus een hoeveelheid lucht die zover is afgekoeld dat er druppeltjes ontstaan.
Hoe komt het dat de lucht afkoelt? Een mogelijkheid is dat de lucht over koud water of over koud land stroomt. Er ontstaat dan mist aan de grond. Soms maar een heel dun laagje. Als je hoog in een flat woont kijk je er gewoon overheen. Maar meestal ontstaan wolken door afkoeling van lucht bij stijgende luchtbewegingen. Als lucht opstijgt zet hij uit en wordt hij ijler. De moleculen zitten dan verder van elkaar. Er is warmte voor nodig om moleculen verder van elkaar af te krijgen. De omringende lucht kan die warmte meestal niet leveren, want die beweegt zelf ook omhoog. Daardoor koelt de lucht af.
Bij onderzoek 3 hebben we de lucht laten uitzetten om hem af te koelen. (Het omgekeerde merk je als je je fietsband oppompt. Dan pers je lucht samen.

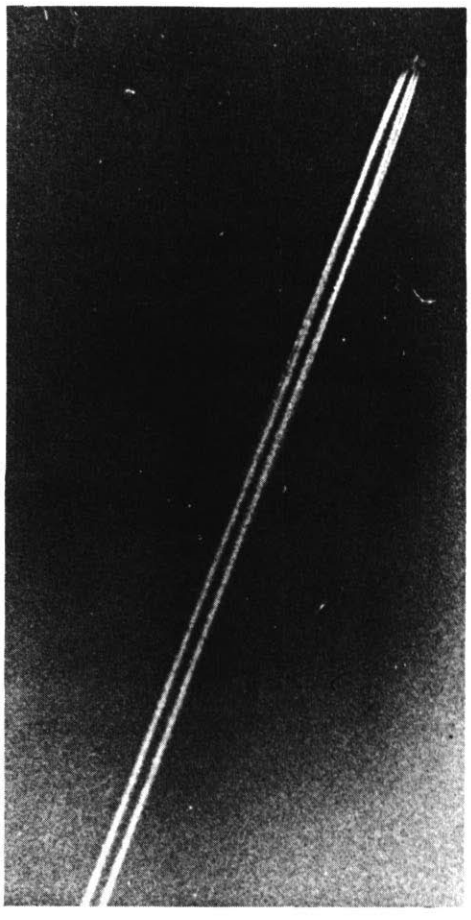


Grondmist



Weerkaartje uit de krant. Op het kaartje staan o.a. lagedrukgebieden, warmtefronten en koufronten aangegeven.

De moleculen komen dan dichter bij elkaar. Daardoor wordt de slang heet. Voel maar eens). Opstijging van lucht veroorzaakt dus afkoeling en vaak ook wolkenvorming. Vaak valt er regen uit de wolken. Het is dus belangrijk om te weten waar zich gebieden met opstijgende lucht bevinden.
Voorbeelden van zulke gebieden zijn de lagedrukgebieden, de warmtefronten en de koufronten. Daarom worden die in het weerpraatje ook altijd genoemd. (Soms zegt men in plaats van lagedrukgebied storing of depressie).



Vliegtuigwolk

Vliegtuigwolken

De waterdamp die na afkoeling van de lucht te veel is, condenseert bij voorkeur op z.g. condensatiekernen. Dat zijn hele kleine roetdeeltjes, stofeeltjes of vuildeeltjes. Ze zitten overal voldoende in de lucht om druppelvorming te krijgen. Als je het onderzoek „wolken maken" hebt gedaan met rokerige lucht dan heb je gezien hoe belangrijk die condensatiekernen zijn.
Dat zie je ook bij vliegtuigwolken. Straalvliegtuigen stoten hete lucht uit. Daar zitten veel vuildeeltjes en waterdamp in (allebei verbrandingsprodukten van de brandstof in de motoren). De lucht koelt af door menging met de lucht in de omgeving. Op die hoogte is de lucht zo koud dat meteen ijskristallen ontstaan. Ook daarvoor zijn vuildeeltjes nodig: vrieskernen.

Water en ijs in wolken

Sommige wolken bestaan alleen uit ijs.
Bijvoorbeeld: vliegtuigwolken en windveren.
Andere wolken bestaan helemaal uit water. Bijvoorbeeld kleine stapelwolken. In wolken waaruit regen valt (èchte regen, geen motregen) zit meestal èn water èn ijs.
Bij sommige wolken kun je zien of er alleen water in zit of ook nog ijs. Je weet dan meteen of het uit die wolk kan regenen!
Stapelwolken waar alleen water inzit hebben scherpe randen. Een waterdruppeltje dat buiten zijn wolk terecht komt verdampt snel. Daardoor heeft de wolk een duidelijk afgebakend gebied.
IJs verdampt veel minder snel. Een ijskristal dat buiten zijn wolk terecht komt kan nog een hele tijd blijven bestaan. Daardoor hebben wolken van ijs vage randen (zie foto windveren).
Er kan wèl regen uit een stapelwolk vallen als de bovenrand wazig wordt. Dit wijst op de aanwezigheid van ijs.
En met zo'n grote wazige pluim als op de foto hiernaast kun je er zeker van zijn dat er een flinke bui komt.

Windveren. Deze wolken bestaan helemaal uit ijs. Ze hebben geen scherpe randen.

Stapelwolk. Deze wolk bestaat helemaal uit water. De wolk heeft scherpe randen.

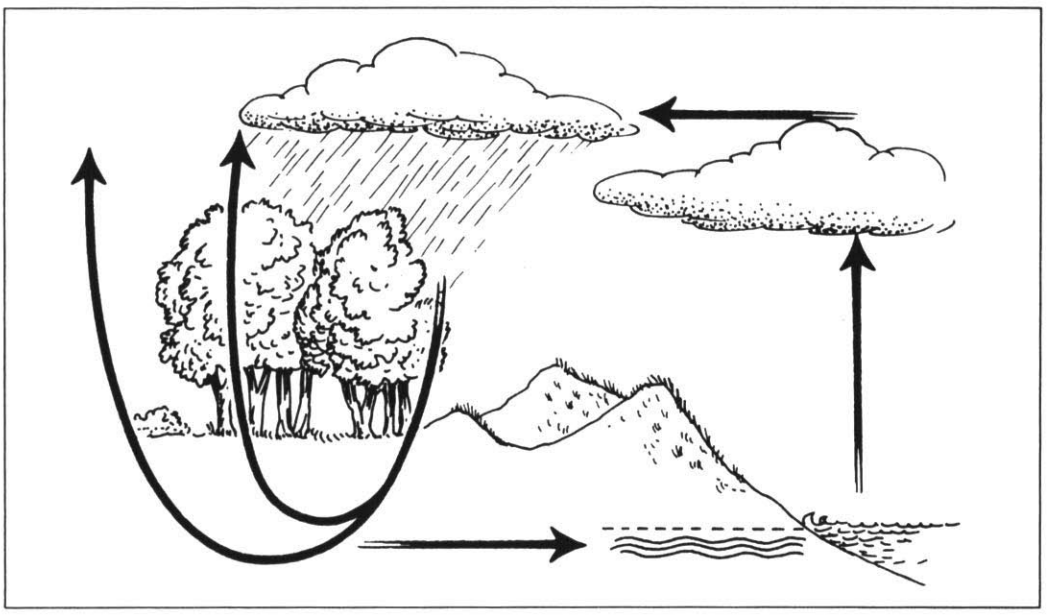
Buienwolk. Deze wolk bestaat gedeeltelijk uit water. De wazige bovenrand wijst erop dat er boven in de wolk ijs zit. Uit zo'n wolk kan een flinke bui vallen.

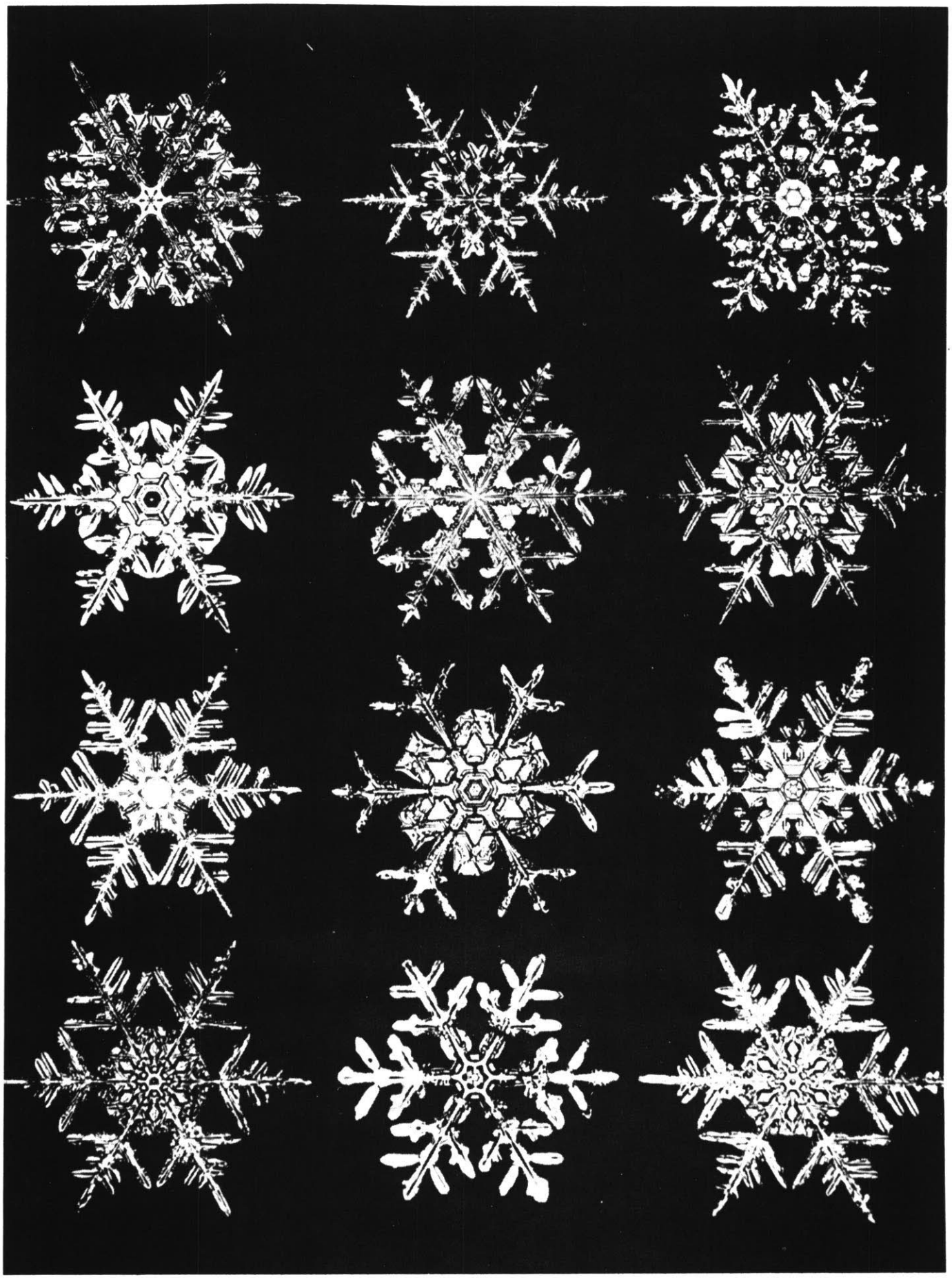
Regen maken

In wolken waaruit regen valt zit èn water èn ijs. Daarvan gaat men uit bij het maken van regen. Men probeert de vorming van ijs te bevorderen in wolken die alleen uit water bestaan. Dat doen ze door vrieskernen in de wolk te strooien. De waterdruppeltjes bevriezen namelijk niet vanzelf. Zonder vrieskernen bevriest het water pas bij $-40^{\circ}C$; met vrieskernen veel eerder.
Bij onderzoek 2, proef 2 heb je dat kunnen zien, vooral bij de kleine druppeltjes. Als vrieskern gebruikte je daar rijp, dus ijskristallen. Je kunt de vorming van ijs in een wolk dus bevorderen door ijskristallen in de wolk te strooien, bijvoorbeeld vanuit een vliegtuig. Meestal gebruikt men een andere stof: zilverjodide. Deze stof heeft een kristalstruktuur die lijkt op de kristalstruktuur van ijs.

de kringloop van water

De waterdamp komt in de lucht bijvoorbeeld door verdamping van het water in oceanen, meren en rivieren. Als vochtige lucht opstijgt koelt hij af. Dan ontstaan wolken met waterdruppeltjes of ijskristallen. Uit sommige wolken valt neerslag. Deze komt terecht op het aardoppervlak. Het water wordt via rivieren weer teruggevoerd naar meren en oceanen. Dit proces heet: kringloop van het water.





VERVOLGBLOK 4

Onderzoek 1. Kristallen laten groeien blz. 59
Met diverse stoffen kun je kleine en grote kristallen maken.

Onderzoek 2. Kristallen onder de microscoop blz. 61
Onder de microscoop kun je met diverse proeven zien hoe kristallen eruit zien en hoe ze ontstaan (aangroeien).

Onderzoek 3. Kristalmodellen blz. 63
Door te plakken, te knippen of te lijmen kun je kristallen „nabouwen" om je daarmee voor te stellen hoe die in het echt eruit zien.

Leestekst 1. Bekende kristallen blz. 65
Om je heen zijn veel kristallen te vinden: zout, suiker, sneeuw. Hoe zien ze er precies uit en hoe ontstaan ze?

Leestekst 2. Kristallen in de natuur blz. 67
In de natuur vind je veel mooie kristallen zoals pyriet, kwarts, calciet.

Leestekst 3. Kristallen en moleculen blz. 68
Hoe ziet een kristal er van binnen uit?

VOORDAT JE BEGINT

Voordat je begint aan het onderzoeken in het door jou gekozen vervolgdeel moet je het volgende goed lezen:

bij het begin van elk onderzoek:	maak een duidelijke keuze wat je gaat doen en beslis met de groep hoe je het (ongeveer) gaat doen. Bedenk dat de onderzoekjes mogelijkheden geven. Je mag zelf variaties bedenken. Wel is het goed om de eerste keer de proeven uit te voeren volgens de instruktie.
tijdens het uitvoeren:	houd voor jezelf een *kort* verslag bij, waarin staat wat je gedaan hebt, wat je gezien hebt en hoe je dat kunt verklaren. Ook kun je erin schrijven met wie je gewerkt hebt en of je fijn gewerkt hebt. Dit is belangrijk voor als je op het einde moet rapporteren in één of andere vorm. Dan weet je alles.
na elk onderzoek:	schrijf je in je verslag wat je geleerd hebt van het onderzoek. Beslis of je variaties gaat bedenken op dit onderzoek of dat je iets nieuws gaat doen. Of heb je vragen die je wilt uitzoeken?

Denk hierover na en bespreek deze bladzijde met je groepsgenoten voordat je gaat beginnen. Verdeel te taken. Ga aan het werk . . . hopelijk met veel plezier.

KRISTALLEN
Onderzoek 1.

kristallen laten groeien

PROEF 1 **Hypo laten kristalliseren.**

Deze proef heeft je leraar misschien al laten zien. Dat is niet erg, je kunt hem nu nog een keer zelf doen.

1. Vraag een aantal kristallen hypo (natriumthiosulfaat) aan je leraar en verhit die in een reageerbuis in een **kleine vlam**.
   De hypo mag niet bruisen of knetteren maar moet langzaam smelten.

2. Zet de reageerbuis in een standaard, als alle hypo is gesmolten. Laat hem daar afkoelen. Je mag de reageerbuis niet of nauwelijks bewegen.

3. Gooi in de reageerbuis een extra kristalletje hypo, als de vloeistof is afgekoeld.
   Kijk goed wat er gebeurt! Wat zie je? Voel onderaan de reageerbuis. Wat merk je?

PROEF 2 **Butylalcohol laten kristalliseren**

1. Neem een reageerbuisje met butylalcohol en verwarm het in je hand. (Haal de dop niet van het buisje, de stof is giftig en explosief). Verwarm het buisje tot alles is gesmolten.

2. Houd het buisje onder de koude kraan, terwijl je het heen en weer beweegt.
   Wat zie je gebeuren?
   Herhaal de proef.

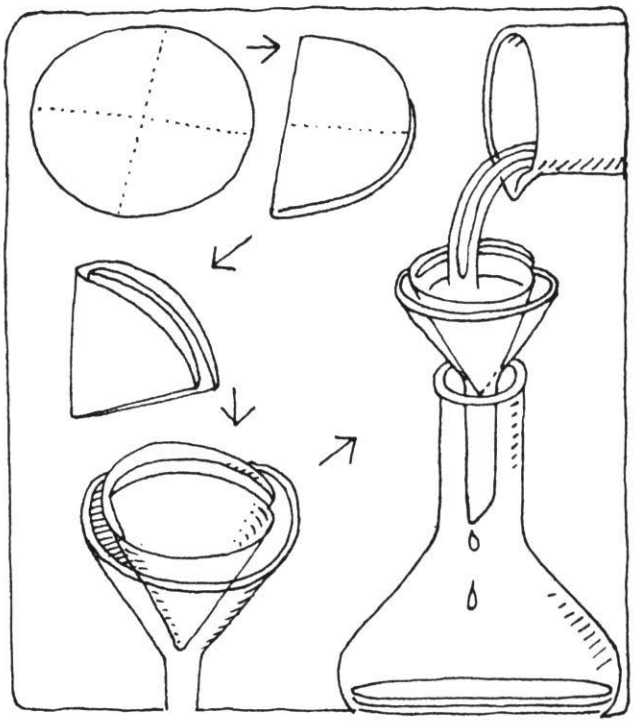
p.s. de smelttemperatuur van deze stof is 25,4°C.

PROEF 3 **Aluin laten kristalliseren**

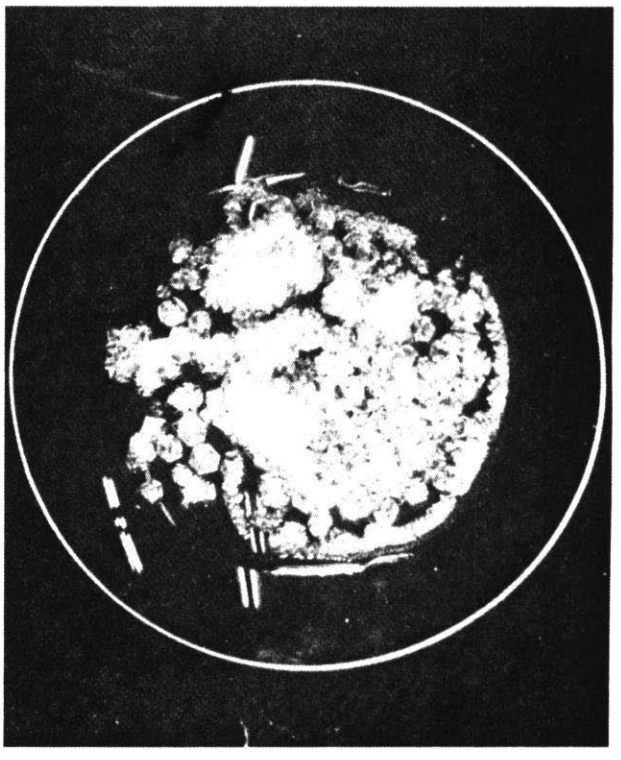
Bij deze proef kun je gebruik maken van kaliumaluin, chroomaluin of ammoniumaluin.

1. Voeg in een kolf of maatglas 20 gram aluin toe aan 100 ml gedestilleerd water. Verwarm het geheel tot 60°C op de brander. Blijf roeren tot zoveel mogelijk aluin is opgelost (bijna alles).

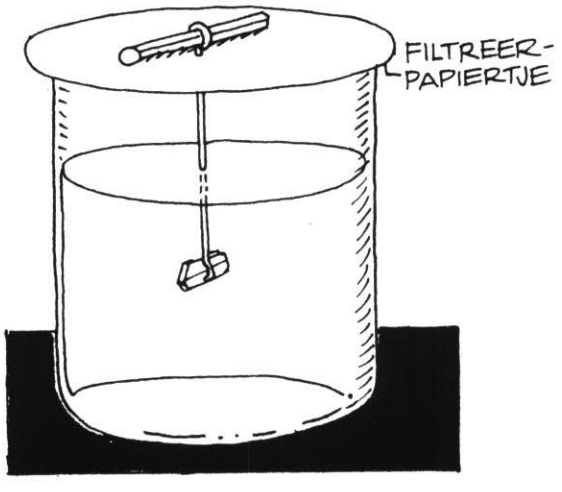
2. Als er geen aluin meer kan worden opgelost giet het mengsel dan door een filtreerpapier en filtreer de oplossing langzaam. Zie op de tekening hoe dat moet.



3. Giet een klein beetje van de gefiltreerde oplossing op een horlogeglas of in een glazen bakje. Kijk goed wat er gebeurt!
   Neem met een pincet één van de kristallen van het glas. Dat wordt je *kiemkristal.*



4. Bind dit kiemkristal aan een stukje naaigaren en hang het aan een filtreerpapiertje in de afgekoelde oplossing. Zie de tekening. Kijk een dag later wat er gebeurd is.
   Kun je dit verklaren?



EXTRA

Je kunt op de volgende manier hele grote mooie kristallen krijgen. Haal na een dag het kiemkristal uit de oplossing. Verwijder alle andere kristalletjes uit het bekerglas en van het garen. Filtreer de oplossing opnieuw. Zo maak je een nieuwe schone opstelling. Doe het kiemkristal daarna weer in de oplossing en wacht weer een dag. Het kristal kun je zo wel een week laten doorgroeien. Wel elke dag de oplossing „verschonen".

PROEF 4 **Kopersulfaatkristallen laten groeien**

Proef 3 is ook uit te voeren met kristallen van het blauwe kopersulfaat. Neem daarvoor 50 gram kopersulfaat op 100 ml gedestilleerd water van 60°C. Zie verder de instruktie van proef 3.

KRISTALLEN
Onderzoek 2.

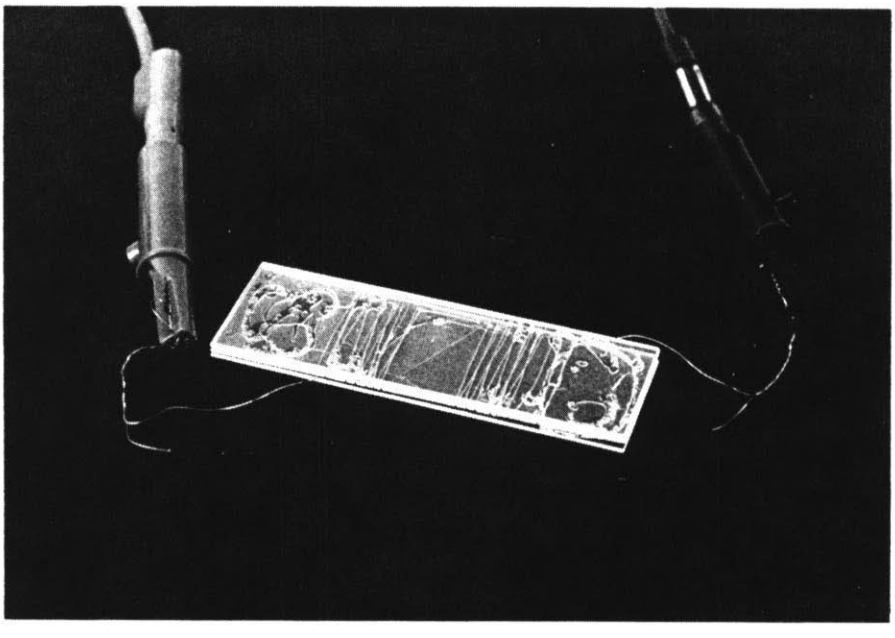
kristallen onder de microscoop

Bij het bekijken van kristallen onder de microscoop, moet je steeds werken met een vergroting van 100 x. Het is mogelijk om, *nadat* je dat gedaan hebt, met andere vergrotingen te werken (200 x, 400 x) of eventueel een loep te gebruiken (10 x, 5 x).

PROEF 1 **Waxine (kaarsvet)**

Bij deze proef ga je een stukje waxine onder de microscoop verwarmen en weer afkoelen. Daartoe heb je een glasplaatje nodig dat je met behulp van een elektrische stroom en een spanningsbron kunt verwarmen.

1. Vraag dat glasplaatje aan je leraar.
   Als hij het niet heeft, vraag dan de instructie hoe je dat kunt maken.
   Leg een klein beetje schraapsel van waxine of kaarsvet op het plaatje.



2. Sluit de stroomdraad van het plaatje op de spanningsbron aan en leg het plaatje met waxine onder de microscoop. Kijk door de microscoop hoe je de waxine ziet smelten.

3. Doe de spanningsbron uit en kijk hoe de waxine weer stolt. Herhaal de proef één of twee keer. Kijk ook eens zonder microscoop met het „blote oog". Wat zie je dan tijdens het smelten en stollen? Zijn het „echte" kristallen die je ziet?

PROEF 2 **Soldeertin**

In dit proefje kun je zien hoe soldeertin smelt of smolt.

1. Breng wat soldeervloeistof (S 39) op een koperen plaatje. Houd het plaatje in de hete vlam van een bunsenbrander. Breng daarna op het plaatje wat soldeertin en laat het goed uitvloeien. Koel het af. Wat zie je tijdens het stollen met het blote oog?

2. Leg het plaatje met soldeer op een *houten* plaatje onder de microscoop en stel de microscoop scherp in. Wat zie je?

3. Doe weer wat soldeervloeistof op het tin. Verhit het koperen plaatje weer in de gasvlam tot al het tin is gesmolten. Leg het dan snel onder de microscoop (op het houten plaatje). Wat zie je als het tin stolt?

PROEF 3 **IJs (rijp)**

Bij deze proef bekijk je hoe waterdamp overgaat in rijp (sublimeert) op een koud vlak onder de microscoop. De proef lijkt veel op proef 1 uit onderzoek 2 van „Wolken en Neerslag".

1. Neem een tabaksdoos met een zwarte deksel en leg onderin een stukje schuimplastic. Leg daar bovenop een koud makend mengsel van zout en ijs. Draai het deksel erop.

2. Leg het blikje onder de microscoop met de zwarte kant boven. Belicht het van opzij met een lamp (niet* te dichtbij). Stel de microscoop scherp in op het deksel.

3. Zet een bak lauw water naast de microscoop en waai met een blad papier over het water in de richting van de microscoop. Als je in de microscoop kijkt, zie je direkt ijskristallen (rijp) ontstaan (zonder vloeistoffase).

4. Na een tijdje is het blikje warmer geworden en je zult kleine waterdruppels zien op het deksel.
Wat is het verschil met rijp?
Hoe kun je zonder microscoop zien of het rijp is of dat het kleine waterdruppels zijn?

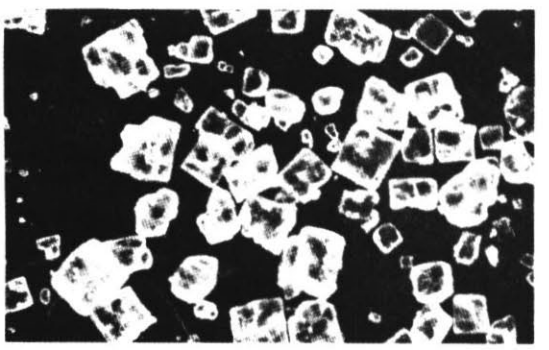
PROEF 4 **Zout**

Met deze proef kun je zoutkristallen zien ontstaan als je zout water onder de microscoop verwarmt.

1. Vraag een glasplaatje aan de leraar dat je elektrisch kunt verwarmen (zie ook proef 2).
   Maak dat vetvrij met spiritus.
   Los in een bekerglas veel zout in water op. Voeg wat zeep aan de zoutoplossing toe (dan wordt de druppel straks platter onder de microscoop).

2. Leg een druppel van de zoutoplossing op het glasplaatje (b.v. met een glasstaafje) en strijk de druppel goed vlak.
   Leg het plaatje onder de microscoop en stel scherp. Sluit het plaatje aan op de stroombron.

3. Wat zie je in de microscoop?
   Wat zie je als je direkt naar het glaasje kijkt?



zoutkorrels

kristalmodellen

KRISTALLEN
Onderzoek 3.

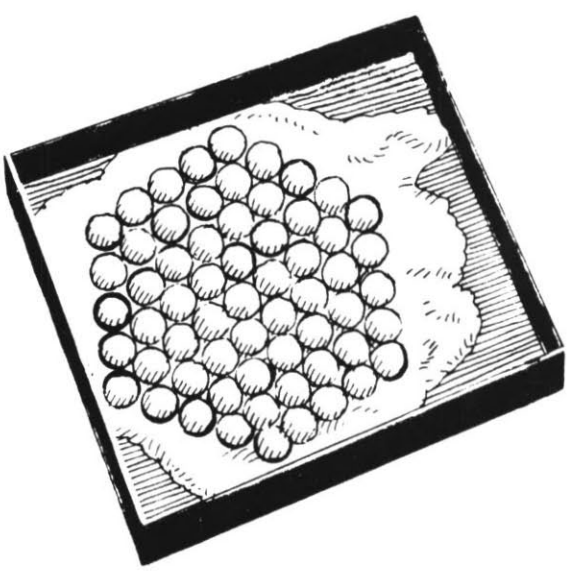
PROEF 1 **Kristalmodellen met knikkers**

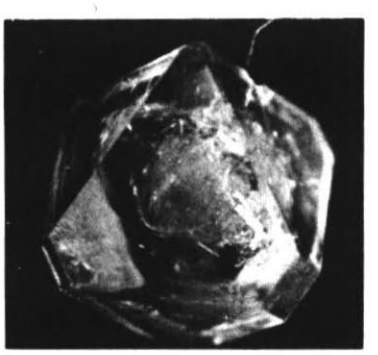
1. Maak een vlakke plak klei op de bodem van de bak (b.v. aandrukken met een plankje). Leg nu een figuur van zeshoeken in de klei, zodat alle knikkers stevig vastliggen. Het moet zo mogelijk zijn een figuur te krijgen die zelf weer een zeshoek is, met aan elke zijde 5 knikkers.

2. Stapel nu zoveel knikkers op je zeshoek als enigszins mogelijk is. Als je stapel niet wil blijven liggen is het handig om de knikkers met een beetje bisonkit aan elkaar te klitten.

3. Kijk nu eens op een van de zijvlakken. Teken de figuren die je knikkers daar vormen.

4. Op deze manier kun je ook een model maken dat lijkt op een aluinkristal. Zie onderzoek 1, proef 3. Leg knikkers in de klei in een vierkant van 5 x 5 knikkers. Stapel dan weer zoveel mogelijk er bovenop (eventueel bisonkit gebruiken).
   Kijk eens op het zijvlak. Welk patroon zie je daar nu terugkomen?



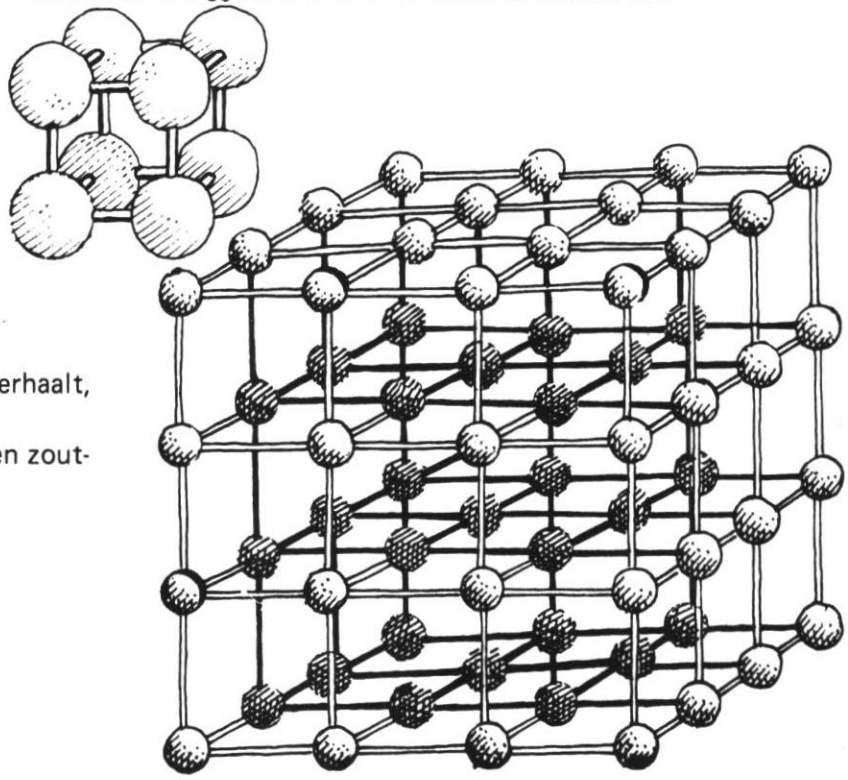


aluinkristal

PROEF 2 **Kristalmodellen met stokjes en bolletjes**

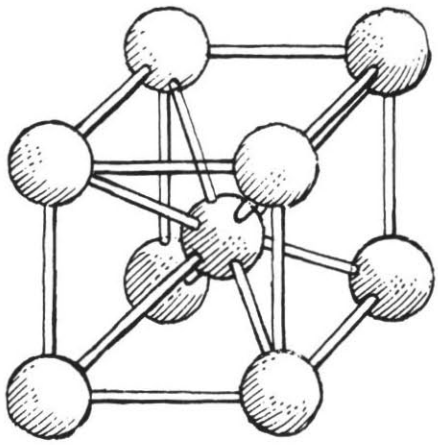
In Proef 1 heb je gezien dat je uit allemaal bolletjes een model van een kristal kunt maken. Daarbij lagen de „moleculen" tegen elkaar aan.
Met deze proef kun je modellen van een kristal maken met behulp van stokjes (b.v. cocktail-prikkers of lucifers) en bolletjes (klei of piepschuim).
Hiermee komen de „moleculen" op afstand van elkaar te liggen. Dit is in de echte kristallen het geval.

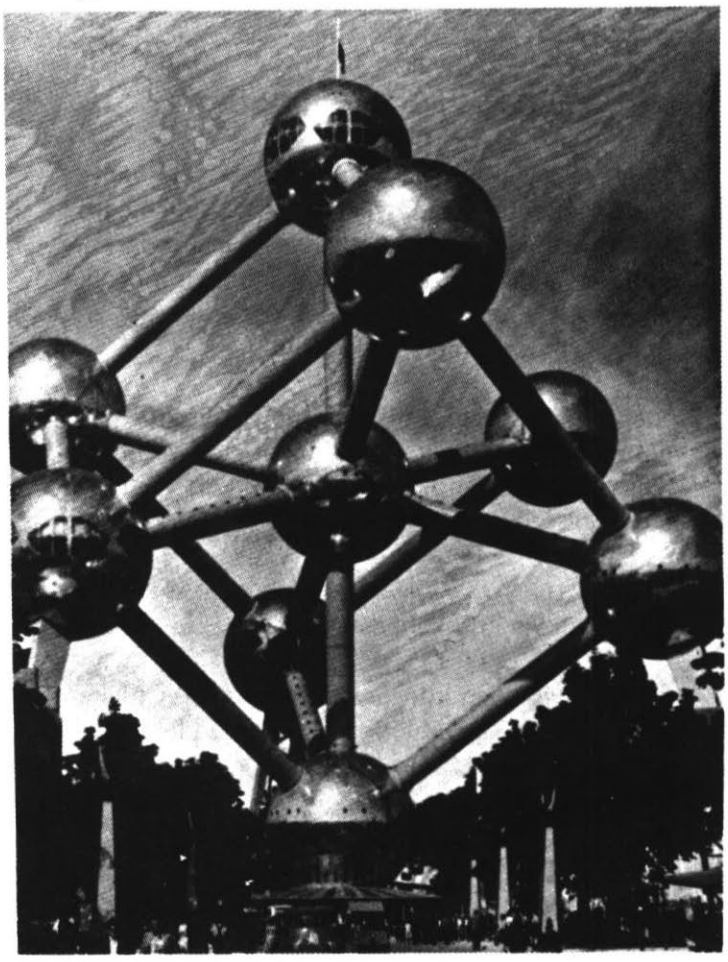
1. Maak de figuur die hiernaast is getekend.



2. Als je deze figuur in alle richtingen herhaalt, krijg je een grote rechthoek.
   Maak deze maar eens. Zo ongeveer ziet een zoutkristal eruit.

3. Maak nevenstaande figuur ook na.
   Zo ziet een ijzerkristal er ongeveer uit.





Op z'n punt gezet is dit precies de vorm van het atomium in Brussel.

KRISTALLEN

Leestekst 1

bekende kristallen

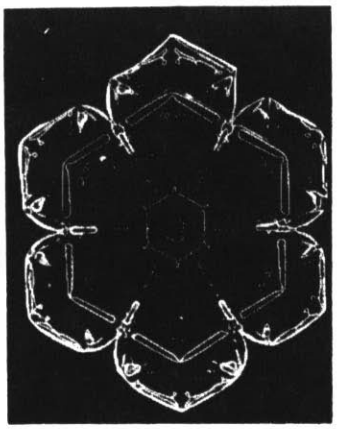
Deze tekst gaat over kristallen. Aan kristallen is te zien hoe stoffen zijn opgebouwd uit kleine deeltjes. Bovendien zijn kristallen erg mooi.

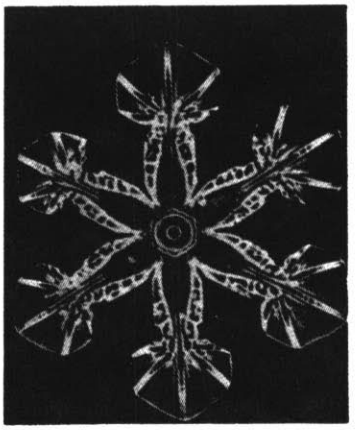
Sneeuwkristallen

Sneeuw ken je als grote vlokken die traag uit een grijze lucht omlaag dwarrelen en alles met een zachte witte laag toedekken. Soms jaagt de wind de vlokken voort en zie je ,,draaikolken'' tussen de huizen. Soms is de sneeuw korrelig of poederachtig en soms valt er natte sneeuw, die meteen op je kleren of op de grond verder wegsmelt. Volgens de weerkundigen gebeurt het vaak dat sneeuw onderweg al helemaal smelt en als regen beneden komt. Een sneeuwvlok bestaat uit stukjes ijs, losjes aan elkaar gekleefd, met veel lucht ertussen. (Daardoor zijn sneeuwvlokken zo licht en daardoor kun je een handvol losse sneeuw tot een kleine stevige sneeuwbal samendrukken). Die stukjes ijs in een sneeuwvlok zijn niet zomaar bevroren mist- of regendruppeltjes; dan zouden het allemaal korreltjes moeten zijn. In werkelijkheid kunnen ze heel verschillende vormen hebben: vlakke plaatjes, naaldjes en sterretjes. In een grote sneeuwvlok zijn ze moeilijk te onderscheiden; je ziet ze het beste als er heel fijne sneeuw valt. De plaatjes en sterretjes kunnen wonderlijk mooi zijn, vooral als je ze vergroot ziet onder een loep of een microscoop. Sommige mensen zijn er zo door geboeid dat ze honderden foto's hebben gemaakt van die kleine kunstwerkjes van de natuur.

Zulke regelmatige vormen noemen we **kristallen**. Bij sneeuwkristallen zie je in allerlei verschillende variaties toch steeds hetzelfde ,,bouwplan'': **zes**hoekige plaatjes en **zes**puntige sterretjes. Die kristallen zijn ontstaan uit waterdamp, ergens hoog in de koude lucht, zomaar ,,vanzelf''.

Zie daarvoor ook proef 3 van onderzoek 2.



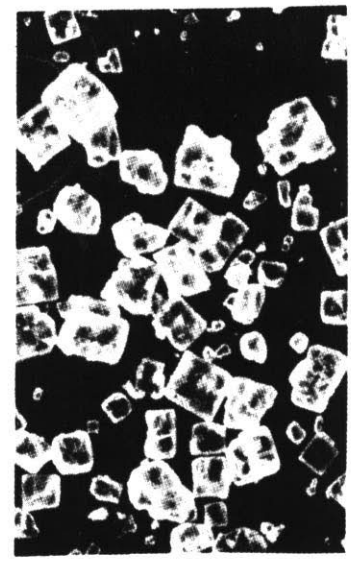


Zout/suiker

Bekijk eens een aantal korreltjes keukenzout onder een loep; ook hier kun je een duidelijke voorkeur zien voor een bepaald „bouwplan".
De korreltjes zien er uit als dobbelsteentjes; ze zijn niet allemaal even regelmatig, maar de grondvorm van allemaal is de **kubus**. Een pak zout bevat miljoenen van die kubusjes.
In tropische landen wordt wel zout gewonnen door zeewater te laten verdampen. In ons land hebben we dikke zoutlagen, overgebleven van een zee uit het verre verleden, diep onder de grond in Twente. Als zo'n zoutlaag aangeboord is, kan er door buizen water ingebracht worden.
Er ontstaat een zoutoplossing die door andere buizen omhoog wordt geperst. Dan laat men het water verdampen en het zout verzamelt zich tot kubusjes: het „kristalliseert uit".
Bij het uitkristalliseren van een stof als keukenzout groeien vaak verschillende kristallen aan elkaar, zodat de vorm minder regelmatig wordt. Ook kunnen er stukjes afbreken bij het verpakken en transporteren, zodat er soms geen duidelijke regelmaat meer te herkennen is.

Bekijk ook eens een paar korrels suiker onder een loep. Die korrels zien er anders uit. Typerend is de zeshoekige vorm.
Suiker wordt gewonnen uit suikerriet (in tropische landen) of suikerbieten (o.a. in Nederland). In beide gevallen wordt de suiker getrokken uit de vermalen of gesneden planten. Er ontstaat dan een oplossing die men zuursap noemt. Die oplossing wordt eerst gezuiverd van plantenresten en andere verontreinigingen en dan ingekookt tot diksap (stroop). Dat diksap wordt dan verder verkookt totdat de suiker in de oplossing uitkristalliseert. Die suiker wordt dan met centrifuges gescheiden van de rest van de stroop. Om zuivere witte suiker te krijgen moet men dit produkt nog enige malen zuiveren.

Overgenomen uit:
Crystals; Longman; Londen



zoutkorrels

KRISTALLEN
Leestekst 2.

kristallen in de natuur

Volgens de geologen moet de aarde in het verre verleden helemaal heet en vloeibaar zijn geweest. De buitenste lagen zijn langzaam afgekoeld en vast geworden en voor een groot deel bedekt door water. Nog steeds komt er in vulkanische gebieden gloeiend, vloeibaar materiaal naar buiten. Deze „lava" koelt geleidelijk af; er komt een korst van vast materiaal op en na verloop van tijd is ook daaronder alles vast geworden.
Op tal van plaatsen zijn stoffen gestold of uitgekristalliseerd in regelmatige patronen.
Zo ontstonden allerlei soorten „stenen", sommige bijzonder mooi van vorm en kleur. In etalages van juweliers-winkels zie je vaak een aantal grote, fraaie exemplaren liggen. Sommige soorten zijn erg gewild als „edelstenen", omdat ze mooi, duurzaam en zeldzaam zijn. In sieraden hebben die edelstenen vaak niet de eigenlijke kristalvorm; ze worden tot bepaalde vormen bijgeslepen.

Overgenomen uit:
Archimedes, 7/5

rookkwarts

pyriet

calciet

Sommige stenen zijn erg hard, andere minder.
Als je de hardheid van twee stenen wilt vergelijken, kun je nagaan welke steen een kras kan maken in de andere. Deskundigen op het gebied van mineralen (stoffen uit de aardkorst) gebruiken vaak de krasproef en ze geven de verschillende stoffen cijfers voor hardheid. Zand krijgt een 7; edelstenen moeten liefst harder zijn, want anders zouden zandkorrels er krasjes in kunnen maken. Diamant is de hardste stof van allemaal en krijgt daarom een 10 voor hardheid.

Hardheidsschaal

1	talk	hierin kun je met je nagel een kras maken
2	gips	
3	calciet	makkelijk met een mes te krassen
4	fluoriet	
5	apatiet	moeilijk met een mes te krassen
6	veldspaat	
7	kwarts	niet met een mes of vijl te krassen. Je kunt er krassen mee maken in glas
8	topaas	
9	korund	
10	diamant	

KRISTALLEN
Leestekst 3.

kristallen en moleculen

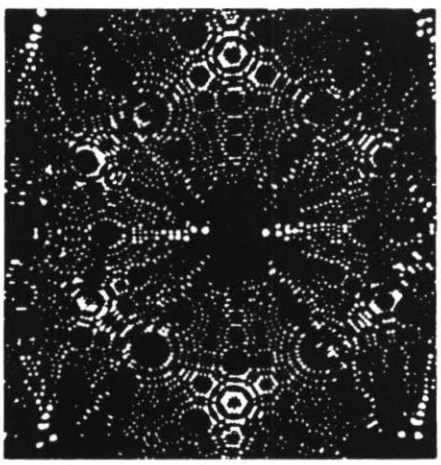
Hoe ziet een kristal er van binnen uit?

Overgenomen uit:
Crystals; Longman; Londen

Het splijten van calciet.

Jammer genoeg kun je geen aparte deeltjes in een kristalletje waarnemen, wanneer je het door een microscoop bekijkt. Maar er zijn in de loop van de tijd veel aanwijzingen gevonden dat kristallen inderdaad regelmatige bouwsels zijn van kleine deeltjes. Een aanwijzing is bijvoorbeeld dat kristallen in bepaalde richtingen gemakkelijker te splijten zijn dan in andere richtingen. Diamantbewerkers bestuderen een ruwe diamant eerst heel zorgvuldig om te weten te komen hoe ze de steen het best kunnen kloven. Dan zetten ze een scherp mes precies in de goede richting op de diamant en dan volgt het spannende moment: een harde tik op het mes en de diamant splijt. Als het goed gegaan is zijn de breukvlakken helemaal recht: precies tussen twee lagen deeltjes door.

Een model kan je helpen bij de verklaring van sommige eigenschappen van een stof, maar je kunt er niet alles mee verklaren. Waarom bijvoorbeeld is diamant zo hard? Je kunt zeggen dat de deeltjes van diamant elkaar blijkbaar erg stevig vasthouden. Maar hoe doen ze dat, en waarom houden de deeltjes in andere kristallen elkaar minder stevig vast?
Op dit soort vragen zullen we later antwoorden zoeken, speciaal in de scheikunde.
Een aardig idee van wat je zou kunnen zien als je dingen steeds van dichterbij gaat bekijken vind je in de film die je leraar kan vertonen (Cosmic Zoom) en in de wandplaat over „vergroten en verkleinen".
Tegenwoordig kunnen we met een elektronenmicroscoop al heel dichtbij naar dingen kijken. Bekijk de onderstaande foto maar eens.

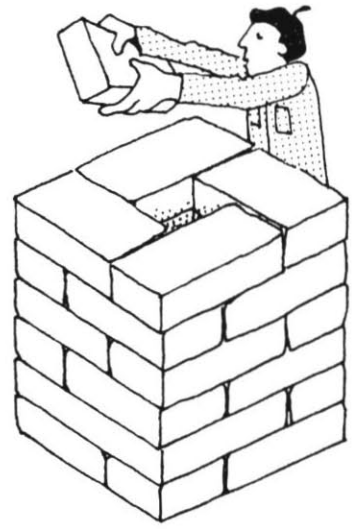


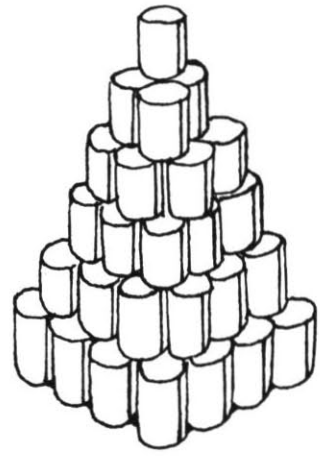
Kristalstruktuur van wolfraam.

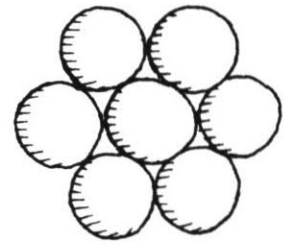
Vergroting: 5.000.000 x

Bouwpatronen

Wat gebeurt er als je een schepje zout oplost in water? Je zou je kunnen voorstellen dat ieder korreltje zout uit elkaar valt in heel kleine stukjes. Wanneer het water verdampt, klitten die „deeltjes" zout samen tot korreltjes.
Maar waarom hebben die korreltjes dan zo'n speciale, regelmatige vorm? Hoe komt het dat allerlei verschillende stoffen, elk op zijn eigen manier, kristallen vormen volgens een bepaald bouwpatroon?
In de levende natuur komen veel regelmatige vormen voor: denk maar aan allerlei bloemen.
Ook bloemen groeien volgens een bepaald „bouwplan", maar het groeien van een bloem kun je moeilijk vergelijken met het groeien van een kristal.
Bijen maken regelmatige honingraten die bestaan uit zeshoekige cellen; om elke cel passen precies zes andere.
Mensen maken ook vaak regelmatige bouwsels, bijvoorbeeld een flatgebouw, of een muur van bakstenen, of een regelmatig patroon van tegels op een vloer.
Maar kristallen worden niet door dieren of mensen gemaakt.
Toch zou er een punt van overeenkomst kunnen zijn. Een regelmatig patroon krijg je „vanzelf" wanneer je werkt met een verzameling gelijke „bouwstenen". Als iemand je een verzameling keistenen geeft van allerlei vormen en maten, kun je daar geen regelmatig patroon van leggen. Maar krijg je een verzameling bakstenen die allemaal dezelfde vorm en dezelfde grootte hebben, dan kun je ze heel makkelijk in een regelmatig patroon tegen elkaar leggen of opstapelen. In een winkel zie je soms bouwsels van allemaal gelijke dozen wasmiddel of allemaal gelijke blikken groente. Ook in dit geval krijg je als vanzelf iets regelmatigs, wanneer je met gelijke voorwerpen werkt.
Kan het zijn dat een kristal zo'n regelmatige vorm heeft doordat het uit allemaal gelijke bouwsteentjes is samengesteld? Maar hoe kunnen die bouwsteentjes uit zichzelf een bepaald patroon vormen? Om een idee te krijgen hoe dat zou kunnen moet je eens een verzameling even grote knikkers op de bodem van een doos leggen. Als je de knikkers naar een kant laat rollen zul je zien dat ze heel makkelijk een regelmatig patroon vormen. Om elke knikker past precies een ring van zes andere knikkers.







Moleculen zijn zó klein, dat ik er bij het ademhalen vele miljarden van binnen krijg.
Eigenlijk adem ik moleculen in, die door vele nu en eerder levende mensen zijn uitgeademd, maar nog niet door pasgeboren baby's
Als ik hol dan zweet ik en in de winter komt er damp uit mijn mond, daardoor kan ik zien dat er vele moleculen uit mijn lichaam gaan en in de lucht verspreid worden.
Niet alleen mensen ademen, ook planten en dieren, zij geven mij, maar ook jou de moleculen en het leven.
Zo zijn wij allen één.

VERVOLGBLOK 5

Onderzoek 1. Suikerwater verdunnen blz. 73
Door suikerwater steeds maar verder te verdunnen kun je nagaan hoe klein suikermoleculen ongeveer zijn.

Onderzoek 2. Kleurstof verdunnen blz. 74
Door kleurstof steeds maar verder te verdunnen kun je nagaan hoe klein kleurstofmoleculen ongeveer zijn.

Onderzoek 3. Een olievlek maken blz. 76
Een druppel olie vloeit op water uit tot een grote vlek. Daaruit kun je veel preciezer berekenen hoe klein oliemoleculen zijn. Dit is een onderzoek dat veel concentratie en vaardigheid vereist. Je moet ook een berekening maken.

Onderzoek 4. Vergroten en verkleinen blz. 79
Schrijf je eigen tekst bij een wandplaat en leestekst 1. (Dit onderzoek kun je alleen doen als je eerst een van de andere drie onderzoeken gedaan hebt).

Leestekst 1. Vergroten en verkleinen blz. 80
Je moet heel veel vergroten om een molecuul te kunnen zien. Hoeveel keer precies?

Leestekst 2. Olielaagjes op zee blz. 82
Met olie kun je een woelige zee rustig maken. Maar voor de planten en dieren die in of bij de zee leven is dat minder leuk.

VOORDAT JE BEGINT

Voordat je begint aan het onderzoeken in het door jou gekozen vervolgdeel moet je het volgende goed lezen:

bij het begin van elk onderzoek:
maak een duidelijke keuze wat je gaat doen en beslis met de groep hoe je het (ongeveer) gaat doen.
Bedenk dat de onderzoekjes mogelijkheden geven. Je mag zelf variaties bedenken.
Wel is het goed om de eerste keer de proeven uit te voeren volgens de instruktie.

tijdens het uitvoeren:
houd voor jezelf een *kort* verslag bij, waarin staat wat je gedaan hebt, wat je gezien hebt en hoe je dat kunt verklaren.
Ook kun je erin schrijven met wie je gewerkt hebt en of je fijn gewerkt hebt.
Dit is belangrijk voor als je op het einde moet rapporteren in één of andere vorm. Dan weet je alles.

na elk onderzoek:
schrijf je in je verslag wat je geleerd hebt van het onderzoek. Beslis of je variaties gaat bedenken op dit onderzoek of dat je iets nieuws gaat doen.
Of heb je vragen die je wilt uitzoeken?

Denk hierover na en bespreek deze bladzijde met je groepsgenoten voordat je gaat beginnen. Verdeel de taken. Ga aan het werk . . . hopelijk met veel plezier.

HOE KLEIN?
Onderzoek 1.

suikerwater verdunnen

Als je suiker in water oplost krijg je zoet water. Door gewoon water aan het suikerwater toe te voegen wordt de zoete smaak minder. Zolang het water nog zoetig smaakt zitten er nog suikermoleculen in het water.

1. Los in een *schoon* bekerglas een suikerklontje op in 100 ml water. Verwarm het water zodat de suiker goed oplost.
   Proef of het water zoet smaakt. Proef om te vergelijken ook gewoon kraanwater.

2. Neem van het suikerwater 10 ml en vul dit in een ander bekerglas aan met 90 ml kraanwater tot 100 ml.
   Proef opnieuw of het water zoetig smaakt en vergelijk weer met gewoon water.
   Vul de 2e regel van de tabel aan.

aantal keren verdund	zoetig	hoeveel keer zo weinig suiker zit er in
0	ja	—
1	..	10 x
2	..	100 x
3	..	..
..	..	..
..		

3. Herhaal het verdunnen van het suikerwater, zoals je bij punt 2 gedaan hebt en controleer steeds of het nog zoetig smaakt. Ga door totdat het water niet meer zoetig smaakt. Vul na elke keer proeven de volgende regel van de tabel in.
   Denk er aan steeds de smaak te vergelijken met de smaak van gewoon water.

We geven nu een voorbeeld, zodat je zelf kunt nagaan hoeveel keer op z'n minst een suikermolecuul kleiner is dan een suikerklontje.

Voorbeeld:
Als het water na 6 keer verdunnen nog zoetig smaakt en na 7 keer niet meer zit er na 6 keer verdunnen in ieder geval nog suiker in het water. Als het water zes keer verdund is zit er 10 x 10 x 10 x 10 x 10 x 10 keer zo weinig suiker in als in het eerste glas water. Dus 1 miljoen maal zo weinig als in het suikerklontje. Een suiker molecuul is dan dus minstens een miljoen maal zo klein als een suikerklontje.

Je kunt ook zeggen dat in een suikerklontje minstens een miljoen moleculen zitten.

4. Na hoeveel keer verdunnen smaakte het water bij jouw onderzoek nog net een beetje zoetig?
   Na . . . keer.
   Hoeveel suiker zat er toen in dat glas water?
   . . . keer zo weinig als in het suikerklontje.
   Een suikermolecuul is dus minstens . . . keer kleiner dan het suikerklontje. Er zitten minstens . . . moleculen in een suikerklontje.

5. Kun je uitleggen waarom in de conclusie „Er zitten minstens . . . moleculen in een suikerklontje" het woord „minstens" gebruikt wordt?

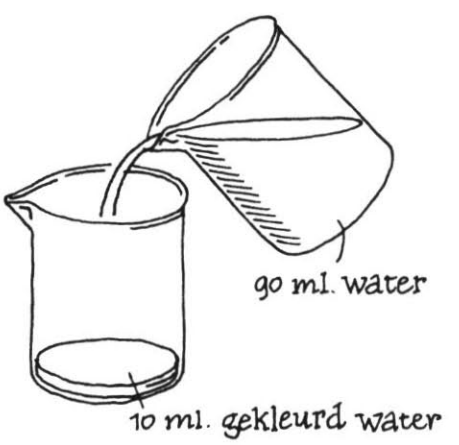
HOE KLEIN?
Onderzoek 2.

kleurstof verdunnen

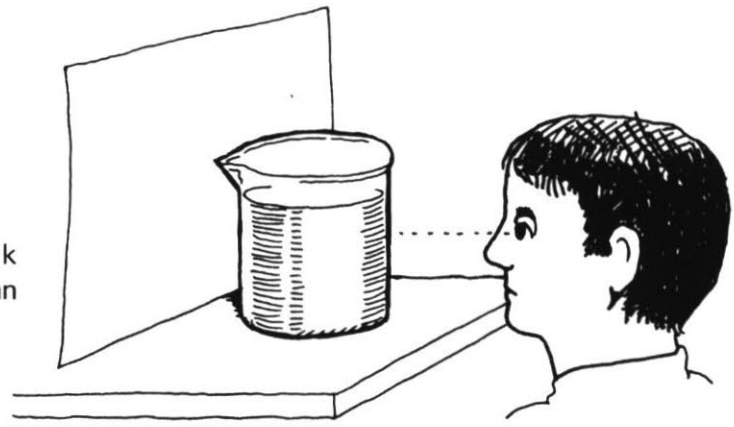
Water kun je kleuren met een kristal kaliumpermangaat. Door bij het gekleurde water schoon water te doen wordt de kleur zwakker. Zolang als het water nog kleur vertoont zitten er nog kleurstofmoleculen in.

1. Vul een bekerglas met 100 ml water. Los een korreltje kaliumpermangaat op in het water. Kijk of het water gekleurd is.

2. Neem van het gekleurde water 10 ml en vul het aan met 90 ml kraanwater tot 100 ml.



Houd achter het bekerglas een wit papiertje en kijk of het water gekleurd is. Vul de tweede regel van de tabel aan.



aantal keren verdund	gekleurd	hoeveel keer zo weinig kleurstof zit erin
0	ja	—
1	..	10 x
2	..	100 x
3	..	..
..	..	..
..		

3. Herhaal het verdunnen van het gekleurde water en kontroleer steeds of het nog gekleurd is. Doe dit totdat het water niet meer gekleurd is. Vul na elke keer verdunnen de volgende regel van de tabel in.

We geven nu een voorbeeld, zodat je zelf kunt nagaan hoe veel keer op z'n minst een kleurstof-molecuul kleiner is dan een korreltje van die kleurstof.

Voorbeeld:
Als het water na 6 keer verdunnen nog een beetje gekleurd is en na 7 keer niet meer, zit er na 6 keer verdunnen in ieder geval nog kleurstof in het water.
Na 6 keer verdunnen zit er 10 x 10 x 10 x 10 x 10 x 10 keer zo weinig kleurstof in als in het eerste glas. Dus een miljoen keer zo weinig als in een korreltje. Een kleurstof molecuul is dan dus minstens 1 miljoen maal zo klein als een korreltje kleurstof. Je kunt ook zeggen dan in een korreltje minstens een miljoen moleculen zitten.

4. Na hoeveel keer verdunnen was het water bij jouw onderzoek nog net een beetje gekleurd?
   Na . . . keer.
   Hoeveel keer kleurstof zat er toen in het oplos-water?
   . . . keer zo weinig als in het korreltje kleurstof.
   Een kleurstofmolecuul is dus minstens . . . keer kleiner dan het korreltje. Er zitten minstens . . . moleculen in een korreltje kleurstof.

5. Kun je uitleggen waarom in de conclusie „Er zitten minstens . . . moleculen in een korreltje kleurstof" het woord „minstens" gebruikt wordt?

een olievlek maken

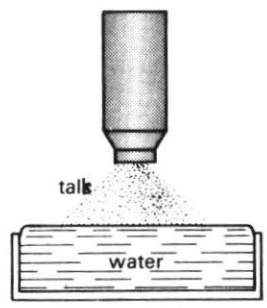
HOE KLEIN?
Onderzoek 3.

Een oliedruppel die op een wateroppervlak valt vloeit uit tot een vlek. Zo'n uitgevloeide olielaag heeft een dikte van één molecuul.

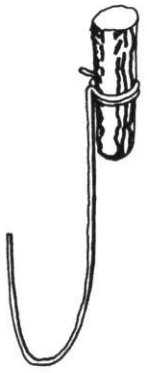
Bij dit onderzoek moet je erg nauwkeurig werken en precies de aanwijzingen opvolgen.

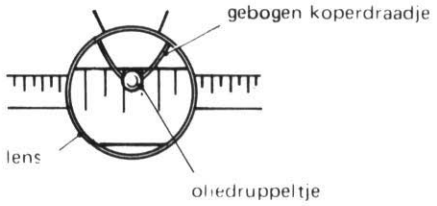
Voordat je aan de proef begint moet je de volgende spullen klaar hebben staan:

- één heel dun stukje koperdraad
- nog een heel dun stukje koperdraad in het midden gebogen en aan een stokje geplakt.
- een glazen schaal met diameter van minstens 10 cm.
- een loep
- talkpoeder of stof van krijt
- olijfolie
- lineaal

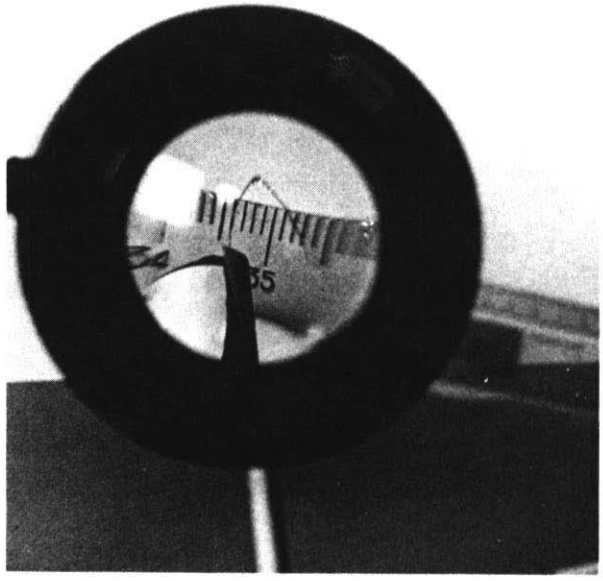


1. Maak de glazen schaal goed schoon met zeepsop en vul hem daarna tot de rand met water.
   Strooi op het water een heel dun laagje talk-poeder of krijtstof.





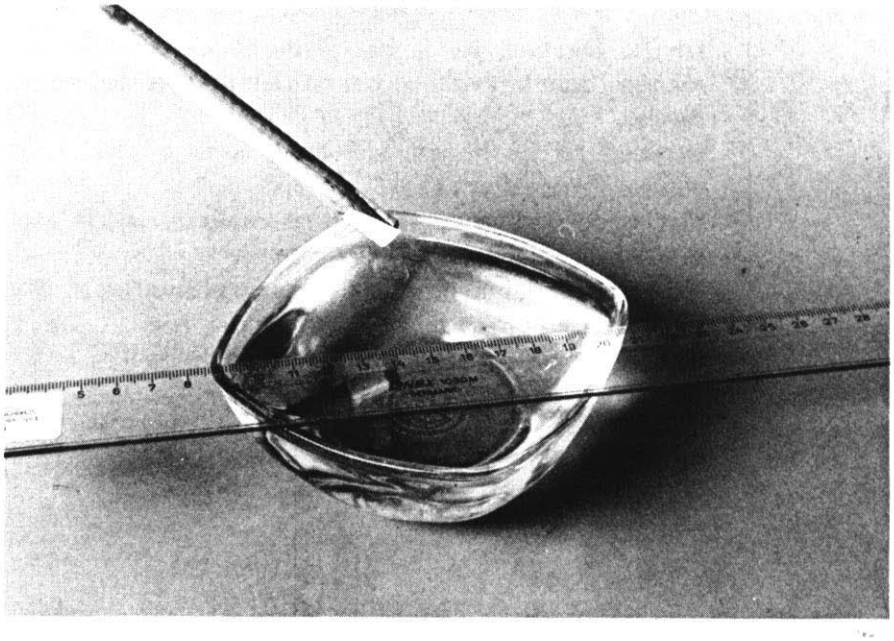
2. Neem het gebogen koperdraadje en dip het in olijfolie. Op het draadje zit een aantal oliedruppels van verschillende grootte. Zoek met de loep en lineaal een druppeltje met een diameter van 0,5 mm.
   Als er geen druppel van de goede diameter is kun je met het 2e draadje ook druppels samenvoegen.
   Verwijder met het 2e draadje de overige druppels.



3. Breng nu met het draadje het oliedruppeltje voorzichtig midden in de schaal bovenop het wateroppervlak. Als een „explosie" zal een olievlek ontstaan. Meet direct na het ontstaan de diameter van de olievlek.

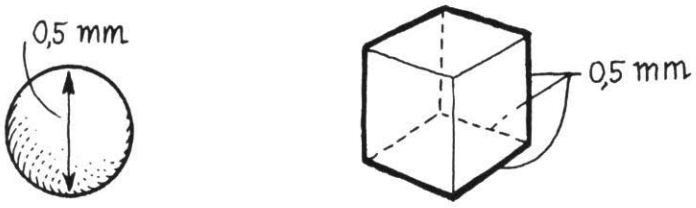
   Als de druppel niet uitvloeit moet je alles helaas opnieuw doen. Denk eraan: schoon werken!

4. Werk je proef uit zoals aangegeven op de volgende bladzijde.

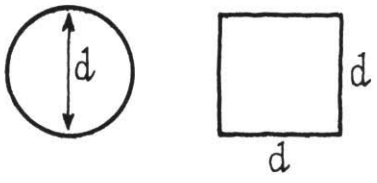


Uitwerking:

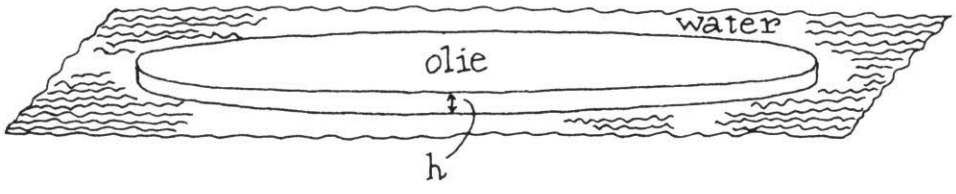
– De oliedruppel heeft een diameter van 0,5 mm. We berekenen het volume, waarbij we het druppeltje als een blokje opvatten. Het volume van het blokje is $0{,}5 \times 0{,}5 \times 0{,}5 = 0{,}125\ mm^3$.



– Het volume van de olievlek is even groot als het volume van de oliedruppel. Het oppervlak van de vlek moet je berekenen. Je mag de vlek als een vierkant voorstellen. Het oppervlak van het vierkant is $d \times d\ mm^2$.

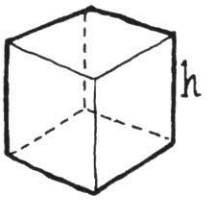


Bereken het oppervlak van de olievlek in jouw onderzoek.



Uit de tekening zie je dat je de hoogte van de olievlek kunt berekenen door het volume van de vlek te delen door het oppervlak van de vlek.

Bereken zo de hoogte van de olievlek uit het oppervlak en het volume van de druppel.



– Wat is de doorsnede van een oliemolecuul als je aanneemt dat de olievlek 1 molecuul dik is?
– Hoe groot is dan het volume van een oliemolecuul, als je aanneemt dat het molecuul een blokje is?
– Hoeveel moleculen zitten er dus minstens in één druppel?

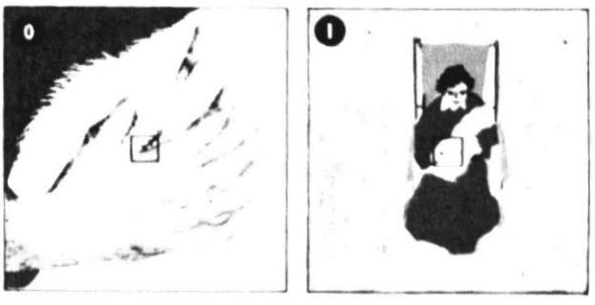
5. Kun je uitleggen waarom het woord „minstens" gebruikt wordt in de vraag „hoeveel moleculen zitten er dus minstens in één druppel?"

HOE KLEIN?
Onderzoek 4.

vergroten en verkleinen

Je kunt dit onderzoek pas doen als je één of meer van de overige onderzoeken gedaan hebt.

Bij je vorige onderzoek heb je gevonden hoe klein een molecuul op z'n minst moet zijn. Daar kwam een erg *klein* getal uit. Je bent ook nagegaan hoeveel moleculen er op z'n minst zitten in een suikerklontje, een klein korreltje kleurstof of een oliedruppeltje. Daar kwam een erg *groot* getal uit.
Wat kun je je voorstellen bij zo'n klein getal?
Wat bij zo'n groot getal?
Daarover gaat dit onderzoek.



1. Lees de leestekst 1 „Vergroten en verkleinen".
   Bekijk de bijbehorende wandplaat.

2. Maak je eigen tekst bij de wandplaat en presenteer die aan de klas.

HOE KLEIN?
Leestekst 1.

vergroten en verkleinen

Uit de onderzoeken heb je gevonden hoe klein een molecuul ongeveer is. Daar kwam een erg klein getal uit. Deze leestekst geeft je een idee van wat je je bij zo'n klein getal kunt voorstellen.

Als je een klein voorwerp goed wilt bekijken houd je het zo dicht mogelijk bij je oog. Je kunt het ook vergroten door een loep te gebruiken. Op de foto hieronder zie je een afbeelding van een meisje met een poes. In het midden zit een vierkant. De lengte van het vierkant is 1/10 van de

totale lengte van de afbeelding. In de volgende tekening is dat vierkantje vergroot tot de hele afbeelding. Je kijkt nu dus 10 keer vergroot. Bekijk nu de eerste wandplaat.
Elke volgende afbeelding is steeds 10 keer vergroot.

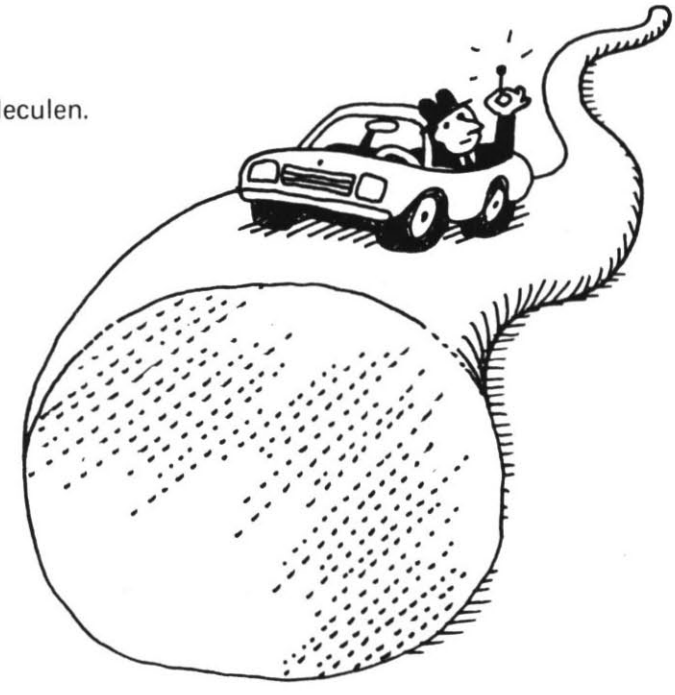
Je merkt dat om moleculen af te beelden je 8 à 9 stappen met een vergroting van 10 keer moet nemen!

In plaats van steeds nauwkeuriger en dichterbij te kijken kun je ook steeds 10 keer verder weg gaan van het meisje. Wat je dan te zien krijgt zie je op de tweede wandplaat.

Je hebt nu gezien wat het betekent als je de verkleining van de afbeelding 9 keer achter elkaar toepast. Het was ook het aantal keren dat je moest vergroten om moleculen af te kunnen beelden.

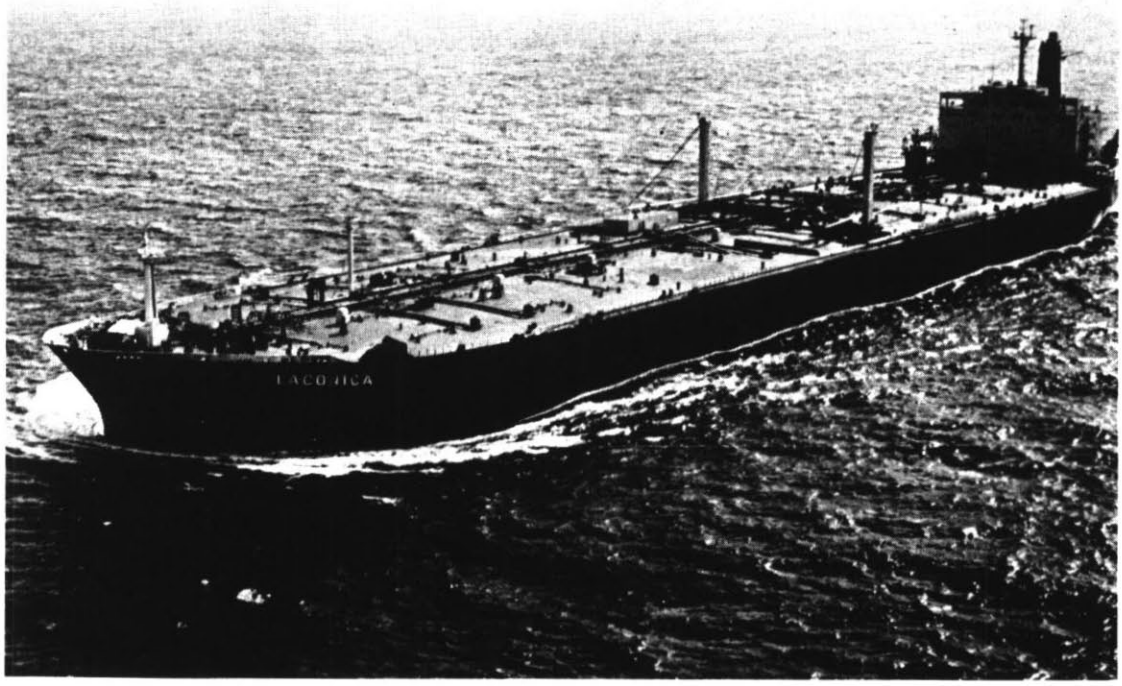
Ten slotte nog wat voorbeelden over de grootte van moleculen.

– Als je een haar vergroot tot de breedte van een straat dan zou je een molecuul zien als een speldenknop.



– Op een speldepunt zitten nog miljoenen moleculen.
– Als je de moleculen in 1 cm^3 lucht zou tellen, zou je zo'n 17 miljard jaar bezig zijn.
– In 1 cm^3 water zitten 30 miljoen maal miljoen maal miljoen moleculen.

olielaagjes op zee



Een tanker op zee

Je kent misschien de uitspraak „olie op de golven gooien". Dat betekent: de ruzie sussen. Een olielaagje op zee blijkt ervoor te zorgen dat de golven veel minder heftig worden. Doordat de olie zo dun uitvloeit kan met een klein beetje olie een groot stuk zee rustig worden gemaakt.
Dit verschijnsel is al lang bekend. We nemen over wat Benjamin Franklin erover schreef:

> „Ik geloof, dat het in de laatste tijd al te zeer mode is geworden, de kennis van de oude volkeren te onderschatten. Ook zijn de intellectuelen teveel geneigd de wetenschap van de gewone man te kleineren. Het glad maken van golven met olie is een voorbeeld van beide.
> . . . In 1757 bevond ik mij op zee met een vloot van 96 zeilen, met bestemming voor Louisbourg; ik merkte op dat het vaarwater achter twee van de schepen merkwaardig effen was, terwijl het achter al de andere door de frisse wind gerimpeld werd. Getroffen door dit verschil, wees ik tenslotte aan de kapitein, en vroeg hem de verklaring ervan. ‚De koks,' zei hij, 'zullen wel juist hun vettig water door de spuigaten uitgegoten hebben, en dit heeft de zijkanten van de schepen een weinig vet gemaakt', en gaf mij dit antwoord op ietwat achteloze wijze, alsof hij mij iets vertelde dat iedereen overigens wel wist."

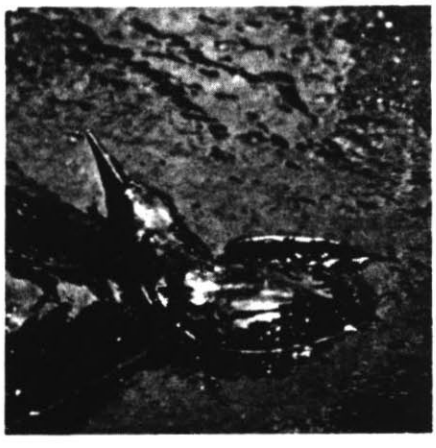
Franklin deed ook een proef waarbij hij een flesje olie uitgoot op een vijver die door storm flinke golven had. Het water van de vijver met een oppervlak van wel 8000 m^2 werd helemaal rustig. Hij herhaalde de proef vaker en het lukte hem steeds weer het wateroppervlak rustig te krijgen. Toen hij probeerde de branding van de zee tot rust te brengen lukte dat niet. De schuimkoppen verdwenen wel, maar niet de golven.

Er zijn veel voorbeelden van het gebruik van dit verschijnsel.

„Duikers gebruiken een beetje olie om het oppervlak effen te maken en er beter doorheen te kunnen kijken. Bijna altijd is het kielzog van schepen gladder dan de zee daarnaast. Dat komt door de kleine hoeveelheden olie die schepen voortdurend in het water brengen. Schepen die pas geteerd zijn hebben een effener vaarwater dan andere. Vissers weten dat plaatsen waar zich scholen vissen ophouden, aan het gladde wateroppervlak te herkennen zijn: hetzij omdat vissen een olieachtige stof in het water brengen, of omdat ze gebieden opzoeken waar veel drijvende zeediertjes voorkomen (het plankton), die daardoor met een vettig oppervlaktelaagje bedekt zijn.

Soms komt het nog voor dat schepen door het gebruik van olie van de ondergang gered worden. Men hangt een zak buitenboord, waarin kleine gaatjes geprikt zijn, zodat de olie er langzaam uitstroomt. Een liter olie per uur is voldoende om de zee om een varend schip te doen bedaren.
Je ziet dat heel weinig olie veel kan bereiken, doordat ook in weinig olie heel veel moleculen zitten. Als die allemaal naast elkaar liggen nemen ze een erg groot oppervlak in.

Overigens is de werking van olie op de golven niet alleen goed. Er zitten ook schadelijke kanten aan het gebruik van olie op zee. Zeker als er grote hoeveelheden olie op het water komen. Dat kan bijvoorbeeld gebeuren bij ongelukken met olietankers. Doordat olie op het water komt sterven vissen en plankton. Bovendien sterven vogels die met de olie in aanraking komen. Stranden worden onbruikbaar als de olie aanspoelt.



Een olielaagje op het water is maar enkele honderste mm dik. Maar als zo'n olielaag aanspoelt aan een strand worden het grote klompen die pas jaren later weer verdwenen zijn. Voor de dierenwereld is verontreiniging door olie rampzalig. De veren van vogels kleven aan elkaar vast; daardoor kunnen ze niet meer vliegen of zwemmen. Andere dieren die olie binnenkrijgen, gaan dood aan darmstoringen of vergiftigingen.

Begeleidingscommissie S.V.O.-project 0213 (vooronderzoek voor het PLON, 1972-1974)

F. van de Maesen (voorzitter tot 1973); hoogleraar natuurkunde Technische Hogeschool Eindhoven
N.J. Heijkoop (voorzitter 1973-1974); inspecteur voortgezet onderwijs
W.P.J. Lignac (secr.); secretaris Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde
S. Auer, algemeen didacticus Universiteit van Amsterdam
F. Balkema, inspecteur voortgezet onderwijs
H.P. Hooymayers, lector natuurkundedidactiek Rijks Universiteit Utrecht
H.J.L. Jongbloed (1972-1973), mediadeskundige NIAM
J. Schweers, leraar natuurkunde havo/vwo
J. Smit, inspecteur voortgezet onderwijs
E. Warries, hoogleraar onderwijskunde Technische Hogeschool Twente
M. van Wieringen (1973-1974), mediadeskundige NIAM

Stuurgroep PLON (1974-heden)

H.P. Hooymayers (voorzitter), hoogleraar natuurkundedidactiek Rijks Universiteit Utrecht
W.P.J. Lignac (secr. tot 1978), secretaris Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde
A.A.M. Agterberg (secr. sedert 1978), secretaris Advies Commissie voor de Leerplan Ontwikkeling Natuurkunde in oprichting
P. Broekman (sedert 1980), hoofd afdeling Bèta en Gamma-vakken CITO
F. Dekkers (sedert 1979), hoofddocent natuurkunde Moller Instituut
H. Lengkeek (tot 1977), leraar natuurkunde mavo
D.A. Lockhorst (tot 1978), leraar natuurkunde havo/vwo
J. Schipper (sedert 1980), medewerker A.P.S.
A. Snater (tot 1980), hoofddocent natuurkunde Stichting Opleiding Leraren
F.J. Steenbrink (tot 1978), leraar natuurkunde vwo
J.M.F. Teunissen (tot 1975), onderwijskundige Rijks Universiteit Utrecht
W.C. Vink (tot 1979), directeur Christelijke Mavo te Putten
R. de Vries (sedert 1980), leraar natuurkunde havo, vwo, namens de NVON
E. Warries (tot 1975), hoogleraar onderwijskunde Technische Hogeschool Twente
S.A. Wouthuysen (tot 1976), hoogleraar natuurkunde Universiteit van Amsterdam

Kerngroep mavo

G.H. Frederik, vakdidacticus Rijksuniversiteit Utrecht; tot 1979 voorzitter van de ACLO-n i.o.
H. Eeftink (sedert 1980), leraar natuurkunde mavo
D. Hobo (tot 1979), directeur van de Chr. Mavo de Lier
S.G.C. Markering, hoofddocent natuurkunde Gelderse Leergangen
Ch. van Raemdonck (sedert 1980), leraar natuurkunde mavo (PLON)
J. Vastbinder (sedert 1980), leraar natuurkunde M.T.S.
W.C. Vink (tot 1979), directeur Christelijke Mavo Putten

PLON-team mavo/havo/vwo-onderbouw

H.F. van Aalst
W. van Bochoven (1976-1978)
W. Bijker (1979-1981), Rijks Universiteit Utrecht
H. Boelhouwer (sedert 1979), S.V.O.
S.O. Ebbens (1976-1980)
C. Floor (1979-1980)
A.C.L. van Gameren (sedert 1977)
D. van Genderen, Rijks Universiteit Utrecht
F.L. Gravenberch (sedert 1978)
C.A.S. Groen (tot 1980)
W.H. Kamphuis (sedert 1975)
J. Kortland (sedert 1980)
B.M. de la Parra (sedert 1977)
B. Pelupessy
P. de Raad (1977-1978), onderzoeksassistent
A.E. van der Valk (sedert 1980)
R.F.A. Wierstra
Th. Wubbels (1978-1979)
J. Zwarts (1977-1978), onderzoeksassistent

PLON-administratie

E. van den Broek (1976-1979)
R. Lindeman (1977-1980)
M. Rolff van den Baumen (1974-1979)
B. Schillert (sedert 1980)
A.G. Schwering (sedert 1980)
H. Veurink (tot 1974)

Tekeningen

A. Lurvink (Onderwijsmedia instituut – Rijks Universiteit Utrecht)
H. de Waal (Onderwijsmedia instituut – Rijks Universiteit Utrecht)

Foto's

A.C.L. van Gameren (PLON)
W.H. Kamphuis (PLON)

PLON-CITO (namens CITO)

F. Boessenkool
P. Broekman
C. Hellingman
T. Heuvelmans
H. Jaspers
J. de Kanter

Proef- en volgscholen 1980-1981

Chr. Mavo Putten te Putten
Chr. Mavo de Lier te De Lier
Thorbecke S.G. te Arnhem (mavo-afdeling)
Edith Stein College te Den Haag
Chr. Mavo Mariahoeve te Den Haag
Maasveld Mavo te Blerick
Regina Pacis Streekschool te Oudewater
R.S.G. Schagen te Schagen
Hertog Jan College te Valkenswaard
Marnix College te Ede
Niels Stensen College te Utrecht
Ashram College te Alphen a/d Rijn
Mavo de Bark te Zaandam
S.G. Oost Betuwe te Bemmel
R.S.G. Broklede te Breukelen
Eemland College Noord te Amersfoort
Grotius College te Heerlen
S.G. Nijmegen Oost te Nijmegen
Chr. S.G. de Brug te Lelystad
Dr. Edith Stein Mavo te Eindhoven
Michaël Mavo te Beek-Ubbergen
Chr. S.G. Jan van Arkel te Hardenberg
Mavo 't Fregat te Zaandam
Chr. S.G. Revius te Deventer

Overzicht van PLON-thema's voor mavo en onderbouw havo-vwo

VOOR DE 2e KLAS

- Een eerste verkenning in de natuurkunde
- Mensen en metalen – themaboek
- Keuzeonderzoeken
- Werken met water – themaboek
- Leven in lucht
- IJs, water en stoom (I en II)

Tevens zijn beschikbaar:
- Terugblik 2e klas, avol/app. gidsen, rommelpakket Leven in lucht, waterbladen en demonstratiebladen Werken met water.

VOOR DE 3e KLAS

- Bruggen
- Zien bewegen
- Geluid weergeven
- Natuurkunde in de samenleving: Water voor Tanzania
- Elektrische schakelingen – instructieboekje
- Energie thuis
- Natuurkunde in de samenleving: Energie in de toekomst

Tevens zijn beschikbaar:
- Kleur en licht
- Avol/app. gidsen

VOOR DE 4e KLAS MAVO EN DE 3e KLAS HAVO-VWO

- Verkeer en veiligheid
- Krachten – instructieboekje
- Natuurkunde in de samenleving: Stoppen of doorrijden?
- Verwarmen en isoleren
- Schakelen en regelen
- Machines en energie
- Natuurkunde in de samenleving: Kernwapens

Tevens zijn beschikbaar:
- Repeteerthema voor het eindexamen mavo
- Examenboekje voor mavo
- Avol/app. gidsen