

Leerdoelen

Wat je moet kennen en kunnen aan het einde van blok

1 Je moet weten welke gassen veel in de lucht voorkomen. [T1]

2 Je moet tien verschillende gassen kunnen noemen. [P1, T1, W1]

3 Je moet tien verschillende vloeistoffen kunnen noemen. [P1, T1, W1]

4 Je moet tien verschillende vaste stoffen kunnen noemen. [P1, T1, W1]

5 Je moet de kenmerken van het gasmodel kunnen opschrijven. [P2, T2, W2]

6 Je moet de kenmerken van het vloeistofmodel kunnen opschrijven. [T3]

7 Je moet de kenmerken van het model van een vaste stof op kunnen schrijven. [T4]

8 Je moet weten wat diffusie is. Je moet dit verschijnsel kunnen verklaren met het gasmodel en het vloeistofmodel. [T2, T3]

9 Je moet weten wat de brownbeweging is en hoe je deze beweging met het gasmodel of het vloeistofmodel kunt verklaren. [T2, T3]

10 Je moet de drie fasen of aggregatietoestanden kunnen noemen. [T1, T5]

11 Je moet weten wat er met de molekulen gebeurt bij de fase-overgang van vast naar vloeibaar. [T3]

12 Je moet weten wat er met de molekulen gebeurt bij de fase-overgang van vloeibaar naar gas. [T3]

13 Je moet de proeven uit het practicum en eventuele nieuwe proefjes kunnen verklaren met het model. [P2, T2, P3, T3, P4, T4]

14 Je moet weten dat faseveranderingen omkeerbaar zijn. [P5, T5]

15 Je moet weten welke verschillen er zijn tussen het model van een vaste stof en het model van een vloeistof. [T5]

16 Je moet weten welke verschillen er zijn tussen het model van een vloeistof en het model van een gas. [T5]

17 Je moet weten dat veel vaste stoffen uit kristallen bestaan. [T4]



Blok 7

Vast, vloeibaar en gas

Basisstof

T1 Vast, vloeibaar en gas 148

W1 149

T2 Gas 149

W2 150

T3 Vloeistoffen 151

W3 153

T4 Vaste stoffen 154

W4 155

T5 Fase-overgangen 155

W5 157

Herhaalstof

H1 Het gasmodel 158

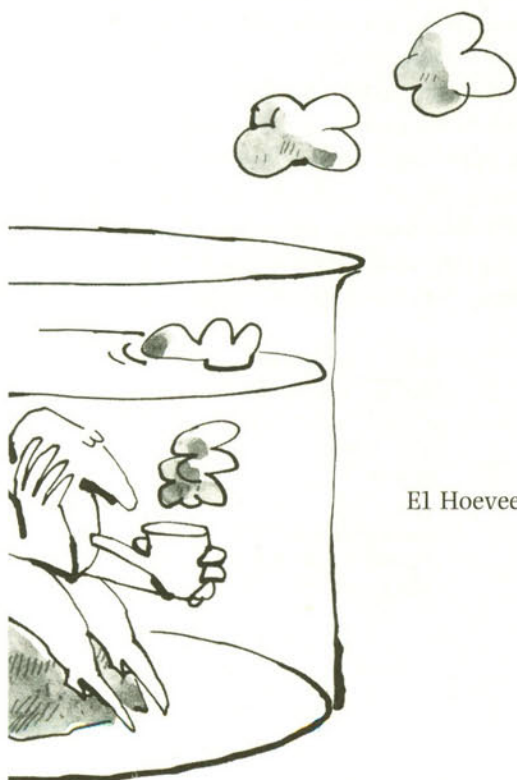
H2 Het vloeistofmodel 160

H3 Het vastestofmodel 161

Extrastof

E1 Hoeveel lucht heb je nodig om te kunnen ademen? 162

E2 Hoe hoog is de lucht? 163



In P1 hebben we een lijst gemaakt van vaste stoffen, vloeistoffen en gassen en hun eigenschappen. De meeste van deze stoffen kende je misschien al. Maar er zullen er misschien ook wel bij geweest zijn waar je nog nooit van gehoord had.

Tot de vaste stoffen behoren metalen zoals ijzer, zink, koper, zilver, goud en lood. Andere vaste stoffen zijn hout, plastic, glas, steen, leer, beton enz.

Je kent waarschijnlijk ook heel wat vloeistoffen. Melk, limonade, thee, koffie, spiritus, chloor, afwasmiddel, olie, slaolie, benzine, verf, terpentine en vele andere

vloeistoffen kun je in je naaste omgeving tegenkomen. Water is de meest voorkomende vloeistof op aarde.

De lucht om ons heen is niet één gas maar een mengsel van gassen. Lucht bestaat voor ongeveer 20% uit zuurstof en voor 78% uit stikstof. Deze gassen kunnen we niet zien, ruiken of proeven, maar toch kunnen we vaak genoeg voelen dat er lucht om ons heen is. Je merkt er iets van als het waait en als je op de fiets zit. Wat je voelt is de lucht die tegen je aan botst.

De dichtheid van water is 1 g/cm^3 . Het is kleurloos, reukloos en smaakloos. Water bevriest bij 0°C en gaat koken bij 100°C . Bij 0°C wordt water vast (we noemen het dan ijs). Boven 100°C is water gasvormig (we noemen het dan waterdamp).

De meeste gassen kun je niet direct van elkaar onderscheiden omdat veel gassen kleurloos zijn. Naast stikstof en zuurstof bestaat lucht uit koolstofdioxide, waterdamp, maar ook afvalgassen van industrie en verkeer (auto's, brommers enz.) Afvalgassen kunnen de gezondheid bedreigen en zure regen veroorzaken. Dit zijn onder andere koolstofdioxide, stikstofdioxides, zwaveldioxide en ammoniak. De laatste twee gassen zijn overigens wel erg goed te ruiken. Andere bekende gassen zijn butaan, propaan (beide

worden gebruikt als LPG en flesse-gas), waterstof en ozon. Dit laatste gas komt voornamelijk in de buitenste lagen van de dampkring voor en werkt als filter voor de schadelijke ultraviolette straling van de zon. De beschermende ozonlaag wordt de laatste jaren steeds kleiner. Dit komt voor een belangrijk deel door de vernietigende werking van drijfgassen uit spuitbussen. Ozon wordt in kleine hoeveelheden gevormd bij onweer en is dan soms te ruiken.

Ijs, water en waterdamp staan in P1 in verschillende tabellen, terwijl het over dezelfde stof gaat. De stof water komt voor in drie fasen, nl.: vast, vloeibaar en gasvormig (figuur 1).

Water gaat bij 0°C over van vast naar vloeibaar (we noemen dit het smeltpunt). Bij 100°C gaat vloeibaar water over in waterdamp. Dit punt noemen we het kookpunt.

Net als water kunnen de meeste stoffen voorkomen in de drie fasen vast, vloeibaar of gasvormig. Bij een be-

paalde temperatuur gaat de stof over van vast naar vloeibaar. We noemen dit het smeltpunt. Elke stof heeft zijn eigen smeltpunt. Bij het kookpunt gaat de stof over van de vloeibare naar de gasvormige fase.

In de tabel in figuur 2 staan een aantal smeltpunten en kookpunten. Deze tabel hoeft je niet uit je hoofd te leren. Het is veel belangrijker dat je verschillende eigenschappen leert onderscheiden die behoren bij vaste stof, vloeistof en gas. Om deze eigenschappen te leren herkennen en begrijpen gaan we ze in het practicum onderzoeken.

fig. 1

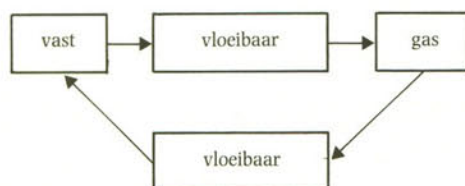


fig. 2

stof	smeltpunt in $^\circ\text{C}$	kookpunt in $^\circ\text{C}$
goud	1064	2807
ijzer	1530	3000
koolstof	3550	4827
koper	1083	2567
paraffine	54	218
platina	1770	3800
tin	232	2360
wolfram	3410	5660

In de krant lees je wel eens de chemische formules van een aantal gassen. Een paar bekende zijn: waterstof (H_2), zuurstof (O_2), ozon (O_3), koolstofdioxide (CO_2), zwaveldioxide (SO_2), ammoniak (NH_3).

1a Noem tien stoffen die onder normale omstandigheden vast zijn.

b Aan welke eigenschappen kun je herkennen dat een stof vast is?

2a Noem tien stoffen die onder normale omstandigheden vloeibaar zijn.

b Aan welke eigenschappen kun je herkennen dat een stof vloeibaar is?

3a Noem tien stoffen die onder normale omstandigheden gasvormig zijn.

b Aan welke eigenschappen kun je herkennen dat een stof gasvormig is?

4 Welke stoffen ken je die je in het dagelijks leven in verschillende fasen (vloeibaar, vast of gasvormig) tegen kunt komen?

5a Waarom wordt kwik veel gebruikt als thermometer-vloeistof?

b Welke andere vloeistof wordt daar ook wel voor gebruikt?

6 Welke eigenschappen zijn verschillend bij gassen en vloeistoffen? (Denk aan samenpersbaarheid, brandbaarheid enz.)

7 Welke eigenschappen zijn verschillend bij vloeistoffen en vaste stoffen?

Blok 7

T2

Gas

Eigenschappen van gassen

Aan de hand van een aantal proeven uit P2 zijn we veel te weten gekomen over gassen.

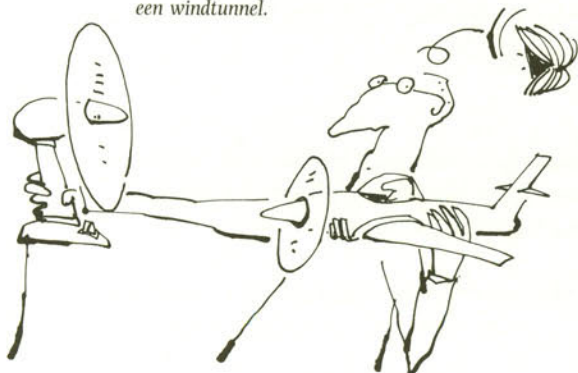
Enkele eigenschappen zijn:

- 1 een gas heeft massa (proef 4);
- 2 een gas neemt ruimte in (proef 1 en 2);
- 3 een gas heeft geen vaste vorm (proef 2 en 3);
- 4 een gas kun je samenpersen (proef 2 en 3);
- 5 een gas oefent een druk uit (proef 5 en 6);
- 6 een gas vertoont diffusie (proef 7);
- 7 een gas kan brownbeweging veroorzaken (proef 8);
- 8 het volume van een gas hangt af van de temperatuur (proef 9).

Om de proeven uit het practicum beter te begrijpen en om de overeenkomsten tussen de gassen beter in te zien, zullen we een model van een gas opstellen. Hiermee kun je je beter voorstellen hoe een gas in elkaar zit en kun je vaak nauwkeurig voorspellen hoe gassen zich onder bepaalde omstandigheden zullen gedragen.

In de natuurkundelessen spreken we van een model als we het hebben over een vereenvoudigde voorstelling van de werkelijkheid. Vaak proberen we een model zichtbaar te maken met tekeningen (figuur 3).

fig. 3
Een 'eenvoudig' model van een windtunnel.



In sommige situaties maken we gebruik van modellen. Denk daarbij aan schaalmodellen van vliegtuigen of schepen, aan modellen van planten en bloemen in de biologieles, aan een maquette van een woning of aan een schaalmodel van ons zonnestelsel. Deze modellen geven ons meer inzicht hoe de situatie er in werkelijkheid uitziet. Als we dat weten, kunnen we ook beter voorspellingen doen over andere situaties (figuur 4).

fig. 4
Schaalmodel.



Het gasmodel

- 1 Een gas bestaat uit kleine deeltjes die we molekulen noemen.
- 2 De molekulen hebben massa.
- 3 Er zit veel ruimte tussen de molekulen.
- 4 De molekulen bewegen voortdurend.
- 5 De molekulen botsen tegen elkaar en tegen de wand van de ruimte waar het gas in zit.
- 6 De snelheid van de molekulen hangt af van de temperatuur (bij temperatuurstijging neemt de snelheid toe).

Een getekende voorstelling van ons model zie je in figuur 5.

Met behulp van het gasmodel kunnen we de proeven uit het practicum verklaren. Als voorbeeld nemen we het proefje met de aardgassnuffelaars. Waar je ook staat in het lokaal, na verloop van tijd kun je overal in het lokaal het gas ruiken. Het aardgas heeft zich dus door het lokaal verspreid. We kunnen dit verklaren met de kenmerken van het gasmodel.

Kenmerk 3: de molekulen zitten ver van elkaar, dus

kunnen ze gemakkelijk langs elkaar bewegen.

Kenmerk 4: de molekulen bewegen voortdurend, dus ze zullen na enige tijd ook in je neus terecht zijn gekomen.

Bij deze proef hebben aardgas en lucht zich vanzelf gemengd. (Je hoeft niet te schudden.)

Dit verschijnsel noemen we *diffusie* van gassen. Diffusie van gassen maakt het mogelijk dat je allerlei geuren kunt ruiken (figuur 6).

Een direct bewijs voor het bewegen van de gasmolekulen is de brownbeweging (proef 8 van P2). Hierbij zag je dat lichte, kleine rookdeeltjes en kleine stofjes trillen omdat er voortdurend gasmolekulen tegen botsen. De brownbeweging is alleen bij kleine stofdeeltjes zichtbaar omdat grotere deeltjes te zwaar zijn en er veel meer gasmolekulen van alle kanten tegelijk tegen botsen, waardoor de kans kleiner wordt dat het rookdeeltje één bepaalde kant op geslingerd wordt. In T3 komen we nog op de brownbeweging terug.

fig. 5

Voorstelling van ons gasmodel: de molekulen bewegen kriskras door elkaar en botsen voortdurend.

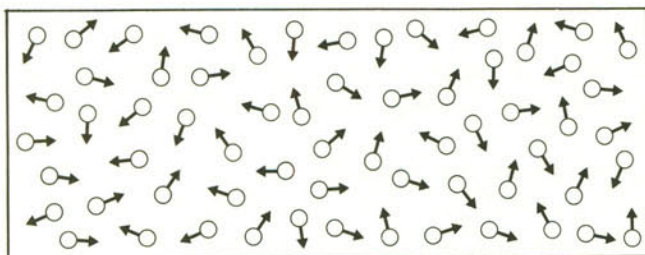
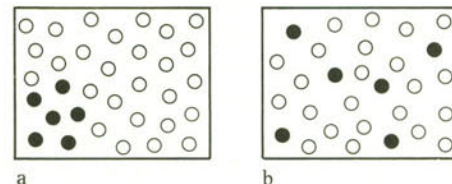


fig. 6

De aardgasmolekulen mengen zich vanzelf tussen de luchtmolekulen. Dit noemen we diffusie.



Blok 7

W2

- 1 Schrijf de kenmerken op van het gasmodel.
- 2 Als een flesje parfum kapotvalt, verdampt het parfum en kun je binnen de kortste keren in de gehele omgeving van de geur meegenieten. Met welk verschijnsel is dit te verklaren?

3 Als je door een rietje luchtballen in een glas water blaast, gaan de ballen omhoog (figuur 7).

Hoe kun je dit verklaren?

- 4a Wat verstaan we onder de brownbeweging?
- b Hoe is deze beweging te verklaren met het gasmodel?

fig. 7



5 Waarom vertonen de regendruppels die door de lucht vallen, geen brownbeweging?

6 We blazen lucht via de tuit in een plastic spuitfles die voor de helft met water is gevuld. Als we ophouden met blazen komt er vanzelf water uit de tuit (figuur 8).

a Leg met het model van een gas uit waarom er water uit de fles komt.

b Verklaar waarom de fles na een tijdje ophoudt met spuiten.

Als we deze fles een tijdje in de zon zetten dan komt er weer water uit.

c Verklaar dit.

7a Verklaar waarom het gas in een afgesloten fietspomp samengeperst kan worden (figuur 9).

b Verklaar bovendien waarom het samenpersen steeds moeilijker gaat en je tenslotte de lucht niet nog meer kunt samenpersen.

fig. 8

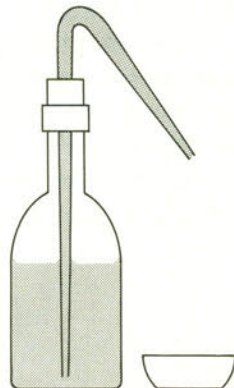
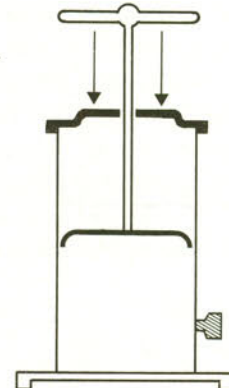


fig. 9



Blok 7

T3

Vloeistoffen

Eigenschappen van vloeistoffen

Aan de hand van de resultaten van de proeven uit P3 kunnen we de volgende eigenschappen van vloeistoffen vaststellen. Een vloeistof:

- 1 heeft massa;
- 2 neemt ruimte in;
- 3 heeft geen vaste vorm;
- 4 is bijna niet samendrukbaar;

- 5 oefent druk uit;
- 6 vertoont cohesie;
- 7 vertoont diffusie;
- 8 kan brownbeweging veroorzaken.

fig. 10



Toelichting

Eigenschap 1. Een hoeveelheid vloeistof heeft massa. De dichtheid is groter dan bij gassen (zie proef 2 van P3), dus 1 cm^3 vloeistof heeft een grotere massa dan 1 cm^3 gas (figuur 10).

Eigenschap 3. Vloeistoffen hebben geen vaste vorm, maar nemen de vorm aan van de ruimte (glas, beker enz.) waarin we ze gieten. Je kunt ook met een voorwerp door de vloeistof bewegen.

Eigenschap 4. Vloeistoffen zijn bijna niet samendrukbaar. Dat betekent nog niet dat ze een vast volume hebben (zie proef 3 en 8). We hebben gezien dat bij mengen een volumeverandering op kan treden (figuur 11).

Eigenschap 5. Vloeistoffen oefenen druk uit op de wand

fig. 11



van de ruimte waarin ze zich bevinden. Als je een gat maakt in de wand dan spuit de vloeistof eruit (proef 5).

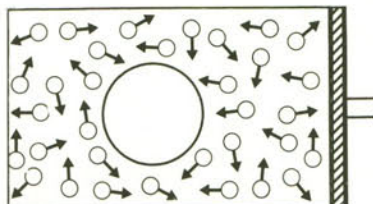
Eigenschap 6. Een vloeistof vertoont cohesie, dat wil zeggen dat de vloeistof een samenhangend geheel vormt. Er is dus een kracht nodig om een hoeveelheid vloeistof in kleinere gedeelten te verdelen. Zoals we bij de kwikdruppels hebben gezien willen die afzonderlijke druppels weer graag één geheel vormen (proef 6 en 7).

Eigenschap 7. Vloeistoffen mengen zich vanzelf (proef 4). Dit verschijnsel noemen we diffusie. Het mengen gaat alleen veel langzamer dan bij gassen.

Eigenschap 8. Kleine deeltjes vaste stof of vetbolletjes zullen in de vloeistof een willekeurige beweging uitvoeren (proef 10). We noemen dit de brownbeweging (figuur 12).

fig. 12

De brownbeweging.



Model van een vloeistof

- 1 Een vloeistof is opgebouwd uit molekulen.
- 2 De molekulen hebben massa.
- 3 Er zit weinig ruimte tussen de molekulen.
- 4 Molekulen bewegen voortdurend in een willekeurige richting. De snelheid van de molekulen neemt toe bij hogere temperatuur.
- 5 Molekulen botsen tegen elkaar en tegen de wand.
- 6 Molekulen trekken elkaar aan. Deze kracht noemen we de vanderwaalskracht of cohesiekracht.

Met dit model kunnen we veel verschijnselen bij vloeistoffen verklaren. Bijvoorbeeld:

De brownbeweging (figuur 13). Hierbij botsen de zeer kleine vloeistofmolekulen tegen grotere deeltjes vaste stof (inkt) of vetbolletjes (melk). Deze deeltjes kun je onder de microscoop wel zien, de veel kleinere molekulen niet (proef 10).

Volgens kenmerk 5 botsen de molekulen tegen elkaar en tegen de wand. Ze botsen dus ook tegen de grotere deeltjes in de vloeistof. Omdat de beweging van de vloeistofmolekulen geheel willekeurig is, zullen er bijvoorbeeld soms wat meer vloeistofmolekulen tegen de

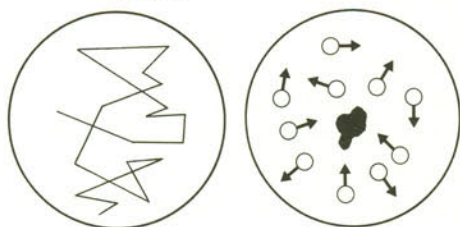
linkerkant van het deeltje botsen, en even later wat meer tegen de rechterkant, enzovoort. Daardoor gaan de deeltjes ook willekeurig bewegen.

Diffusie: twee verschillende vloeistoffen kunnen uit zichzelf gaan mengen. Volgens kenmerk 4 bewegen de molekulen voortdurend. Aangezien er volgens kenmerk 3 weinig ruimte tussen de molekulen zit, zal de diffusie

niet snel gaan. Dit klopt, want we hebben ontdekt dat diffusie bij gassen veel sneller gaat.

Uitzetten van vloeistoffen (bijvoorbeeld in een thermometer) kunnen we ook verklaren met de kenmerken 3 en 4. Als de temperatuur stijgt, bewegen de molekulen sneller en dat kan alleen maar als er meer ruimte voor ze is.

fig. 13
Model van de brown-
beweging.



De Engelse bioloog Robert Brown (1773–1858) ontdekte in 1827 met behulp van een microscoop dat zeer kleine deeltjes, zoals plantesporen, in een vloeistof voortdurend wanordelijk bewegen, ook al is de vloeistof geheel in rust. Brown kon de bewegende deeltjes wel door zijn microscoop zien, maar niet de veel

kleinere vloeistofmolekulen die er voortdurend tegenaan botsten. Daarom kon hij geen verklaring geven voor dit verschijnsel. Pas door het werk van Einstein en anderen vlak na 1900, weten we nu dat deze deeltjes heen en weer bewegen doordat er voortdurend vloeistofmolekulen tegen botsen.

Blok 7

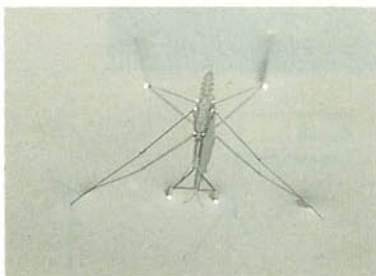
W3

1 Sommige insecten kunnen op het water lopen (figuur 14).

a Met welke proef uit P3 is dit te vergelijken?

b Hoe kun je dit verklaren met het vloeistofmodel?

fig. 14



2a Maak een tekening (zijaanzicht) van een waterdruppel en een kwikdruppel op een glasplaat.

b Verklaar de vorm van de waterdruppel en de kwikdruppel met behulp van het vloeistofmodel.

3 Bij een druppelende kraan groeien de druppels langzaam aan. Op een gegeven moment valt de druppel (figuur 15).

a Welke krachten spelen hierbij een rol?

b Waarom kan de druppel niet aan de kraan blijven hangen?

fig. 15



4 Welke zijn de belangrijkste verschillen tussen het gasmodel en het vloeistofmodel?

5 Waarom gaat het verschijnsel diffusie bij vloeistoffen langzamer dan bij gassen?

6 Leg met het molekuulmodel uit waarom een gas wel samendrukbaar is, en een vloeistof bijna niet.

Eigenschappen van vaste stoffen

Net als bij de opbouw van het gasmodel en het vloeistofmodel, noteren we eerst de eigenschappen van de vaste stof. Daarna komt het model waaruit al deze eigenschappen afgeleid moeten kunnen worden.

- 1 Een vaste stof heeft massa.
- 2 Een vaste stof neemt ruimte in.
- 3 Een vaste stof heeft een eigen, vaste vorm en is niet samendrukbaar.
- 4 Een vaste stof is moeilijk te buigen en te breken.
- 5 Een aantal vaste stoffen is oplosbaar.

Toelichting

Eigenschappen 1 en 2: de dichtheid van de stof in vaste vorm is iets groter dan die van dezelfde stof in vloeibare vorm. Ijs is een uitzondering (proef 1).

Eigenschap 3: een vaste stof heeft een vast volume en is niet samendrukbaar. Vaste stoffen vormen voorwerpen met een eigen vorm. Je kunt ze niet schenken in een andere vorm zoals bij gassen en vloeistoffen (proef 2). Uitzonderingen zijn stoffen als elastiek en schuimrub-

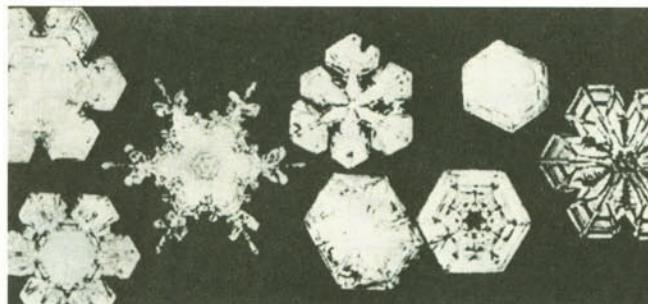
ber. Schuimrubber is elastisch en bevat zeer veel kleine luchtbelletjes die gemakkelijk vervormbaar zijn.

Als je een vloeistof afkoelt, zal deze gaan stollen. Vaak kristalliseert de stof hierbij uit (proef 3 en 4). Dat wil zeggen dat er vaste stof met een regelmatige vorm ontstaat. Aan de vorm van de kristallen kun je soms zien welke stof het is (figuur 16).

Eigenschap 4: een vaste stof is moeilijk te buigen of te breken (proef 2). Dit komt door de vanderwaalskracht (cohesiekracht). Als een voorwerp tijdelijk van vorm verandert en daarna weer zijn oorspronkelijke vorm aanneemt, zeggen we dat de vaste stof *elastisch* is.

Eigenschap 5: de meeste vaste stoffen kunnen opgelost worden in een vloeistof (oplosmiddel). Zo lost suiker op in water. We spreken dan van een suikeroplossing (proef 4). Hoe hoger de temperatuur, hoe groter de hoeveelheid suiker die kan worden opgelost en hoe sneller het gaat. De suiker kun je weer terugkrijgen door het water te verdampen zodat je weer suikerkristallen overhoudt.

fig. 16
Sneeuwkrystallen.



Bij het stollen van de aardkorst zijn vele stoffen uitgekristalliseerd, zoals zand, basalt, mica en diamant. Edelstenen hebben een prachtige, doorzichtige kristalstructuur (figuur 17 en 18). Ook in de potjes met stoffen die in de scheikundeles gebruikt worden, zie je wel mooie kristallen.

fig. 17
Ruimtelijke ordening in de vaste stof: stapeling van molekulen volgens een vast patroon, het kristalrooster.

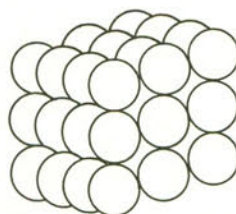
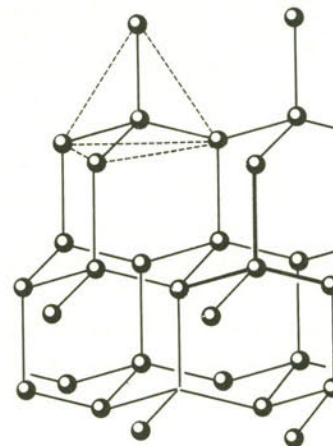


fig. 18
Diamantrooster.



Model van een vaste stof

- 1 Een vaste stof bestaat uit molekulen.
- 2 De molekulen hebben massa.
- 3 De molekulen zitten dicht op elkaar gerangschikt in een rooster.
- 4 De molekulen maken een trillende beweging rond een vaste plaats.
- 5 De vanderwaalskrachten tussen de molekulen zijn erg groot.

Ook met dit model kunnen we weer een aantal dingen verklaren. Bijvoorbeeld: Waarom zien zoutkristallen er allemaal hetzelfde uit? Je kunt dit verklaren met kenmerk 3, waarin staat dat de molekulen in een rooster gerangschikt zijn. Ze zitten dus op 'vaste' plaatsen ten opzichte van elkaar.

Blok 7

W4

- 1a** Waarom zinkt vaste paraffine in vloeibare paraffine?
b Wat gebeurt er dus met het volume van paraffine tijdens het stollen?
c Wat gebeurt er dan met de onderlinge afstand van de molekulen?

2 Wat zijn de belangrijkste verschillen tussen de modellen van een vaste stof en van een vloeistof?

3 Een plastic voorwerp is vaak gemakkelijk te vervormen.

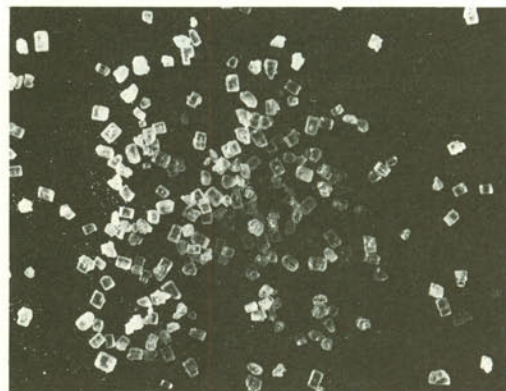
Verklaar dit met het model van de vaste stof.

4 Als je een koperdraad een flinke klap met een hamer geeft, verandert de vorm. Wat gebeurt er bij deze vervorming met:

- a** de molekulen;
- b** het rooster;
- c** de dichtheid?

5 Zegt de vorm van de suikerkristallen op de foto (figuur 19) iets over de vorm van de molekulen of over de manier waarop de molekulen zijn gerangschikt? Verklaar je antwoord.

fig. 19
Suikerkristallen.



Blok 7

T5

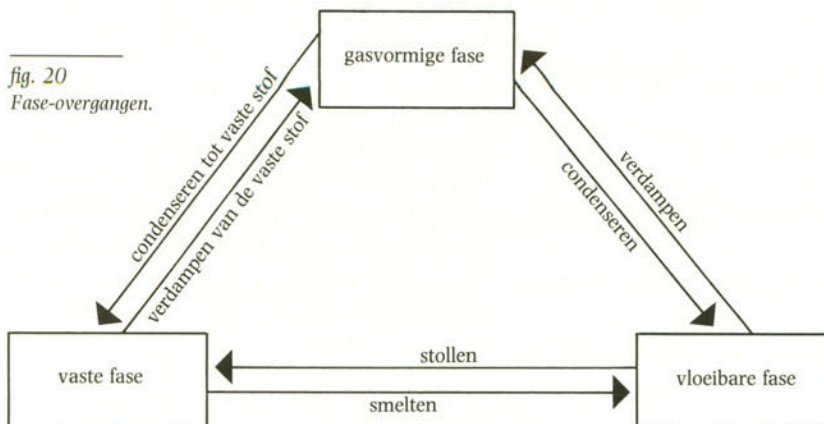
Fase-overgangen

We hebben gezien dat een stof in verschillende fasen kan voorkomen, namelijk: vast, vloeibaar en gasvormig. Bij het verwarmen van sommige stoffen hebben we ook gezien dat de stof van fase verandert. Welke fase-overgangen er zijn, zie je in figuur 20.

We gaan uit van een blokje ijs dat we verwarmen van -20°C tot 110°C . Wat gebeurt er tijdens het verwarmen met de molekulen en de stof?

De molekulen gaan bij stijgende temperatuur steeds sneller bewegen. Bij 0°C bewegen de molekulen zo snel

fig. 20
Fase-overgangen.



dat ze lostrillen uit het rooster. De molekulen gaan vrij bewegen. De temperatuur blijft tijdens het smelten steeds het zelfde, terwijl er wel steeds energie wordt toegevoerd. Deze energie wordt gebruikt voor het losmaken van de molekulen uit het rooster. Als al het ijs gesmolten is, zal de temperatuur van het water langzaam stijgen. De molekulen gaan steeds sneller bewegen en hebben dus veel meer ruimte nodig. De vloeistof zet uit. Bij 100 °C bewegen de molekulen zo snel dat ze de cohesiekracht kunnen overwinnen en de vloeistof kunnen verlaten.

Bij veel vaste stoffen gebeurt bij verhitting precies het-

zelfde, maar omdat de cohesiekracht per stof verschillend is, zijn de smeltpunten en kookpunten van de stoffen niet hetzelfde. Er zijn ook stoffen die geen smeltpunt hebben maar direct overgaan van vaste fase naar gasvormige fase. We noemen dit vervluchtigen of sublimeren. Andere stoffen ontleden bij verhitting. Dit betekent dat de molekulen uit elkaar vallen en er geheel andere stoffen ontstaan. In de tabel (figuur 22) zie je de smeltpunten en de kookpunten van een aantal stoffen.

Deze tabel hoef je niet uit je hoofd te leren, je moet hem wel kunnen gebruiken.

fig. 21
Bij het destilleren maak je gebruik van fase-overgangen.

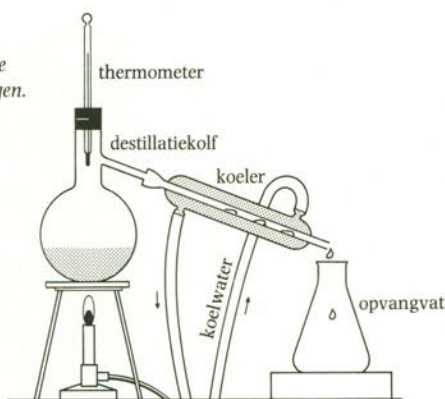


fig. 22

stof	smeltpunt in °C	kookpunt in °C	stof	smeltpunt in °C	kookpunt in °C
alcohol	-115	78	koper	1083	2567
frituurvet	50	250	kwik	-39	357
goud	1064	2807	naftaleen	vaste stof verdampt	ontleedt
helium	-272	-269	paraffine	54	218
ijzer	1530	3000	platina	1770	3800
jodium	vaste stof verdampt	184	tin	232	2360
kamfer	vaste stof verdampt	ontleedt	water	0	100
koolstof	3550	4827	waterstof	-259	-253
koolstofdioxide	-79	-57	wolfraam	3410	5660
			zuurstof	-218	-183

fig. 23

Overzicht van de eigenschappen die een stof bezit in de verschillende fasen.

eigenschap	gas	vloeistof	vaste stof
neemt ruimte in	veel	ja	ja
heeft vast volume	nee	ja	ja
is samendrukbaar	ja	nee	ja
heeft eigen vorm	nee	nee	ja
is elastisch	–	–	ja
oefent druk uit	ja	ja	nee
vertoont diffusie	ja	ja	nee
er is brownbeweging	ja	ja	–
heeft massa	klein	ja	ja
dichtheid	nee	groot	groter
vertoont cohesie	–	klein	groot
bestaat uit kristallen	–	–	de meeste
lost op	–	–	de meeste

fig. 24

Overzicht van de kenmerken van de verschillende molekuulmodellen.

kenmerk	gasmodel	vloeistof-model	vastestof-model
bestaat uit molekulen	ja	ja	ja
de molekulen hebben massa	ja	ja	ja
ruimte tussen de molekulen	groot	klein	klein
beweging van de molekulen	vrij	langs elkaar	trillen rond vaste plaats
cohesiekrachten tussen de molekulen	nee	klein	groot

Blok 7

W5

1a Schrijf vier stoffen op die vloeibaar zijn bij $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Gebruik hierbij de tabel in figuur 22 van T5.

b Schrijf vier stoffen op die gasvormig zijn bij $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2 Welke verandering treedt er op in de samenhang tussen de molekulen als

a een vaste stof smelt?

b een vaste stof oplost?

Wat gebeurt er met de molekulen als

c een vaste stof smelt?

d een vaste stof oplost?

3 Hoe heet de nieuwe fase als een

a vaste stof verdampt?

b gas condenseert?

c vloeistof stolt?

d vaste stof smelt?

4 Hoe heet de fase-overgang van:

a vloeibaar naar vast?

b gas naar vast?

c vast naar vloeibaar?

d vloeibaar naar gas?

e gas naar vloeibaar?

5 Wat is het verschil tussen de molekulen van waterdamp en van ijs?

6 Als je een ei kookt, gaat het eiwit stollen.

Is dit een fase-overgang? Licht je antwoord toe.

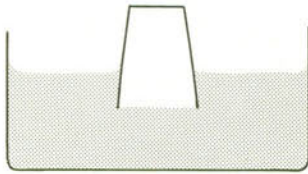
In deze herhaalstof kun je nog eens zien hoe je met het gasmodel kunt werken. Natuurkundigen hebben eeuwen gewerkt aan de samenstelling van het gasmodel. Ze hebben dit model opgebouwd uit de resultaten van zeer veel proeven.

Het gasmodel is een voorstelling van hoe men denkt dat een gas eruit ziet. Hiermee kun je alle proeven verklaren en kun je ook voorspellen wat het resultaat is van proeven die je nog niet hebt uitgevoerd.

1 Noteer de eigenschappen van het gasmodel nog eens. Je kunt ze eventueel terugvinden in T2.

2 Als je een glas ondersteboven in het water duwt, loopt het niet vol met water (figuur 25). Met welke eigenschap van het model kun je dat verklaren?

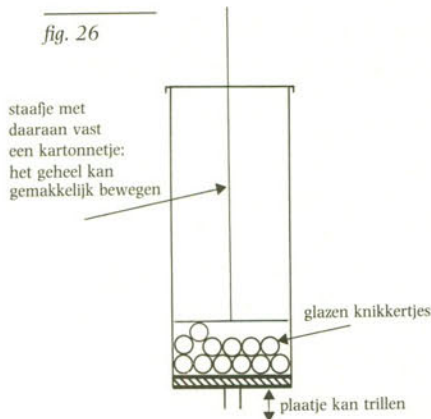
fig. 25



3 In figuur 26 zie je een glazen buis, waarvan de bodem aangesloten is op een trilapparaat. In de buis liggen een aantal kleine, glazen knikkers, met daarop een kartonnetje dat omhoog en omlaag kan bewegen. Als het apparaat ingeschakeld wordt, gaan de glazen knikkers bewegen en duwen ze tegen het kartonnetje. We zetten het trilapparaat aan.

Teken nu de stand van het kartonnetje en teken ook de bewegende knikkers.

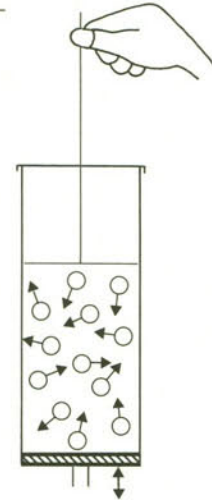
fig. 26



4 Als je tijdens het trillen het staafje met het kartonnetje naar beneden duwt, merk je dat dit steeds moeilijker gaat (figuur 27).

Verklaar dit door gebruik te maken van een paar kenmerken van het gasmodel.

fig. 27



5 De knikkertjes uit de twee voorgaande proefjes kunnen we vergelijken met de gasmolekulen in een fietspomp. Als we de slang van de fietspomp dichtknijpen en tegelijk de lucht in de pomp samenpersen, merken we hetzelfde als bij de proef in opgave 4 (figuur 28).

a Met welk kenmerk van het model kun je verklaren dat we de lucht in de pomp kunnen samenpersen?

b Met welk kenmerk van het model kun je verklaren dat het samenpersen steeds moeilijker gaat?

fig. 28
Fietspomp.

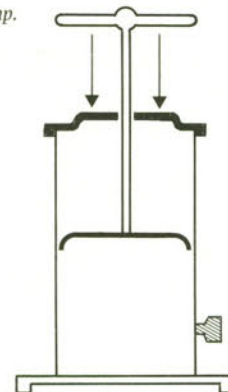
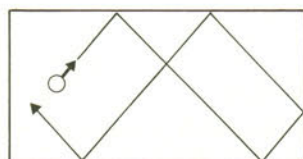


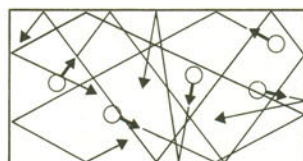
fig. 29



baan van één molecuul



teken de baan van het molecuul in deze grotere ruimte



meerdere molekulen



meerdere molekulen in grote ruimte

6 Neem de twee rechterschetsen van figuur 29 in je schrift over en teken daarin de baan van de molekulen.

7 Je draait de gaskraan in het lokaal open.

a Met welke kenmerken van het gasmodel kun je verklaren dat het gas zich over het gehele lokaal verspreidt?

b Hoe noemen we dit verschijnsel?

8 Als deze proef niet in de klas gedaan wordt, kun je hem ook in gedachten uitvoeren (figuur 30).

Eén bekersglas is gevuld met lucht (lichte molekulen) en het andere met broomdamp (een bruin gas dat uit zware molekulen bestaat). We zetten het bekersglas met lucht omgekeerd op het bekersglas met broom en trekken het scheidingsplaatje weg.

a Teken de situatie een tijd later.

b Verklaar nu het verschijnsel diffusie.

10 We verwarmen een glazen bolletje en steken daarna het dunne buisje in een bekersglas koud water (figuur 31). Als de lucht in het bolletje afkoelt, zien we het water in het dunne buisje stijgen.

a Waarom stijgt het water in het glazen buisje?

b Wat zou er volgens jou gebeuren als we het bolletje nu weer zouden verwarmen (het uiteinde van het dunne buisje blijft onder water)?

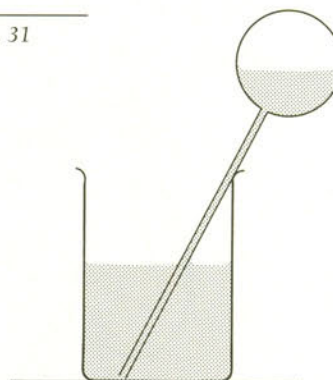
c Verklaar je antwoord bij b met het gasmodel.

fig. 30

Diffusie van een gas.



fig. 31



9 Beantwoord de volgende vragen over de brownbeweging van rookdeeltjes in lucht.

a Zie je door de microscoop gasmolekulen?

b Welke deeltjes zie je wel?

c Bewegen de rookdeeltjes uit zichzelf?

d Hoe komt het dat je de rookdeeltjes ziet bewegen?

e Waarom voeren de rookdeeltjes een trillende beweging uit?

f Hoe kun je de brownbeweging verklaren met het gasmodel?

We gaan nog eens na welke eigenschappen je hebt leren kennen van vloeistoffen. Daarbij stellen we steeds twee vragen:

- a Hoe ben je dat te weten gekomen? (Wat heb je gezien? Welke proef heb je gedaan?)
b Hoe kun je dat met het molekuulmodel verklaren?

Geef bij elke eigenschap van vloeistoffen de antwoorden op de vragen a en b.

Eigenschap

- 1 Vloeistof heeft massa.
- 2 Vloeistof neemt ruimte in.
- 3 Vloeistof heeft geen vaste vorm.
- 4 Vloeistof is bijna niet samendrukbaar.
- 5 Vloeistof oefent druk uit.
- 6 Vloeistof vertoont cohesie.
- 7 Vloeistof vertoont diffusie.
- 8 Vloeistof kan brownbeweging veroorzaken.

Voorbeeld

Eigenschap 5: een vloeistof oefent druk uit op de wand van het vat waarin die vloeistof zit.

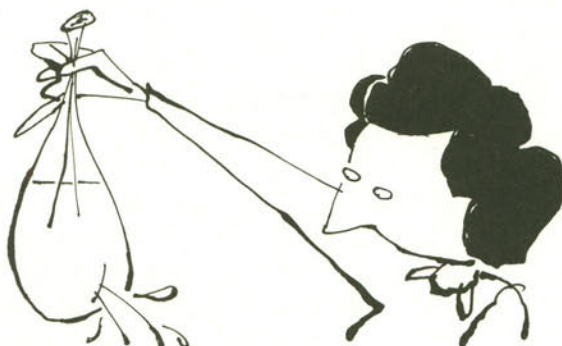
a Hoe weet je dat?

Dat heb je gemerkt bij proef 4 van P3. Daar vulde je een plastic zak met water. De zak ging bol staan. Toen je er een gaatje in prikte spoot het water eruit (figuur 32).

b Hoe kun je met het gasmodel verklaren dat een vloeistof druk uitoefent op de wand van het vat (hier de plastic zak)?

De vloeistofmolekulen bewegen voortdurend. Ze botsen tegen elkaar en tegen het plastic. De botsingen van de molekulen tegen het plastic geven samen de druk. De zijkanten van de zak gaan daardoor bol staan.

fig. 32



Proef op de som: Een nieuwe eigenschap van vloeistoffen?

Je hebt twee gelijke kogeltjes en twee regaerbuisjes. Het ene buisje vul je met water, het andere met glycerine (tot een halve centimeter onder de rand). Je kunt de buisjes vastklemmen in een statief. De bedoeling is dat je nagaat of de kogeltjes in beide vloeistoffen even snel vallen (figuur 33).

Dit kan door ze vlak boven (of net in) de vloeistof te houden en ze dan los te laten. Het kan ook door de valtijden te meten met een stopwatch.

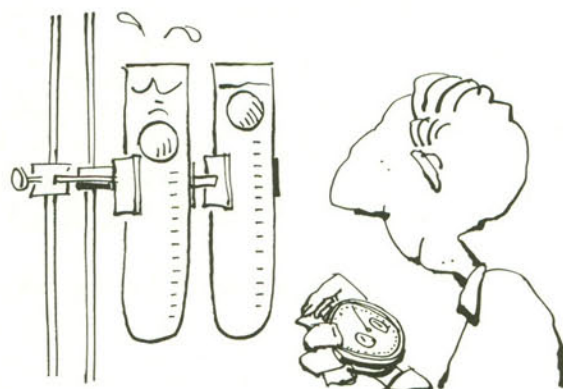
9 Wat valt je op aan de valtijden van deze kogeltjes?

10 Er is hier kennelijk verschil tussen de vloeistoffen water en glycerine. Wat is er verschillend?

11 Kun je een naam voor deze nieuwe eigenschap bedenken?

12 Hoe verklaar je dit verschil met het vloeistofmodel?

fig. 33



We gaan nog eens na welke eigenschappen je hebt leren kennen van vaste stoffen. Daarbij stellen we steeds twee vragen:

- a Hoe ben je dat te weten gekomen? (Wat heb je gezien? Welke proef heb je gedaan?)
b Hoe kun je dat met het molekuulmodel verklaren?

Geef bij elke eigenschap van vaste stoffen de antwoorden op de vragen a en b.

Schrijf nu elke eigenschap van vaste stoffen nog eens

op (T4). Zet daar steeds je antwoorden op de vragen a en b bij- Maak voor vraag b gebruik van het model zoals dat staat in T5.

Eigenschappen

- 1 Een vaste stof heeft massa.
- 2 Een vaste stof neemt ruimte in.
- 3 Een vaste stof heeft een eigen, vaste vorm en is niet samendrukbaar.
- 4 Een vaste stof is moeilijk te buigen en te breken.
- 5 Een aantal vaste stoffen is oplosbaar.

Voorbeeld

Sommige vaste stoffen kunnen worden opgelost in een vloeistof.

a Hoe ben je dat te weten gekomen? In proef 11 van P4 heb je wat zout opgelost in water. Vaak los je suiker op in thee of koffie. Je ziet dan dat na verloop van tijd de kristalletjes vaste stof verdwenen zijn. Je proeft dat de thee of koffie zoet is geworden.

b Hoe kun je dat verklaren met het molekuulmodel van de vaste stof?

Je kunt je voorstellen dat de molekulen in een vaste stof om de roosterpunten trillen. Als je een kristal in een vloeistof doet, zullen de vloeistofmolekulen voortdurend tegen het kristal botsen. De molekulen aan de buitenkant van het kristal kunnen daarbij uit het rooster worden gestoten. Deze molekulen komen dan tussen de vloeistofmolekulen terecht. Op deze manier lost een vaste stof op in een vloeistof.

E1 Hoeveel lucht heb je nodig om te kunnen ademen?

Inleiding

Als je ergens mee bezig bent, heb je nauwelijks in de gaten dat je ademt. Maar haal eens diep adem. Je merkt dan dat er meer lucht in je longen kan dan er gewoonlijk inkomt. Je merkt ook dat diep ademhalen niet vanzelf gaat, tenzij je een tijdje hebt hardgelopen. Dan gaat het hijgen vanzelf.

Het is niet zo moeilijk om het volume van de lucht te meten.

Vragen (die misschien al gesteld zijn bij biologie)

1 Waarom heb je meer lucht nodig als je hardloopt?

2 Wat is het verschil tussen ingeademde en uitgeademde lucht?

3 Denk je dat er steeds evenveel lucht uit je longen komt als er in gaat?

4 Hoe werkt je ademhaling eigenlijk? Hoe komt het dat er lucht naar binnen gaat bij inademing?

5 Maak eens een schatting van de inhoud van je longen: 10 cm^3 , 100 cm^3 , 1000 cm^3 of nog meer?

6 Als je rustig zit en gewoon ademhaalt, welk gedeelte van de lucht in je longen wordt dan per keer ververs, denk je? De helft? Of een tiende?

Proeven (kunnen ook thuis)

Je hebt nodig:

Een grote fles of een jerry-can; een teil, emmer of afwasbak met water; een stuk plastic of rubberslang; een maatbeker of een liniaal.

a Vul de fles geheel met water, doe je hand op de opening en zet hem omgekeerd in de bak met water. Blijf hem vasthouden met je andere hand of laat iemand anders de fles vasthouden. Adem vervolgens zo diep mogelijk in en blaas je adem door de slang in de fles. Sluit dan de opening van de fles weer af met je hand en keer hem om. Bepaal nu met behulp van de maatbeker of de liniaal hoeveel cm^3 water je hebt weggeblazen. Vergelijk dit eens met je antwoord op vraag 5.

b Vul de fles nu gedeeltelijk met water. Zet hem weer

omgekeerd in de bak met water en adem nu een paar keer gewoon door het slangetje. Houd hierbij je neus goed dicht. Zet streepjes bij de hoogste en de laagste stand van het water in de fles of laat dit door iemand anders doen.

Eventueel kun je er nummertjes bij zetten voor de eerste of de tweede keer. Met de maatbeker of de liniaal kun je weer nagaan hoe groot het volume tussen de streepjes is. Vergelijk dit met je antwoord op vraag 6.

c Eventueel kun je proef b nog eens doen als je eerst hebt hardgelopen.

Hijgen is iets anders dan gewoon ademen! Je doet het als je meer zuurstof nodig hebt. Schat eens hoeveel maal zoveel je verbruikt bij hardlopen. Daartoe moet je ook nagaan hoe vaak je ademhaalt!

fig. 34

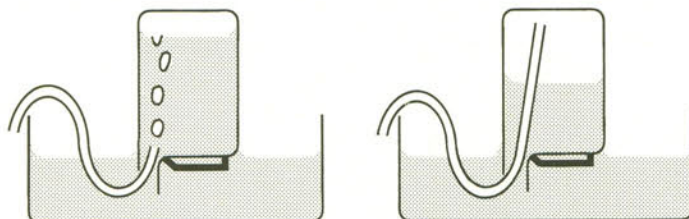


fig. 35



Vragen (vertel het antwoord ook eens aan je biologieleraar)

7 Kun je berekenen hoeveel gram lucht je per keer naar binnen krijgt bij proef b? 1 dm^3 lucht heeft een massa van 1,3 gram.

8 Schat eens hoeveel keer je per dag ademhaalt. Bereken dan hoeveel gram lucht je per dag inademt. En ook: hoeveel gram zuurstof je per dag verbruikt. Vergelijk dit eens met de massa van wat je eet en drinkt per dag.

Blok 7

E2

Hoe hoog is de lucht?

Inleiding

Je hebt je vast wel eens afgevraagd hoe hoog de blauwe hemel boven je is, en tot hoe hoog de wolken komen. Misschien kun je wel een schatting maken van de hoogte van wolken. Denk maar eens aan bergen, die met de top in de wolken steken, of een vliegtuig dat achter de wolken verdwijnt. Het blijkt dat er verschillende soorten wolken zijn, waarvan sommige zich op een hoogte bevinden van meer dan tien kilometer. Maar nu de vraag: hoe hoog is de blauwe lucht? Dat is niet zo'n goede vraag, want de blauwe kleur zit niet op een bepaalde hoogte. De lucht is ook niet altijd blauw. Bij zonsondergang is de lucht oranje of rood. We kunnen dus beter vragen: tot hoever boven ons is er nog lucht? Of: hoe dik is de 'dampkring' van de aarde? Een ander woord voor dampkring is: 'atmosfeer'. We gaan eens proberen de dikte van de atmosfeer van

de aarde te berekenen met de resultaten van twee proeven die we eerder gedaan hebben.

1 Uit proef 4 van P2 weten we dat 1 dm^3 lucht een massa heeft van 1,3 gram.

a Wat is het gewicht van 1 dm^3 lucht?

Een zuignap kan op een gladde tafel vastgedrukt worden. Je hebt dan een behoorlijke kracht nodig om hem van de tafel los te trekken. Als je de kracht meet, blijkt deze ongeveer 10 N te zijn voor elke cm^2 oppervlakte van de zuignap. Voer deze proef eventueel uit met behulp van een zuignap en een krachtmeter.

b Hoe groot is de kracht bij een zuignap van 1 dm^2 ?

Wat hebben deze metingen te maken met de dikte van de atmosfeer?

Vergelijk de atmosfeer maar eens met de zee: het water oefent een druk uit, net zoals de lucht. Hoe dieper je duikt, hoe groter de druk wordt die je voelt. Bij stijgen neemt die druk af. Zou een zuignap minder goed houden als je hoog in de bergen bent?

2 Berekening

- a Hoe groot is de kracht van de lucht op 1 dm^2 ?
- b Hoe groot is het gewicht van de kolom lucht boven 1 dm^2 ?
- c Hoeveel dm^3 lucht zitten er boven 1 dm^2 ?
- d Hoe hoog is de luchtkolom?
- e Zou deze berekende hoogte werkelijk de hoogte van de atmosfeer zijn?

Klopt de berekening?

De berekening geeft wel een vreemd resultaat, want we vinden een hoogte van ongeveer 8 kilometer. Dus we vinden een hoogte die kleiner is dan die van de Mount Everest (bijna 9 km). We weten dat de top van de berg niet tot in het luchtledige reikt. Er klopt dus iets niet. Maar waar zit de fout?

Het is geen rekenfout, want iedereen die het zorgvuldig narekent komt op 8 km uit. Er moet dus een fout in de redenering zitten.

3 Probeer die fout zelf op te sporen en wacht daarom even met verder lezen.

Fout model

We hebben in het voorafgaande aangenomen dat de lucht een soort zee is. We zitten op de bodem van die zee en wanneer we omhoog 'zwemmen' (beter vliegen) komen we op een gegeven moment met ons hoofd boven 'water' (lucht).

Wanneer je op de bodem van de zee het gewicht weet van een kolom water met een doorsnede van 1 dm^2 en je weet het gewicht van 1 dm^3 water, dan kun je de hoogte berekenen. Deze berekende hoogte blijkt overeen te komen met de werkelijke hoogte. Dat laatste komt doordat een dm^3 water bij elke diepte even zwaar is. Bij lucht is dat echter niet zo. Hoe hoger je komt, hoe ijler de lucht wordt. De fout in onze redenering is dat wij aannamen dat de dichtheid van de lucht op elke hoogte hetzelfde zou zijn.

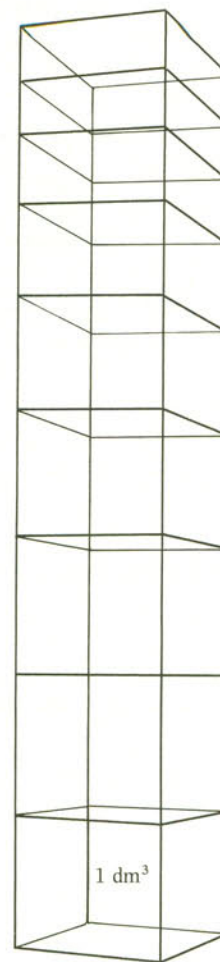


fig. 36
Hoeveel dm^3 op elkaar?

Kortom: We hebben een model voor de atmosfeer gebruikt dat niet een juiste voorstelling is van de werkelijkheid. Het model was te eenvoudig. Het hield namelijk geen rekening met de samendrukbaarheid van de lucht. Hier beneden (op het aardoppervlak) is de lucht samengedrukt door het gewicht van de lucht die erboven zit. Er zitten hier beneden dus meer molekulen per dm^3 dan op enkele kilometers hoogte.

4a Leg uit dat door de samendrukbaarheid de dichtheid van de lucht steeds kleiner wordt bij toenemende hoogte.

b Leg uit dat dit ook betekent dat de atmosfeer hoger moet zijn dan 8 km.

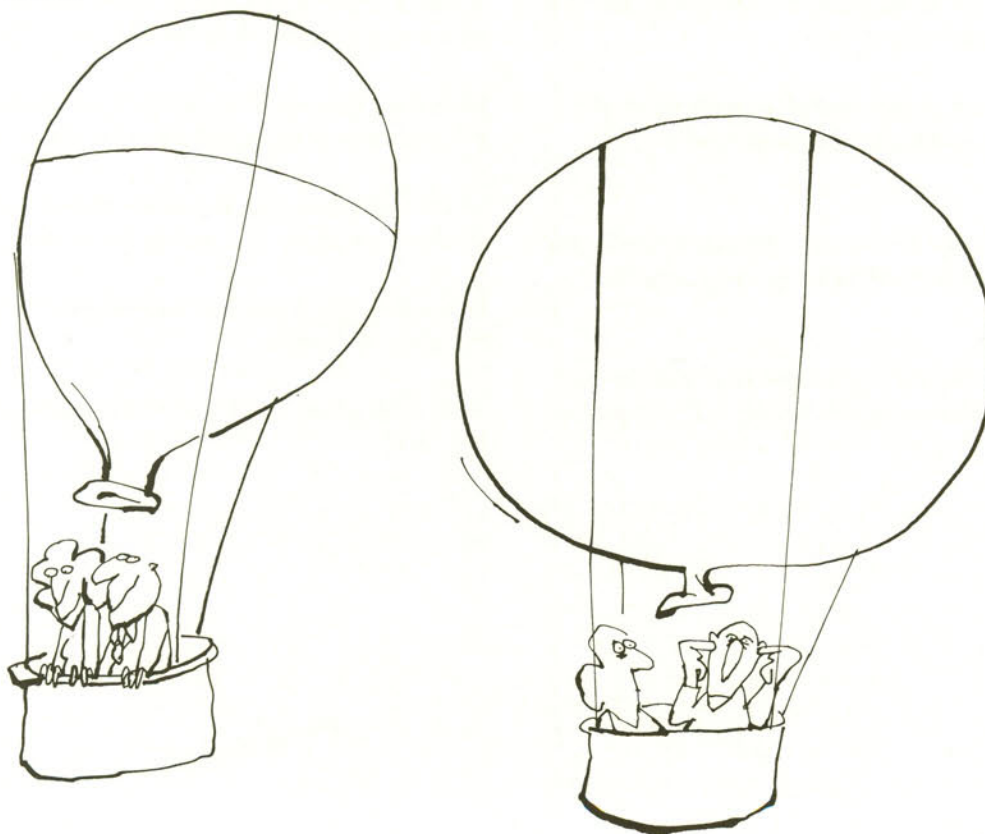
Hoe hoog dan wel?

Met ballonnen is gemeten dat de dichtheid van de lucht op 8 km hoogte ongeveer drie maal zo klein is als de dichtheid van de lucht op zeeniveau. Op 20 km hoogte is die dichtheid ongeveer tien maal zo klein als op zeeniveau. Het blijkt dat er op honderden kilometers hoogte nog lucht aanwezig is. Er is geen scherpe grens tussen de lucht en het niets.

Dat er op zeer grote hoogte nog lucht is, blijkt uit het feit dat kunstmanen op honderden kilometers hoogte afgeremd worden door luchtwrijving. Aangezien een kunstmaan geen motor heeft, zal hij hierdoor snelheid verliezen en dichterbij de aarde komen. Hij blijft wel een baan om de aarde beschrijven, maar de weerstand van de lucht is op die kleinere hoogte groter. Hij zal dus nog meer afgeremd worden en opnieuw dichterbij de aarde komen. Dit zal net zolang doorgaan totdat de kunstmaan door de wrijvingswarmte verbrandt.

5 Kun je met het model van een gas verklaren dat er geen scherpe grens is tussen lucht en luchtledig?

fig. 37
Welke ballon komt het
hoogste?



6 Waarom moet je een zuurstofmasker meenemen als je de Mount Everest gaat beklimmen? Ook piloten in 'oude' open vliegtuigen moesten zuurstofmaskers gebruiken bij het verbeteren van het hoogterecord.

7 Straalvliegtuigen hebben minder brandstof nodig als ze op grote hoogte vliegen (meestal op ongeveer 10 km).

Leg uit hoe dat komt.

8 Sommige atletiek- en schaatsrecords kunnen gemakkelijker verbeterd worden op 'hooglandbanen' (Mexico, Alma Ata) dan op laaglandbanen (zeeniveau).

a Hoe zou dat komen?

b Waarom moeten de deelnemers na afloop vaak extra zuurstof toegediend krijgen?

9 Leg uit welke ballon hoger kan stijgen: ballon 1 of ballon 2 (figuur 37).