

## Blok 5 | Vloeibaar en vast

### Basisstof

<b>P 1</b>	
De gasvormige, vloeibare en vaste toestand	1
<b>P 2</b>	
Wat is een vloeistof?	3
<b>P 4</b>	
Wat is een vaste stof?	5
<b>T 1</b>	
De gasvormige, vloeibare en vaste toestand	7
<b>T 2</b>	
Wat is een vloeistof?	7
<b>T 3</b>	
Molekuulmodel van een vloeistof	8
<b>T 4</b>	
Wat is een vaste stof?	9
<b>T 5</b>	
Molekuulmodel van een vaste stof	10
<b>T 6</b>	
Overzicht voor gassen, vloeistoffen en vaste stoffen	11
<b>W 1</b>	
De gasvormige, vloeibare en vaste toestand	12
<b>W 2</b>	
Wat is een vloeistof	12
<b>W 3</b>	
Molekuulmodel van een vloeistof	12
<b>W 4</b>	
Wat is een vaste stof?	13
<b>W 5</b>	
Molekuulmodel van een vaste stof	13

De volgorde waarin je de paragrafen het beste kunt doorwerken en leren is:  
**P 1, T 1, W 1, P 2, T 2, W 2, W 3, T 3, P 4, T 4, W 4, W 5, T 5, T 6.**

### Herhaalstof

<b>H 1</b>	
Een vel vol feiten	14
<b>H 2</b>	
Vloeistoffen en hun molekulen	14
<b>H 3</b>	
Vaste stoffen en hun molekulen	15
<b>H 1</b>	
Antwoordblad	17
<b>H 2</b>	
Antwoordblad	17
<b>H 3</b>	
Antwoordblad	17

### Extra stof

<b>29</b>	
Een proef over oppervlaktespanning	18
<b>30</b>	
Scheidingsvlakken maken	19
<b>31</b>	
Vloeistofdruppels op een glasplaat en mengbaarheid van vloeistoffen onderling	20
<b>32</b>	
Het rekken van een koperdraad	21

## Wat je moet kunnen aan het eind van blok 5

### De gasvormige vloeibare en vaste fase van een stof

- 1**  
Je moet de drie aggregatie-toestanden en de namen van hun overgangen kennen.
- 2**  
Je moet weten dat bijna elke stof in elke fase kan voorkomen.
- 3**  
Je moet van elke proef uit P 1 kunnen aangeven welke veranderingen van aggregatie-toestanden er optreden.
- 4**  
Je moet weten dat veranderingen van aggregatie-toestanden steeds omkeerbaar zijn.

Te vinden in:

- T 1
- T 1
- T 1, P 1
- T 1

### Eigenschappen van vloeistoffen

- 5**  
Je moet uit een rijtje eigenschappen van stoffen de eigenschappen van vloeistoffen kunnen herkennen.
- 6**  
Je moet van de 8 eigenschappen van vloeistoffen kunnen aangeven, welke van die eigenschappen gassen **niet** hebben.
- 7**  
Je moet van elke proef uit P 2 kunnen aangeven, welke eigenschappen van vloeistoffen door de proef worden aangetoond.

- T 2
- W 2
- P 2, T 2

### Molekuulmodel van een vloeistof

- 8**  
Je moet de vijf kenmerken van ons vloeistofmodel kennen.
- 9**  
Je moet weten welke twee van de vijf kenmerken van ons vloeistofmodel anders zijn dan bij ons gasmodel.
- 10**  
Je moet kunnen aangeven welke kenmerken van ons vloeistofmodel nodig zijn, om een bepaalde eigenschap van vloeistoffen te verklaren.  
(Dit moet je kunnen voor alle eigenschappen van vloeistoffen.)

- T 3
- T 3, blok 4
- T 3, T 2, W 3

### Eigenschappen van vaste stoffen

- 11**  
Je moet uit een rijtje eigenschappen van stoffen de eigenschappen van vaste stoffen kunnen herkennen.
- 12**  
Je moet van de 7 eigenschappen van vaste stoffen kunnen aangeven, welke van die eigenschappen gassen en vloeistoffen **niet** hebben.
- 13**  
Je moet van elke proef uit P 4 kunnen aangeven, welke eigenschappen van vaste stoffen door de proef worden aangetoond.
- 14**  
Je moet weten dat vele stoffen in de vaste fase een kristalvorm hebben.

- T 4, W 4
- W 5
- P 4, T 4
- P 4, T 4

### Molekuulmodel van een vaste stof

- 15**  
Je moet de vijf kenmerken van ons vaste-stof-model kennen.
- 16**  
Je moet weten welke drie van de vijf kenmerken van ons vaste-stof-model anders zijn dan bij ons vloeistofmodel.

- T 5
- T 5, T 3

**Te vinden in:**

**17**

Je moet kunnen aangeven welke kenmerken van ons vaste-stof-model nodig zijn, om een bepaalde eigenschap van vaste stoffen te verklaren.  
(Dit moet je kunnen voor alle eigenschappen van vaste stoffen.)

**T 5, T 4, W 5**

**Werken met het molekuulmodel van gassen, vloeistoffen en vaste stoffen**

**T 6**

**18**

In tabel 1 van T 6 zie je, dat een stof een bepaalde eigenschap in de ene fase wel heeft en in de andere fase minder of niet. Je moet dit verschil met het molekuulmodel kunnen verklaren.

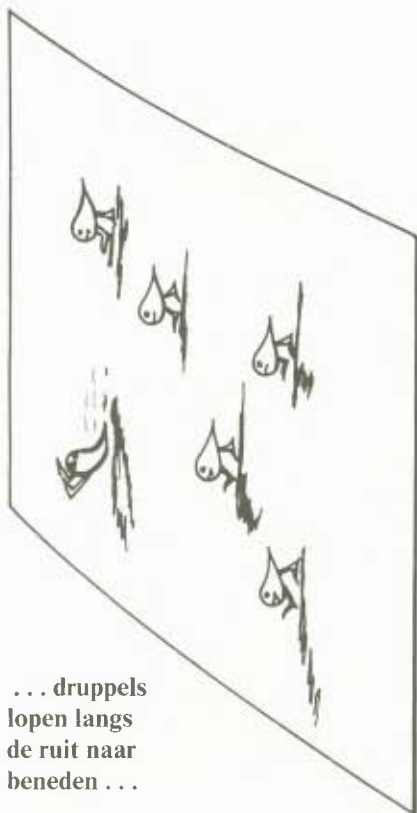
## Inleiding

Als je tegen een koud spiegeltje of een koud stuk glas ademt, beslaan deze voorwerpen. In de winter beslaan de ruiten in de keuken als er gekookt wordt. Als het koken lang duurt, lopen er op een bepaald moment zelfs druppels water langs de ruit naar beneden. In al deze gevallen verandert waterdamp in water.

In aanstokers en kampeer-kooktoestellen gebruiken we tegenwoordig butaangas. Bij het vullen van de gascilinders wordt het butaangas zo sterk samengedrukt dat het vloeibaar wordt. Als je zo'n gasfles schudt, hoor je de vloeistof klotsen.

In de winter bevriest de wateraanslag op de ruiten en ontstaan er mooie ijsbloemen. De vloeistof kan dus blijkbaar in vaste stof overgaan.

Bij de gassen in blok 4 hebben we gezien dat er vele verschillende soorten gassen zijn. Dit is bij vloeistoffen en vaste stoffen ook het geval. Als je een keer in de voorraadkast in het scheikundelokaal kijkt, kun je dat zelf constateren. In de figuur hieronder is een plank uit zo'n voorraadkast getekend.



... druppels  
lopen langs  
de ruit naar  
beneden ...

Hoe kun je aan de voorraadfles zien of hij bedoeld is om een vloeistof of een vaste stof te bewaren? (Let eens op de hals!)

## De gasvormige, vloeibare en vaste toestand

In blok 4 hebben we gezien dat we vele eigenschappen van gassen kunnen verklaren als we aannemen dat een gas bestaat uit kleine deeltjes. Deze deeltjes hebben we molekulen genoemd.

De vraag is nu:

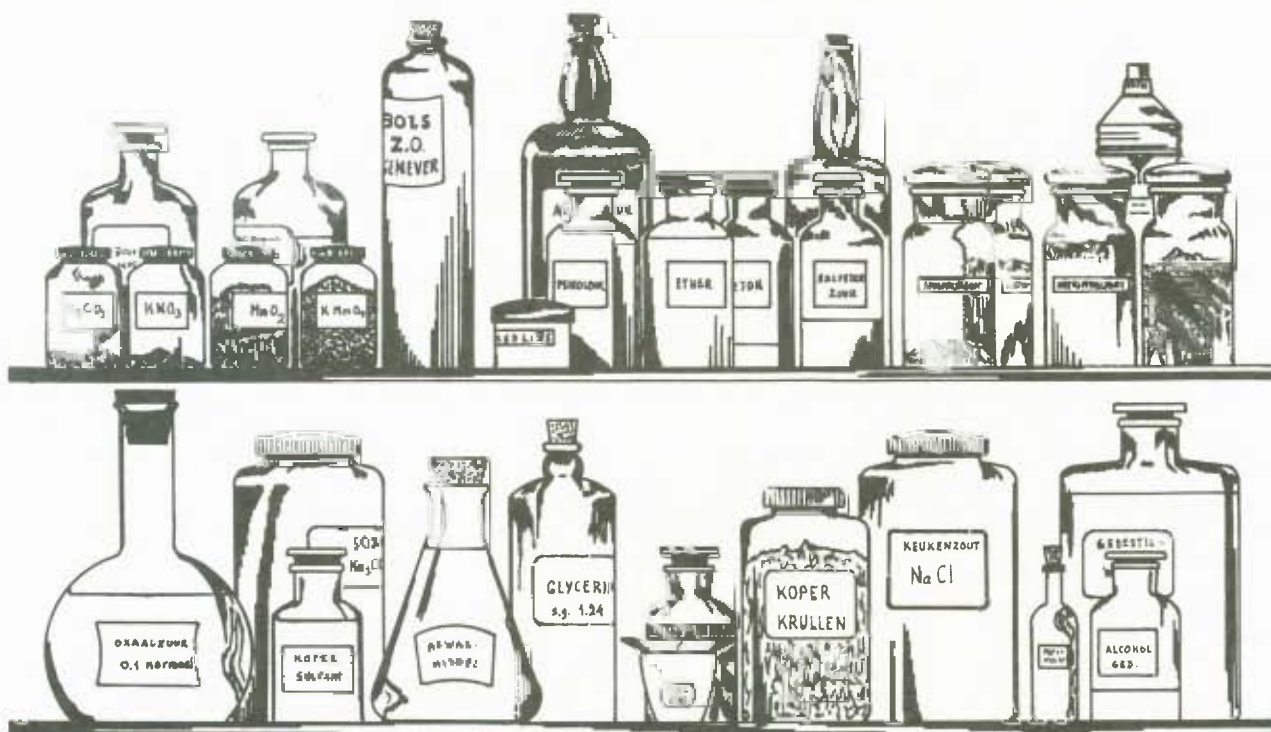
**Bestaan vloeistoffen en vaste stoffen uit dezelfde molekulen als de bijbehorende gassen?**



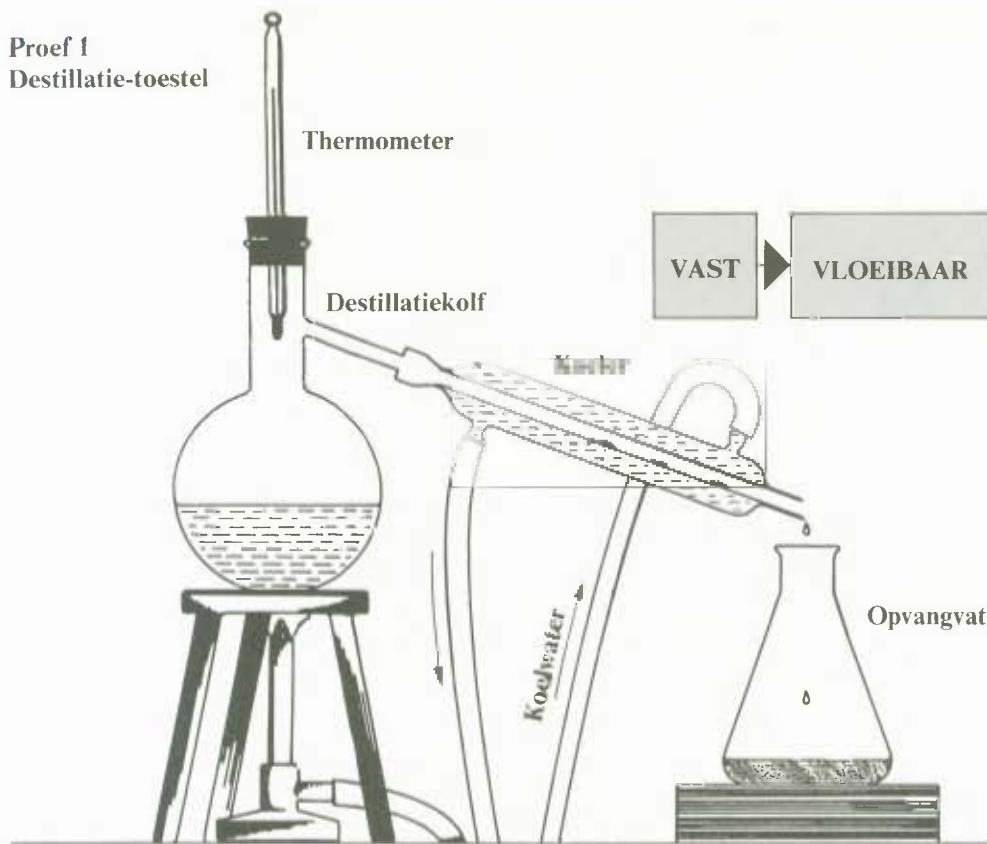
1

We gaan kijken naar de veranderingen van zuiver water. Het zuiverste water wat je kunt hebben is gedestilleerd water. We nemen wat gedestilleerd water. Proef dit eens!

Doe dit water in de kolf van een destillatietoestel. Verwarm het water in de kolf. We zien dat de waterdamp in de koelbuis weer vloeistof wordt. Als het water eenmaal kookt verloopt de destillatie sneller.



**Proef 1**  
**Destillatie-toestel**



De vloeistof komt in het opvangvat terecht. Als het grootste gedeelte van het water uit de destillatiekolf verdwenen is, stoppen we met verwarmen. Proef de vloeistof die in het opvangvat zit. Proef je verschil met het eenmaal gedestilleerde water?

Hoe kon je tijdens de destillatie merken dat het water verdampte?

Hoe merkte je tijdens de destillatie dat de waterdamp kondenseerde?



2  
a Doe in een reageerbuis 2 à 3 kleine kristalletjes jodium. (Persé niet meer!) Verwarm voorzichtig de bodem van de

reageerbuis. Houd de kristalletjes en het gas goed in de gaten. Laat de reageerbuis weer afkoelen en bekijk dan de wand van de buis. Smelten de kristallen of verdampen ze meteen?

Wat valt je op aan de kleur en de dichtheid van de jodiumdamp?

Houd de buis met het gas eens met de opening naar beneden. Waar in de reageerbuis is de jodiumdamp weer vast geworden?

b Als op school een voorraadfles kamfer aanwezig is, moet je deze eens goed bekijken. Hoe denk je dat de kristallen boven in de fles daar gekomen zijn?

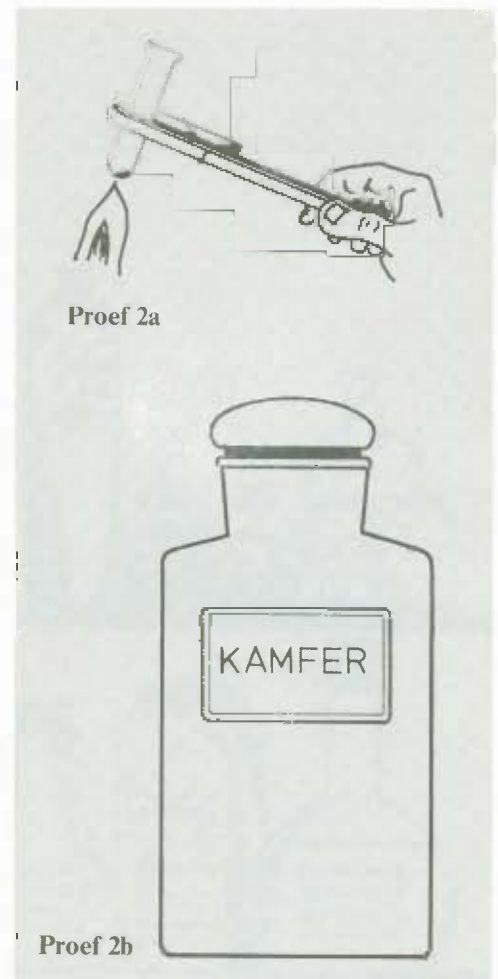


3  
Doe in een reageerbuis wat paraffine. Verwarm tot alle paraffine is gesmolten. Laat daarna de paraffine weer afkoelen.

Welk verschil merk je op als je deze proef vergelijkt met proef 2?



4  
Breng in het destillatietoestel van proef 1 een blokje ijs (zonder water) en verwarm tot het grootste gedeelte van het water uit de kolf is verdwenen. De laatste stap van deze proef staat tussen haakjes omdat deze meestal niet uitvoerbaar is. Je kunt de stap uitvoeren door het opvangvat in het vriesvak van de koelkast te zetten. Zou hier ander ijs ontstaan dan je er in hebt gestopt?





## Wat is een vloeistof?

We nemen nu verder aan dat vloeistoffen en vaste stoffen uit dezelfde molekulen bestaan als de bijbehorende gassen. Sommige eigenschappen die we bij gassen vonden zullen we daarom ook bij vloeistoffen en vaste stoffen aantreffen. Er zullen misschien ook eigenschappen zijn die alleen voor vloeistoffen gelden. We moeten dus zorgvuldig waarnemen en noteren.

We gaan nu de eigenschappen van vloeistoffen onderzoeken. In W 3 proberen we hiermee het molekuulmodel van een vloeistof te maken.

### Is een vloeistof samendrukbaar?

1\*

Neem een grote plastic fles (bv. limonade-fles, fles van afwasmiddel etc.). Sluit de lege fles goed af met een kurk en pers de fles samen. Doe dit ook als de fles geheel gevuld is met water.

Welke verschillen constateer je?

---

---

---

---

2\*

Neem een injectiespuit zonder naald. Trek de zuiger uit en plaats de mond van de spuit tegen je hand. Duw de zuiger in. Herhaal dit, maar nu met de injectiespuit gevuld met water.

Welke konklusie kun je uit deze proef trekken wat betreft de samendrukbaarheid van vloeistoffen, vergeleken met die van gassen?

---

---

---

---

### Neemt een vloeistof ruimte in?

3\*

Plaats een glas in een ruime schaal. Vul het glas tot de rand met water. Laat nu voorzichtig een blokje vaste stof in het glas zakken. Wat gebeurt er met het water?

---

---

\* Proeven die aangeduid zijn met een \* kun je ook thuis doen.

4\*

Vul het glas van proef 3 weer tot de rand. Blaas nu met een rietje luchtballen in het water. Wat gebeurt er met het water?

Neemt de vloeistof ruimte in?

### Vertoont een vloeistof diffusie?

5\*

Vul een reageerbuis voor de helft met water. Houd de reageerbuis een beetje scheef en laat langs de binnenwand van de reageerbuis voorzichtig spiritus op het water lopen. Er ontstaat dan een duidelijk scheidingsvlak tussen het water en de daarop drijvende spiritus. Sluit de buis af met een kurk en laat de buis enkele dagen rechtop in een statiefje staan.

Bestudeer het scheidingsvlak tussen water en spiritus. Konklusie?

---

---

---

---

(N.B. De proef kan ook worden uitgevoerd met een kopersulfaatoplossing waarop water wordt geschonken).

### Vertonen mikroskopisch kleine deeltjes brownbeweging in een vloeistof?

6

Maak een zeer verdunde oplossing van melk of inkt (bv. één druppel op 25 ml water). Breng een druppel van deze oplossing op een objektglasje en dek de druppel af met een dekglasje.

Bestudeer de oplossing nu onder een mikroskoop. Konklusie?

---

---

---

---

### Oefent een vloeistof druk uit?

7\*

Vul een plastic zakje met water. Waarom gaan de zijanten van de zak uiteen?

---

---

---

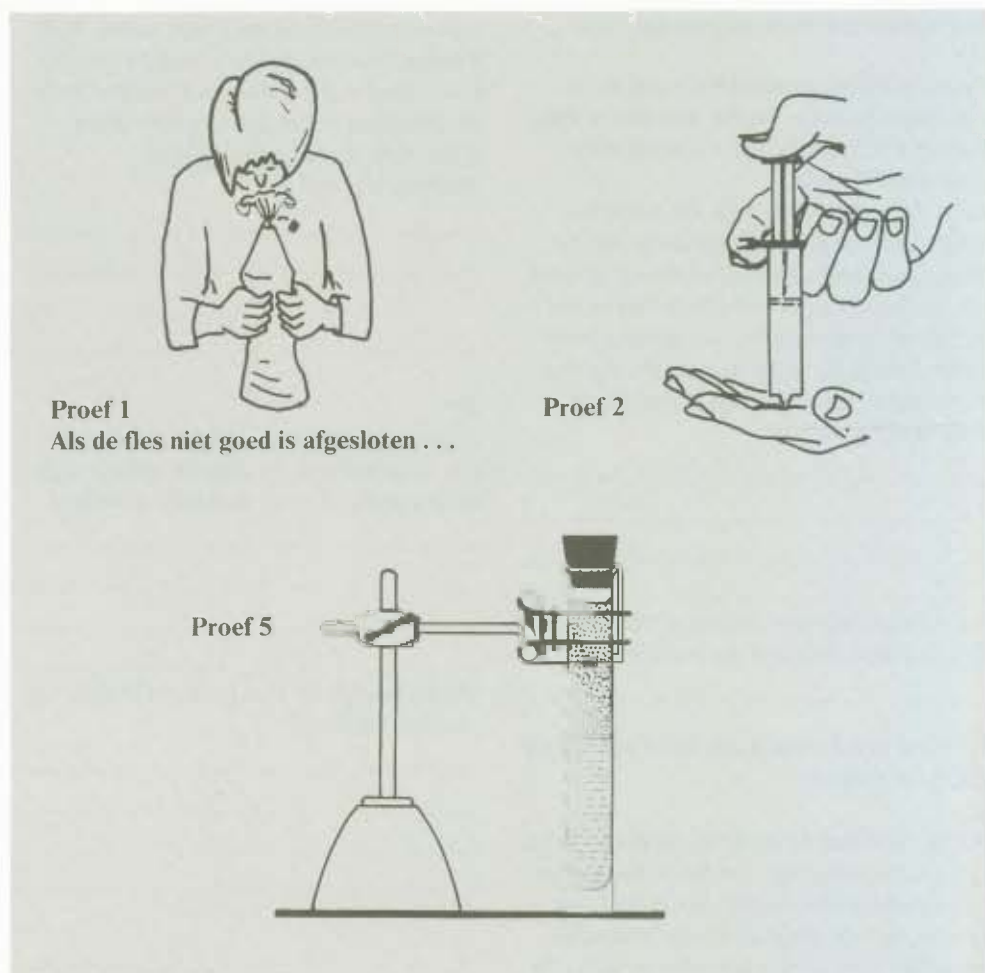
---

Prik onder aan de zijkant van de zak een gaatje.

Waarom loopt het water nu uit de zak?

---

---



**Heeft een vloeistof steeds dezelfde vorm?**

**8\***

Neem een doorzichtige plastic of glazen fles. Doe een knikker in de fles. Sluit de fles af en draai hem om. Herhaal dit met water in plaats van lucht in de fles. Wat zie je dat er met de knikker gebeurt? Welke verschillen constateer je tussen de proef met lucht en die met water?

---

---

---

---

**9\***

Vul een plastic boterhammenzakje half met water. Knijp op verschillende manieren in de zak. Wat kun je nu zeggen over de vorm van een vloeistof?

---

---

---

---

**Heeft een hoeveelheid vloeistof massa?**

**10\***

Meet de massa van een liter water

---

---

**Is de dichtheid van een stof in de vloeibare fase anders dan in de gasvormige fase?**

**11\***

Neem een luchtdichte plasticzak (bijv. een diepvrieszak). Verder heb je een bus butaan nodig; zo'n bus waarmee men gasaanstekers vult.

Strijk de lucht uit de zak. Houd de bus omgekeerd en plooi de opening van de plastic zak rond het ventiel. Spuit nu snel een aantal druppels vloeibaar butaan in de zak en houd daarna de opening goed dicht. Bekijk de volumeverandering van de vloeistof die verdampt en noteer je waarnemingen.

---

---

---

---

Is de dichtheid van vloeibaar butaan groter of kleiner dan van gasvormig butaan?

---

---

---

---

**Is er een kracht nodig om een vloeistof uit elkaar te trekken?**

**12**

Breng een kwikdruppel op de bodem van een glazen schaal. Zet het schaalje op een overhead-projector. Bestudeer het gedrag van de druppel als de leraar het schaalje voorzichtig beweegt en met een

glazen staafje tegen de druppel duwt. Deze proef mag je niet zelf doen, omdat kwik zeer giftig is. Wat neem je waar?

---

---

---

---

**13\***

Blaas enkele zeepbellen. Waarom knapt het vliesje niet meteen?

---

---

---

---

**14\***

Neem een bakje met water. Leg een scheermesje voorzichtig op het wateroppervlak. Je merkt dan dat het stalen mesje blijft drijven, hoewel de dichtheid van staal groter is dan van water. Hoe komt dit?

---

---

---

---

**15\***

Vul een glas tot de rand met water. Kijk daarna hoeveel centen je nog in het glas kunt laten vallen voordat het water over de rand loopt. Let goed op het wateroppervlak terwijl je bezig bent. Wat merk je op?

---

---

---

---

**16\***

Laat een waterkraan langzaam druppelen. Wat merk je op over de grootte van de druppels die van de kraan afvallen?

---

---

---

---

Welke konklusie kun je uit de laatste vijf proeven trekken?

---

---

---

---



Proef 9



Proef 11



Proef 12



Proef 13

### Is één en één twee?

17

Neem een aan één zijde gesloten, glazen buis van ca. 80 cm lengte en ca. 1 cm<sup>2</sup> doorsnede. Vul de buis voor de helft met water. Schenk de buis verder volledig vol met spiritus. Schenk zo voorzichtig dat de spiritus op het water blijft drijven. Plaats nu je duim stevig op de opening van de buis en keer de buis om. Wacht tot het water door de spiritus heen is gezakt. Keer de buis weer terug in zijn oorspronkelijke stand. Verwijder je duim pas van de opening als de vloeistof niet meer stroomt. Welke konklusie kun je trekken over het volume van een water-spiritus mengsel?

---

---

---

---



Proef 17

Alkohol

Water

## Blok 5 | Praktikum 4

### Wat is een vaste stof?

We hebben een aantal eigenschappen van vloeistoffen en gassen gevonden.

We hebben daaruit een model gemaakt waarmee we deze eigenschappen konden verklaren. We gaan nu proeven doen om eigenschappen van vaste stoffen te vinden. We zullen daarna bekijken of we het reeds gevonden molekuulmodel kunnen gebruiken om de eigenschappen van vaste stoffen te verklaren.

#### Is de dichtheid van een stof in de vaste fase anders dan in de vloeibare fase?

1

Smelt wat paraffine in een bekerglaasje. Wacht tot alle paraffine gesmolten is. Laat er dan een stukje vaste paraffine in vallen. Waar ligt de vaste paraffine?

Konklusie:

---

---

---

---

2

Neem de gesmolten paraffine uit proef 1. Zuig in een injectiespuit zonder naald paraffine op; zorg ervoor dat de tuit van de spuit geheel in de vloeibare paraffine steekt. Als de spuit vol is, moet je hem snel uit de paraffine halen en met de punt op een rubber stop duwen. Druk goed, zodat er geen lucht bij kan. Blijf duwen tot alle paraffine gestold is. Wat neem je waar tijdens het stollen?

Konklusie:

---

---

---

---

#### Is een vaste stof samendrukbaar?

3

Probeer of je deze vaste paraffine kunt samendrukken. Neem daartoe de injectiespuit tussen duim en wijsvinger en druk de zuiger in. Waarnemingen:

Konklusie:

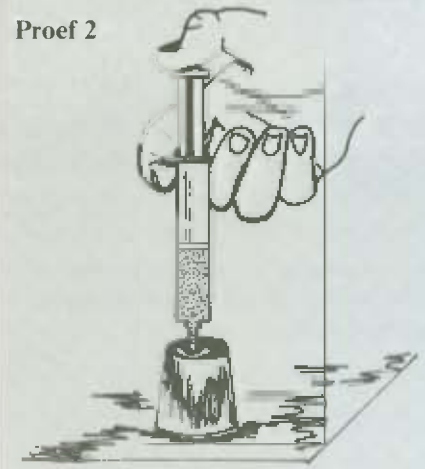
---

---

---

---

Proef 2



Proef 5



... één keer een stevige tik ...

#### Kun je een vaste stof vervormen?

4\*

Knip met een tangetje een stuk dik metaaldraad door. Bekijk de plaats waar de draad doorgeknipt is. Let op de vorm. Wat zie je?

Welke konklusie trek je daaruit?

---

---

---

---

5

Leg een stuk koperdraad op een tegel. Geef met een hamer één keer een stevige tik op het koperdraad. Vergelijk deze proef met proef 4. Wat zie je?

Welke konklusie trek je daaruit?

---

---

---

---

6

Laat de biljartbal (of grote stuiters) op een beroete marmeren plaat vallen. Bekijk daarna de plaat en de bal.



Waarnemingen:

**Konklusie:**

Wat zie je als je de bal van een grotere hoogte laat vallen?

**Proef 7**



Geef de veer een uitwijking



... en laat hem weer los ...

**7\***

Bekijk een metalen veer. Geef hem een uitwijking en laat hem weer los. Bekijk de stand van de veer na enige tijd.

Waarnemingen:

**Konklusie:**

**Hoe is een vaste stof opgebouwd?**

**8**

Bekijk onder de mikroskoop ( $40\times$ ) suiker-, zout-, kopersulfaat- en zilverzand-kristallen. Maak telkens een duidelijke tekening van zo'n kristal. Dit kun je hiernaast doen.

**9**

Giet wat hypo op een petrischaaltje, zodat de bodem voor een groot gedeelte bedekt is. Leg daarna een kristalletje vaste hypo in de vloeistof.

Wat neem je waar?

**10**

Meestal zijn kristallen zo klein dat je ze alleen onder een loep of mikroskoop goed kunt bekijken. Soms zie je echter ook wel eens veel grotere kristallen. Misschien zijn er bij jou op school ook wel ergens grote kristallen te vinden, bijvoorbeeld kandij, en mineralen zoals zout, kopersulfaat en kwarts.

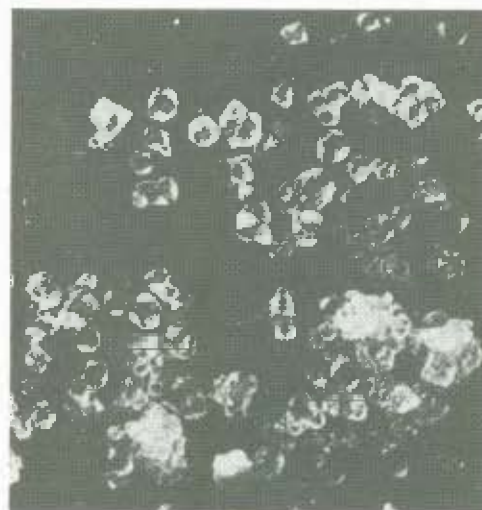
Welke gemeenschappelijke eigenschappen hebben verschillende kristallen van dezelfde stof?

**11**

Los wat zout op in warm water. Smeer een druppel van deze oplossing uit op een objectglaasje. Haal dit glaasje even door een gasvlam zodat het water snel verdampt. Bekijk dan het uitgekristalliseerde zout onder de mikroskoop. Teken een paar kristalletjes in de ruimte hieronder.



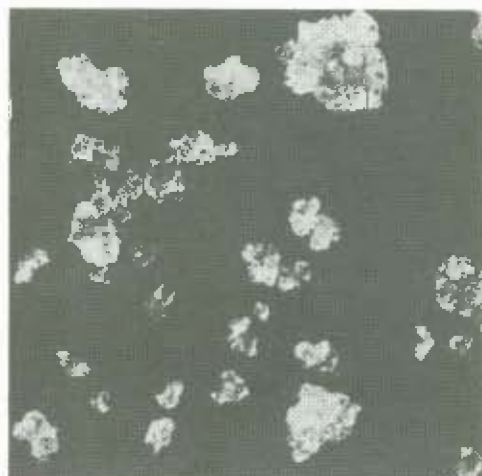
Kristallen van citroenzuur



Kristallen van ijzer (II) sulfaat



Kristallen van suiker



Kristallen van soda

## De gasvormige, vloeibare en vaste toestand

Tabel

Stof	Smeltpunt in °C	Kookpunt in °C
Alkohol	– 115	78
Frituurvet	50	250
Goud	1064	2807
Helium	– 272	– 269
Jodium	vaste stof verdampt	184
Kamfer	vaste stof verdampt	ontleedt
Koolstof	3550	4827
Koolzuur	– 79	– 57
Koper	1083	2567
Kwik	– 39	357
Naftaleen	vaste stof verdampt	ontleedt
Paraffine	54	218
Platina	1770	3800
Tin	232	2360
Water	0	100
Waterstof	– 259	– 253
Wolfram	3410	5660
IJzer	1530	3000
Zuurstof	– 218	– 183

In de linkerkolom staan een aantal zuivere stoffen. Ernaast staat steeds het smeltpunt en kookpunt.

Behalve smelten of verdampen kan verwarmen ook nog andere gevolgen hebben.

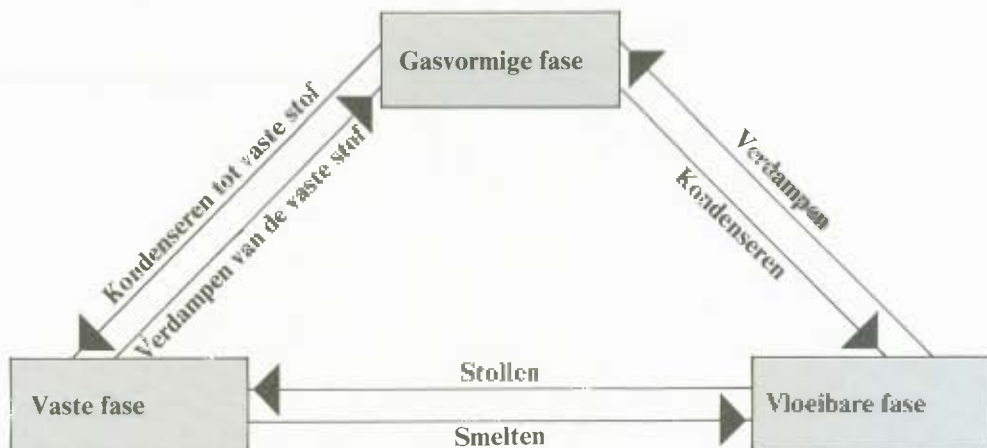
Hout kun je bijvoorbeeld niet smelten. Wanneer je een stuk hout in een afgesloten oven verwarmt dan kan het niet verbranden, want er kan geen lucht bij. Het hout wordt echter niet vloeibaar maar verandert in houtskool. Dit houtskool heeft totaal andere eigenschappen dan hout. Je kunt bovendien op geen enkele manier van houtskool weer hout maken. Blijkbaar veranderen bij verhitting de molekulen van hout wel.

Andere voorbeelden van zo'n verandering zijn gekookte etenswaren. Vergelijk een gekookt ei maar eens met een rauw ei en een gekookte aardappel met een rauwe aardappel.

Een stuk hout, een aardappel en een ei bestaan blijkbaar niet uit een zuivere stof.

Zuivere stoffen zijn stoffen die uit dezelfde soort molekulen bestaan. Deze stoffen kunnen door temperatuurverandering van de ene naar de andere toestand (vast, vloeibaar, gas) worden gebracht.

We noemen deze toestanden aggregatietoestanden of fasen (aggregatie betekent samenpakking). Schematisch kunnen we dat als volgt weergeven:



Wanneer je een stof door temperatuursverhoging kunt laten smelten, kun je de vloeistof die ontstaat altijd weer door afkoelen laten stollen tot dezelfde vaste stof. Hetzelfde kun je zeggen over verdampen en kondenseren van vloeistoffen en vaste stoffen.

**Bijna elke zuivere stof kan in elke fase voorkomen.**

**Veranderingen van aggregatietoestand zijn steeds omkeerbaar.**

De experimenten van paragraaf P 1 bevestigen deze uitspraken. Daarom nemen we aan:

1e dat ook vloeistoffen en vaste stoffen uit molekulen bestaan,

2e dat als stoffen van fase veranderen de molekulen van die stoffen hetzelfde blijven.

**Om de verschillen tussen de aggregatietoestanden te verklaren nemen we aan dat bij een fase-overgang de samenhang tussen de molekulen verandert.**

## Wat is een vloeistof?

Wat een vloeistof is, hebben we onderzocht door allerlei proeven te doen. We vonden toen de volgende eigenschappen van vloeistoffen:

**1**  
Vloeistoffen nemen **ruimte** in.

**2**  
Een hoeveelheid vloeistof heeft **massa**. De dichtheid is groter dan bij gassen, dus 1 cm<sup>3</sup> vloeistof heeft een grotere massa dan 1 cm<sup>3</sup> gas van die stof.

**3**  
Vloeistoffen zijn (bijna) **niet samendrukbaar**. Dat betekent dat ze een vast volume hebben. We hebben gezien, dat als we vloeistoffen mengen een volumevermindering kan optreden.

**4**  
Vloeistoffen hebben **geen vaste vorm**, want ze nemen de vorm aan van het vat waarin we ze gieten en vaste voorwerpen kunnen zich door een vloeistof heen bewegen.

5

Vloeistoffen vertonen **diffusie**, d.w.z. mengen zich vanzelf, maar de diffusie verloopt veel langzamer dan bij gassen.

6

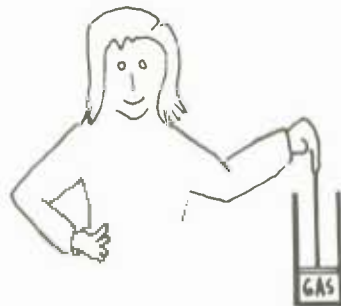
Vloeistoffen oefenen **druk** uit op de wand van het vat waarin ze zich bevinden. Als je onderin een vloeistofreservoir een gat in de wand maakt spuit de vloeistof door de druk eruit.

7

Mikroskopisch waarneembare deeltjes vertonen in vloeistoffen de **brownbeweging**. (Mikroskopisch wil zeggen, dat de afzonderlijke deeltjes niet met het blote oog waarneembaar zijn, maar wel met een mikroskoop. Molekulen zijn zelfs met een mikroskoop niet afzonderlijk waarneembaar).

8

Een vloeistof vertoont **kohesie**, d.w.z. de vloeistof is een samenhangend geheel. Er is dus een kracht nodig om een hoeveelheid vloeistof in kleinere gedeelten te verdelen. Omgekeerd zullen bij elkaar gebrachte hoeveelheden vloeistof weer één geheel gaan vormen, zoals we bij de kwikdruppels gezien hebben.



Een gas kunnen we samendrukken



En een vloeistof?

## Blok 5 | Theorie 3

### Molekuulmodel van een vloeistof

In W 3 is gebleken, dat we het molekuulmodel voor gassen wat moesten veranderen en zelfs uitbreiden. **Het probleem was hoe we het model moesten uitbreiden om het vaste volume en de kohesie van vloeistoffen te kunnen verklaren.**

Laten we daarom eerst nog eens het molekuulmodel van een gas bekijken. Dat model bestond uit vrije, bewegende deeltjes. Er is dus geen samenhang tussen de molekulen in de gasvormige fase. Een vloeistof vertoont wel samenhang. De molekulen in de vloeibare fase zijn dus niet helemaal vrij. Ze zitten echter niet aan elkaar vast, want we hebben gekonstateerd dat ze bewegen (diffusie, brownbeweging).

#### Konklusie:

**Molekulen kunnen in de vloeibare fase wel bewegen, maar ze kunnen niet vrij bewegen.** Nu wordt het wel een beetje raar, want hoe kan iets bewegen, en toch bij elkaar blijven?

Eén oplossing voor dit probleem is: **De molekulen trekken elkaar aan, als ze dicht bij elkaar zijn.**

Dit is een nieuwe eigenschap die we aan de molekulen moeten toekennen, dus een uitbreiding van het model.

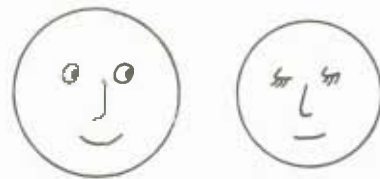
Je kunt je nu natuurlijk afvragen: 'Waarom klonteren die molekulen door die aantrekkingskracht niet aan elkaar?' We moeten echter bedenken dat de molekulen bewegen. Deeltjes die voortdurend bewegen kunnen niet samenklonteren, want voor de beweging is ruimte nodig. Blijkbaar bewegen de vloeistofmolekulen zo heftig, dat ze niet de kans krijgen om samen te klonteren.

Het model van een vloeistof ziet er dan als volgt uit:

- 1 Een vloeistof bestaat uit molekulen.
- 2 De molekulen hebben massa.
- 3 De ruimte tussen de molekulen is klein.
- 4 De molekulen bewegen voortdurend langs elkaar en botsen tegen elkaar en tegen de wand.
- 5 De molekulen trekken elkaar aan. Omdat we de samenhang van een vloeistof

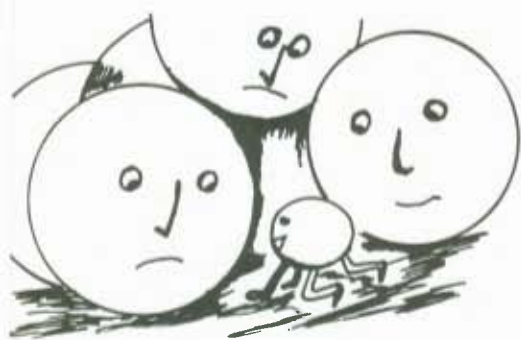


We bekijken het model nog eens . . .

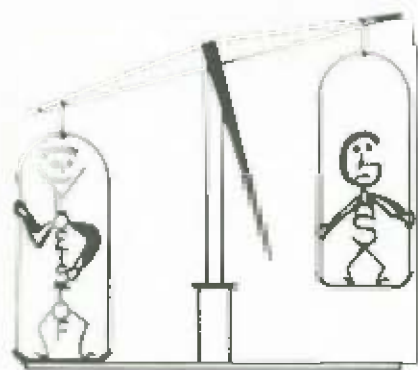


'Aantrekking' tussen molekulen . . .





Kleine watermolekulen 'kruipen' tussen de grotere alcoholmolekulen ...



1 cm<sup>3</sup> vloeistof heeft een grotere massa dan 1 cm<sup>3</sup> van het bijbehorende gas.

Tabel

Stof	Dichtheid in g/cm <sup>3</sup>
Lucht	0,0013
Waterstofgas	0,00009
Koolzuurgas	0,002
Alkohol	0,8
Benzine	0,7
Kwik	13,6
Melk	1,03
Vurehout	0,5
Kurk	0,24
Aluminium	2,7
Beton	2,4
Diamant	3,5
Glas	2,5
Lood	11,3
Platina	21,4
IJzer	7,8
Zand	1,6
Water:	
Waterdamp	0,0008
Vloeistof	1,0
IJs	0,9

In deze tabel staat de dichtheid van een aantal stoffen vermeld.

kohesie genoemd hebben, noemen we de aantrekkende kracht tussen de molekulen kohesiekracht.

Met dit model moeten we de eigenschappen van een vloeistof kunnen verklaren. Laten we dat dan maar eens doen.

a Dat een vloeistof bijna niet samendrukbaar is kunnen we verklaren uit het feit dat de molekulen erg dicht op elkaar zitten. Ze kunnen dan ook bijna niet dichter naar elkaar toe gedrukt worden. Het vaste volume wordt verklaard doordat de molekulen ook niet verder van elkaar af kunnen door de kohesie-krachten.

Toch moet er ruimte overblijven voor de beweging van de molekulen. Dat er inderdaad nog ruimte tussen de molekulen is kan men constateren bij een mengsel van spiritus en water. Zo'n mengsel heeft een kleiner volume dan water en spiritus samen voor de menging hebben. De kleine watermolekulen kunnen in de ruimte tussen de grotere spiritus-molekulen 'kruipen'.

b Vloeistoffen hebben een grotere dichtheid dan de bijbehorende gassen. Doordat de molekulen dichter bij elkaar zitten bevat 1 cm<sup>3</sup> vloeistof meer molekulen dan 1 cm<sup>3</sup> gas. Daardoor heeft die cm<sup>3</sup> vloeistof een grotere massa dan de cm<sup>3</sup> gas.

c De kohesie die vloeistoffen vertonen hebben we verklaard door te zeggen dat de molekulen elkaar aantrekken.

d Druk, diffusie en brownbeweging worden verklaard doordat de molekulen bewegen en daardoor tegen elkaar en tegen de wanden botsen.

Alle genoemde eigenschappen zijn dus met het nieuwe model te verklaren. Je zult ondertussen wel gemerkt hebben dat we de eigenschappen gebruiken om het model op te bouwen, maar dat we het model weer gebruiken om de eigenschappen te verklaren. Je kunt dus niet zeggen:

'We gebruiken deze eigenschap om het model op te bouwen en die andere eigenschap gaan we ermee verklaren.' Nee, elke eigenschap gebruik je voor de opbouw. Het model dat ontstaat moet weer elke eigenschap verklaren. Dat betekent, dat je het model voortdurend moet blijven testen. Zo voorkom je dat je een mooi model krijgt, dat onbruikbaar is. Elke nieuwe eigenschap die we tegenkomen, zullen we gebruiken om ons model te testen op zijn deugdelijkheid. Blijkt het model de eigenschap niet te kunnen verklaren, dan is dat model nog niet volledig of misschien zelfs verkeerd. We zullen dan proberen ons onvolledig model aan te passen tot het ook de nieuwe eigenschap kan verklaren.

Het molekuulmodel van vloeistoffen dat we tot nu hebben opgebouwd, is ook nog niet volledig. Een aantal eigenschappen van vloeistoffen kunnen nog niet worden verklaard, bijvoorbeeld smaak en kleur. Op dit moment zijn we echter nog niet in staat om deze eigenschappen in ons model te verwerken. Daarom zullen we ons steeds bewust moeten zijn van het feit dat ons model nog niet volledig is. We kunnen het slechts binnen bepaalde grenzen gebruiken.

## Blok 5 | Theorie 4

### Wat is een vaste stof?

We hebben de volgende eigenschappen van vaste stoffen gevonden:

**1**

Een vaste stof neemt **ruimte** in.

**2**

Elk vast voorwerp heeft **massa**. De **dichtheid** is iets groter dan bij vloeistoffen.

**3**

Een vaste stof is **niet samendrukbaar**.

Dat betekent dat ze een **vast volume** heeft.

**4**

Vaste stoffen vormen voorwerpen met een **eigen vorm**. Je kunt een vaste stof niet schenken in een andere vorm zoals bij vloeistoffen en gassen.



5

Een vaste stof vertoont **kohesie**; er is een grote kracht nodig om een vast voorwerp te buigen of te breken.

Als de kracht op een vast voorwerp niet te groot is, verandert het maar tijdelijk van vorm; een vaste stof is **elastisch**.

6

#### Kristalliseren

Als je een vloeistof afkoelt, zal deze stollen. Vaak kristalliseert de stof hierbij uit. Dat wil zeggen dat er kristalletjes vaste stof ontstaan. Aan de vorm van zo'n kristalletje kun je vaak zien welke stof het is. Bij het stollen van de aardkorst zijn veel stoffen uitgekristalliseerd, zoals zand, mika en diamant.

7

#### Oplossen

De meeste vaste stoffen kunnen opgelost worden in een vloeistof (oplosmiddel). Zo lost suiker op in water. Zo'n mengsel van opgeloste stof en oplosmiddel heet een oplossing. Hoe hoger de temperatuur, des te sneller lost de vaste stof op. Bovendien kun je bij een hogere temperatuur meer vaste stof oplossen. Zo kun je in hete thee wel tweemaal zoveel suiker oplossen als in koude thee.

Door indampen kun je de vaste stof weer krijgen.

---

## Blok 5 | Theorie 5

---

### Molekuulmodel van een vaste stof

We zullen weer proberen ons molekuulmodel aan te passen, zodat het ook geldt voor vaste stoffen.

Uit het feit dat vele vaste stoffen gekristalliseerd voorkomen, kun je opmaken dat de molekulen zich zo ordenen dat ze het beste in elkaar passen.

**Deze ruimtelijke ordening van molekulen in het kristal noemt men het rooster.**

Bij gassen stelden we ons voor dat de molekulen geheel vrij konden bewegen. Bij de vloeistoffen zijn de molekulen niet zo vrij meer. De molekulen bewegen daar langs elkaar. Hoewel we bij vaste stoffen moeten aannemen dat de molekulen een vaste plaats in het rooster hebben, hoeft dit nog niet te betekenen dat de molekulen stil staan. Een vaste stof, zoals bijvoorbeeld kamfer, kan verdampen. De molekulen maken zich dan los uit het rooster. We kunnen dit het beste verklaren door aan te nemen dat de molekulen in de vaste fase trillende bewegingen maken op een vaste plaats. Een molekuul dat aan de buitenkant zit, kan dan wel eens lostrillen.

De meeste stoffen krimpen bij stollen. Blijkbaar is de ruimte tussen de molekulen in de vaste fase nog kleiner dan in de vloeibare fase.

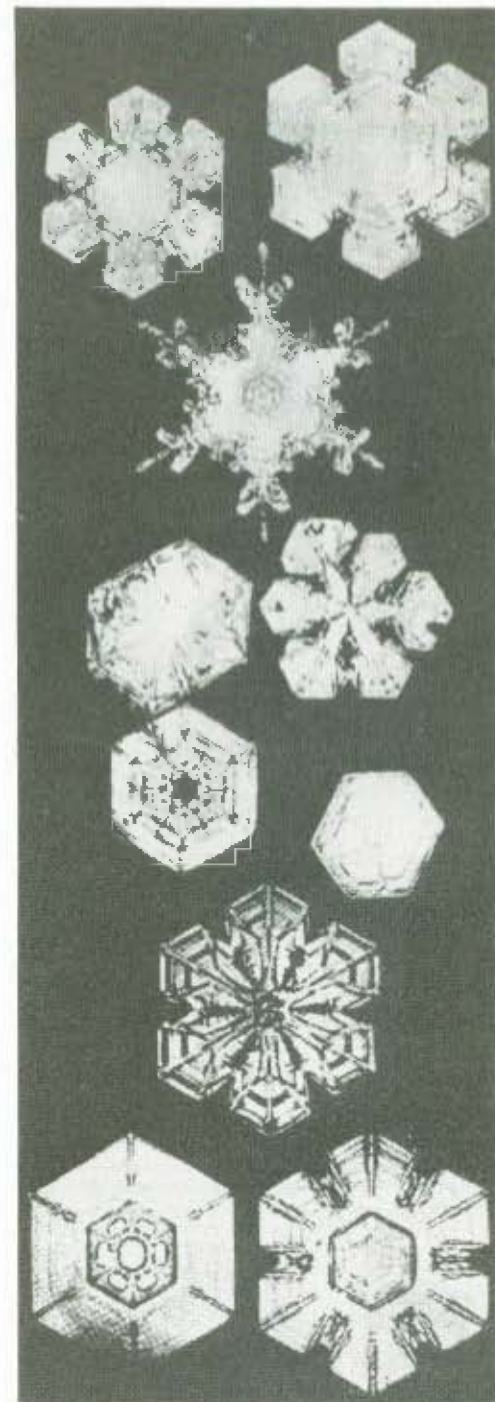
De vaste vorm wijst er op dat de kohesiekrachten tussen de molekulen erg groot zijn.

Ons molekuulmodel van een vaste stof ziet er nu als volgt uit:

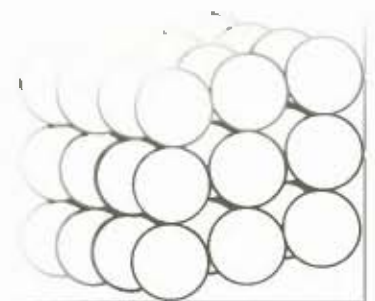
- 1 Een vaste stof bestaat uit molekulen.
- 2 De molekulen hebben massa.
- 3 De molekulen zitten dicht op elkaar gerangschikt in een bepaald rooster.
- 4 De molekulen maken trillende bewegingen op een vaste plaats.
- 5 De kohesiekrachten tussen de molekulen zijn erg groot.

Met dit model kunnen we de eigenschappen van vaste stoffen verklaren.

Toch is het niet mogelijk om met het molekuulmodel, zoals we dat nu hebben, alle eigenschappen van de vaste stof te verklaren. Bijvoorbeeld: Waarom smaakt keukenzout zout, en suiker zoet? We zullen in de toekomst ons model nog moeten uitbreiden. Voor we daarmee kunnen beginnen, moeten we nog veel experimenten doen.



Sneeuwkrystallen



Voorstelling van de ruimtelijke ordening van molekulen

## Overzichten voor gassen, vloeistoffen en vaste stoffen



Schematisch overzicht van fase-overgangen.

Tabel 1

Eigenschap	Gas	Vloeistof	Vaste stof
Neemt ruimte in	veel	ja	ja
Heeft een vast volume	nee	ja	ja
Is samendrukbaar	ja	nee	nee
Heeft een eigen vorm	nee	nee	ja
Is elastisch	—	—	ja
Oefent druk uit	ja	ja	nee
Vertoont diffusie	ja	ja	nee
Mikroskopisch waarneembare deeltjes vertonen brownbeweging	ja	ja	—
Heeft massa	ja	ja	ja
Dichtheid	klein	groot	groot
Vertoont kohesie	nee	ja, klein	ja, groot
Bestaat uit kristallen	—	—	de meeste
Lost op	—	—	de meeste

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

Tabel 2

Kenmerk	Gasmodel	Vloeistofmodel	Vaste stof 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 op een vaste plaats
Er zijn kohesiekrachten tussen de molekulen	nee	ja, klein	ja, groot

Overzicht van de kenmerken van de verschillende molekuulmodellen.

## De gasvormige, vloeibare en vaste toestand

**1**  
Hoe heet de fase-overgang van vloeibaar naar vast?  
Hoe heet de fase-overgang van vast naar gas?  
Hoe heet de fase-overgang van vast naar vloeibaar?  
Hoe heet de fase-overgang van gas naar vast?

**2**  
Wat is een vaste stof na verdampen?  
Wat is een gas na kondenseren?  
Wat is een vloeistof na stollen?  
Wat is een vaste stof na smelten?

**3**  
Hoe kun je bij kamfer vaststellen dat vaste stof verdampt zonder eerst te smelten?

**4**  
Ken je nog meer stoffen die ineens van de vaste fase overgaan naar de gasvormige fase?

**5**  
Ken je stoffen die van de gasvormige fase rechtstreeks overgaan naar de vaste fase?

## Wat is een vloeistof?

**1**  
In P 2 heb je de eigenschappen van vloeistoffen onderzocht. Vervolgens zijn ze op een rijtje gezet in T 2. Verdeel de eigenschappen nu in drie kolommen.

**Kolom 1.** Eigenschappen van vloeistoffen die precies hetzelfde zijn als bij gassen

**Kolom 2.** Eigenschappen van vloeistoffen die je ook bij gassen aantreft, maar niet in dezelfde mate.

**Kolom 3.** Eigenschappen van vloeistoffen die je bij gassen niet hebt aangetroffen.

kolom 1	kolom 2	kolom 3

**2**  
In T 1 namen we aan dat stoffen in de vaste en vloeibare fase uit dezelfde molekulen bestaan als in de bijbehorende gasvormige fase. Is dit in één van de in P 2 gevonden eigenschappen tegengesproken?

**3**  
Kun je met kohesie het bestaan van een zeepbel verklaren?

**4**  
Sommige insecten kunnen op water lopen. Met welke proef kun je dit vergelijken?

## Molekuulmodel van een vloeistof

In de vloeibare fase zijn de molekulen hetzelfde als in de gasvormige fase. Toch heb je in P 2 andere eigenschappen gevonden. We moeten de verschillen tussen een vloeistof en een gas dus verklaren met een verschil in samenhang tussen de molekulen.

**1**  
Je moet nu nagaan waar je het molekuulmodel van een gas moet veranderen. Kenmerken van ons gasmodel:  
1 Een gas bestaat uit molekulen.  
2 De molekulen hebben massa.  
3 Er zit veel ruimte tussen de molekulen.  
4 De molekulen bewegen voortdurend en botsen tegen elkaar en tegen de wanden.  
Misschien moet je het model wel uitbreiden.

Eigenschap van de vloeistof	kun je verklaren door te zeggen dat de molekulen
-----------------------------	--

Ruimte

Geen vaste vorm

Massa

Druk

Diffusie

Brown-beweging

Niet samen-drukbaar

Kohesie

**2**  
Bij welke eigenschappen moest je het model wat veranderen.

**3**  
Bij welke eigenschappen moest je het model uitbreiden?

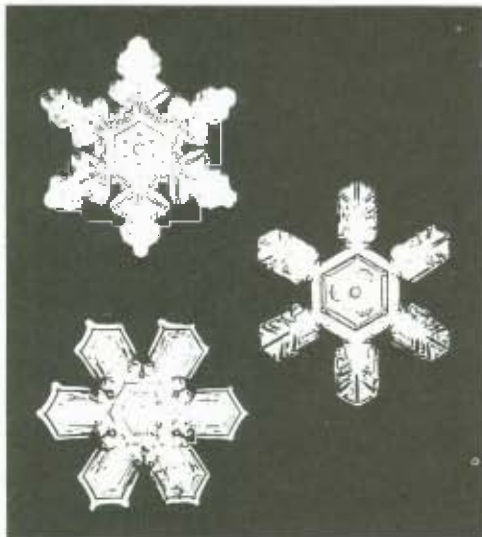
**4**  
Schrijf nu op welke kenmerken het molekuulmodel van een vloeistof heeft. Controleer je lijstje met dat in T 3.



## Wat is een vaste stof?

- 1 Waarom zinkt elke vaste stof in zijn eigen vloeistof? (water is een uitzondering)
- 2 Wat gebeurt er met het volume van paraffine tijdens het stollen? Waaraan merkte je dat in proef 2 uit P 4?
- 3 Hoe kun je het verschijnsel van proef 2 verklaren met ons molekuulmodel?
- 4 Waarom mocht er bij proef 2 geen lucht in de tuit komen?
- 5 Vaste stoffen zijn niet samendrukbaar volgens proef 2. Waarom kun je een stukje schuimrubber wel samendrukken?
- 6 Je kunt een vaste stof niet samendrukken, maar wel vervormen. Wat blijft dus bij vervormen hetzelfde?
- 7 Wat is er met de biljartbal in proef 6 tijdens de botsing met de beroete plaat gebeurd? Waaruit blijkt dat?

### Vraag 11



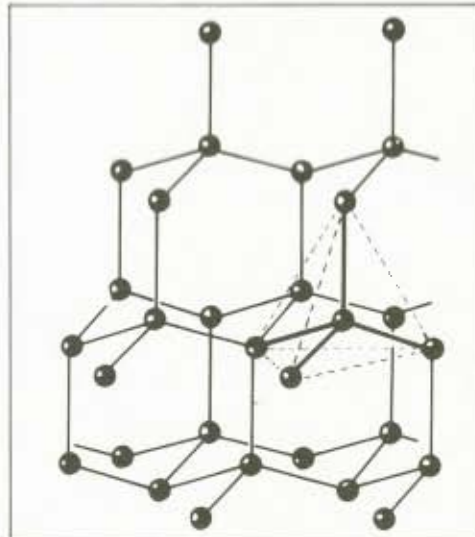
Sneeuwkristallen

## Molekuulmodel van een vaste stof

- 1 In W 3 heb je uit het model van een gas het vloeistofmodel afgeleid. Probeer nu het model van een vaste stof af te leiden uit het vloeistofmodel. Vul daarom eerst de onderstaande tabel aan.

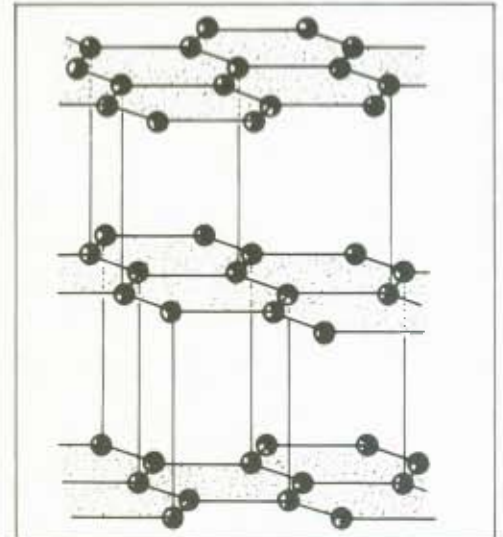
Eigenschap van de vaste stof	Kun je verklaren door te zeggen dat de molekulen
ruimte	ruimte innemen
massa	massa hebben
niet samen-drukbaar	dicht op elkaar zitten
vast volume	dicht op elkaar zitten
eigen vorm	
elastisch	
kristallen	
lost op	
dichtheid is groter dan bij vloeistof	

- 2 Bij welke eigenschappen heb je het model van een vloeistof een beetje aangepast?
- 3 Bij welke eigenschappen heb je het model moeten uitbreiden?
- 4 Beschrijf nu in de vorm van een lijstje hoe het model van een vaste stof eruit ziet.



Diamantrooster

- 5 Wat gebeurt er met de molekulen als een vaste stof smelt?
- 6 Probeer de elasticiteit van een vaste stof eens te verklaren.
- 7 Als je een schepje zout oplost in een glas water lijkt het zout te verdwijnen. Kan dat volgens ons molekuulmodel? Wat gebeurt er tijdens het oplossen met de molekulen?
- 8 Suiker kun je oplossen in water. Je kunt suiker ook smelten. Gesmolten suiker heet karamel. Het smeltpunt van suiker is 184°C. Is er ook een bepaalde temperatuur waarbij suiker in water oplost?
- 9 Noem een aantal belangrijke verschillen tussen oplossen en smelten.
- 10 Wat is volgens het molekuulmodel de overeenkomst tussen smelten en oplossen?
- 11 Kijk eens naar de tekeningen hieronder. Je ziet in tekening A en B twee kristalvormen van koolstof: A diamant en B grafiet. Ook zie je enkele plaatjes van sneeuw kristallen. Wat denk je: Zegt de vorm van de kristallen iets over de vorm van de molekulen of zegt ze iets over de rangschikking van de molekulen?

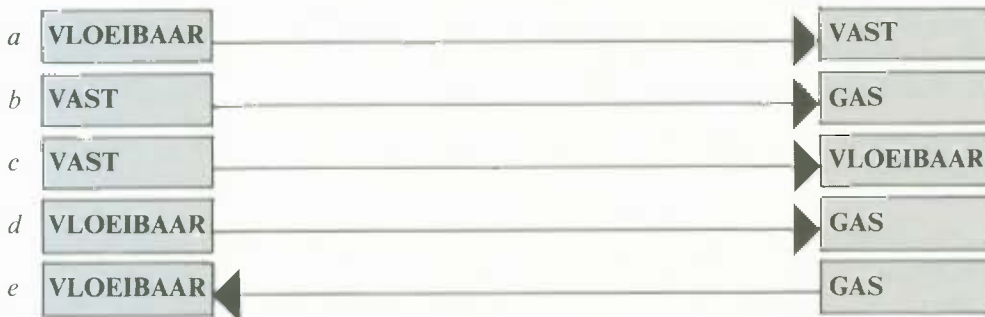


Grafietrooster



# Een vel vol feiten

1 Vul op de lijn de namen van de fase-overgangen in:



2 Streep de fouten aan in onderstaand verhaal

1 Oom George zat in zijn luie stoel en  
 2 stak een pijp op. Zijn kinderen Anne-  
 3 marie en Mattijs zagen het kringelen  
 4 van de rook. 'Dat kringelen noemen ze  
 5 nu de brownbeweging bij gassen', zei  
 6 oom. Annemarie snoof de zoete geur  
 7 van de tabak, die zich langzaam maar  
 8 zeker door de kamer verspreidde. 'Dit  
 9 is vast diffusie', dacht ze.  
 10 Ze keek naar Mattijs, die voorzichtig  
 11 water op een laagje limonadesiroop  
 12 goot. 'Is dat niet leuk', zei hij, toen hij  
 13 het water boven de limonadesiroop  
 14 zag.  
 15 'Het kan nog wel uren duren voordat  
 16 de limonadesiroop uit zichzelf met het  
 17 water gemengd is', sprak oom George.  
 18 'Dit is ook diffusie, maar nu bij vloe-  
 19 ien stoffen'.  
 20 Mattijs zag dat wachten niet zo zitten,  
 21 dus haalde hij een roerder. Nu had  
 22 Mattijs een vreemd roerdertje. Je kent  
 23 ze misschien wel: een plastic stokje  
 24 met drie gaatjes erin.



25 Op het moment dat Mattijs het stokje  
 26 uit zijn glas haalde, bleef er in elk  
 27 gaatje een druppeltje limonade zitten.  
 28 Toen Annemarie deze druppeltjes zag  
 29 vond ze het verschijnsel toch wel  
 30 vreemd. 'Je zou verwachten dat de mo-  
 31 lekulen elkaar niet vasthouden, want  
 32 hoe gemakkelijk is het niet om het  
 33 roerdertje door de limonade te bewe-  
 34 gen', zei ze. 'Toch houden de vloeistof-  
 35 molekulen elkaar een beetje vast', ant-  
 36 woordde oom George, 'dat heet kohe-  
 37 sie'.

3 Op blz. 7 staat een tabel van stoffen met hun smeltpunt en hun kookpunt. Gebruik hem bij de volgende vragen (je hoeft deze tabel natuurlijk niet van buiten te kennen, maar je moet ermee kunnen werken).

a In welke fase bevindt zich: zuurstof bij 100 °C

zuurstof bij 0 °C

b Op de Noordpool worden soms temperaturen van -60 °C gemeten. Waarom kun je dan wel een thermometer gevuld met alcohol gebruiken en niet een thermometer gevuld met kwik?

Vraag 3b



c Bestaat er ijs van -11 °C?

d Welk metaal heeft het laagste smeltpunt?

e Noem een temperatuur waarbij zuurstof vast is en waterstof vloeibaar.

4 Schrijf de betekenis op van de volgende begrippen:

- a diffusie
- b brownbeweging
- c kohesie.

# Vloeistoffen en hun molekulen

We gaan nog eens na wat je te weten bent gekomen van de vloeibare fase.

Daarbij stellen we steeds twee vragen:

a Hoe ben je dat te weten gekomen? Dus, wat heb je gezien, welke proef heb je gedaan?

b Hoe kun je met het molekuulmodel verklaren wat er bij de proef gebeurde?

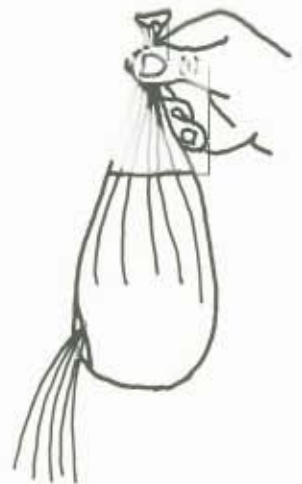
Voorbeeld:

Je weet dat een vloeistof druk uitoefent op de wand van het vat waarin het zit.

a Hoe weet je dat?

Dat heb je gemerkt bij proef 7 van P 2. Daar vulde je een plastic zak met water. De zak ging bol staan. Toen je er een gaatje in prikte spoot het water er uit.

b Hoe kun je dat verklaren met het molekuulmodel?



Hoe weet je dat een vloeistof druk uitoefent op de wand van het vat waarin het zit?

Je kunt als volgt inzien dat de vloeistof tegen de zijkant van het vat drukt: de vloeistofmolekulen bewegen voortdurend langs elkaar; 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 dan bol staan.

Schrijf nu elke eigenschap van de vloeibare fase nog eens op (zie T 2). Zet daar steeds je antwoorden op de vragen a en b bij. Maak voor vraag b gebruik van het model zoals dat staat in T 3.

Proef op de som: Een nieuwe eigenschap van vloeistoffen?

Je hebt twee gelijke kogeltjes en twee rea-

## Vaste stoffen en hun molekulen

We gaan nog eens na wat je te weten bent gekomen over de vaste fase. Daarbij stellen we steeds twee vragen:

- Hoe ben je dat te weten gekomen? Dus, wat heb je gezien, welke proef heb je gedaan?
- Hoe kun je met het molekuulmodel verklaren wat er bij de proef gebeurde?

### Voorbeeld:

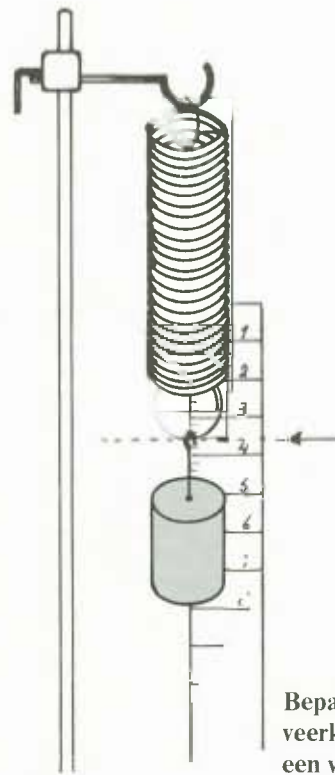
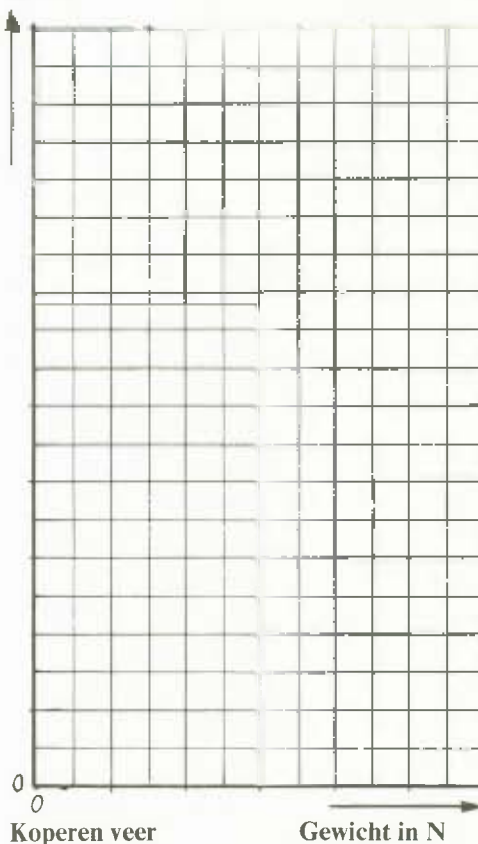
Een vaste stof kan opgelost worden in een vloeistof.

- Hoe ben je dat te weten gekomen? In proef 11 van P 4 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.

- Hoe kun je dat verklaren met het molekuulmodel?

Je kunt je voorstellen dat de molekulen in een vaste stof op een vaste plaats in het rooster zitten te trillen. Als je een kristal in een vloeistof doet, zullen de vloeistofmolekulen voortdurend tegen het kristal botsen.

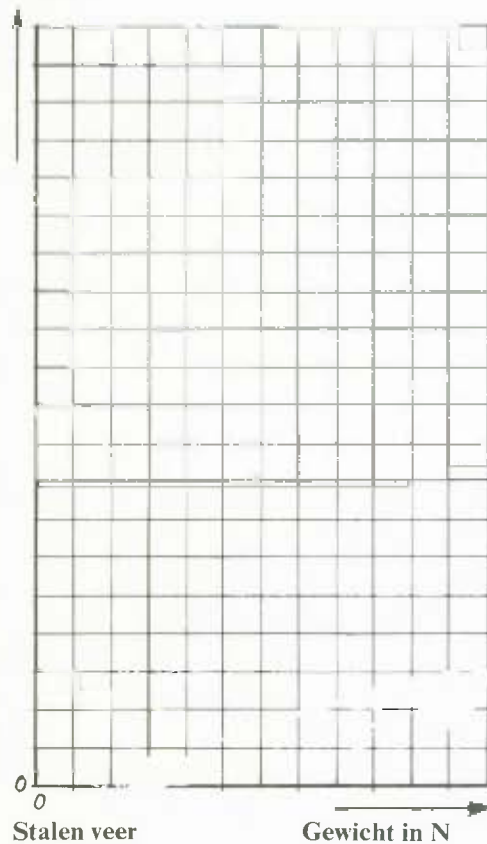
### Uitrekking in cm



Bepaling van de veerconstante van een veer

De molekulen aan de buitenkant van het kristal zullen 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.

### Uitrekking in cm



Een nieuwe eigenschap van vloeistoffen?

geerbuisjes. 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. 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.

### Resultaat:

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

Kun je een naam voor deze nieuwe eigenschap bedenken?

Hoe verklaar je dit verschil met het molekuulmodel?

Schrijf nu elke eigenschap van de vaste fase nog eens op (T 4). Zet daar steeds je antwoorden op de vragen a en b bij. Maak voor vraag b gebruik van het model zoals dat staat in T 5.

**Proef op de som: De veerconstante van een veer.**

In blok 2 heb je de veerconstante van een stalen veer bepaald. Schrijf nog eens op wat die term betekent.

‘De veerconstante van een veer is

---

---

---

---

De veerconstante hangt af van de lengte van de veer, de dikte van de veer en de dikte van de draad. We zullen nu eens nagaan of de veerconstante afhangt van het materiaal waarvan de veer gemaakt is. Neem een stuk koperdraad en een stuk staaldraad van gelijke lengte en dikte. Wikkel daarvan rond hetzelfde staafje twee veren. Bepaal van beide veren de veerconstante.

**Resultaat:**

Veerconstante stalen veer is

Veerconstante koperen veer is

Welke veer heeft de grootste veerconstante?

**Verklaar het verschil met behulp van het molekuulmodel.**

---

---

---

---

---

---

---

---

## Herhaalblad 1

### Een vel vol feiten

- 1  
a stollen; b verdampen; c smelten; d verdampen; e kondenseren tot vaste stof.
- 2  
Regel 5: brownbeweging is de trillende beweging die de rookdeeltjes maken. Deze is met het blote oog niet waar te nemen. Het omhoog kringelen van de rook komt doordat de warme rook opstijgt in de koudere lucht van de kamer.
- 3  
a Zuurstof bij  $100^{\circ}\text{C}$  en bij  $0^{\circ}\text{C}$  in de gasvormige fase.  
b Kwik stolt bij  $-39^{\circ}\text{C}$ .  
c Ja, want de temperatuur is lager dan  $0^{\circ}\text{C}$ .  
d Kwik.  
e Zuurstof is vast beneden  $-218^{\circ}\text{C}$ ; waterstof is vloeibaar vanaf  $-259^{\circ}\text{C}$ . We moeten dus een temperatuur kiezen tussen  $-259^{\circ}\text{C}$  en  $-218^{\circ}\text{C}$ . Zo'n temperatuur is bijvoorbeeld  $-250^{\circ}\text{C}$  of  $-230^{\circ}\text{C}$  of ...
- 4  
a Diffusie is menging van gassen of van vloeistoffen; belangrijk is dat diffusie optreedt zonder te schudden of iets dergelijks. Het is dus een spontane menging.  
b Brownbeweging is de kris-kras-beweging van mikroskopenisch waarneembare deeltjes.  
c Kohesie is de samenhang van een vloeistof, zodat de vloeistof bij elkaar blijft.

## Herhaalblad 2

### Vloeistoffen en hun molekulen

Hieronder volgen de eigenschappen van vloeistoffen en hoe je deze eigenschappen hebt kunnen vinden. Voor de verklaring staan alleen de kenmerken genoemd die je daarvoor nodig hebt.

1	Ruimte	Proef 3 en 4
	Vloeistof bestaat uit molekulen; de molekulen nemen ruimte in.	
2	Massa	Proef 10 en 11
	De molekulen hebben massa.	
	Grote dichtheid	Proef 11
	De molekulen zitten dicht op elkaar.	
3	Niet samendrukbaar	Proef 1 en 2
	De ruimte tussen de molekulen is klein.	
4	Geen vaste vorm	Proef 8 en 9
	De molekulen bewegen voortdurend langs elkaar.	
5	Diffusie	Proef 5
	De molekulen bewegen voortdurend.	
6	Druk	Proef 7
	De molekulen bewegen voortdurend en botsen tegen elkaar en tegen de wand.	
7	Brownbeweging	Proef 6
	De molekulen bewegen voortdurend en botsen tegen elkaar, tegen de wand en tegen mikroskopenisch kleine deeltjes.	
8	Kohesie	Proef 12 t/m 16
	De molekulen trekken elkaar aan.	

#### Hoe verklaar je dit verschil met het molekuulmodel?

De vloeistofmolekulen trekken elkaar aan; de aantrekkende krachten of cohesiekrachten zijn voor molekulen van verschillende vloeistoffen niet gelijk.

## Herhaalblad 3

### Vaste stoffen en hun molekulen

Hieronder volgen de eigenschappen van vaste stoffen en hoe je deze eigenschappen hebt kunnen vinden. Voor de verklaring staan alleen de kenmerken genoemd die je daarvoor nodig hebt.

1	Ruimte	
	De molekulen nemen ruimte in.	
2	Massa	
	De molekulen hebben massa.	
	Grote dichtheid	Proef 1 en 2
	De molekulen zitten dicht op elkaar.	
3	Niet samendrukbaar	Proef 3
	De ruimte tussen de molekulen is klein.	
4	Eigen vorm	Proef 4 t/m 7
	De molekulen zitten op een vaste plaats in een rooster.	
5	Kohesie	Proef 4 en 6
	De molekulen trekken elkaar aan.	
	Elastisch	Proef 6 en 7
	De molekulen zitten op een vaste plaats in een rooster; de molekulen trekken elkaar aan.	
6	Kristalliseren	Proef 9 t/m 11
	De molekulen ordenen zich zo dat ze het beste in elkaar passen; er blijft dan geen ruimte meer over om langs elkaar te bewegen.	
7	Oplossen	Proef 11
	Zie voorbeeld.	

#### Verklaar het verschil met behulp van het molekuulmodel.

De vaste stofmolekulen trekken elkaar aan; de aantrekkende krachten of cohesiekrachten zijn voor molekulen van verschillende vaste stoffen niet gelijk.



## Een proef over oppervlaktespanning

Herinner je je de proef nog over het drijven van een scheermesje op een wateroppervlak en het blazen van zeepbellen?

Schrijf de verklaring van die proeven nog eens op.

We gaan nu meten hoe groot de kracht is om een vierkant blikje door het oppervlak van zeepsop en van glycerine te trekken.

Eerst moeten we een gevoelige krachtmeter maken (zie tekening). Neem het klosje met daarin een stuk staaldraad. Hang er achtereenvolgens 1 g, 2 g, 5 g en 10 g aan. Het puntje van het staaldraad komt dan achtereenvolgens bij bepaalde standen van een strook millimeter papier, dat op een rechtopstaande lat is geplakt. Noteer op deze strook waar de punt van het staaldraad kwam bij een kracht van 0,01 N, 0,02 N, 0,05 N, en 0,10 N. Dan hebben we onze krachtmeter geijkt.

Hang nu aan het uiteinde van het staaldraad het blikje van  $2 \times 2$  cm. Hoe groot is de uitwijking van het staaldraad op de strook papier? Wat is het gewicht van het blikje? Houd nu een glas met zeepsop om het blikje, zodat het totaal ondergedompeld wordt. Trek nu het glas langzaam omlaag.

Noteer de stand van de krachtmeter op het moment dat het blikje het zeepsopvlies loslaat.

Hoe groot is de kracht wanneer de zeepsopfilm het plaatje loslaat?

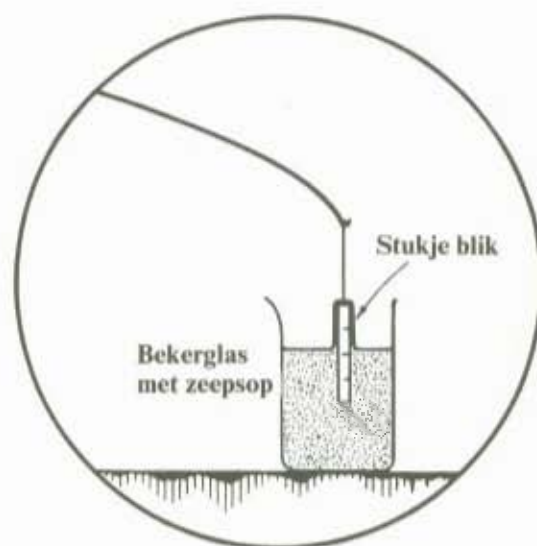
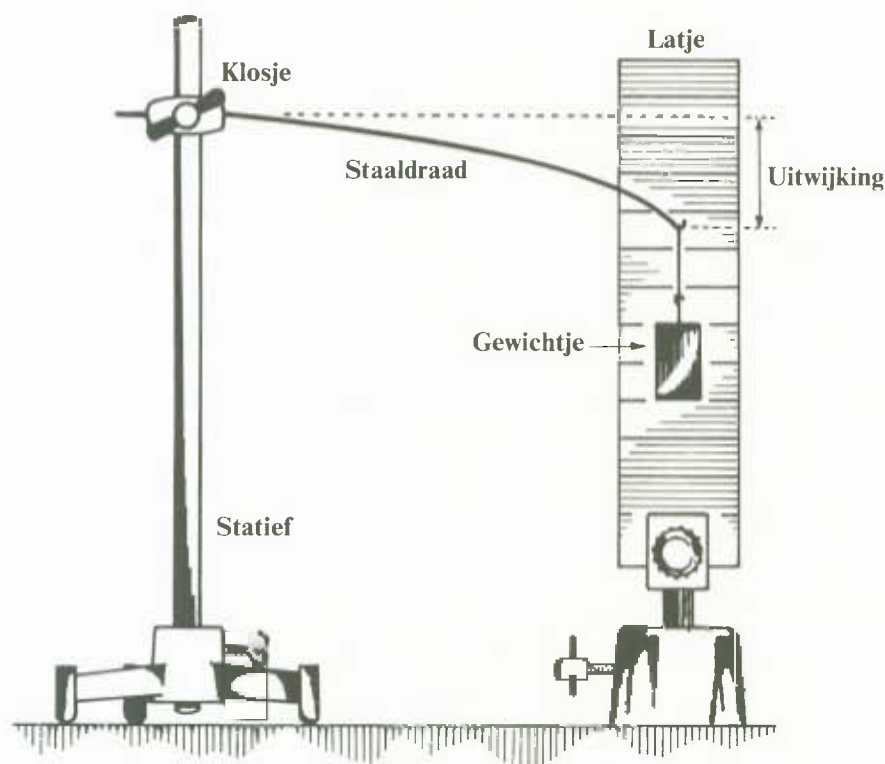
Hoeveel centimeter kon je het blikje omhoog trekken voordat het zeepvlies losliet?

De oppervlaktespanning is nu de kracht die nodig was om het vlies 1 cm omhoog te trekken, dus

Herhaal deze proef nu eens met glycerine.

Welke vloeistof heeft de grootste oppervlaktespanning?

Zie ook: Archimedes: jaargang 6, nr. 4 en jaargang 9, nr. 4.



## Scheidingsvlakken maken



Om diffusie bij vloeistoffen te laten zien, gieten we water op een oplossing van kopersulfaat. Aan het begin van die proef viel vooral het scheidingsvlak tussen water en de oplossing van kopersulfaat op.

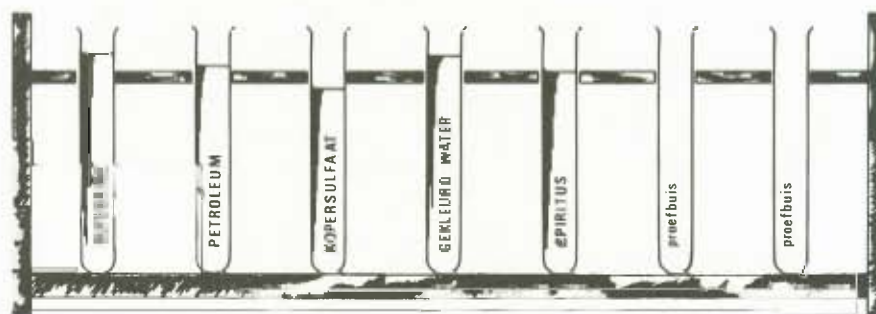
Misschien heb je dit effect al eens meer gezien bij vloeistoffen. Bijvoorbeeld olie op water. Als twee vloeistoffen vlot met elkaar mengen kun je alleen een scheidingsvlak maken als je voorzorgsmaatregelen neemt.

### Scheidingsvlakken maken.

Om fraaie scheidingsvlakken te krijgen moet je vloeistoffen voorzichtig op elkaar gieten. Een dun schijfje kurk waar je de vloeistoffen op giet, kan helpen.

Je kunt dit doen met vloeistoffen, die je thuis in de keuken aan kunt treffen. Thuis maakte ik het hiernaast staande kunstwerk. In een borrelglas goot ik achtereenvolgens: rode limonadesiroop, slaolie, paarse spiritus, lampe-olie. Natuurlijk kun je ook andere vloeistoffen nemen zoals water, azijn, de dranken jenever, sherry, wijn, crème de cacao. Vloeistoffen als petroleum, naaimachine-olie en benzine doen het natuurlijk ook. Let er wel op dat een aantal vloeistoffen vrij brandbaar zijn. Het vermijden van vuur is een eerste vereiste.

Je kunt deze proef natuurlijk ook op school doen. Daartoe gebruik je meestal de volgende vloeistoffen:



Vele vloeistoffen en dampen zijn giftig. Zorg ervoor dat je zo weinig mogelijk inademt.

Probeer de vloeistoffen maar eens op elkaar te gieten en probeer zoveel mogelijk scheidingsvlakken te maken.

Na wat experimenten heb je een reageerbuisje met daarin een aantal vloeistoffen boven elkaar. Tussen deze vloeistoffen heb je prachtige scheidingsvlakken.

Verklaar eens waarom de ene vloeistof boven de andere blijft zitten. Zou je de vloeistoffen die in het reageerbuisje zitten, kunnen opschrijven in de volgorde van grootste dichtheid naar kleinste dichtheid?

Zoek de dichtheden van deze stoffen eens op in het tabellenboekje (van je leraar) en schrijf achter de vloeistoffen de grootte van hun dichtheden.

Het reageerbuisje met de vloeistoffen kun je gebruiken om de dichtheid van een onbekende vloeistof ruwweg te bepalen.

Vraag aan je leraar een onbekende vloeistof. Doe hiervan voorzichtig een paar druppels in je reageerbuis en kijk waar de druppel gaat zitten.

Je kunt nu zeggen wat de dichtheid van de vloeistof ongeveer is. Probeer in een tabellenboekje (van je leraar) op te zoeken welke vloeistof het kan zijn. Vraag daarna of je de goede oplossing hebt gevonden.

## Vloeistofdruppels op een glasplaat en mengbaarheid van vloeistoffen onderling

De volgende proeven worden in groepjes van minimaal drie personen gedaan. Voor de proeven heb je als vloeistoffen nodig: paraffine-olie, glycerine, water, spiritus en tetra. Zorg dat je zo weinig mogelijk dampen inademt, de meeste vloeistoffen en dampen zijn giftig.

### Proef 1

#### Druppelproef

Druppel met een glazen staafje op een (met spiritus) ontvet objektglaasje van iedere vloeistof een druppel. Bekijk de druppels goed met een loep. Teken de vorm van de druppels in zij-aanzicht.

Maak nu een objektglaasje een beetje vet door er met een vettige vinger of doek over te strijken. Doe de proef nog eens en teken weer de vorm van de druppels in zij-aanzicht. Noteer wat je opvalt als je de tekeningen onderling vergelijkt.

### Proef 2

#### Mengproef

Bij deze proef gaan we proberen of de vloeistoffen zich met elkaar willen mengen. Doe in de eerste 4 reageerbuizen ca. 1 ml (1 cm hoog) paraffine-olie en doe hierop in iedere buis ca. 1 ml van een andere vloeistof. Ga dan schudden en noteer je waarnemingen. Zet de buizen in volgorde terug in je rekje. Doe in de drie volgende buizen ca. 1 ml glycerine en hierop 1 ml van de overige vloeistoffen (paraffine-olie niet, waarom niet?). Ga dan schudden en noteer je waarnemingen. Ga zo door tot je alle vloeistoffen hebt proberen te mengen. Noteer je waarnemingen.

Doe nu bij de buizen waarin de vloeistoffen niet wilden mengen een paar druppels vloeibaar afwasmiddel en ga opnieuw flink schudden. Schrijf je waarnemingen op. Probeer nu aan de hand van de druppel en de mengproef de vijf vloeistoffen te verdelen in twee groepen. Welk onderscheid zou je tussen de groepen willen maken?

### Theorie

#### Proef 1

Bij de druppelproef zijn drie krachten belangrijk:

- 1 de **zwaartekracht**, die probeert de druppel naar beneden te trekken;
- 2 de **kohesie**, de samenhang in de vloeistof, die probeert de druppel zo klein mogelijk te maken;
- 3 de **adhesie**, de samenhang tussen de vloeistof en de vaste stof, hier dus het glas, die probeert de vloeistof aan het glas te hechten.

Aan de hand van de tekening kun je zien welke kracht het wint:

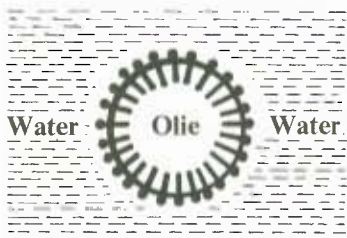
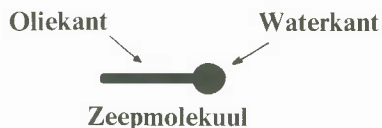
de kohesiekracht, die probeert de druppel bolvormig te maken, of de twee andere krachten, die proberen de druppel uit te smeren. Door nu het glasplaatje vet te maken zullen de druppels op het vet liggen, en niet op het glas. Welke twee krachten blijven hetzelfde en welke kracht kan er veranderen?

#### Proef 2

Je kunt de vloeistoffen in twee groepen indelen:

- 1 de 'watergroep';
- 2 de 'oliegroep'.

De vloeistoffen van de watergroep lossen in elkaar op, die van de oliegroep lossen ook in elkaar op. Een vloeistof van de watergroep lost niet op in een vloeistof van de oliegroep. 'Soort zoekt soort'. Als je aan een vloeistof van de oliegroep of een vloeistof van de watergroep wat vloeibaar afwasmiddel of zeep toevoegt, kun je deze vloeistoffen wel mengen. Ze lossen echter niet in elkaar op, maar er ontstaan druppeltjes van de ene vloeistof in de andere. Zo'n mengsel noemt men **emulsie**. Een emulsie ziet er vaak blauwachtig-wit uit.



Geëmulgeerd oliedruppeltje in water

Molekulen van afwasmiddelen en zeep (emulgatoren) hebben de bijzondere eigenschap dat de ene kant van de molekulen hoort bij de watergroep en de andere kant bij de oliegroep.

Omdat een oliedruppel na emulgeren van buiten 'waterachtig' is geworden, kan de druppel in het water blijven bestaan. Hierop berust de reinigende werking van zeep en afwasmiddel: vetachtige deeltjes komen door emulgatoren in het waswater terecht. Andere voorbeelden van emulsies zijn: melk, boter, margarine, cosmetika, mayonaise.

#### Vragen

- 1 Teken een waterdruppel met zeepmolekulen in zijn grensvlak (oppervlak).
- 2 Bij welke van de twee groepen zou je zo'n 'waterdruppel' kunnen indelen?
- 3 Hoe zou de vorm zijn van een waterdruppel-met-zeep op een vet objectglaasje in vergelijking met de waterdruppel zonder zeep?
- 4 Melk bestaat uit 'olie-druppels' in 'water'. Boter bestaat uit 'waterdruppels' in 'olie'. Wat gebeurt er tijdens het bereiden van boter uit melk?
- 5 Wat is onder andere het verschil tussen boter en room?
- 6 Waarom gaat het wassen met zeep beter dan zonder zeep?
- 7 Melk wordt bij verdunning met water blauwachtig-wit van kleur. Hoe komt dat?

---

## Blok 5 | Extra blad 32

---

### Het rekken van draden

Wanneer op een voorwerp een niet te grote kracht wordt uitgeoefend, verandert het tijdelijk van vorm. We noemen dit elastische vervorming.

- 1 Onderzoek eerst de uitrekking van een doorgeknipt elastiekje. Klem het elastiekje in een statief, hang er steeds meer massa aan, en meet de uitrekking. Noteer je metingen in een tabel. Controleer af en toe of de oorspronkelijke lengte terugkomt. Noteer bij welke kracht dit niet meer het geval is; dit is de elasticiteitsgrens. Ga door tot het elastiekje knapt. Maak een grafiek waarin de kracht (in N) is uitgezet tegen de uitrekking (in cm).
- 2 Neem een stuk vissnoer van ruim een meter lengte. Maak één eind vast aan iets wat niet kan meegeven. Bevestig het andere eind aan een houtje, zodat je gemakkelijk aan de draad kunt trekken zonder je in je vingers te snijden. Als je aan de draad trekt rekt hij uit, laat je los dan krimpt hij weer in. Meet hoeveel cm je hem uitrekt en controleer of hij weer op zijn oorspronkelijke lengte terugkeert. Als dat zo is, is vissnoer dus elastisch. Wanneer je nog harder trekt, treedt een blijvende vervorming op; welke? Meet de maximale elastische uitrekking van het snoer.
- 3 Zo'n proef kunnen we ook bij koperdraad uitvoeren. Als we dit zorgvuldig doen, zullen we een opmerkelijk nieuw resultaat vinden. Neem een 100 cm lang stuk koperdraad met een diameter van 3/10 mm ('wikkeldraad'). Bevestig één eind weer aan iets wat niet meegeeft en maak aan het andere eind een dwarshoutje. Meet de lengte van de draad tussen de twee bevestigingspunten. Bedenk een methode waarbij je de lengte van de draad voortdurend kunt meten. Ga na, dat koperdraad elastisch is; **let op: de elastische uitrekking is maar heel klein, trek daarom heel voorzichtig.**



## Proef 4



Als je de draad een aantal slagen draait krijg je de draad weer mooi strak.

Trek daarna langzaam steeds harder aan de draad. De draad gaat 'vloeien'. Meet de lengte waarbij dit begint. Noteer wat je hierbij waarneemt. Let vooral op de kracht en de bijbehorende uitrekking. Houd nu even op met trekken. Krimpt hij in tot de oorspronkelijke lengte? Was dit dus nog elastische vervorming? Trek nu door; een tijdje zul je nog een steeds grotere kracht moeten uitoefenen om hem verder uit te rekken. Daarna blijkt de benodigde kracht juist kleiner te worden. Probeer dit ook waar te nemen. Kort hierna knapt de draad. Misschien moet je de proef een paar maal doen om alles te konstaten.

### Vragen

- Wat valt op aan de grafiek die je voor het elastiekje maakte?
- Hoeveel cm kun je het elastiekje elastisch uitrekken? Welke kracht hoort hierbij? Markeer dit punt in je grafiek.
- Wat betekent het, dat het eerste stuk van de grafiek recht is?
- Verklaar de elasticiteit van draden met het molekuulmodel van een vaste stof.
- Probeer ook het vloeien van draden met het molekuulmodel te verklaren.

### 4

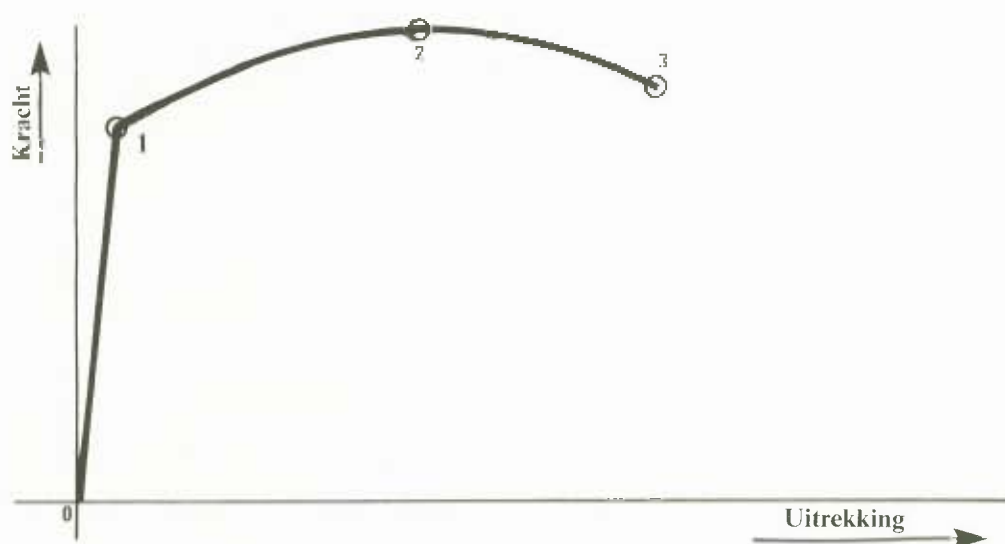
Van de eigenschap dat een metaaldraad kan gaan vloeien, kunnen we goed gebruik maken om stukken draad die verkreukeld zijn weer mooi strak te krijgen. Je moet de verkreukelde draad dan spannen tot hij begint te vloeien.

Bij koperdraad gaat dat gemakkelijk, bij andere draadsoorten niet altijd. Het kan dan helpen als je ondertussen de draad ook nog een aantal slagen draait, bijvoorbeeld twintig draaiingen per meter draad.

Verkreukel een stuk koperdraad en maakt het daarna weer mooi strak.

### 5

Van de proef met koperdraad zie je hieronder de grafiek.



Uit deze grafiek kun je aflezen hoe groot de kracht is nodig is om een bepaalde uitrekking van de draad te krijgen. We hebben geen getallen langs de assen van de grafiek gezet, omdat het ons hier alleen om de vorm van de grafiek gaat.

### Vragen

Door de punten 0, 1, 2 en 3 wordt de grafiek in gebieden verdeeld.

- In welk(e) gebied(en) denk je dat de draad elastisch was?
- Bij welk punt begon de draad te vloeien?
- Waarom houdt de grafiek op bij punt 3?
- Bij welk punt werd op de draad de grootste kracht uitgeoefend die hij kon verdragen?
- Tussen de punten 2 en 3 buigt de grafiek terug. Wat betekent dat?
- Voorbij welk punt treedt een blijvende vormverandering op?