

Leerdoelen

Wat je moet kennen en kunnen aan het eind van blok 3

1 Je moet weten wat er wordt bedoeld met de massa van een voorwerp. [T1]

2 Je moet weten wat er wordt bedoeld met het volume van een voorwerp. [T1]

3 Je moet de massa en het volume van een voorwerp kunnen meten. [P1]

4 Je moet weten wat we verstaan onder dichtheid. [T1, W1]

5 Je moet de eenheid van dichtheid kennen. [T1]

6 Als je de massa en het volume van een voorwerp kent, moet je de dichtheid kunnen berekenen van de stof waarvan dat voorwerp is gemaakt. [P1, P2, W1, W2]

7 Je moet weten hoe je kunt bepalen van welke stof een voorwerp is gemaakt. [P2, T2]

8 Als je de dichtheid van een voorwerp kent en je weet de dichtheid van een vloeistof, dan moet je kunnen voorspellen of dat voorwerp in de vloeistof gaat zinken, zweven of drijven. [T3]

9 Je moet een tabel kunnen maken van de meetwaarden van een proef. [T4]

10 Je moet een diagram kunnen maken van de meetwaarden van een proef. [T4]

11 Je moet uit een diagram kunnen aflezen welke waarden beide grootheden hebben bij een bepaald meetpunt. [T4]

12 Je moet uit een diagram kunnen aflezen welke waarde de ene grootte heeft als je de waarde van de andere grootte kent. [T4]



Blok 3

Massa, volume en dichtheid

Basisstof

- T1 Massa, volume en dichtheid 58
- W1 59
- T2 Waarvoor heb je dichtheid nodig? 60
- W2 Het berekenen van de dichtheid 61
- T3 Zinken, zweven of drijven 62
- W3 63
- T4 Van tabellen naar diagrammen 64
- W4 Het maken van een diagram 67

Herhaalsstof

- H1 Dichtheid 68
- H2 Tabellen en diagrammen 69
- H3 Dichtheid en zinken, zweven en drijven 72

Extrastof

- E1 De antivriesmeter 73



Massa, volume en dichtheid

Grootheden en eenheden

Met de massa van een voorwerp bedoelen we het aantal gram of kilogram van dat voorwerp. Omdat de massa van een voorwerp een eigenschap is die je kunt meten, noemen we de massa een *grootheid*. Zo zijn ook de lengte, de temperatuur en het volume van een onderwerp grootheden omdat je ze kunt meten.

Als je je eigen massa bepaalt dan zeg je: 'Ik ben zoveel kilogram.' Dat kan gemakkelijk omdat iedereen weet wat met een kilogram bedoeld wordt. We noemen de

kilogram een *eenheid* of ook wel een *standaardmaat*. In de tabel (figuur 1) staan een aantal grootheden met de bijbehorende eenheden.

Als je massa meet, dan vergelijk je die massa altijd met een van tevoren afgesproken eenheid of standaardmaat, de gram of de kilogram.

Bij het meten van een volume vergelijk je bij kleine blokjes met de cm^3 (spreek uit kubieke centimeter) en bij grote blokken met de dm^3 of de m^3 .

fig. 1

Grootheden met
bijbehorende eenheden.

grootheid	eenheid
lengte	meter
tijd	seconde
temperatuur	graad Celsius
volume	m^3
massa	kg
oppervlakte	m^2
dichtheid	g/cm^3

Dichtheid

Als je van stoffen zoals ijzer, aluminium of lood wilt weten welke stof de zwaarste is, dan mag je niet zomaar de massa van willekeurige stukken ijzer, lood en aluminium vergelijken. Je moet er dan voor zorgen dat die stukken even groot zijn, of nauwkeuriger: je moet zorgen dat ze hetzelfde volume hebben. Om nu gemakkelijk de massa's van stoffen te kunnen vergelijken, is afgesproken om van elke stof de massa (het aantal

gram) van 1 cm^3 te nemen. Dit noemen we de *dichtheid*.

De *dichtheid* geeft aan hoeveel gram 1 cm^3 van een stof is.

Dichtheid is een grootheid, want je kunt die bepalen en dichtheid heeft dus ook een eenheid: de gram per kubieke centimeter, afgekort g/cm^3 .

Berekenen van de dichtheid

Als je de dichtheid van een stof wilt weten, zou je er natuurlijk met een zaag een blokje van 1 cm^3 van kunnen maken. Daarna zou je daarvan de massa kunnen bepalen. Maar dat hoeft niet. Stel je hebt een blokje van 6 cm^3 met een massa van 60 g. Het is nu niet moeilijk om te bedenken hoeveel gram 1 cm^3 is.

Dat blokje wordt in gedachten dan $6 \times$ zo klein en dan wordt ook de massa $6 \times$ zo klein, dus 10 g. De dichtheid van de stof waaruit het blokje bestaat, is dus

$10 \text{ g}/\text{cm}^3$. De berekening die je hiervoor hebt uitgevoerd, komt erop neer dat je het aantal gram gedeeld hebt door het aantal cm^3 .

Anders gezegd: $\text{dichtheid} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$

Deze rekenregel kun je korter opschrijven als je gebruik maakt van de symbolen die we gekozen hebben voor de grootheden.

massa: m

volume: V

dichtheid: ρ (spreek uit: ro)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Hier zie je een voorbeeld hoe je de dichtheid kunt berekenen.

Voorbeeld: een blokje ijzer heeft een volume van

$22,5 \text{ cm}^3$. De massa van het blokje is 180 g. Hoe groot is de dichtheid?

Eerst schrijf je de gegevens op:

$$V = 22,5 \text{ cm}^3$$

$$m = 180 \text{ g}$$

$$\text{en dan de formule } \rho = \frac{m}{V}$$

$$\text{ingevuld } \rho = \frac{180}{22,5} = 8,0 \text{ g/cm}^3 \text{ (figuur 2).}$$

fig. 2

Zo maak je een staartdeling.
De dichtheid van het ijzeren blokje is dus $8,0 \text{ g/cm}^3$.

$$\begin{array}{r} 22,5 \overline{) 180} \quad | \quad 8,0 \\ \underline{180,0} \\ 0 \end{array}$$

Dichtheid en sterkte

Racefietsen worden tegenwoordig gemaakt van lichte materialen zoals aluminium en titaan. Hoewel de dichtheid van aluminium ongeveer drie keer zo klein is als die van staal, wordt een racefiets van aluminium nooit driemaal zo licht als een stalen fiets. Dat komt omdat aluminium minder sterk is. De aluminiumbuizen van het fietsframe moeten daarom dikker worden dan

even sterke stalen buizen (figuur 3). Je hebt dus meer cm^3 aluminium dan staal nodig voor een fiets die net zo sterk is. Titaan en kunststof versterkt met koolstofvezels (toegepast in de fiets die Greg Lemond gebruikt bij bergetappes) zijn niet alleen licht, maar ook sterk. Toch blijft een fiets van titaan lelijk om te zien omdat er nog steeds brede, dikke buizen voor nodig zijn om een sterke fiets te krijgen.



fig. 3

Blok 3

W1

Massa, volume en dichtheid

1 Wat wordt bedoeld met:

a de massa van een voorwerp?

b het volume van een voorwerp?

c de dichtheid van een stof?

2 Waarom mag je nooit zeggen dat de massa van een stuk lood altijd groter is dan de massa van een stuk piepschuim?

3 Bereken de dichtheid van een voorwerp met een volume van 40 cm^3 en een massa van 110 g.

4 Een blokje is 3,2 cm lang, 2,0 cm breed en 10,0 cm hoog. De massa van het blokje is 500 g.

a Bereken het volume van het blokje.

b Bereken de dichtheid van het blokje.

5 Een blok gasbeton heeft een lengte van 6,0 dm, een breedte van 1,0 dm en een hoogte van 2,0 dm. De massa van het blok is 3,0 kg.

a Bereken de dichtheid van gasbeton in kg/dm^3 .

b Bereken de dichtheid in g/cm^3 .

c Wat valt je op?

6 Een hoeveelheid vloeistof heeft een volume van 125 ml en een massa van 200 g.

a Wat is het volume van de vloeistof in cm^3 ?

b Bereken de dichtheid van de vloeistof in g/cm^3 .

Waarvoor heb je dichtheid nodig?

Dichtheid is een stofeigenschap. Dat betekent dat elk massief voorwerp dat gemaakt is van één bepaalde stof, ook de dichtheid heeft die bij die stof hoort. De dichtheid van het ijzer van de Eiffeltoren is hetzelfde als de

dichtheid van het ijzer van een paperclip.

Je kunt dichtheid gebruiken om:

a stoffen te herkennen;

b na te gaan of stoffen zuiver zijn.

Herkennen van stoffen

Stel dat je van een voorwerp de dichtheid hebt bepaald, en je vond een dichtheid van $8,0 \text{ g/cm}^3$. Dan kun je in een tabel van dichtheden opzoeken van welke stof het voorwerp waarschijnlijk is gemaakt. Je zoekt dan een getal in de tabel dat gelijk is aan de gevonden dichtheid, of dat daar zo dicht mogelijk bij ligt.

De dichtheid uit ons voorbeeld van $8,0 \text{ g/cm}^3$ komt niet in de tabel voor. De dichtheid die het beste overeenkomt met ons getal is die van ijzer met $7,9 \text{ g/cm}^3$. Het voorwerp is dus waarschijnlijk van ijzer gemaakt. Kleine afwijkingen kunnen altijd ontstaan door onnauwkeurigheden in het meten en wegen.

Nagaan of een stof zuiver is

Volgens de tabel is de dichtheid van goud $19,3 \text{ g/cm}^3$. Als je nu een 'gouden' armband hebt, waarvan na meting blijkt dat de dichtheid maar $10,8 \text{ g/cm}^3$ is, dan zijn er twee mogelijkheden:

1 de armband is hol waardoor het volume van het goud niet goed kon worden gemeten;

2 de armband is niet van zuiver goud, er zitten ook

andere stoffen in, bijvoorbeeld koper.

Het nagaan van de zuiverheid van stoffen gebeurt al heel lang met behulp van de dichtheid. Dit blijkt uit het verhaal over Archimedes, een van de beroemdste natuurkundigen uit de oudheid. Het speelde zich af rond 200 jaar voor Christus.

fig. 4
Archimedes, wis- en natuurkundige en uitvinder (287-212 v. Chr.), geboren en overleden te Syracuse. Hij was adviseur van koning Hiëron II, voor wie hij onder andere de gouden kroon moest onderzoeken. Hij werd bij de verovering van Syracuse door een Romeinse soldaat gedood, ondanks het bevel van de Romeinse generaal om hem te sparen.



Archimedes en de krans van koning Hiëron

De Griekse koning Hiëron van Syracuse had besloten om een gouden krans te laten maken die aan de goden gewijd zou worden. Hij gaf een edelsmid een afgewogen hoeveelheid goud. Deze ging aan het werk en kwam op de afgesproken dag met een keurig uitgevoerd werkstuk. De koning was zeer tevreden, vooral toen bleek dat de krans even zwaar was als de hoeveelheid goud die hij de smid had gegeven.

Maar in Syracuse ging al gauw het gerucht rond dat de smid goud had achtergehouden en het vervangen had door eenzelfde gewicht aan zilver. Toen de koning dit vernam, gaf hij Archimedes de opdracht om

na te gaan of het gerucht waar was. Archimedes zag niet direct een oplossing, tot hij op een dag in het badhuis kwam. Toen hij in het tot de rand gevulde bad stapte, merkte hij dat het water over de rand liep en hij bedacht dat er net zoveel water uit het bad moest lopen als het volume van zijn lichaam dat er in het bad bij kwam.

Ineens zag hij de oplossing voor het probleem met de krans. Hij sprong uit het bad, vergat zich aan te kleden en rende naakt naar huis. Onderweg riep hij herhaaldelijk: 'Eureka, eureka', dat is Grieks voor: 'Ik heb het gevonden!'

Hij maakte nu twee voorwerpen met dezelfde massa als de krans. Het een van puur goud, het ander van zilver. Beide voorwerpen dompelde

hij in een tot de rand gevulde pot met water. Bij het zilveren voorwerp liep er een veel groter volume uit dan bij het gouden voorwerp. Hierna dompelde Archimedes de krans in de pot. Wat bleek? Er stroomde meer water uit de pot dan bij het zuiver gouden voorwerp en dat terwijl de krans en het voorwerp even zwaar waren!

Archimedes besloot de uitgestroomde hoeveelheid water precies te meten en te vergelijken met de hoeveelheden die hij gemeten had bij het gouden en het zilveren voorwerp. Hierdoor was hij zelfs in staat om uit te rekenen hoeveel goud door de smid was vervangen door zilver. En zo kwam het bedrog aan het licht.

Blok 3

W2 Het berekenen van de dichtheid

1 Een stuk messing heeft een volume van 10 cm^3 en een massa van 81 g.

Bereken de dichtheid van messing.

2 Een stuk aluminium met een volume van 30 cm^3 heeft een massa van 81 g.

Bereken de dichtheid van aluminium.

3 Een voorwerp heeft een massa van 1,2 kg en een volume van 450 cm^3 .

a Bereken de dichtheid van de stof waarvan het voorwerp is gemaakt.

b Van welke stof is het voorwerp gemaakt? (gebruik de tabel uit P2)

4 Een blokje ijzer van 12 g heeft een volume van $1,5 \text{ cm}^3$.

a Bereken de dichtheid.

Uit dit blokje maakt men een spijker.

b Hoe groot is de dichtheid van deze spijker? Men kan uit het blokje ook twee kleine spijkers maken.

c Hoe groot is de dichtheid van elke kleine spijker?

5a Lees met behulp van figuur 5 het volume van de sleutel af.

b Bepaal met figuur 6 de massa van de sleutel.

c Bereken de dichtheid van de sleutel.

d Van welke stof is de sleutel gemaakt?

fig. 5
Volumebepaling van een sleutel.

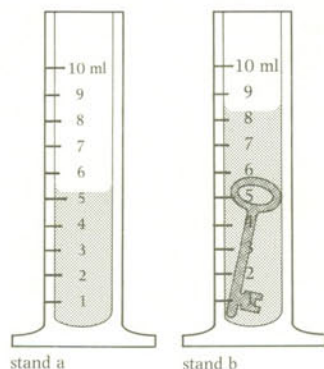
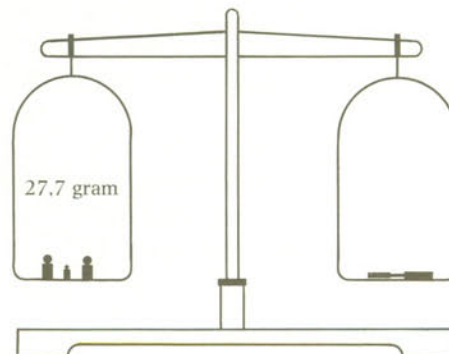


fig. 6
De massa van de sleutel.



6 Je bepaalt de dichtheid van een gouden armband en vindt $10,8 \text{ g/cm}^3$.

a Zoek de dichtheid van goud op.

b Is volgens jou de armband echt van goud?

Cindy denkt dat de armband hol is.

c Leg uit waarom dat zou kunnen.

Martin denkt dat er lood in de armband zit.

d Leg uit waarom Martin ongelijk heeft.

Blok 3

T3

Zinken, zweven of drijven

Ijzer zinkt in water, eikehout niet. Als we dit willen verklaren, zeggen we vaak: ijzer is zwaarder dan hout. Maar een spijker is veel lichter dan een boom. Blijkbaar is het probleem toch iets ingewikkelder dan we op het eerste gezicht zouden zeggen (figuur 7).

fig. 7

Deze houten balk is gegarandeerd zwaarder dan een blokje aluminium.

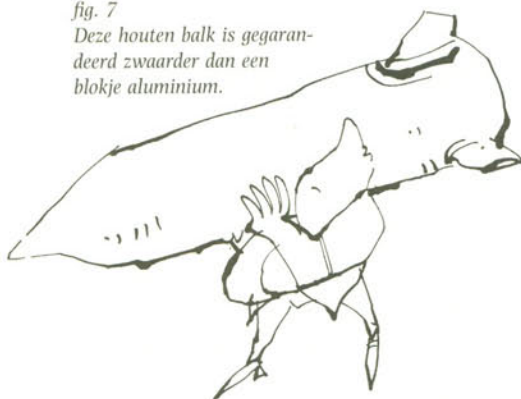


fig. 8

Hout en ijzer.

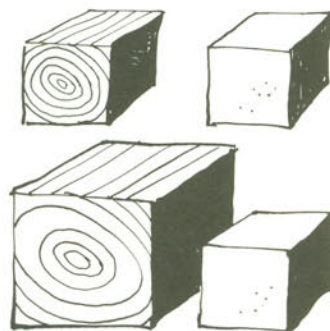


fig. 9

Tabel van dichtheden.

stof	dichtheid (bij 20 °C) (g/cm ³)
alcohol	0,79
aluminium	2,7
benzine	0,75
glycerol	1,26
goud	19,3
hout (eike-)	0,8
(vure-)	0,6
ijs (0 °C)	0,9
ijzer	7,9
keukenzout	2,17
koper	8,9
kurk	0,24
kwik	13,5
lood	11,3
lucht	0,0013
messing	8,5
olie	0,8 (afgerond)
paraffine	0,89
perspex	1,2
platina	21,4
spiritus	0,8
tetra	1,6
water	1,0
zeewater	1,03
zink	7,1

Een oliedruppeltje blijft zweven op het scheidingsvlak van spiritus en water. Blijkbaar zinkt het oliedruppeltje in de spiritus, maar drijft het in het water. Toch kun je niet zeggen dat olie lichter is dan water. Een liter olie is immers veel zwaarder dan een druppel water! Maar dat is natuurlijk geen eerlijke vergelijking.

Als je een liter olie en een liter water zou nemen, dan is olie wél lichter. We moeten dus even grote volumes met elkaar vergelijken, bijvoorbeeld 1 cm^3 . Met andere woorden, het gaat om het aantal grammen in 1 cm^3 (figuur 8).

Je weet dat dit de dichtheid wordt genoemd. Eikehout drijft in water omdat de dichtheid van eikehout kleiner is dan die van water (figuur 9).

Conclusie

- een voorwerp zinkt in een vloeistof als de dichtheid

van dat voorwerp groter is dan de dichtheid van de vloeistof;
- een voorwerp *zweeft* in een vloeistof als de dichtheid van dat voorwerp gelijk is aan de dichtheid van de vloeistof;
- een voorwerp *drijft* in een vloeistof als de dichtheid van dat voorwerp kleiner is dan de dichtheid van de vloeistof.

Rekenvoorbeeld

Voorwerp A van 16 000 g heeft een volume van 20 000 cm³. Voorwerp B van 4 g heeft een volume van 0,5 cm³. Blijven A en B drijven in water?

Oplossing:

De voorwerpen blijven drijven als de dichtheid kleiner is dan die van water. Daarom gaan we eerst de dichtheden van A en van B uitrekenen. De dichtheid bereken je door de massa van 1 cm³ te berekenen of door de massa te delen door het volume.

Voorwerp A: 20 000 cm³ heeft een massa van 16 000 g.

1 cm³ heeft een massa van $\frac{16\,000}{20\,000} = 0,8$ g.

Dus de dichtheid = 0,8 g/cm³.

Voorwerp B: 0,5 cm³ heeft een massa van 4 g.

Dus 1 cm³ heeft een massa van 8 g. De dichtheid van B = 8 g/cm³. Water heeft een dichtheid van 1 g/cm³. A zal dus blijven drijven omdat de dichtheid kleiner is dan die van water en B zal gaan zinken omdat de dichtheid groter is dan die van water.

Blok 3

W3

Zinken, zweven

1 Verklaar waarom een blokje hout in water blijft drijven.

2 Verklaar waarom een blokje aluminium in water zinkt.

3 Verklaar waarom je onmogelijk kunt zinken in de Dode Zee.

4 Wat betekent: de dichtheid van hout is ongeveer 10 maal zo klein als de dichtheid van ijzer?

5 Hoe zou je de dichtheid van je eigen lichaam kunnen bepalen?

6 Kwallen zweven in zeewater. Hoe groot is de dichtheid van een kwal?

7 Ga na in welke van de volgende vloeistoffen een voorwerp met een massa van 1,2 kg en een volume van 900 cm³ blijft drijven. Verklaar je antwoord.

a spiritus;

b tetra;

c water;

d glycerol;

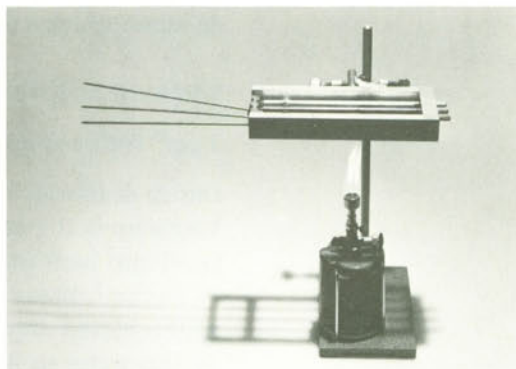
e kwik.

Van tabellen naar diagrammen

In de natuurkunde bestuderen we vaak veranderingen. Als je bijvoorbeeld een metalen staaf verwarmt, zie je dat de lengte toeneemt als de temperatuur stijgt (figuur 10).

Door de beide grootheden (in dit geval lengte en temperatuur) te meten krijgen we een serie getallenparen. Deze getallenparen leggen de verandering vast. Om de verandering beter te kunnen bekijken noteren we eerst de getallenparen in een tabel.

fig. 10
Het uitzetten van een
metalen staaf.



Regels voor het maken van een tabel

We gaan de regels in een voorbeeld toepassen: het verwarmen van een metalen staaf. We meten steeds de lengtetoename bij een bepaalde temperatuur.

1 Naast elkaar zetten we de grootheden die we gaan meten. (In dit geval de temperatuur en de lengtetoename.) Links de grootte die wij laten veranderen (de

temperatuur) en rechts de grootte die daardoor beïnvloed wordt (de lengtetoename). De gebruikte eenheden zetten we er ook bij.

2 Daaronder zetten we de meetwaarden in kolommen.

3 De bijbehorende getallenparen staan steeds horizontaal naast elkaar (figuur 11).

fig. 11
Lengtetoename van de staaf.

temperatuur (°C)	lengtetoename (cm)
0	0,0
10	0,6
20	1,2
30	1,9
40	2,4
50	2,9

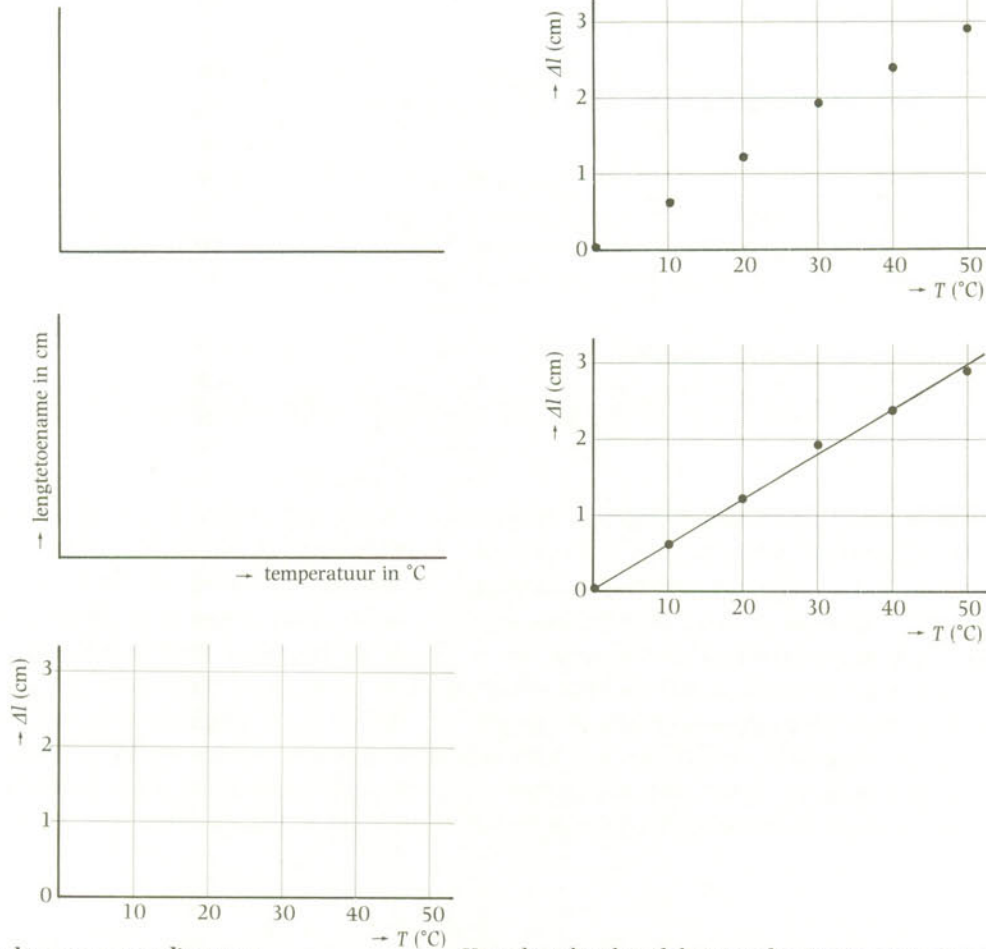
Diagrammen

Als je nu precies wilt weten hoe de grootheden veranderen, is het handig om de meetwaarden uit de tabel in

een diagram te zetten. Dat je met een diagram nog meer nuttige zaken kunt doen, lees je verderop.

fig. 12

De vijf stappen om tot een goed diagram te komen.



Regels voor het maken van een diagram

In figuur 12 zullen we de regels toepassen aan de hand van de tabel uit figuur 11.

1 Teken een horizontale en een verticale as; beide minstens 10 cm lang.

2 Schrijf de grootheden met de bijbehorende eenheden bij de assen.

De grootheid die jij zelf verandert of instelt (de temperatuur), wordt langs de horizontale as uitgezet. Verticaal komt de grootheid die daardoor beïnvloed wordt (de lengtetoeename).

3 Zet bij de assen een schaalverdeling. Kijk in de tabel wat voor elke grootheid de grootste waarde is en zorg ervoor dat die nog op de daarvoor bestemde as past.

Kies de schaalverdeling zo dat je een zo groot mogelijk deel van je roosterpapier gebruikt.

Zet langs de as een reeks gehele getallen die 'mooi' oploopt, bijvoorbeeld:

0, 1, 2, 3, 4, ... of: 0, 10, 20, 30, 40, ...

0, 2, 4, 6, 8, ... of: 0, 20, 40, 60, 80, ...

0, 5, 10, 15, 20, ... enz.

Zet de getallen niet te dicht op elkaar, sla liever steeds een hokje over.

4 Zet de meetwaarden als punten (of kruisjes) op het roosterpapier. Die punten heten meetpunten. Teken de meetpunten met potlood.

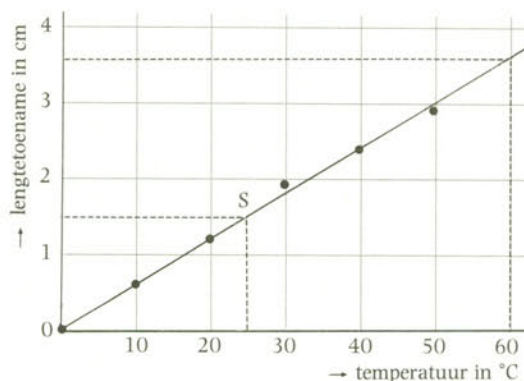
5 Trek door de meetpunten met potlood een vloeiende lijn, of, als het mogelijk is, een rechte lijn die zo dicht mogelijk bij de meetpunten aansluit.

De grafiek

De lijn die je nu in het diagram getekend hebt, noemen we de grafiek. Hij geeft de relatie weer tussen de temperatuur en de lengtetoeename (figuur 13).

Let op: In de natuurkunde is een grafiek altijd een vloeiende lijn of een rechte lijn. In ons voorbeeld neemt de lengte regelmatig toe en niet met horten en stoten.

fig. 13
Aflezen uit een diagram,
interpoleren of aflezen tussen
twee meetpunten.



Wat kunnen we uit een diagram aflezen?

Interpoleren

We kunnen in ons diagram aflezen wat de lengtetoeename zou zijn bij bijvoorbeeld 25 °C.

We hoeven daarvoor geen nieuwe meting te doen. Bij 25 °C is op de horizontale as een stippellijn naar boven getekend. Deze snijdt de grafiek in S. Ga nu vanuit S horizontaal naar de verticale as. Het snijpunt met de as is de bijbehorende lengtetoeename: 1,5 cm. We weten nu dat bij een temperatuur van 25 °C een lengtetoeename van 1,5 cm hoort. Het zoeken van getallenparen tussen twee metingen in wordt interpoleren genoemd.

Extrapoleren

In het diagram zou je ook af kunnen lezen welke lengtetoeename zou horen bij een temperatuur van 60 °C. Dit doen we door de grafiek te verlengen tot voorbij 60 °C. Het zoeken van getallenparen die buiten jouw metingen vallen, wordt extrapoleren genoemd. Ga na dat bij 60 °C een lengtetoeename zou moeten horen van 3,6 cm. Bij extrapoleren loop je meer kans foute getallenparen te vinden dan bij interpoleren, omdat je van tevoren nooit geheel zeker weet hoe het verdere verloop van de grafiek zal zijn.

Het maken van een diagram

1 Een auto rijdt op een weg met een snelheid waardoor hij in elke seconde 16 meter aflegt. In de tabel in figuur 14 staat de afstand die de auto aflegt en de tijd die hij daarvoor nodig heeft.

fig. 14

tijd (s)	afstand (m)
2	32
5	80
8	128
15	240
22	352

a Maak van de gegevens uit de tabel een diagram op roosterpapier. De tijd zet je horizontaal in seconde en de afstand verticaal in meter.

Lees af uit het diagram wat de afstand is na:

b 6 s.

c 10 s.

d 20 s.

Welke tijd hoort bij een afstand van:

e 48 m.

f 176 m.

g 200 m.

h Verleng de grafiek en bepaal wat de afstand zou zijn geweest na 25 s.

2 Een auto rijdt op een weg en gaat steeds sneller rijden. In de tabel in figuur 15 staat de afstand die de auto aflegt en de tijd die hij daarvoor nodig heeft.

fig. 15

tijd (s)	afstand (m)
2	4
5	25
8	64
11	121
15	225

a Maak van de gegevens uit de tabel een diagram op roosterpapier.

Lees uit het diagram af wat de afstand is na:

b 3 s.

c 7 s.

d 14 s.

Welke tijd hoort bij een afstand van:

e 48 m.

f 176 m.

g 200 m.

Met de dichtheid van een stof wordt bedoeld hoeveel gram 1 cm^3 van die stof is.
Zo is de dichtheid van aluminium $2,7 \text{ g per cm}^3$. Dat betekent dus dat 1 cm^3 aluminium een massa heeft van $2,7 \text{ g}$.

Dichtheid berekenen

In dit blok moest je nogal eens de dichtheid van een stof uitrekenen. We doen dat eerst een keer voor, daarna ga je er zelf mee oefenen.

Voorbeeld

Bereken de dichtheid van een blokje lood. De afmetingen van het blokje zijn: lengte $2,0 \text{ cm}$, breedte $1,5 \text{ cm}$, hoogte $4,0 \text{ cm}$; de massa van het blokje is 138 g .

Oplossing:

Dichtheid bereken je door de massa (het aantal gram) te delen door het volume (het aantal cm^3). De massa hebben we al, het volume moet berekend worden met: $\text{volume} = \text{lengte} \times \text{breedte} \times \text{hoogte}$.

Ingevuld: $\text{volume} = 2,0 \times 1,5 \times 4,0 = 12,0 \text{ cm}^3$.

De dichtheid berekenen we nu met: massa gedeeld door volume.

Dichtheid: $\frac{138 \text{ g}}{12 \text{ cm}^3}$. Dit doen we met een staartdeling.

De massa komt tussen de strepen te staan (figuur 16).

Als antwoord noteren we:

de dichtheid is $11,5 \text{ g/cm}^3$.

fig. 16
Staartdeling.

$$\begin{array}{r} 12 \overline{) 138} \quad 11,5 \\ \underline{12} \\ 18 \\ \underline{12} \\ 60 \\ \underline{60} \\ 0 \end{array}$$

fig. 17

	lengte (cm)	breedte (cm)	hoogte (cm)	volume (cm^3)	dichtheid (g/cm^3)
voorwerp 1	...	...	...	...	...
voorwerp 2	...	...	...	...	...
voorwerp 3	...	...	...	...	...

1 Wat betekent: de dichtheid van ijzer is $7,9 \text{ g/cm}^3$?

2 Welke twee grootheden moet je meten om van een voorwerp de dichtheid te kunnen berekenen?

3 Hoe bereken je de dichtheid als je die twee grootheden uit vraag 2 kent?

4 Een voorwerp heeft een volume van 40 cm^3 en een massa van 110 g .

a Bereken de dichtheid.

b Van welke stof is het voorwerp gemaakt? Gebruik hiervoor de tabel in figuur 9 uit T3.

5 Bereken de dichtheid van een voorwerp met een volume van 11 cm^3 en een massa van 98 g .

6 Een voorwerp heeft een massa van 48 gram en een volume van 200 cm^3 .

Bereken de dichtheid.

7 Vraag aan je leraar drie voorwerpen. Meet van elk voorwerp de massa en het volume.

Bereken daarna de dichtheid. Noteer je metingen in een tabel (zie het voorbeeld in figuur 17).

H2 Tabellen en diagrammen

Tabellen en diagrammen worden vaak gebruikt, niet alleen in de natuurkunde. Het is daarom belangrijk dat je goed weet hoe je ze moet maken en hoe je ze kunt gebruiken.

Tabellen

We doen een proef waarbij we een hele reeks metingen doen. We krijgen dan veel meetwaarden (uitkomsten van metingen). We noteren die meetwaarden in een tabel. Zo krijgen we paren van getallen, waaraan we kunnen zien wat er veranderde en hoe.

Voorbeeld

We willen weten hoe op een bepaalde dag de temperatuur van de buitenlucht verandert. We kijken elke twee uur op de thermometer en noteren dan de tijd en de temperatuur in de volgende tabel (figuur 18).

fig. 18

tijd (uur)	temperatuur buitenlucht (°C)
8.00	4,9
10.00	8,2
12.00	15,3
14.00	15,5
16.00	13,7
18.00	7,8
20.00	5,3

Toelichting: in de eerste kolom (de getallen in het linkervak) staan de tijdstippen waarop gekeken werd op de thermometer. Daarnaast staan in de tweede kolom (de getallen in het rechtervak) de waarden die voor de temperatuur werden afgelezen.

Dus: om 8 uur 's morgens (8.00 uur) was de buitentemperatuur 4,9 °C. Om twee uur 's middags (14.00 uur) was de buitentemperatuur 15,5 °C.

1 Hoe hoog was de buitentemperatuur om zes uur 's avonds (18.00 uur)?

In een tabel kun je ook berekeningen doen. Dit zullen we aan de hand van ons voorbeeld duidelijk maken. Als we behalve de thermometer buiten er ook nog een

in de klas hebben, zouden we de buitentemperatuur met de binnentemperatuur kunnen vergelijken. Hier-voor moeten we elke twee uur beide thermometers aflezen. We krijgen dan de volgende tabel met drie kolommen (figuur 19).

fig. 19

tijd (uur)	temperatuur buitenlucht (°C)	temperatuur in de klas (°C)
8.00	4,9	16,5
10.00	8,2	19,1
12.00	15,3	19,3
14.00	15,5	19,3
16.00	13,7	19,3
18.00	7,8	17,5
20.00	5,3	15,1

In deze tabel kun je aflezen dat om acht uur 's morgens de buitentemperatuur 4,9 °C was en de temperatuur in de klas 16,5 °C.

2a Hoe hoog was de temperatuur om 2 uur 's middags buiten?

b Hoe hoog was de temperatuur toen in de klas?

We willen nu weten hoe groot op elk tijdstip het temperatuurverschil was. Daarvoor neem je de tabel over in je schrift en maak je er een vierde kolom bij. Hierin zet je de getallen die je krijgt door steeds de buitentemperatuur (kolom 2) af te trekken van de klastemperatuur (kolom 3).

Bij de eerste meting om 8.00 uur krijg je dan:

$$16,5 - 4,9 = 11,6 \text{ °C.}$$

Dit getal vul je in boven in kolom vier.

3 Vul de vierde kolom nu zelf verder in.

Diagrammen

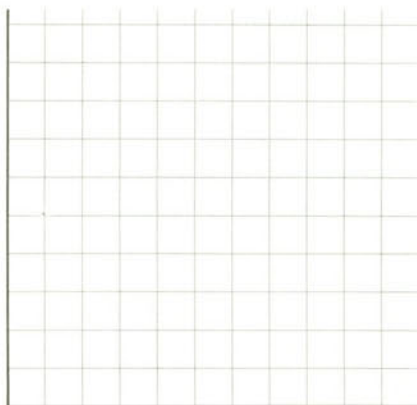
In de vorige paragraaf hebben we gezien dat we onze meetwaarden overzichtelijk kunnen opschrijven in een tabel. Om een nog duidelijker overzicht van de resultaten van een proef te krijgen, kunnen we de meetwaarden weergeven als punten in een tekening die we een diagram noemen.

Om duidelijk te maken hoe je dit moet doen, ga je nu zelf van de tabel in figuur 20 een diagram maken. Dit doe je op een stuk roosterpapier. Als je de vier aanwijzingen goed leest en precies opvolgt, kan het niet misgaan. Lees zo'n aanwijzing helemaal door (tot de volgende aanwijzing) voordat je iets in je tekening zet.

Aanwijzing 1

Je begint net als in figuur 20 twee lijnen te trekken. De lijn die rechtop staat noemen we de *verticale as*. Trek deze het eerst, op 1 cm van de linkerrand van het roosterpapier. Maak hem 10 cm lang. De andere as heet de *horizontale as*. Maak deze 12 cm lang.

fig. 20



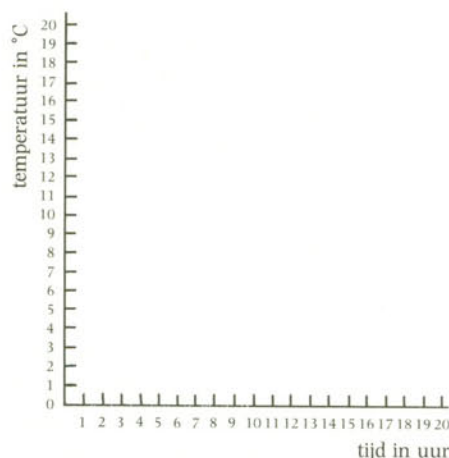
Aanwijzing 2

Nu gaan we op elke as een schaalverdeling aanbrengen. Daarvoor moet je eerst nog eens goed naar de tabel kijken.

Op de horizontale as maak je een schaalverdeling voor de tijd. Zet op deze as om de halve centimeter een streepje en schrijf daar, net als in figuur 21, de uren bij, van 0 tot 20. *Let op:* figuur 21 is kleiner dan je eigen tekening, daardoor staan hier de streepjes dichter op elkaar dan jij ze moet tekenen.

Op de verticale as zet je de temperatuur uit. Zet ook hier om de halve centimeter een streepje, en schrijf daar de getallen van 0 tot en met 20 bij.

fig. 21



Op de horizontale as stelt 1 cm 2 uur voor en op de verticale as stelt 1 cm 2 °C voor. Schrijf bij elke as welke grootheid je uitgezet hebt (temperatuur en tijd) en welke eenheid je gebruikt (°C, uur).

We kunnen nu de horizontale as de tijd-as noemen en de verticale as de temperatuur-as.

Aanwijzing 3

Nu worden de meetwaarden van de tabel twee aan twee op het roosterpapier gezet. Voor het gemak staat de tabel hier nogmaals afgedrukt (figuur 22). In figuur 23 is dit voor de eerste twee getallenparen gedaan.

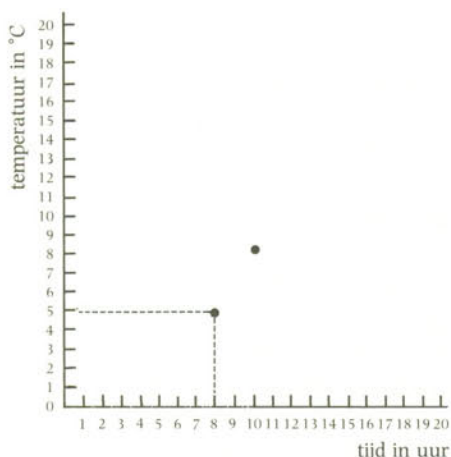
fig. 22	tijd (uur)	temperatuur buitenlucht (°C)
	8.00	4,9
	10.00	8,2
	12.00	15,3
	14.00	15,5
	16.00	13,7
	18.00	7,8
	20.00	5,3

Je doet het als volgt:

Om 8.00 uur was de temperatuur 4,9 °C. Dit is dus het getallenpaar (8.00; 4,9).

Trek door de 8 op de tijd-as een stippellijn loodrecht omhoog (als er op jouw roosterpapier op deze plaats een roosterlijn staat, is dit natuurlijk niet nodig). Trek door de 4,9 op de temperatuur-as een stippellijn horizontaal naar rechts. Op het snijpunt van de twee stippellijntjes zetten we met een potlood een kruisje. Dit is het meetpunt dat aangeeft dat om 8.00 uur de temperatuur 4,9 °C was.

fig. 23



Volgende meetpunt:

Om 10.00 uur was de temperatuur 8,2 °C, het getallenpaar (10.00; 8,2). Nu zijn door de 10.00 op de tijd-as en de 8,2 op de temperatuur-as geen stippelijntjes getrokken, maar we hebben gewoon de lijnen gevolgd

die al op het roosterpapier staan.

Zet nu alle meetpunten op het roosterpapier. Werk dus de tabel helemaal af.

Aanwijzing 4

Nu komt het tekenen van de grafiek. De grafiek is de lijn die de verandering het beste weergeeft. Bedenk eerst het volgende voordat je die lijn gaat trekken:

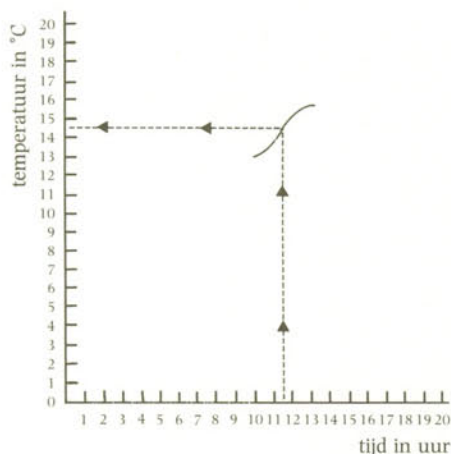
- a Om welke verandering ging het?
- b Zou die verandering met sprongen gegaan zijn?
- c Kun je aan de meetpunten zien hoe die verandering ongeveer verliep? Dus wanneer was de temperatuurstijging of -daling groot en wanneer veranderde de temperatuur niet of bijna niet?

Als je dit allemaal goed hebt overdacht, teken je met potlood de grafiek. Trek dus met potlood een vloeiende lijn door de punten. Controleer of de getekende grafiek klopt met de bovenstaande punten. Je kunt je grafiek tenslotte vergelijken met de grafiek in het diagram in het antwoordblad (figuur 2).

Wat kun je aflezen uit een diagram?

We zullen nu eens kijken wat je allemaal kunt aflezen uit het diagram dat je hebt gemaakt (figuur 24).

fig. 24



Je kunt voor elk tijdstip van de dag bepalen wat de temperatuur was.

Bijvoorbeeld: Wat was de temperatuur om 11.30 uur? Om dit te weten, trek je door het punt halverwege de 11 en de 12 op de tijd-as een stippelijntje verticaal omhoog. Deze lijn heeft een snijpunt met de grafiek. Trek door

dit snijpunt een horizontale stippelijntje naar de temperatuur-as. Hierop lees je af: 14,5 °C.

4 Bepaal uit je diagram hoe hoog de temperatuur was op de volgende tijdstippen:

- a half tien (9.30 uur);
- b half elf (10.30 uur);
- c half 5 's middags (16.30 uur);
- d kwart voor twaalf (11.45 uur).

5 Op welke tijdstippen was de temperatuur

- a 10 °C?
- b 20 °C?

Je kunt zien wanneer de temperatuur toenam (steeg) en wanneer de temperatuur afnam (daalde). Van acht uur 's morgens (8.00) tot één uur 's middags (13.00 uur) is de grafiek een stijgende lijn. Toen nam de temperatuur dus toe.

Tussen één uur 's middags en acht uur 's avonds is de grafiek een dalende lijn. Toen nam de temperatuur dus af.

6 Teken nu in hetzelfde diagram een grafiek voor de temperatuur in het klaslokaal.

Dichtheid en zinken, zweven en drijven

In P3 heb je van een aantal materialen of stoffen onderzocht wat er gebeurt als je ze legt in spiritus, water of zout. Het blokje paraffine zinkt bijvoorbeeld in spiritus maar blijft drijven in gewoon water en in zout water.

Steeds blijkt het volgende te gelden:

1 Als een voorwerp is gemaakt van een materiaal waarvan de dichtheid kleiner is dan die van de vloeistof, blijft het voorwerp drijven.

2 Als de dichtheid van het materiaal groter is dan die van de vloeistof, zinkt het voorwerp.

3 Zijn de dichtheden van het materiaal en de vloeistof gelijk, dan gaat het voorwerp zweven.

Het gaat hierbij steeds over massieve voorwerpen (dus niet hol).

1 Waarom blijft ijs op water drijven?

2 Een ei zweeft in een glas met zout water. Je doet er wat zuiver water bij.

a Wat verandert er nu aan het zoutgehalte van het water in het glas?

b Wat zal er gebeuren met de dichtheid van het water in het glas?

c Wat zal er daardoor met het ei gebeuren?

d Leg uit waarom dit gebeurt.

3 Een boomstam drijft in water, een spijker zinkt in water. Toch is de boomstam veel zwaarder.

a Waarom blijft de boomstam drijven?

b Waarom zinkt de spijker?

4 Welke stoffen blijven in spiritus drijven? Gebruik hierbij de tabel met dichtheden uit T3 (figuur 9).

In deze extrastof ga je werken met een apparaatje dat bij auto's gebruikt wordt om te controleren of er genoeg antivries in het koelwater zit.

Antivries (ethyleenglycol) is een giftige vloeistof met een dichtheid van $1,3 \text{ g/cm}^3$ (water heeft een dichtheid van $1,0 \text{ g/cm}^3$).

De antivriesmeter wordt gebruikt om de dichtheid van het mengsel van water en antivries te meten. De beste bescherming tegen bevriezen van het koelwater is een verhouding van 1 deel water op 1 deel antivries. Als er minder antivries in het koelwater zit, zal het koelwater

bij een hogere temperatuur (dus eerder) bevriezen en dat is zeer schadelijk voor de motor.

1 Hoe groot is de dichtheid van het koelwater als er evenveel cm^3 water als antivries in zit?

Het principe van een antivriesmeter is, dat de drijver in een vloeistof met een grotere dichtheid meer boven de vloeistof uit zal steken dan bij een vloeistof met een kleinere dichtheid (figuur 25).

fig. 25
Antivriesmeter.

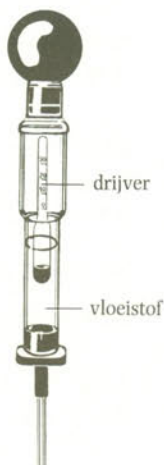
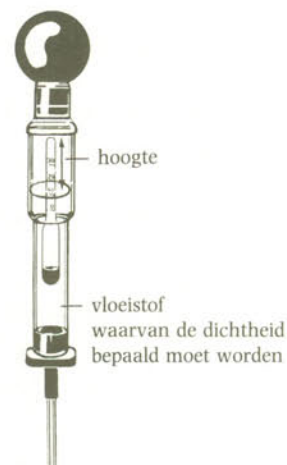


fig. 26
Antivriesmeter als dichtheidsmeter.



Van antivriesmeter naar dichtheidsmeter

In dit practicum gaan we de antivriesmeter gebruiken als een dichtheidsmeter. Daarvoor gaan we de antivriesmeter vullen met vloeistoffen waarvan we de dichtheid weten. We meten steeds hoever de drijver boven de vloeistof uitsteekt bij water, spiritus en glycerol (figuur 26). Maak eerst een tabel zoals hieronder staat (figuur 27).

fig. 27

vloeistof	dichtheid (g/cm^3)	hoogte boven vloeistof (cm)
spiritus	0,8	...
water	1,0	...
glycerol	1,26	...

2a Vul de antivriesmeter met spiritus. Knijp eerst de rubberen ballon leeg en doe dan de slang in de spiritus. Daarna laat je de ballon los. Als je het goed hebt gedaan, loopt de meter nu vol met spiritus. Let er op dat de drijver los is van de bodem.

b Meet hoeveel cm de drijver boven de vloeistof uitsteekt en noteer dat in de tabel.

Knijp daarna de ballon weer leeg en haal de meter uit de spiritus.

c Voer de proef nog een keer uit met water en daarna nog eenmaal met glycerol. Noteer in beide gevallen weer in de tabel hoeveel cm de drijver boven de vloeistof uitsteekt.

d Maak van je metingen een diagram. Zet horizontaal de dichtheid uit en verticaal de hoogte van de drijver boven de vloeistof.

Trek door je meetpunten een rechte lijn.

3 Vraag aan je leraar een 'onbekende' vloeistof.

a Vul de antivriesmeter hiermee op de juiste manier.

b Meet hoeveel cm de drijver boven de vloeistof uitsteekt.

c Zoek in je diagram op welke dichtheid bij deze hoogte hoort.

d Welke vloeistof kan jij ontvangen hebben? Gebruik hiervoor de tabel met dichtheden uit T3 (figuur 9).