INFORMATIECENTRUM NATUURKUNDE
Vakgroep Natuurkunde-Didaktiek
Princetonplein 1
3584 CC Utrecht

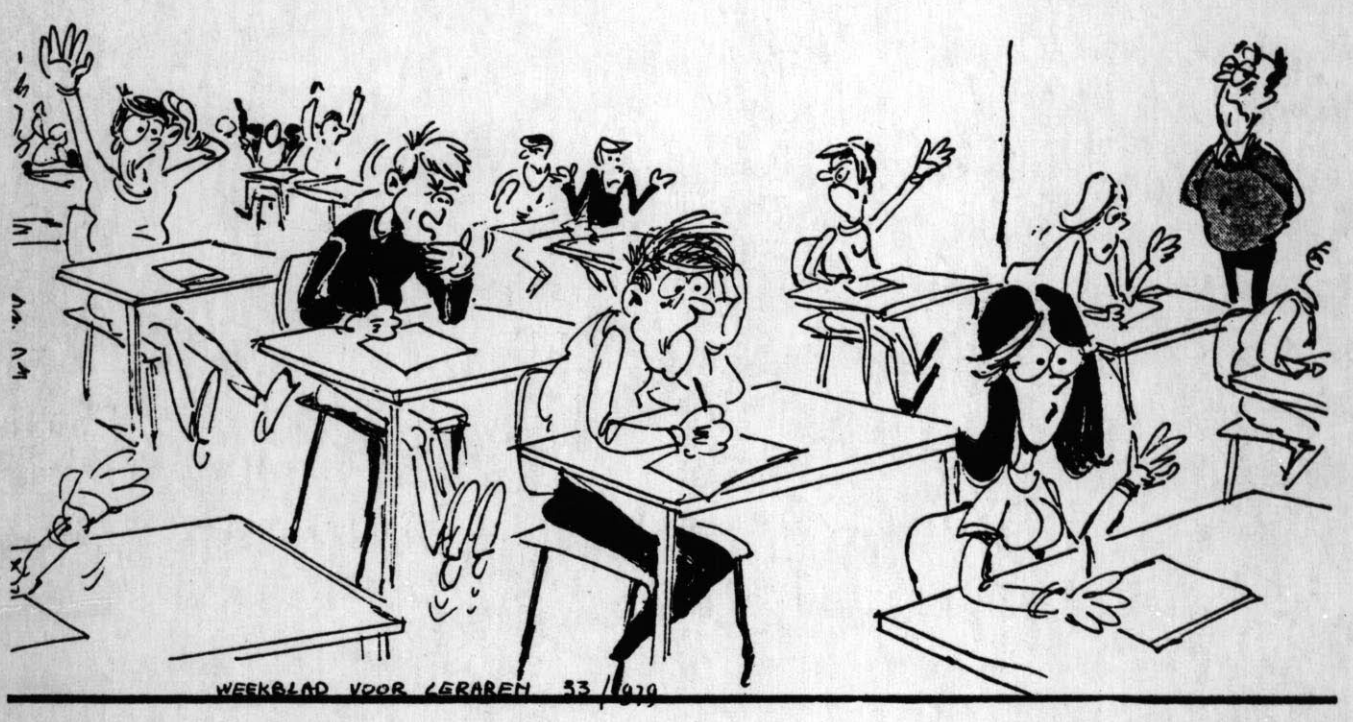
TER INZAGE
NIET MEENEMEN S.V.P.

Repeteerthema voor het mavo-examen

Samengesteld door de projectgroep van het PLON

voor de 4e klas mavo

Experimentele versie



PLON BV UITGEVERIJ nib

Repeteerthema voor het mavo-examen

PLON BV UITGEVERIJ nib

PLON / BV UITGEVERIJ nib ZEIST

PROJECT LEERPAKKETONTWIKKELING NATUURKUNDE

* Het Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde (PLON) is in 1972 begonnen onder auspiciën van de Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde (CMLN). De opdracht was: het ontwikkelen en door middel van onderzoek evalueren van leerpakketten voor natuurkundeonderwijs op mavo, havo en vwo, en het ontwerpen van een plan voor goede begeleide introductie daarvan in de scholen.
* Het PLON werkt onder toezicht van een stuurgroep waarin vertegenwoordigers uit het onderwijs, de vervolgopleiding, didactische instellingen, onderwijsondersteuningsinstituten, lerarenopleidingen en het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen vertegenwoordigd zijn.
* Het PLON is ondergebracht bij de Vakgroep Natuurkunde Didaktiek van de Rijksuniversiteit Utrecht. Deze vakgroep participeert tevens in de activiteiten ten behoeve van havo-bovenbouw. Ten behoeve van vwo-bovenbouw bestaat een samenwerkingsverband met de universiteiten van Amsterdam (GU) en Groningen, en groepen leraren die werken aan de ontwikkeling van lesmateriaal.
* Het adres van het PLON is:
  PLON, lab. Vaste Stof, Postbus 80.008, 3508 TA, de Uithof, Utrecht
  Tel. 030-532717

© 1981 Rijksuniversiteit Utrecht Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde/BV Uitgeverij N I B Zeist

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.
No part of this book may be reproduced in any form by print, photoprint, microfilm or any other means without the prior permission of the publisher.

Experimentele uitgave

OVER HET GEBRUIK VAN DIT BOEK

In dit boek vind je opgaven en theoriestukken over de onderwerpen uit de 2e, 3e en 4e klas die van belang zijn voor het Mavo-examen.
Veel opgaven kan je in een groepje of alleen maken. Maar op sommige vragen is meer dan één antwoord mogelijk. Deze vragen zijn bedoeld om gezamenlijk in de klas of in de groep te praten over een deel van de leerstof. Je kunt die *discussievragen* dus niet in je eentje maken.
Ze zijn herkenbaar aan een ster *.
Echte *examenvragen* zal je in het *PLON-Examenboekje voor mavo* vinden.
Daar staat ook in hoe je je een examen moet voorstellen.
Dit repeteerboek zet de belangrijke onderwerpen voor het examen bij elkaar in een andere volgorde dan je ze in de thema's gehad hebt.
Alles wat je bijv. over energie hebt gehad (in *Energie thuis, Verwarmen en isoleren*, enz.) staat bij elkaar.
Aan de opgaven zelf en de plaatjes die er soms bij staan zal je hopelijk wel zien in welk(e) thema('s) je het betreffende onderwerp hebt gehad. Elke paragraaf van dit repeteerboek is op dezelfde manier ingedeeld: eerst een paar discussievragen en daarna een theoriestukje, waarin de belangrijkste punten zijn samengevat.

Probeer eerst de opgaven te maken zonder naar de theoriestukjes te kijken. Als je ze dan kan maken weet je dat je dat stukje theorie beheerst. Als je er niet uitkomt kan het stukje theorie misschien helpen. Of je praat erover met je medeleerlingen of je leraar.
Probeer de opgaven die je niet zonder hulp kon maken thuis nog eens. Dan merk je of je ze dan wél kent.
Veel succes met je examen!

inhoud

Hoofdstuk 1	**Vaste stoffen, vloeistoffen, gassen**	7
1.1	Dichtheid	7
1.2	Faseovergangen	8
1.3	Druk meten	11
1.4	Druk en volume bij een gas	14
1.5	Druk, volume en temperatuur van een gas	16
1.6	Absolute temperatuur	17
1.7	Uitzetting van vloeistoffen en vaste stoffen	18
1.8	Metalen	20
1.9	Oppervlaktespanning	21
1.10	Lucht- en waterverontreiniging	22
Hoofdstuk 2	**Energie**	23
2.1	Warmte en temperatuur	23
2.2	Warmtetransport	24
2.3	Soorten energie, rendement	25
2.4	Energiebronnen	27
2.5	Zuinig met energie	29
Hoofdstuk 3	**Licht**	30
3.1	Lichtbundels	30
3.2	Spiegels	30
3.3	Breking	32
3.4	Lenzen en beeldvorming	34
3.5	Fototoestel	35
Hoofdstuk 4	**Elektriciteit en magnetisme**	37
4.1	Spanningen, stromen en elektronen	37
4.2	Weerstanden	37
4.3	Schakelingen	38
4.4	De energie van een elektrische stroom	41
4.5	Magneten	44
4.6	Elektromagnetische inductie	45
4.7	Microfoons en luidsprekers	47
4.8	Regelschakelingen	48
Hoofdstuk 5	**Geluid**	51
5.1	Geluid als trilling	51
5.2	Geluidshinder	52

Hoofdstuk 6	**Krachten**	54
6.1	Vervorming door een belasting	54
6.2	Trek- en duwspanningen	55
6.3	Optellen en ontbinden van krachten	57
6.4	Draaien en kantelen	60
6.5	Zwaartepunt en stabiliteit	62
Hoofdstuk 7	**Beweging, kracht en arbeid**	63
7.1	Snelheid	63
7.2	Versnelling; remweg	65
7.3	Kinetische energie, gravitatie-energie	66
7.4	Arbeid, energie en vermogen	67
7.5	Zwaar en traag	69
7.6	Bewegingswetten	69
7.7	Verkeersveiligheid	72
Hoofdstuk 8	**Natuurkunde en samenleving**	73
8.1	Vervoer	73
8.2	Techniek in ontwikkelingslanden – pompen	74
8.3	Kernfysica	76
	Uitkomsten	79

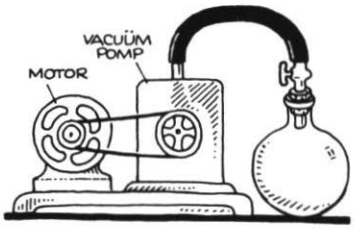
1 vaste stoffen, vloeistoffen, gassen

1.1 DICHTHEID

1 Proef: Bepaal de dichtheid van een metalen blokje.
Het volume kan je meten door het blokje onder te dompelen in water.
De massa kan je bepalen met een balans.

2 Zoek in je tabellenboekje op
- één metaal met een grote en één met een kleine dichtheid
- één vloeistof met een grote en één met een kleine dichtheid
- de dichtheid van lucht

3 Bedenk een proef om de dichtheid van lucht te bepalen.
Aanwijzing: je ziet hier tekeningen van de apparatuur die je nodig hebt.



4 Welke dichtheid is groter: die van spiritus of die van water?
Bedenk een proef om dit uit te zoeken.
Voer de proef zo mogelijk uit.

5 Hanneke doet een proef om de dichtheid van alcohol te bepalen.
Achtereenvolgens doet ze deze metingen:
- een leeg maatglas weegt 58 g
- ze schenkt nu precies 50 cm^3 alcohol in het maatglas
- nu weegt het volle maatglas 98 g

Bereken jij nu hoe groot de dichtheid van alcohol is.

* 6 Kijk nog eens naar de metingen die Hanneke in vraag 5 uitvoerde. Is het belangrijk dat ze eerst het lege maatglas weegt en daarna pas het volle?
Of kun je het net zo goed in de andere volgorde doen?
Wat denk je?

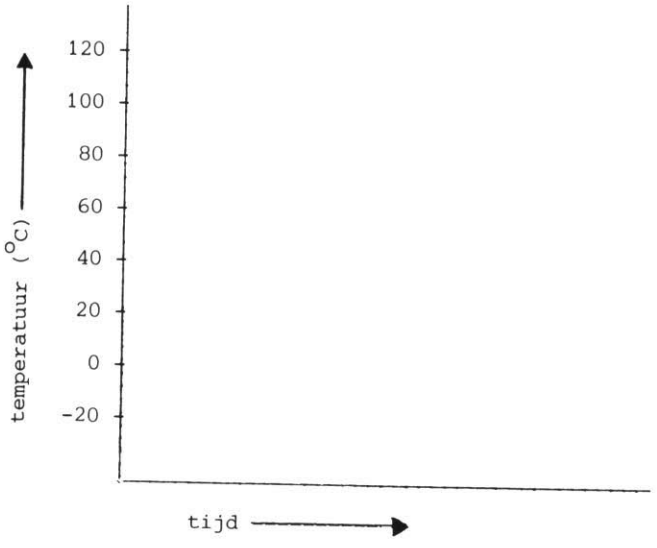
7 Een blokje ebbehout zinkt in water. Wat weet je dan van de dichtheid van ebbehout?

* 8 Men zegt wel: aluminium is lichter dan ijzer. Je kan beter zeggen dat de dichtheid van aluminium kleiner is dan de dichtheid van ijzer. Waarom?

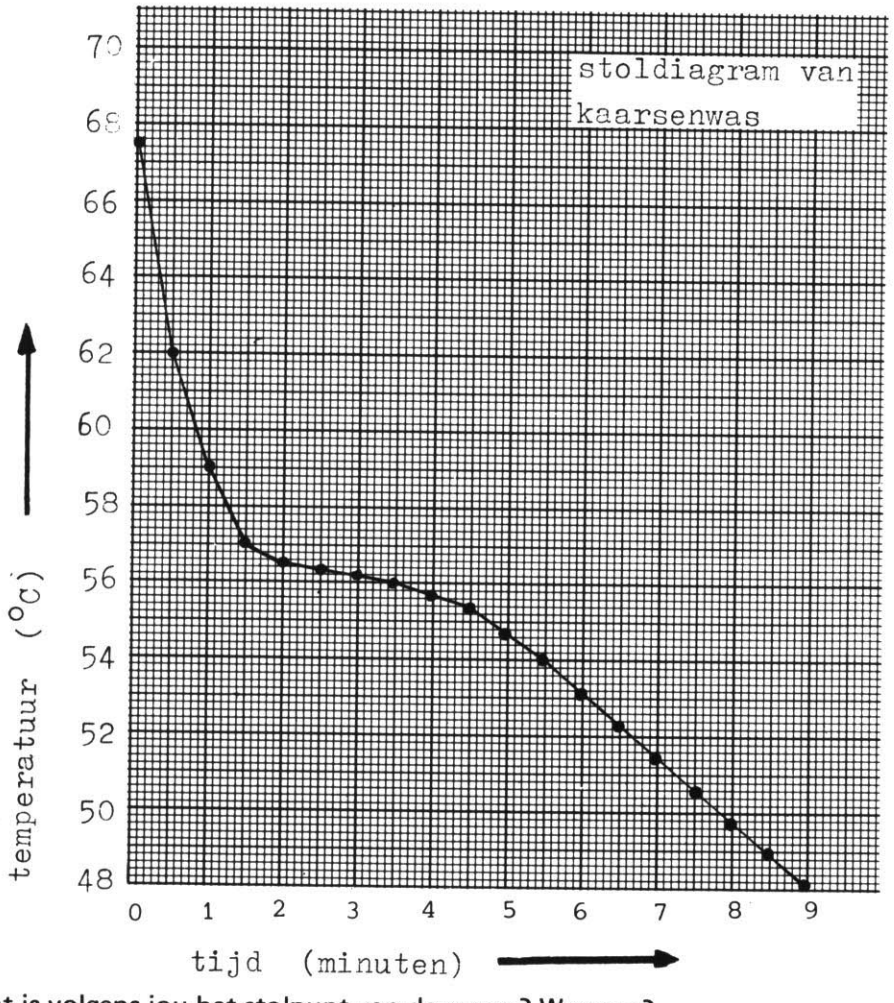
De dichtheid van aluminium is 2,8 g/cm^3 en van ijzer 7,9 g/cm^3.
Water heeft een dichtheid van 1 g/cm^3.
Lucht heeft een dichtheid van 1,4 g/dm^3 (= 0,0014 g/cm^3).
Dichtheden van verschillende stoffen kan je opzoeken in je tabellenboek.

1.2 FASEOVERGANGEN

* 1 Je hebt een reageerbuis met ijs van −6 °C en verwarmt dat tot een temperatuur van 110 °C. Schets het verloop van de temperatuur in de tijd in het diagram hieronder en licht het hele verloop toe.



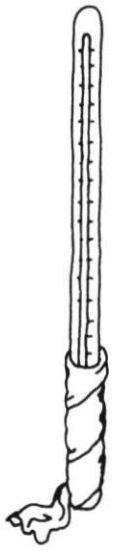
2 Een groepje leerlingen heeft een stoldiagram opgemeten van kaarsenwas. Nadat ze een reageerbuis met kaarsenwas verwarmd hadden tot 68 °C lieten ze het afkoelen. Elke halve minuut werd de temperatuur gemeten.
De resultaten zie je in het volgende diagram.



Wat is volgens jou het stolpunt van deze was? Waarom?

* 3 Doe de volgende proef:
  – maak één hand nat en blaas daarover
  – blaas nu over je droge hand
  – welke verschil voel je?
  Geef een verklaring voor het verschil dat je voelde.
  Bedenk een paar voorbeelden waarbij dit verschijnsel ook optreedt.

4 Iemand wikkelt om een thermometer een nat lapje en kijkt hoe de stand van de thermometer verandert.
Wat verwacht jij, dat er zal gebeuren?
Voer de proef zelf uit.



5 Welk verschil zou je voelen als je één hand heel even in lucht van 100 °C zou houden en je andere hand in stoom van 100 °C? Geef een verklaring.
Je kunt een deel van deze proef doen door je hand (heel even!) boven een bekerglas met kokend water te houden.
Wat voel je op je huid na die proef? Geef een verklaring.

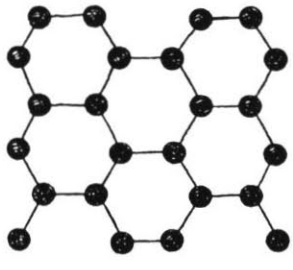
6 Leg uit wat het verschil is tussen verdampen van water bij bijvoorbeeld 50 °C en het koken van water bij 100 °C.

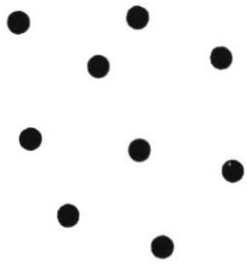
* 7 Leg uit waarom 's winters de ramen in de keuken beslaan als er gekookt wordt. Waarom zal dat minder voorkomen als de keuken van dubbele ramen is voorzien?

* 8 Wat bedoelen we met het dauwpunt?

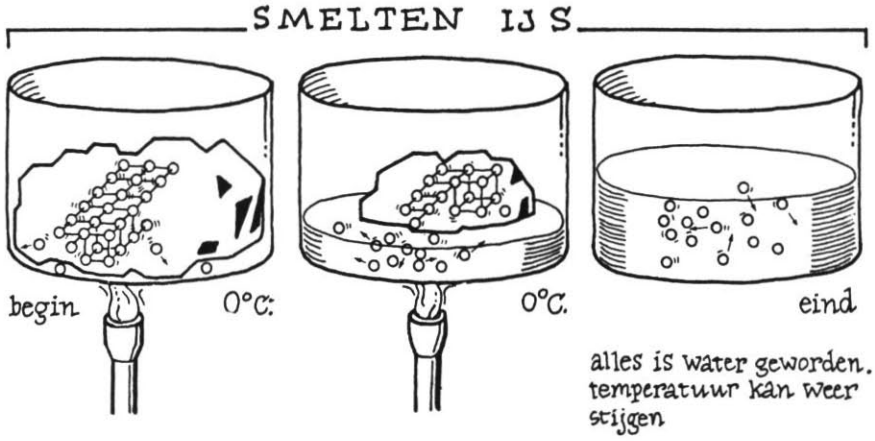
* 9 a Hoe merk je dat er krachten tussen de moleculen in een vaste stof werken?
  b Hoe merk je dat er krachten tussen de moleculen in een vloeistof werken?
  Zijn die groter of kleiner dan in een vaste stof?
  c Werken er ook krachten tussen moleculen van een gas?

*10 Je ziet hier drie tekeningen. De zwarte bolletjes stellen moleculen voor. Wat stellen de tekeningen voor: vaste stof, vloeistof of gas?

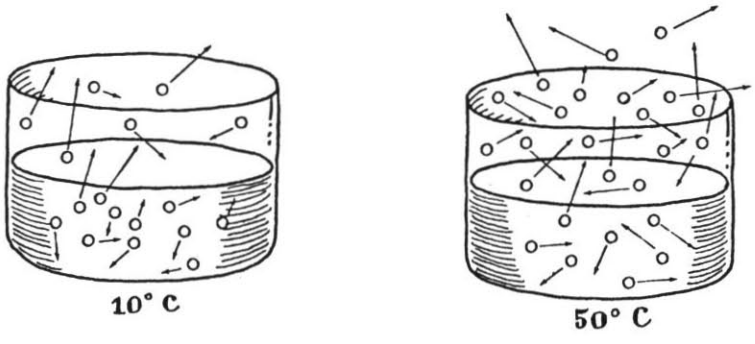




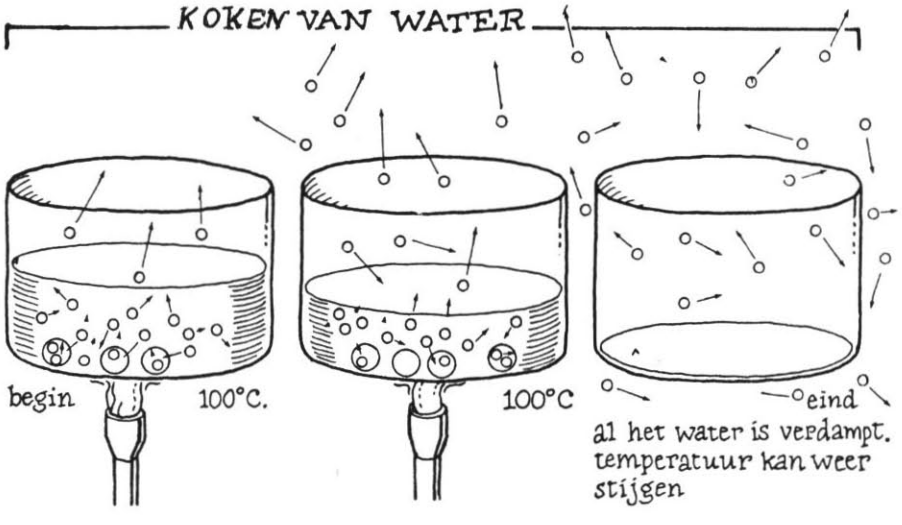
Als aan een stof (vaste stof, vloeistof, gas) warmte wordt toegevoegd, kan de stof in temperatuur stijgen: de warmte wordt gebruikt om de snelheid van de moleculen te vergroten. Maar tijdens het smelten of tijdens het koken blijft de temperatuur hetzelfde, tot alle vaste stof gesmolten is bij het smeltpunt, of alle vloeistof verdampt is bij het kookpunt. Tijdens het smelten of verdampen is de warmte nodig om de stof in een andere fase om te zetten.
Bij het stollen of condenseren gaat het net andersom. Dan geeft de stof warmte af. Deze warmtehoeveelheid is even groot als nodig was voor het smelten of verdampen.



Water verdampt altijd een beetje. Maar bijvoorbeeld bij 50 °C meer dan bij 10 °C. Bij 50 °C hebben meer moleculen een voldoende grote snelheid om uit het water te ontsnappen.



Bij 100 °C verdampt het water ook onder de oppervlakte in bellen. We zeggen dan dat het water kookt.

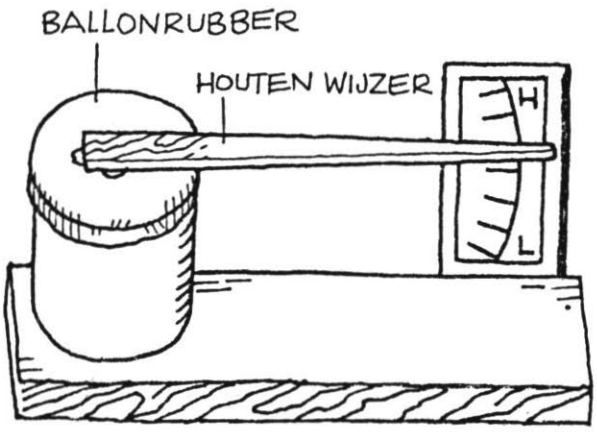


Wat hier over water gezegd is, geldt ook voor andere stoffen. Alleen het smeltpunt en het kookpunt kunnen bij heel andere temperaturen liggen.

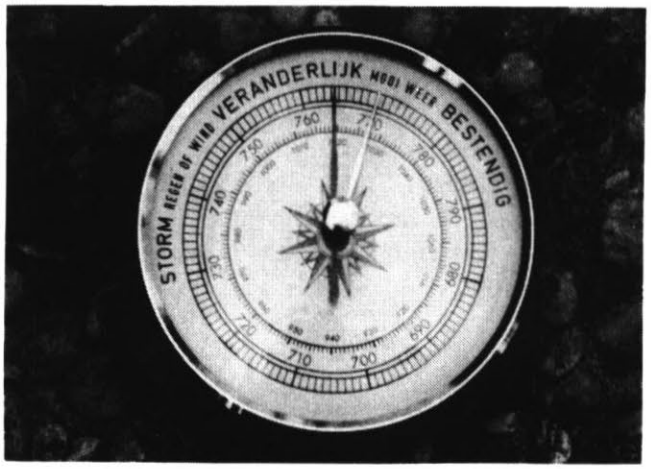
Bijvoorbeeld:		smeltpunt	kookpunt
	ijzer	1539 °C	2759 °C
	zuurstof	−219 °C	−183 °C

1.3 DRUK METEN

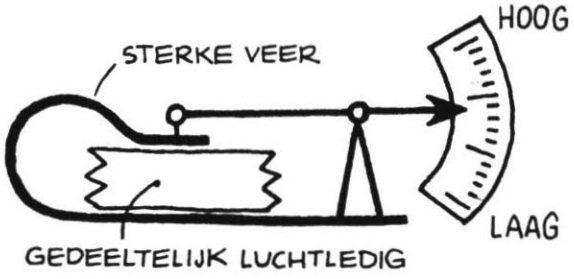
1 Je ziet hier twee barometers.



zelfgemaakte barometer



metaalbarometer



schematische tekening van de metaalbarometer

Beantwoord de volgende vragen:

over de zelfgemaakte barometer

a Verklaar de werking van deze barometer

b De stand van de wijzer hangt ook van de temperatuur af. Hoe komt dat?

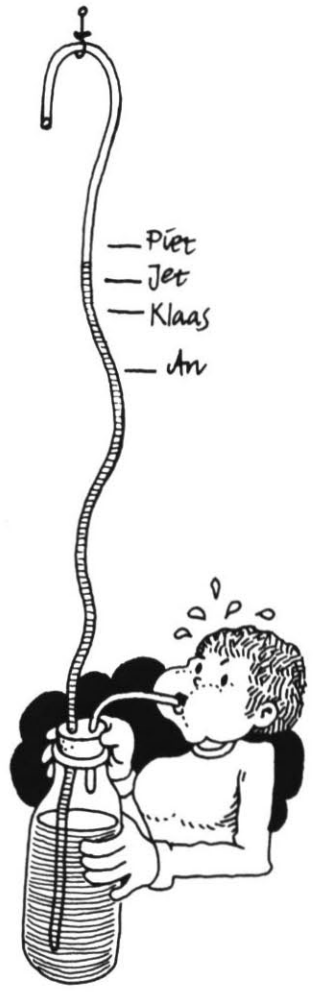
over de metaalbarometer

c Verklaar de werking van deze barometer. Je kunt dat doen, door hem te vergelijken met de zelfgemaakte.

d Waarom moet het doosje gedeeltelijk luchtledig zijn?

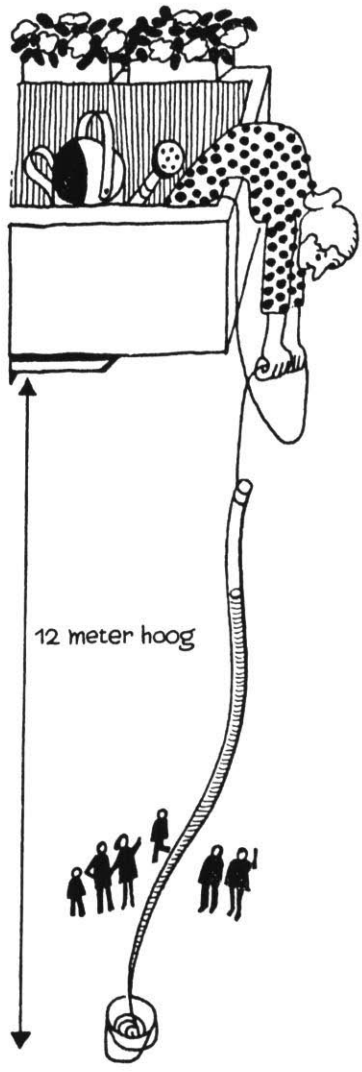
e Kun je op de barometer zien:
760 mm kwik = ? millibar
1000 millibar = ? mm kwik.

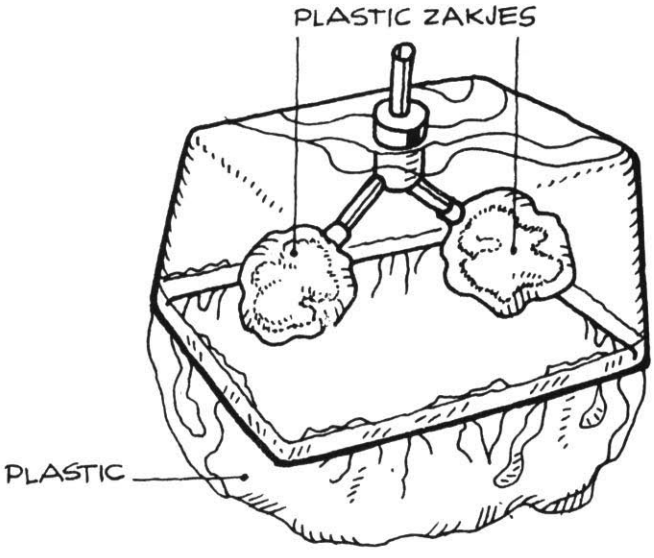
* 2 Jet blaast in een fles met water waaraan een lange slang is vastgemaakt. Het water komt 1,5 meter hoog in de slang.
Jet zegt: 'Ik kan niet hoger want ik heb niet genoeg lucht in mijn longen.'



Dit is niet zo'n goede conclusie.
Welke andere conclusie kun je uit de proef trekken?
Bedenk een proef om uit te zoeken of jouw conclusie inderdaad beter is dan die van Jet.

3 In het trappenhuis van een school met 4 verdiepingen doet een groep leerlingen de volgende proef:
in een grote teil water ligt een doorzichtige plastic slang ondergedompeld. De slang is vol water. Ze doen op één uiteinde van de slang een kurk. Dan halen ze dat uiteinde van de slang uit het water en trekken het omhoog. Wat zal het water in de slang doen? Er gebeurt iets bijzonders als het dichte eind van de slang ongeveer 10 meter boven de waterteil is. Wat zie je dan?
Verklaar dat.





4 Hierboven zie je een model van je longen. De plastic bak en het plastic aan de onderkant komt overeen met je borstkas. Als je het plastic naar beneden trekt zet de 'borstkas' uit.
De plastic zakjes komen overeen met je longen.

Verklaar hoe het komt dat de 'longen' lucht opzuigen, als de 'borstkas' uitzet. Gebruik hierbij het begrip atmosferische druk.

5 De kartonnen kaart onder de fles (zie tekening) valt er niet af.
Verklaar dit.

* 6 Met een perspomp moet het water uit een put 10 m omhoog gepompt worden. Hoe groot is de druk die de zuiger van de pomp minstens op het water moet kunnen uitoefenen? (fig. 1)

* 7 Iemand wil met een zuigpomp water van 5 m diepte oppompen. Tot hoever moet hij de luchtdruk onder de zuiger minstens verlagen zodat het water de klep kan passeren? (fig. 2)
Leg uit hoe de druk onder de zuiger verlaagd wordt.

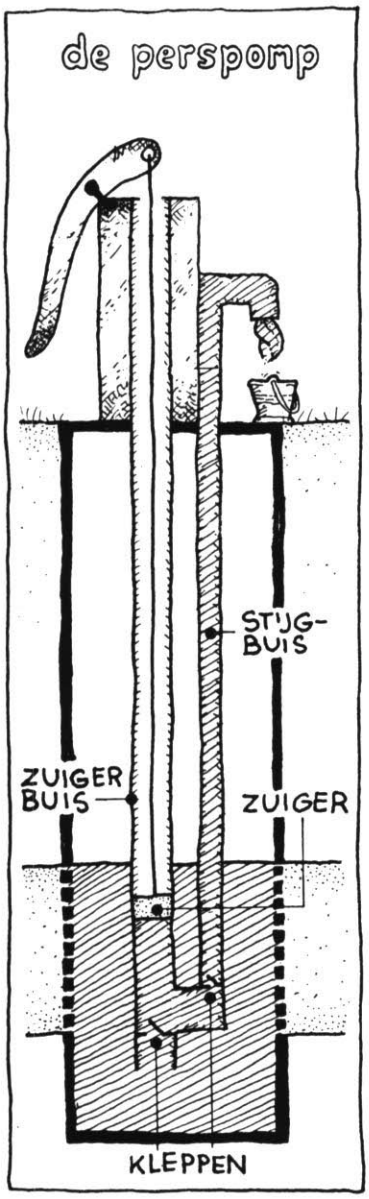


Fig. 1

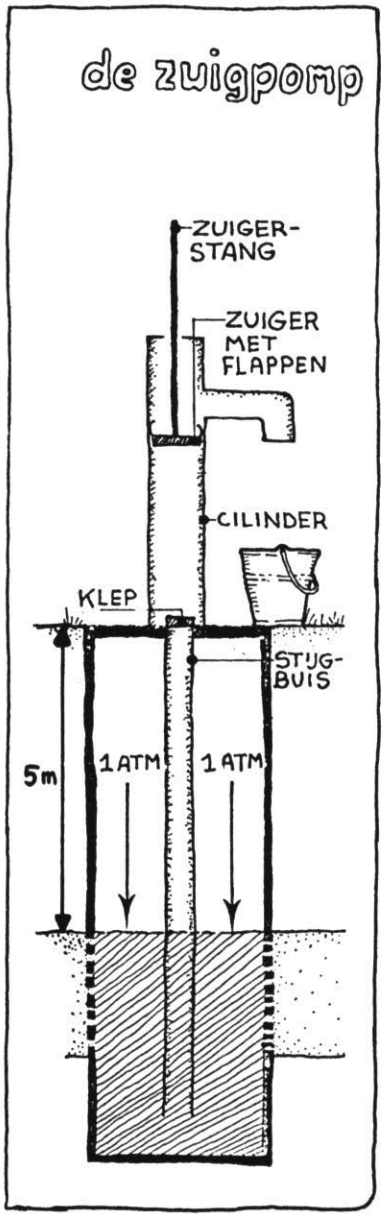
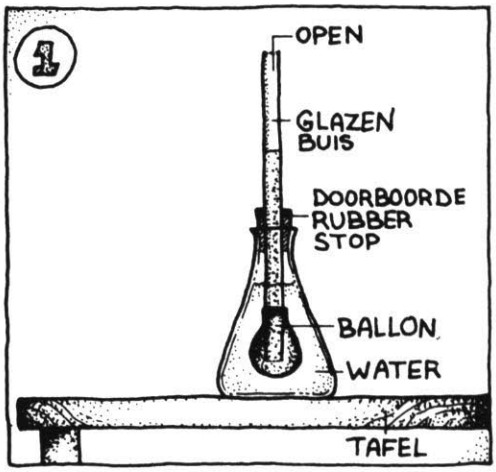


Fig. 2

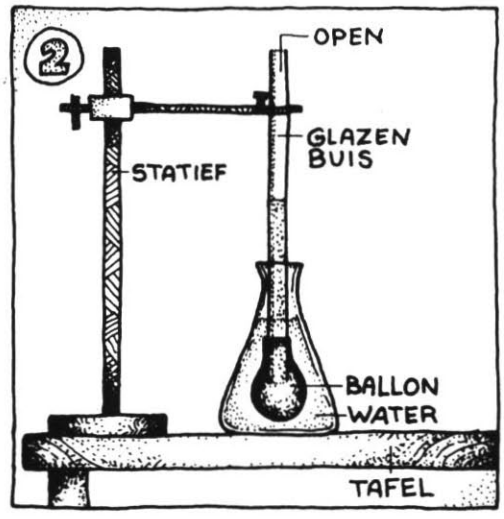
8 Hiernaast zie je een toestel getekend, dat door leerlingen is gemaakt.
Het kan gebruikt worden als barometer.
a Leg uit, hoe dit toestel werkt.



Met behulp van een andere barometer had een leerling een schaalverdeling op het glazen buisje aangebracht. Toen hij deze schaalverdeling een dag later controleerde, klopte er niets van. Het was toen echter veel warmer in het lokaal.

b Leg uit wat er met het waterniveau in het glazen buisje gebeurt, als het warmer wordt in het lokaal, terwijl de luchtdruk niet verandert.

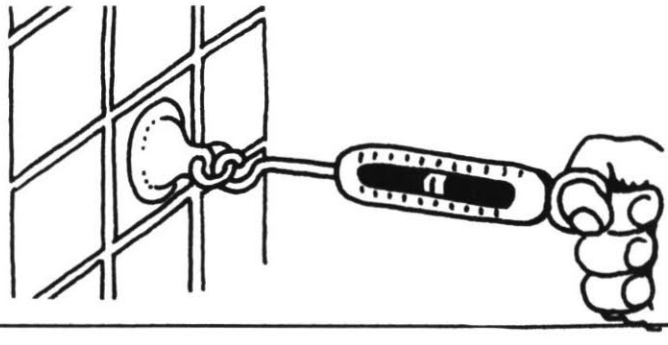
c Als je nu de rubberstop weghaalt (zie tekening hiernaast), kun je het toestel dan nog als barometer gebruiken? Motiveer je antwoord.



De atmosferische druk is de druk ten gevolge van het gewicht van de lucht boven ons. Deze druk meten we meestal met een barometer. Je kunt het ook met een slang met water doen. In opgave 3 werd de druk van de atmosfeer zelf gemeten. In opgave 2 werd de overdruk die je longen kunnen geven gemeten.

De druk van de lucht kan je bijvoorbeeld merken bij een zuignapje. Als je dat natmaakt en tegen een tegeltje drukt, pers je de lucht uit het zuignapje. De atmosferische druk houdt het zuignapje tegen de muur gedrukt.

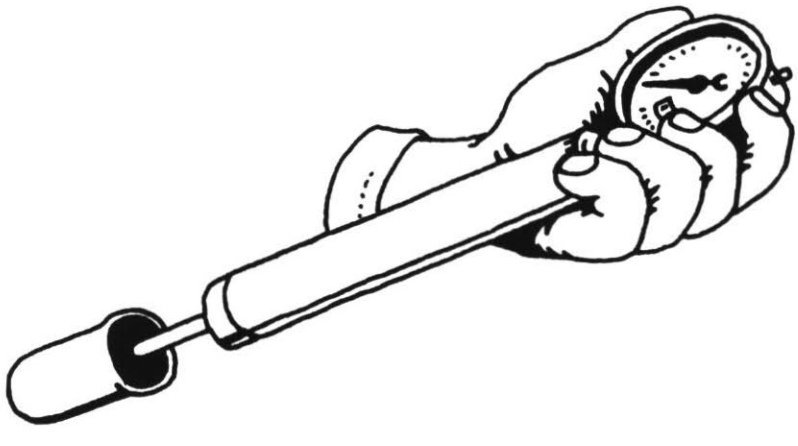
(Vraag: waarvoor is dat nat maken nodig?)



1.4 DRUK EN VOLUME BIJ EEN GAS

1 Iemand doet de proef met de fietspomp waaraan een manometer is bevestigd. Hij doet de volgende metingen.

volume afgesloten lucht $V\ (cm^3)$	*luchtdruk* $P\ (N/cm^2)$
50	10
40	12,5
30	16,7
20	25
12,5	40



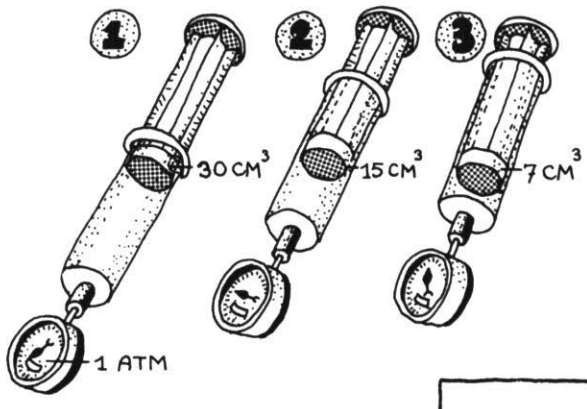
Maak een grafiek van de druk (verticaal) en het volume (horizontaal).

Lees uit je grafiek af hoe groot dè druk is bij 25 cm^3 en bij 15 cm^3.
Stel dat je het volume zou vergroten tot 75 cm^3, hoe groot zal dan de luchtdruk in de ruimte zijn?

2 We willen weten of er makkelijk lucht langs de zuiger van een injectiespuit ontsnapt als je de lucht erin samenperst.
Daarom trekken we een injectiespuit van 30 cm^3 geheel uit en sluiten de open kant aan op een manometer (fig. 1). De manometer geeft precies 1 atm aan.
We drukken de zuiger in tot 15 cm^3. De manometer geeft dan precies 2 atm aan (fig. 2).
a Leg uit of er lucht ontsnapt is langs de zuiger.

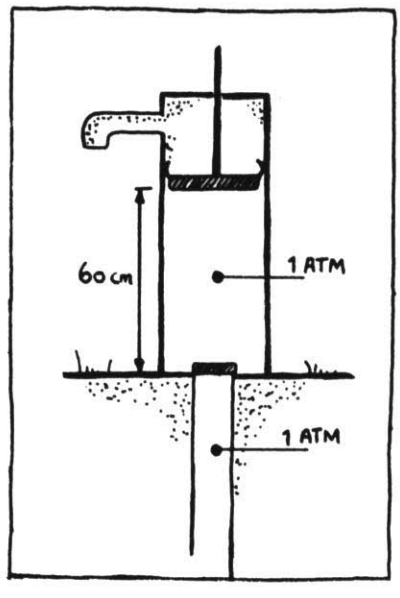
We drukken de zuiger nog verder in tot 7 cm^3. De manometer geeft nu precies 3 atm aan.
b Leg uit dat er nu zeker lucht langs de zuiger ontsnapt is.

We trekken de zuiger weer geheel uit tot 30 cm^3.
c Bereken welke waarde de manometer zal aangeven. Neem daarbij aan dat de hoeveelheid lucht onder de zuiger nu niet meer verandert.

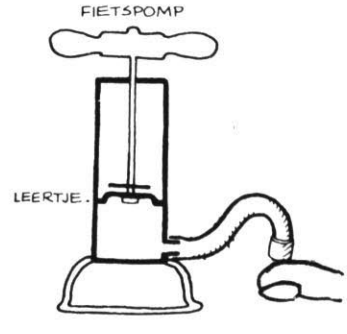


* 3 De zuigerflappen van een zuigpomp gaan lucht doorlaten als de druk onder de zuigpomp 1,2 atm is. De hoogste stand van de zuiger is 60 cm boven de bodem van de cilinder. De klep lekt niet.
a Hoever is de zuiger gedaald als er lucht langs de zuigerflappen gaat ontsnappen?

Viervijfde deel van de lucht in de cilinder is ontsnapt als de zuiger op zijn diepste punt is gekomen.
b Waar ligt dat diepste punt?
c Nu wordt de zuiger weer omhoog gehaald. Op welk punt is de zuiger als de klep open gaat?



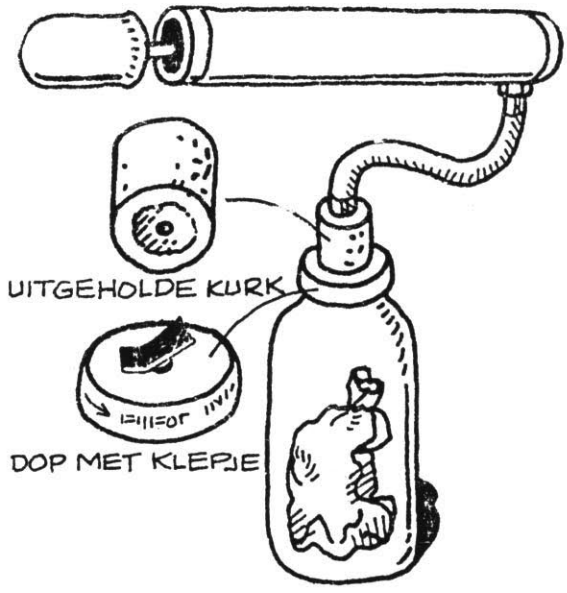
* 4 Als je de zuiger van een fietspomp omlaag duwt gaat de druk in de pomp omhoog als je de slang dicht houdt.
Verklaar dit verschijnsel. Gebruik daarbij dat de lucht uit moleculen bestaat.



5 Met een 'omgekeerde' fietspomp (het leertje is omgekeerd) kun je de druk in de fles verlagen.
a Leg dat uit.

In de fles stop je een plastic zak met een klein beetje lucht.
b Tot hoever is de druk verlaagd als de plastic zak tot een tweemaal zo groot volume is uitgezet?

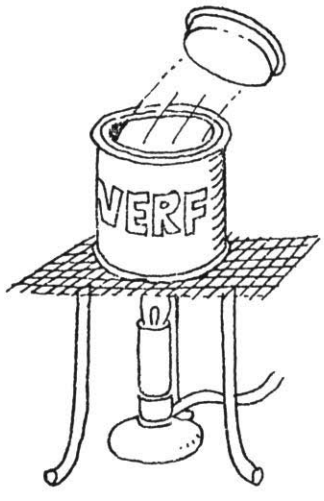
Als je de druk tot 0,25 atm zou kunnen verlagen zou de plastic zak precies de fles vullen.
c Welk deel van de fles werd door de plastic zak ingenomen voordat je de lucht ging wegpompen?



Als je het volume van een hoeveelheid gas kleiner maakt, stijgt de druk. Dat gebeurt o.a. in een fietspomp als je de zuiger omlaag duwt. Bij volumeverkleining komen de moleculen dichter bij elkaar te zitten. Er komen meer botsingen tegen de wand aan. Dus de druk gaat omhoog. Als het volume gehalveerd wordt, verdubbelt de druk. Wordt het volume 1/3 van het oorspronkelijke volume, dan wordt de druk driemaal zo groot. Dat geldt alleen als er geen moleculen weggaan of bij kunnen komen en als de temperatuur van het gas niet verandert.
Bij volumevergroting daalt de druk. Verdubbeling van het volume halveert de druk.

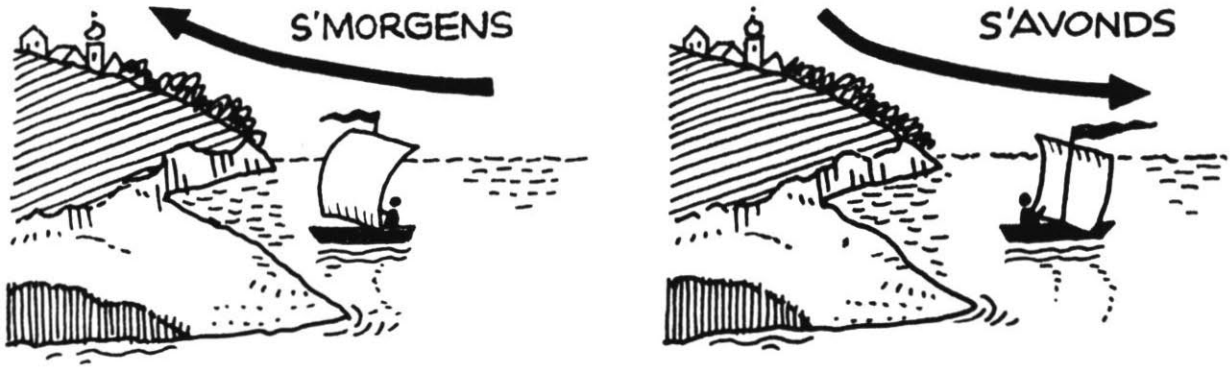
1.5 DRUK, VOLUME EN TEMPERATUUR VAN EEN GAS

1 Een dicht verfblik (gevuld met lucht) springt open als je er een gasvlam onder zet.
Verklaar dit. Gebruik in je verklaring, dat lucht bestaat uit moleculen.



2 Een heteluchtballon bestaat uit een dunne zak met de opening naar beneden. Als je er een vuurtje onder houdt, gaat hij omhoog. Verklaar dat.

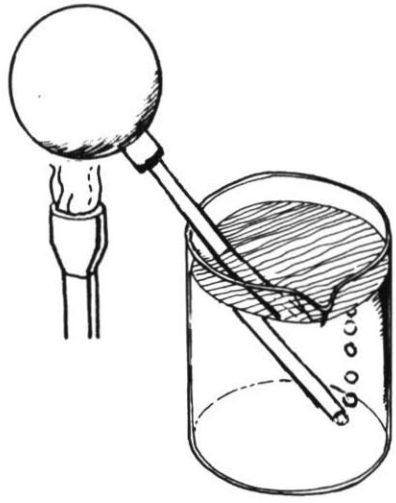
* 3 In warme streken kent men aan de kust het volgende verschijnsel:
overdag gaat er wind waaien *uit zee*
's avonds gaat er wind waaien *vanaf land*
Kan je dit verklaren?
(aanwijzing: wat gebeurt er met warme lucht?)



4 Wat kan er gebeuren als je een fiets met hard opgepompte banden lang in de zon laat staan?

5 Waarom is een gasfles met stikstof zo gevaarlijk als deze in een brandende ruimte staat?

Als je lucht gaat verwarmen gaan de luchtmoleculen sneller bewegen. De luchtdruk gaat daardoor omhoog omdat de moleculen meer en harder botsen met de wand. Door die hogere druk zullen er bij de proef hieronder luchtbellen kunnen ontsnappen. Als de lucht afkoelt zal de druk dalen omdat de moleculen langzamer gaan bewegen.



Hete lucht bevat door de uitzetting minder moleculen per dm^3 dan koude lucht. Dus de dichtheid van hete lucht is kleiner dan van koude lucht. Hete lucht stijgt dus op. Daar kun je met een heteluchtballon gebruik van maken.

1.6 ABSOLUTE TEMPERATUUR

* 1 Noem twee temperatuurschalen.

2 Reken om:

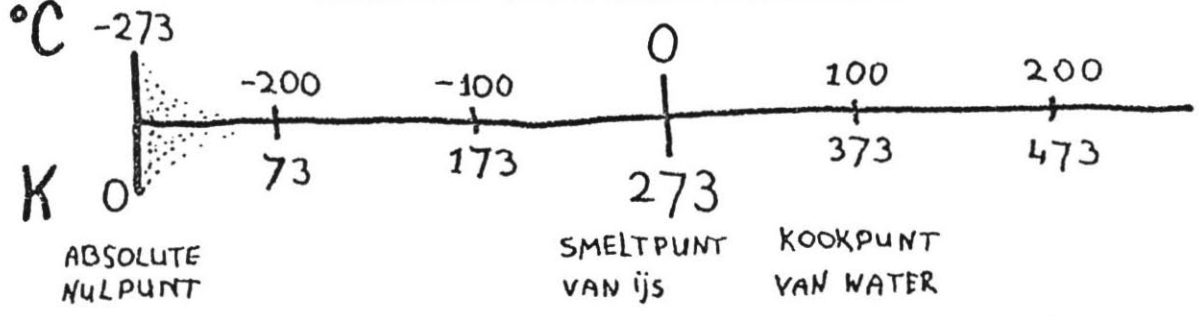
0 °C =		K
100 °C =		K
27 °C =		K
− 63 °C =		K
−273 °C =		K
15 K =		°C
273 K =		°C
180 K =		°C
400 K =		°C

3 De Engelse natuurkundige lord Kelvin heeft het inkrimpen van lucht bij temperatuurverlaging bestudeerd. Hij ontdekte dat lucht steeds 1/237e deel van het oorspronkelijke volume van 0 °C krimpt bij elke graad temperatuurdaling (totdat de lucht vloeibaar wordt).
Hij concludeerde dat er een absoluut nulpunt moet bestaan.
Leg zijn conclusie uit.
Bij welke temperatuur moet dat absolute nulpunt liggen?

4 Wat is er met de beweging van de moleculen aan de hand bij het absolute nulpunt?

Gewoonlijk staat de temperatuur in °C.
In tabellen vind je de temperatuur ook wel in kelvin (K). Deze zgn. absolute temperatuurschaal is ingevoerd omdat bij −273 °C = 0 K de moleculen van een stof niet meer bewegen. Omdat de temperatuur dus niet verder kan dalen dan tot −273 °C, noemt men dat punt het *absolute nulpunt*.
Algemeen geldt:

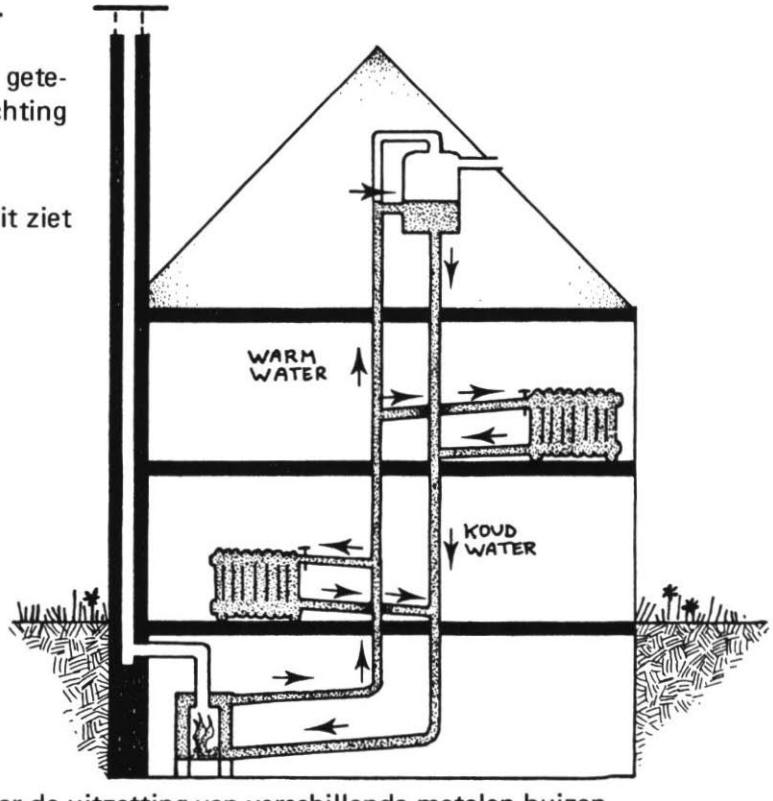
temperatuur in kelvin = temp. in °C + 273



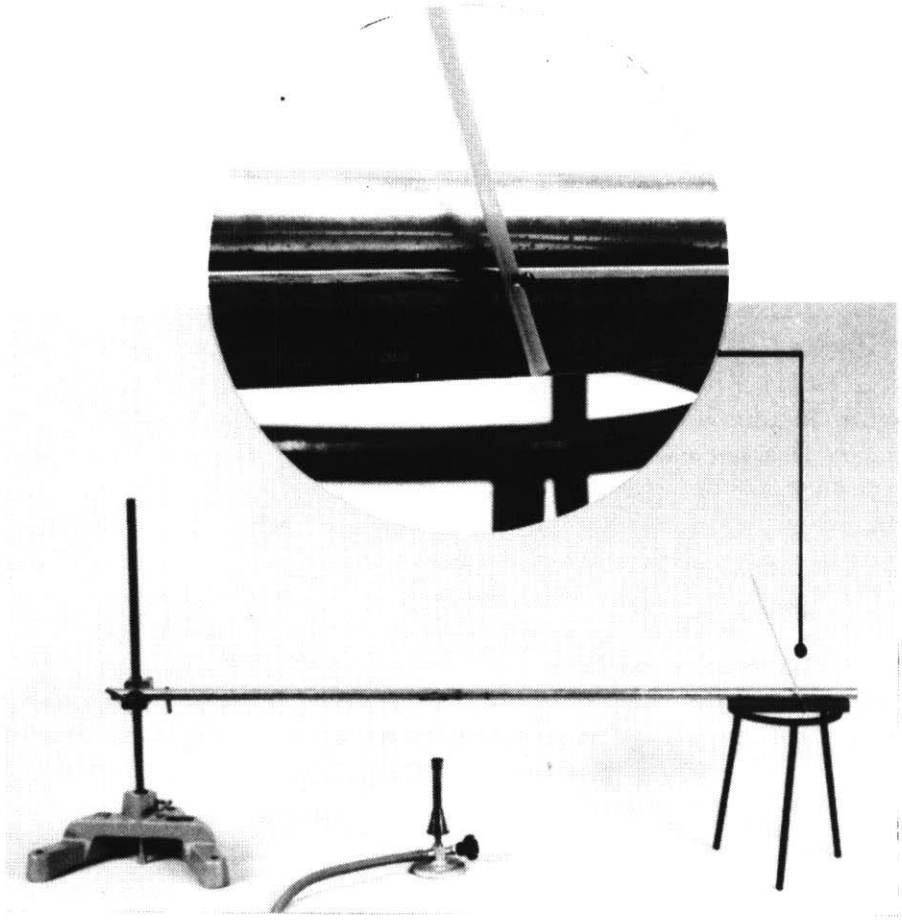
1.7 UITZETTING VAN VLOEISTOFFEN EN VASTE STOFFEN

1 Leg uit hoe een kwikthermometer werkt.

2 Leg uit hoe het komt dat het water in de getekende c.v.-installatie in de aangegeven richting stroomt en niet in de andere richting.
Waarvoor dient het vat op zolder?
Weet je hoe zo'n vat heet en hoe het er uit ziet in werkelijkheid?



* 3 In een klas is een onderzoekje gedaan naar de uitzetting van verschillende metalen buizen.
Met het getekende apparaat hebben ze de uitzetting van buizen gemeten.



Opstelling om uitzetting van metalen te demonstreren uit het thema *Verwarmen en Isoleren*

Ze hebben eerst bepaald welk materiaal het meest uitzet: koper, ijzer of aluminium.
In de tabel staan de beschikbare buizen met enkele gegevens.

buis nr.	*materiaal*	*diameter (in mm)*	*lengte (in m)*
1	koper	4	1,0
2	koper	8	1,2
3	koper	10	1,0
4	koper	10	0,7
5	ijzer	4	0,7
6	ijzer	4	1,2
7	ijzer	8	1,2
8	ijzer	10	1,2
9	aluminium	8	0,7
10	aluminium	8	1,0
11	aluminium	8	1,2
12	aluminium	10	1,4

a Welke drie buizen zou jij kiezen voor deze proef?

Vervolgens willen ze bepalen hoe de lengte van een buis invloed heeft op de uitzetting van die buis.

b Wat denk jij dat die invloed is?
Welke drie buizen kies je om met metingen jouw veronderstelling te controleren?

Tenslotte willen ze onderzoeken of de diameter van een buis invloed heeft op hoeveel hij uitzet.

c Wat denk jij dat die invloed is?
Welke drie buizen kies je om met metingen jouw veronderstelling te controleren?

4 Zoek op in een tabel, wat de lineaire uitzettingscoëfficiënt van ijzer is.
Bereken daarmee hoeveel langer een spoorrails van 100 meter wordt als hij van 14 °C tot 24 °C in temperatuur stijgt.

5 Wat is een bimetaal?
Verklaar de werking ervan.
Maak een duidelijke tekening van een bimetaal.

Vaste stoffen en vloeistoffen zetten uit bij temperatuursverhoging. Omdat de moleculen sneller gaan bewegen hebben ze elk meer bewegingsruimte nodig. De stof moet dus uitzetten.
Warm water stijgt op in koud water omdat het door uitzetting een kleinere dichtheid dan het koude water heeft gekregen. Daarvan maak je gebruik bij de natuurlijke circulatie in een centrale verwarming.
De volumeveranderingen van het water worden opgevangen door het expansievat.
Bij vloeistofthermometers wordt de uitzetting van een vloeistof gebruikt om temperaturen te meten.
Als vloeistof neemt men meestal kwik of alcohol. Bij vaste stoffen kan je uitrekenen hoeveel een staaf langer wordt bij temperatuursverhoging. Daarvoor moet je weten hoeveel 1 m van de stof bij 1 °C temperatuursverhoging langer wordt. Voor ijzer is dat 0,012 mm ($= 1{,}2 \times 10^{-5}$).
10 m ijzer dat 20 °C in temperatuur stijgt wordt dus $10 \times 20 \times 0{,}012 = 2{,}4$ mm langer.
Bij het bouwen van bruggen, spoorwegen e.d. moet men rekening houden met deze uitzetting.
Door het verschil in uitzetting tussen twee metalen, trekt een recht bimetaal krom als dit verwarmd wordt.

1.8 METALEN

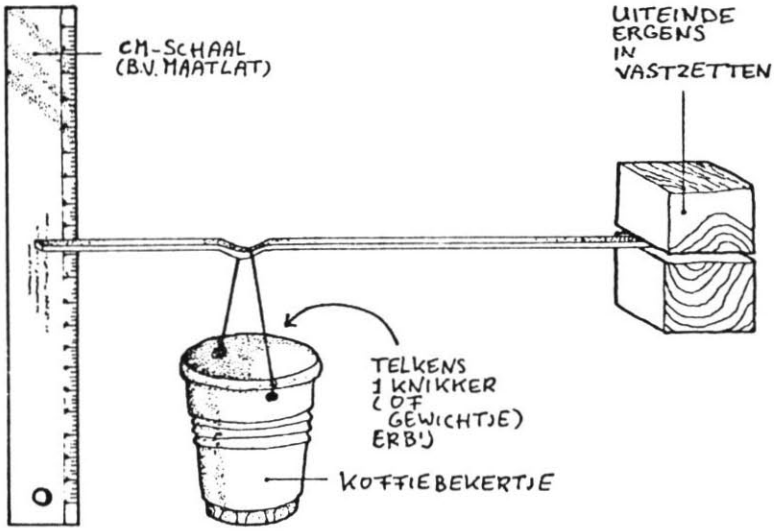
* 1 Noem een paar eigenschappen die bijna alle metalen bezitten.
Geef bij elke eigenschap een voorbeeld van hoe je van die eigenschap gebruik kunt maken.

2 Zet achter elk van de volgende materialen of het een metaal is of niet:
glas
koper
formica
baksteen
porselein
acryl
aluminium

Schrijf bij elk materiaal dat NIET een metaal is, welke metaaleigenschap(pen) er ontbreken.

* 3 De volgende voorwerpen zijn van metaal gemaakt. Van welke eigenschappen maakt men daarbij gebruik? Bedenk of ze ook (beter of slechter) van een ander materiaal gemaakt kunnen worden.
- paperclip
- trouwring
- gaskachel
- spoorrails
- fiets
- telefoondraden

4 Jan en Mieke doen een proef met de doorbuiging van een metalen staaf. Ze klemmen de staaf in een statief en ze schrijven de plaats van de punt van de staaf op als er verschillende gewichten aan hangen. Hieronder zie je hun metingen.



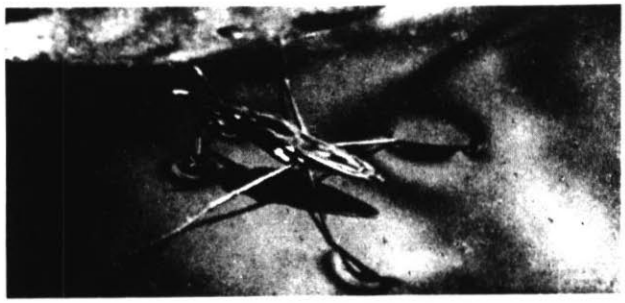
gewicht (N)	plaats op de liniaal (cm)
0	14,0
0,20	16,2
0,40	18,4
0,60	20,6
0,80	22,8
1,00	25,4
1,20	28,0
1,40	30,9
1,60	34,5
1,80	40,1
0	20,2

a Wat zou jij onder de 'doorbuiging' van de staaf verstaan?
b Bepaal de doorbuiging voor de verschillende gewichten.
c Maak daarvan een diagram.
d Wijs in het diagram aan bij welk deel van de metingen er sprake was van 'vering' in de staaf en in welk gedeelte van 'vervorming'.

Metalen worden in veel dingen gebruikt. Bijvoorbeeld in: veren, radiatoren, stroomdraden, stoelpoten. Dat komt door de eigenschappen van metalen:
– vering
– warmtegeleiding
– stroomgeleiding
– vervormbaarheid

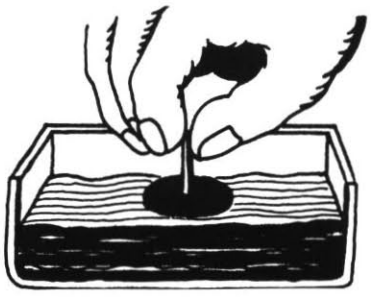
1.9 OPPERVLAKTESPANNING

1 Sommige insekten kunnen op water lopen.



Wat gebeurt er als je een druppel zeep op dat water laat vallen?

2 Het is mogelijk een punaise op water te laten 'drijven'. Toch is dit iets anders dan het drijven van een boot.
Kun je dat met een proef laten zien?



Water heeft aan de oppervlakte een zekere stevigheid. We noemen dat oppervlaktespanning. Daardoor kan water druppels vormen. Daardoor kan je ook op water heel voorzichtig een punaise laten drijven. Door toevoeging van zeep wordt de oppervlaktespanning verlaagd en zal de punaise zinken.

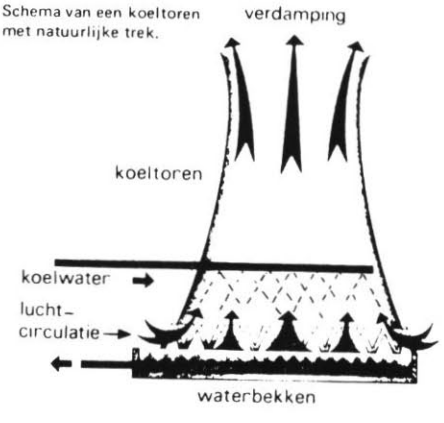
1.10 LUCHT- EN WATERVERONTREINIGING

* 1 Welke vormen van milieuverontreiniging ken je?
a in de lucht?
b in het water?

* 2 Wat zou er moeten gebeuren om de milieuverontreiniging tegen te gaan?
Waardoor komt het denk je, dat dat nog steeds niet uitgebreid gebeurt?

* 3 Je kunt elektriciteitscentrales koelen met water uit een rivier of met koeltorens: dat zijn torens waarin de warmte van het koelwater aan de lucht wordt afgegeven en het koelwater opnieuw gebruikt kan worden.
Geef van beide koelmethoden één voordeel en één nadeel.

Schema van een koeltoren met natuurlijke trek.



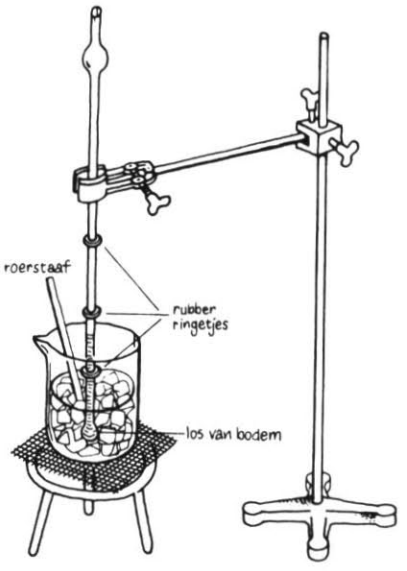
* 4 Bij de discussies over de keuze voor kolencentrales of voor kerncentrales speelt de verontreiniging van de lucht en het water een belangrijke rol.
Op welke manieren verontreinigt een kolencentrale het milieu? Wat is daar aan te doen?
Op welke manier verontreinigt een kerncentrale het milieu? Wat is daar aan te doen?
Voor welke soort zou jij kiezen, *alleen* rekening houdend met de milieuvervuiling?
Leg je standpunt uit.

Als in motoren of elektrische centrales stoffen (bijv. benzine of kolen) worden verbrand, worden er schadelijke verbrandingsprodukten in de lucht gebracht. Belangrijke luchtvervuilende stoffen zijn SO_2, stikstofverbindingen en kleine stofdeeltjes.
Bovendien wordt er lood in de lucht gebracht door de uitlaatgassen van auto's, omdat de antiklopmiddelen in benzine lood bevatten.
Bij verbranding komt ook CO_2 vrij. Bij sterke toename van het CO_2-gehalte in de lucht kan de temperatuur van de aarde stijgen (broeikaseffect).
Waterverontreiniging wordt vooral veroorzaakt door lozing van afvalwater van industrieën en waswater van huishoudens.
Verbindingen van zware metalen zoals kwik zijn heel gevaarlijk. Die kunnen zich ophopen in vis en zo in ons eten terecht komen. Een ander soort watervervuiling is de thermische vervuiling door koelwater bijvoorbeeld van elektrische centrales.

---

2 energie

2.1 WARMTE EN TEMPERATUUR



1 Femke verwarmt een blokje ijs van – 10 °C.
Ze gaat hiermee door tot ze waterdamp van ongeveer 110 °C heeft.
Beschrijf wat er allemaal met de moleculen van dit ijsblokje gebeurt:
– bij het verwarmen van het ijs
– bij het smelten van het ijs
– bij het verwarmen van het water
– bij het verdampen van het water
– bij het verwarmen van de waterdamp

Vertel bij je beschrijving iets over:
– de beweging van de moleculen
– de afstand tussen de moleculen onderling.

2 Kijk nog eens naar de proef van Femke in vraag 1. Wat gebeurt er precies met de temperatuur?
a wanneer stijgt de temperatuur?
b wanneer blijft de temperatuur constant?

En hoe zit het met het toevoeren van warmte bij het proefje van Femke?
c wordt er op alle momenten warmte toegevoerd?
d zo nee, wanneer dan niet?

* 3 Tom zegt het volgende: 'Het is onzin om verschil te maken tussen warmte en temperatuur, want altijd als je warmte aan een voorwerp toevoert, stijgt het in temperatuur. Dus *veel warmte* is toch hetzelfde als *hoge temperatuur*'. Geef jouw commentaar op Toms uitspraak.

* 4 Als je heel nauwkeurig gaat kijken naar het kwikniveau in een kwikthermometer, terwijl je die thermometer in heet water dompelt, dan zal je zien dat het kwik eerst even daalt en daarna pas stijgt naar de temperatuur van het hete water. Leg uit, waarom het kwik eerst even daalt.

5 Rangschik de volgende stoffen naar de grootte van hun soortelijke warmte. Probeer dat eerst eens zonder in je tabellenboek te kijken. Controleer daarna jouw volgorde aan de hand van de gegevens in het tabellenboek.

a koper
b ijzer
c water
d petroleum
e steen
f aluminium

6 Hoeveel warmte is er nodig om 300 cm^3 water van 18 °C te verwarmen tot 100 °C?

* 7 Iemand brengt 100 gram water aan de kook en meet met een thermometer de temperatuur tijdens het opwarmen. Hij vraagt zich af of het feit dat er een thermometer in het water zit, veel invloed heeft op de tijdsduur waarin het water aan de kook wordt gebracht.
De soortelijke warmte van water is 4,2 J/g K.
De thermometer heeft een warmtecapaciteit van 5 J/K.
Beredeneer op basis van deze gegevens of je de invloed van de thermometer groot of klein vindt.

* 8 Kijk nog eens naar het diagram in vraag 2 van 1.2.
Wat kun je uit dit diagram concluderen over de soortelijke warmte van vloeibare was en de soortelijke warmte van vaste was?

(Pas op: dit is een moeilijke vraag! Denk ook aan het temperatuurverschil tussen het bekerglas met was en de omgeving).
Probeer je antwoord te controleren door in een tabellenboekje te kijken.

* 9 Er is een nieuwe vloeistof uitgevonden. Volgens de fabriek is deze zeer geschikt om in te baden: maakt de huid zacht en soepel, geen zeep meer nodig, geen crèmes en zo. Maar nu blijkt wel dat de soortelijke warmte van deze vloeistof maar 1/10 is van de soortelijke warmte van water.
Welk nadeel betekent dit laatste voor iemand die graag lang in bad zit?

Warmte kan gebruikt worden om een voorwerp in temperatuur te verhogen, of om moleculen los van elkaar te maken, zoals bij smelten en verdampen. Dan blijft de temperatuur constant tot alles gesmolten of verdampt is. Warmte is een vorm van energie en wordt uitgedrukt in joule. Temperatuur is een maat voor de beweging van moleculen. Je meet temperatuur met een thermometer.
Als in een c.v. veel water zit zal het lang duren voordat de c.v. warm is. Er moet veel warmte in om het bijv. 1 °C in temperatuur te laten stijgen.
De soortelijke warmte van water is groter dan van olie. Om 1 kg water 1 °C in temperatuur te laten stijgen is 4200 J nodig. Voor 1 kg olie is dat maar ongeveer 2000 J. Olie warmt dus sneller op dan (evenveel) water, maar het is ook sneller afgekoeld.
Smelten en verdampen kosten energie (warmte) terwijl de temperatuur constant blijft. Stollen en condenseren leveren warmte op.

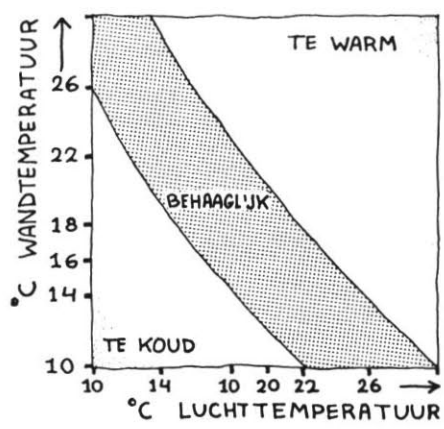
2.2 WARMTETRANSPORT

* 1 Een ijzeren pook wordt in het vuur gelegd. Een koperen staaf van dezelfde vorm leggen we ernaast in het vuur.
   a Na een paar minuten is dat eind van de ijzeren pook, dat in het vuur ligt, roodgloeiend. Het uiteinde in het vuur van de koperen staaf is tot je verbazing dan nog dof (dus niet zo heet). Hoe verklaar je dat?
   b Welke van de twee staven zou je met je blote handen uit het vuur kunnen halen? Leg in één of twee zinnen uit, waarom je deze wel en de andere staaf niet kunt vastpakken met blote handen.

* 2 Verklaar de twee volgende waarnemingen:
   a Op een koude dag voelt het ijzeren blad van een spade kouder aan dan de houten steel van de spade.
   b Op een warme dag, als diezelfde spade in de zon ligt, voelt het ijzeren blad warmer aan dan de houten steel.

* 3 De aarde ontvangt constant stralingsenergie van de zon. Omdat deze energie voortdurend geabsorbeerd wordt, zou je verwachten dat de aarde steeds warmer wordt.
Waardoor wordt de aarde toch niet steeds warmer?

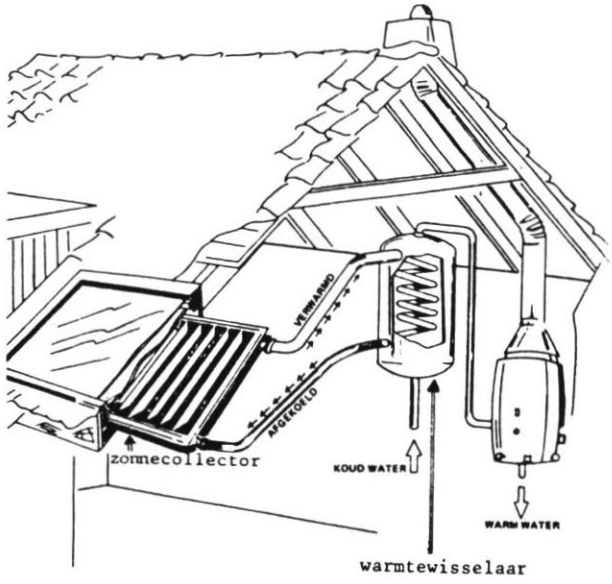
* 4 Dit diagram laat zien bij welke temperaturen van de wand en van de lucht je je in een kamer behaaglijk voelt. Leg met behulp van dit diagram uit, dat isolatie van muren en ruiten het mogelijk maakt om de luchttemperatuur in de kamer te verlagen, terwijl het toch nog behaaglijk is.
(aanwijzing: isolatie van muren en ruiten heeft tot gevolg dat de wandtemperatuur van de kamer hoger wordt).



Warmte kan getransporteerd worden door *geleiding*. Metalen geleiden de warmte goed. Niet-metalen geleiden de warmte slecht. Een dikke laag stilstaande lucht (bijv. in een deken, spouw of plaatje tempex) wordt vaak gebruikt om iets te isoleren.
Warmte kan ook getransporteerd worden door *stroming*. Bij een c.v. vervoert het water de warmte. In een kamer vervoert de stromende lucht de warmte van de kachel of radiator door de hele kamer.
De derde mogelijkheid van warmtetransport is via *straling*. Dat merk je ook aan een kachel: die straalt warmte uit. Een groter oppervlak straalt meer uit dan een klein oppervlak. De uitstraling neemt toe bij een groter temperatuurverschil. Ook de kleur en de glans van het voorwerp dat straalt beïnvloeden de straling.

2.3 SOORTEN ENERGIE, RENDEMENT

* 1 Je ziet hier een schematekening van een warmtevoorziening die werkt op zonne-energie.



a Welke energieomzetting vindt plaats in de collector?
b Noem 3 maatregelen die waarschijnlijk zijn getroffen om er voor te zorgen dat de zonnecollector zo goed mogelijk de energie omzet.
c Noem de reden waarom de buis in de warmtewisselaar niet recht is, maar de vorm van een spiraal heeft.

2 Alle chemische energie in de brandstof van een c.v.-ketel wordt in warmte omgezet. Toch heeft een c.v.-ketel een rendement van maar 80%. Leg uit waarom de c.v.-ketel geen rendement van 100% heeft.

3 Een bouwlift heeft een elektromotor, die aangesloten is op een spanning van 380 V. Met deze lift kan men bouwmaterialen met een massa van 100 kg in 5 seconde tot een hoogte van 5,70 m omhoog brengen; door de motor gaat dan een stroom met een sterkte van 10 A.
Bereken het rendement van deze installatie (dat is het percentage van de elektrische energie, dat gebruikt wordt voor het omhoog brengen van de last). Maak eerst een schatting van het rendement.

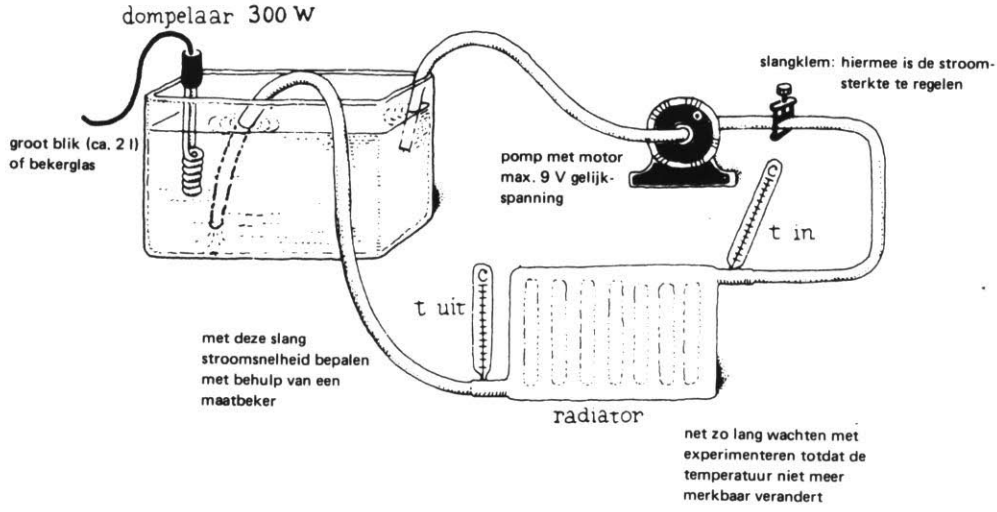
4 Een bromfietser versnelt vanuit stilstand tot 36 km/h.
De massa van de bromfiets en bromfietser tezamen is 120 kg.
Bij dit optrekken wordt 4 cm^3 mengbenzine verbruikt.
a Bereken het rendement van deze energieomzetting als je weet dat de verbrandingswarmte van deze mengbenzine 33×10^9 J/m^3 is.
Maak eerst een schatting van het rendement.
b Waar is de rest van de energie gebleven? Welke energieomzettingen hebben plaats gevonden?

5 De gemiddelde hoeveelheid van de zon die op een horizontaal oppervlak bij daglicht kan worden opgevangen, is in Nederland 0,2 kilowatt op elke vierkante meter.
Op een huis wordt een horizontaal zonnepaneel bevestigd met afmetingen van 2 m bij 5 m. Deze zonnepanelen zetten 25% van het opgevangen daglicht om in bruikbare energie.
Bereken de hoeveelheid bruikbare energie die gemiddeld in 10 uur daglicht wordt verzameld.

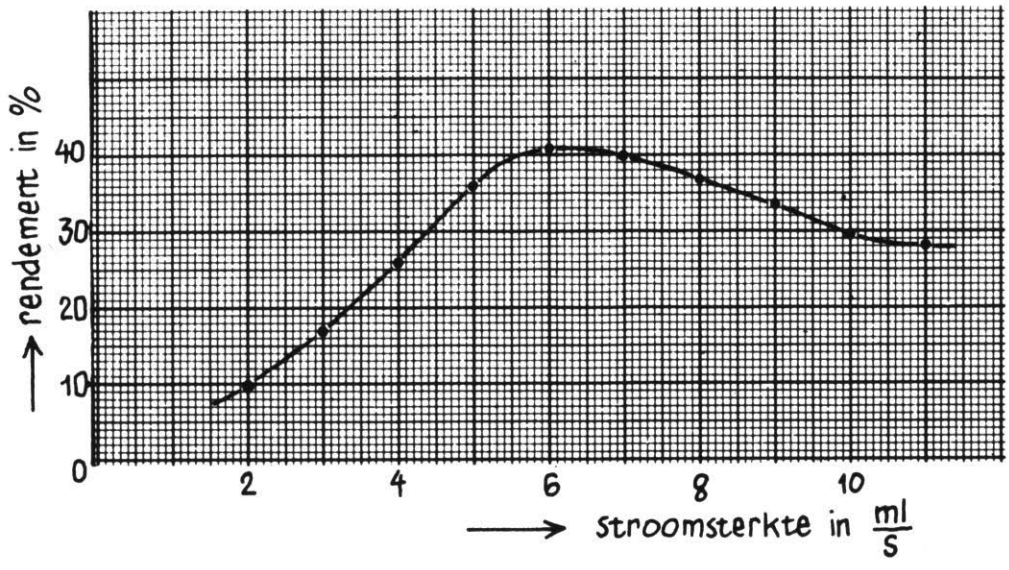
* 6 In Nederland rijden *elektrische* treinen en *diesel*treinen.
In die dieseltreinen worden de wielen echter óók aangedreven door elektromotoren, evenals bij de elektrische treinen. Het verschil is dat de elektrische treinen hun stroom van de bovenleiding 'aftappen' en dat de dieseltreinen de elektriciteit voor hun elektromotoren zelf maken met een dieselmotor en een dynamo.
Teken van beide treinen een energieomzettingsschema.
Vergelijk vervolgens de elektrische trein en de dieseltrein:
wat zijn de voor- en nadelen van beide?

7 Een groepje leerlingen kreeg de opdracht om te onderzoeken of het rendement van een c.v.-model verbetert, als je het water sneller laat stromen.

PLON C.V.-MODEL



a Bereken het rendement bij een stroomsterkte van 10 ml/s.
De verdere gegevens zijn: t_{in} = 38,1 °C
t_{uit} = 36,0 °C
het vermogen van de dompelaar = 300 W
de soortelijke warmte van water = 4180 J/kg · K
Bovenstaande berekeningen doen ze bij verschillende snelheden.
De resultaten van hun berekeningen staan in de volgende grafiek!



b Bij welke stroomsterkte is het rendement het hoogst? Hoe hoog?
c Noem minstens twee wijzigingen die de leerlingen in hun opstelling kunnen aanbrengen om ervoor te zorgen dat het rendement (bij alle stroomsterkten) toe zal nemen.

Er zijn veel verschillende soorten energie: kinetische energie, gravitatie-energie, stralingsenergie, kernenergie, warmte, elektrische energie, chemische energie. Al die energiesoorten kunnen in elkaar worden omgezet.
Bijvoorbeeld kan 100 J chemische energie (in bijv. olie) omgezet worden in 35 J elektrische energie. De resterende 65 J komt als warmte in het koelwater.

$$\text{rendement} = \frac{\text{hoeveelheid energie van de gewenste vorm}}{\text{erin gestopte hoeveelheid energie van de voorradige vorm}}$$

Bij bovenstaand voorbeeld wordt 35 van de 100 J chemische energie in elektrische energie omgezet. Het rendement is dus 35%.
Bij c.v.'s kan je het rendement verbeteren door betere isolatie van de pijpen van en naar de ketel.

2.4 ENERGIEBRONNEN

* 1 Welke energiebronnen ken je?

* 2 Geef bij elke energiebron, die je bij vraag 1 hebt opgeschreven, aan:
- of deze bron in Nederland zelf aanwezig is, of dat hij moet worden ingevoerd uit het buitenland
- of je denkt dat deze bron voorlopig voldoende energie kan leveren of dat hij misschien binnen afzienbare tijd uitgeput raakt
- welke milieuvervuilende gevolgen het gebruik van deze bron heeft

* 3 Nederland moet binnenkort een beslissing nemen over welke energiebronnen we vooral willen gebruiken:
- laten we de elektriciteitscentrales op olie en aardgas werken?
- schakelen we over op kernenergie?
- moeten we meer kolen gaan gebruiken?
- zijn er nog andere oplossingen voor het energieprobleem?

Schrijf een opstel van 15 regels over de beslissing die Nederland volgens jou zou moeten nemen. Geef duidelijk aan wat *jouw argumenten* hiervoor zijn.

4 Beschrijf kort hoe een zonnecollector werkt. Maak een kleine tekening bij je uitleg.
(Vertel in elk geval:
- welke energieomzettingen plaatsvinden
- welke onderdelen een zonnecollector meestal heeft
- hoe je de zonnecollector het beste kunt neerzetten)

* 5 In 1981 kostte het maken van zonnecellen nog meer energie dan de cellen tijdens hun hele leven zullen opbrengen. Wat zijn de redenen om toch op bepaalde plaatsen zonnecellen te gebruiken?

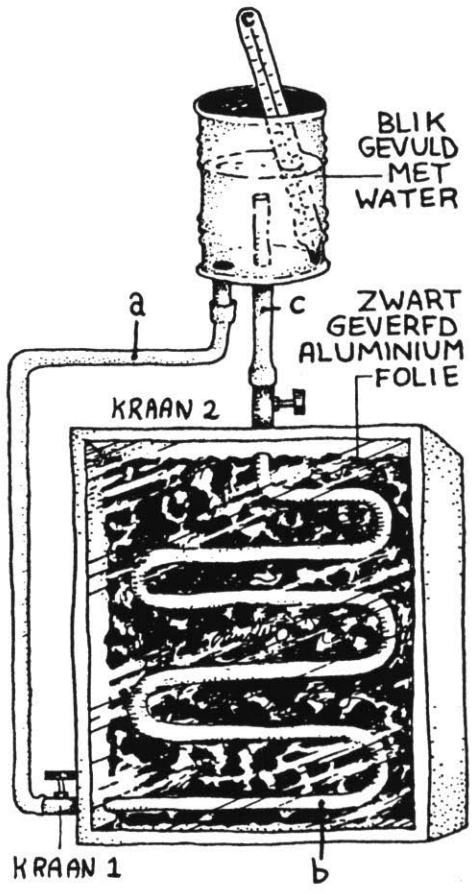
6 Een groep leerlingen heeft een zonnecollector met boiler nagebouwd. Op de bladzijde hierna zie je een tekening van hun opstelling.
a In welke richting stroomt het water in het systeem?

b Om het rendement van deze collector te bepalen, worden bij 1 en 2 de kranen gesloten om stroming van het water te voorkomen.
In het dan afgesloten buizenstelsel zit $1\frac{1}{2}$ liter water.

Als dit water in 45 minuten verwarmd wordt van 19 °C tot 54 °C, hoe groot is dan het vermogen van deze zonnecollector?
Leg duidelijk uit, hoe je aan het antwoord komt.

De soortelijke warmte van water is:
4200 J/kg · K.
De dichtheid van water is: 1 kg/dm^3.

c Je doet nu olie in het systeem in plaats van water en je verwarmt het afgesloten buizenstelsel weer 45 minuten. Wat weet je dan van de temperatuur van de olie in de buizen? De soortelijke warmte van olie: 1700 J/kg · K.
Dichtheid van olie: 0,8 kg/dm^3.



7 Een melkman die huis aan huis bezorgt, gaat een nieuwe bestelwagen kopen. Hij kan kiezen tussen een wagen met een elektromotor en een wagen met een bezinemotor. De antwoorden op de volgende vragen kunnen hem misschien helpen bij zijn keus.

a *Het energieverbruik*
Volgens de folder verbruikt de elektromotor 1,2 · 10^6 J energie per rit van 5 km. In de folder van de benzinemotor staat dat deze 0,16 l benzine gebruikt per rit van 5 km.
a1 Laat door berekening zien dat de wagen met de elektromotor minder energie per rit gebruikt dan de wagen met de benzinemotor. Volgens het tabellenboek komt bij de verbranding van 1 liter benzine 33 · 10^6 J warmte vrij.
a2 Noem een belangrijk verschil tussen een elektromotor en een benzinemotor, dat kan verklaren dat de elektrowagen minder energie verbruikt.
a3 Als het gaat om het verbruik van de energievoorraden in de wereld moet je niet alleen letten op de energie die de melkwagen per rit gebruikt. Noem bij elke wagen 1 of 2 factoren extra waarmee je met het oog op de energievoorraad in de wereld rekening moet houden.

b *Andere dingen om op te letten*
De folder voor de elektrowagen vermeldt nog als voordelen van de elektrowagen dat hij weinig geluidhinder geeft en geen luchtvervuiling veroorzaakt.
Schrijf hierover een kort commentaar. Vermeld daarin in ieder geval op welk(e) punt(en) de informatie over de elektrowagen niet geheel juist is.
Vermeld ook of je de genoemde voordelen inderdaad als voordelen ziet en waarom.
Noem ook een nadeel van een elektrowagen.

Energiebronnen die op het ogenblik beschikbaar zijn:
– fossiele energie (olie, aardgas, kolen)
– kernenergie (splijting van uraniumkernen)
– zonne-energie (zonnecollector, zonnecellen)
– windenergie (windmolens)
– aardwarmte (hoe dieper in de aarde, hoe warmer)
– getijde-energie (eb en vloed)
– waterkracht (stuwmeren)
– methaangisting (biogas uit organisch afval)

De fossiele energie komt door verbranding vrij. De verbrandingswarmte is de warmte die vrijkomt bij volledige verbranding per eenheid brandstof (bijv. aardgas 30×10^6 J/m^3).
In de zonnecollector wordt de stralingsenergie van de zon opgevangen in water, dat daardoor warm wordt. Hoeveel energie opgevangen wordt hangt af van hoe de zonnecollector gericht staat ten opzichte van de baan die de zon beschrijft. Alle energiebronnen hebben voor- en nadelen.
Deze kunnen o.m. betrekking hebben op de volgende punten:
- uitputbaarheid
- afhankelijkheid van andere landen (olie bijv. het Midden-Oosten)
- weersafhankelijkheid
- vervuiling (o.a. luchtvervuiling of radioactieve vervuiling).
- de hoeveelheid energie die nodig is om de energiebron te benutten (energiebalans)
- prijs
- mogelijkheden tot opslag
- veiligheid

Bij het kiezen voor een bepaalde bron moeten de voor- en nadelen tegen elkaar afgewogen worden.

2.5 ZUINIG MET ENERGIE

* 1 Iemand zegt: 'De energie raakt op, daarom moeten we bezuinigen! '
Volgens de natuurkundigen bestaat er een 'wet van behoud van energie', zodat je zou zeggen dat energie nooit 'op kan raken'.
Hoe zit dat?
Geef je commentaar.

* 2 Ga na welke manieren van energiebesparing bij jou thuis mogelijk zijn. Maak een schatting van hoeveel elke manier van bezuinigen zou opleveren: met een '1' achter de manier die de meeste energie zou besparen, een '2' achter de volgende, enz.

* 3 *Maria zegt*: 'Met dubbele ramen bespaar je energie'.
Henk zegt: 'Je vergeet dat het maken van glas ook energie kost'.
Wat is jou mening daarover?

* 4 Leg uit dat autorijden met een hogere snelheid meer energie kost dan met een lagere snelheid, ook al is de afgelegde afstand gelijk.

Zuinig zijn met energie is nodig omdat de energieprijs sterk stijgt en omdat bij steeds groeiend energieverbruik tekorten gaan ontstaan.
Mogelijkheden tot besparingen liggen o.a. op de volgende gebieden:
1 Geen energie verbruiken als het niet nodig is (lichten en kachel uit als er niemand in de kamer is, niet met de auto maar met de fiets).
2 Minder energie verbruiken als dat kan (lagere snelheid van de auto, thermostaat lager, minder warm water, wassen op 60° i.p.v. 90°).
3 Betere rendementen voor de verwarmingen, motoren, elektrische centrales (o.a. stadsverwarming), lampen.
4 Beter isoleren van gebouwen.
5 Nieuwe, zuinige produktiemethoden gaan gebruiken.

Mogelijkheden 1 en 2 liggen vooral op het gebied van de persoonlijke keuze. De mogelijkheden 3, 4 en 5 moeten vooral door de samenleving als geheel georganiseerd worden. Het maken en aanbrengen van isolatiematerialen kost ook energie. Er moet een afweging gemaakt worden tussen de *energiekosten* en *energieopbrengsten* van energiebesparingsmaatregelen.

---

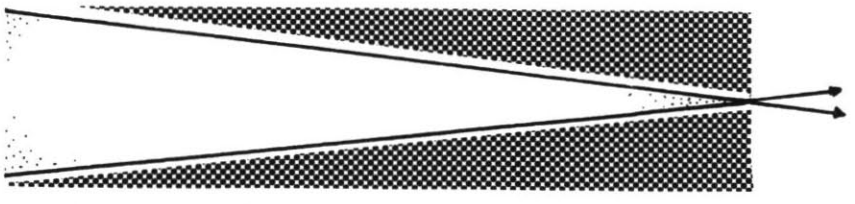
3 licht

3.1 LICHTBUNDELS

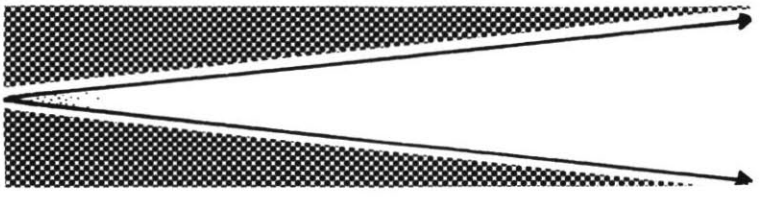
* 1 Noem van de drie soorten lichtbundels die je kent een voorbeeld uit het dagelijks leven.
2 Hoe kun je lichtbundels zichtbaar maken?
3 Wat kan er met iemands ogen aan de hand zijn, als hij voorwerpen op grote afstand niet meer scherp ziet?
Wat voor soort bril kan dan helpen?

We onderscheiden 3 soorten bundels:
– de evenwijdige bundel 1

– de convergerende bundel

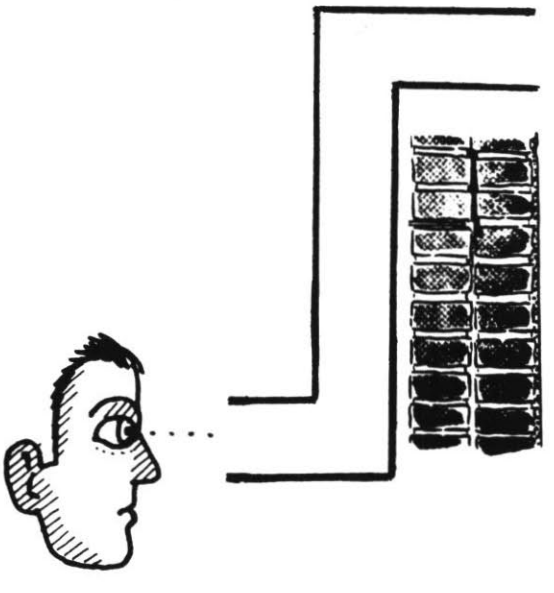


– de divergerende bundel

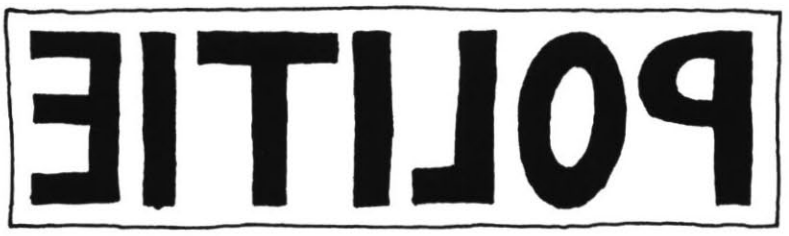


3.2 SPIEGELS

1 Met kleine zakspiegeltjes kun je een eenvoudige periscoop maken: een apparaat om ergens overheen te kijken.
Hier zie je een schematische tekening van zo'n periscoopbuis.
Teken op de goede plaats en in de juiste stand de twee spiegeltjes.

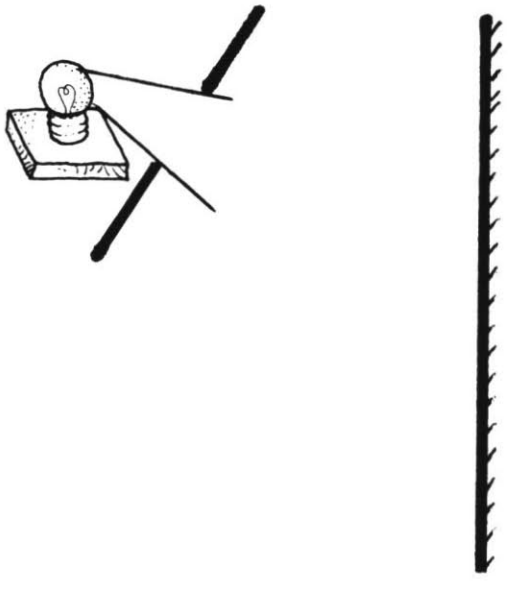


2 Tegenwoordig hebben auto's van de politie, de brandweer en het ziekenhuis vaak op hun voorkant in spiegelschrift de naam staan:



Dan kan een automobilist die vóór hen staat het opschrift in zijn achteruitkijkspiegel lezen.
Probeer zelf de woorden: BRANDWEER
en AMBULANCE
in spiegelschrift te schrijven.
Controleer het dan door er via een spiegel naar te kijken.

3 Teken precies hoe de lichtbundel uit de lamp door de spiegel wordt teruggekaatst:

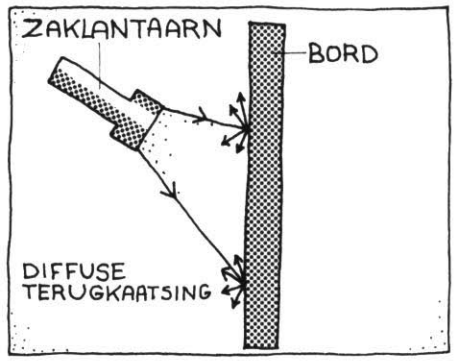


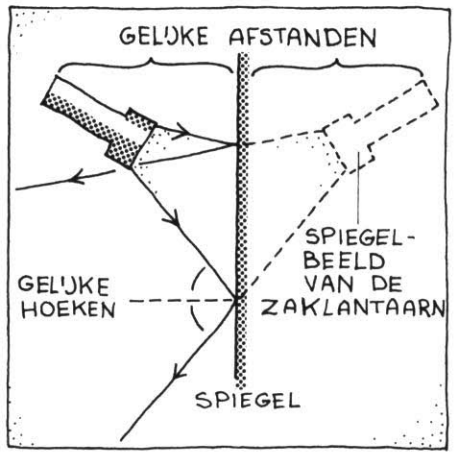
4 In een klassediscussie:
Hanneke: 'Alle voorwerpen kaatsen licht terug.'
Caspar: 'Natuurlijk niet, toch alleen spiegels!'
Geef jouw commentaar op deze uitspraken.

5 Langs welke twee wegen kunnen lichtbundels die van het topje van de mast uitgaan in het oog van de 'stuurman aan de wal' komen. Probeer die (zeer smalle) bundels te tekenen.

Schijn met een zaklantaarn op het bord. De lichtvlek op het bord kan je overal in de klas zien. Het licht wordt diffuus teruggekaatst.

Schijn met een zaklantaarn op een spiegel. Je kunt de lichtvlek op de spiegel nu niet zien. Het licht wordt spiegelend teruggekaatst. Alleen als je precies in de teruggekaatste bundel gaat staan, zie je het spiegelbeeld van de zaklantaarn. De lichtbundel wordt maar in één richting teruggekaatst en wel zo, dat er gelijke hoeken gemaakt worden met de loodlijn op de spiegel. Daardoor ligt het spiegelbeeld even ver achter de spiegel als de zaklantaarn ervoor. Omdat de uittredende lichtbundel divergerend is noemen we het een virtueel (spiegel)beeld.





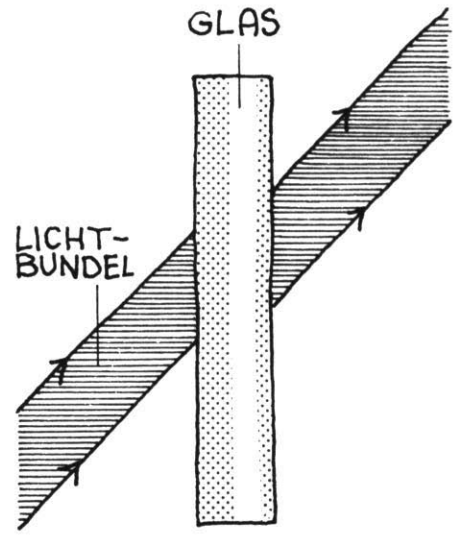
3.3 BREKING

* 1 De volgende proef kun je zelf uitvoeren; je kunt hem ook op papier proberen te beantwoorden.
Benodigdheden:
- aquariumbak
- water
- munt
- breinaald (of ander stokje)
- viltstift

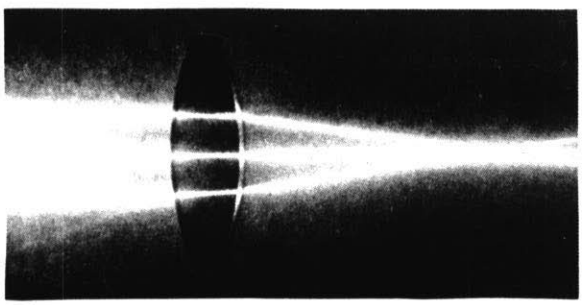
Iemand wijst met de breinaald van boven aan waar hij de munt ziet. Een ander tekent op de buitenkant van de aquariumbak de richting van de stok met een viltstift. Hij trekt de lijn rechtdoor tot het wateroppervlak en van daar trekt hij een rechte lijn naar de munt. Welke conclusie trek je hieruit over de breking van licht bij het grensvlak water/lucht? Licht je conclusie toe met een tekening.

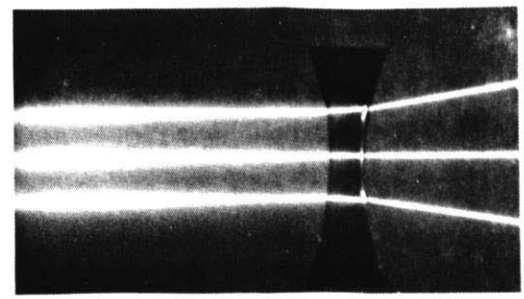
2 De Indianen in de Amazone vissen met pijl en boog, Uit ervaring weten ze dat ze een vis altijd missen als ze precies schieten in de richting waarin ze hem zien.
Leg uit hoe dit komt. Maak een tekening bij je uitleg. Geef in jouw tekening aan, in welke richting ze wél moeten schieten.

3 Een evenwijdige lichtbundel valt op een recht stuk glas. Als de bundel eruit komt is die verschoven.
Teken de bundel in het glas.
Op welke plaatsen treedt breking op?

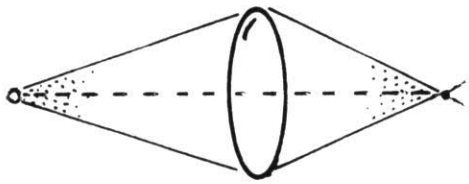


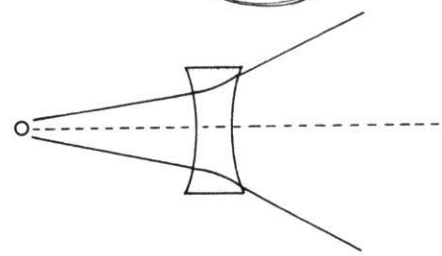
4 Op welke plaatsen treedt in de onderstaande foto's breking op?
Aanwijzing: leg je liniaal langs de invallende bundel!





Als je een potlood in een bekerglas met water zet, lijkt het alsof het potlood geknikt is. Dat komt omdat lichtbundels geknikt worden als ze van water naar lucht overgaan. Dat verschijnsel noemen we breking. Breking treedt ook op de grens lucht-glas op.
Door glas in de vorm van lenzen te slijpen kunnen lichtbundels op een bijzondere wijze gebroken worden.





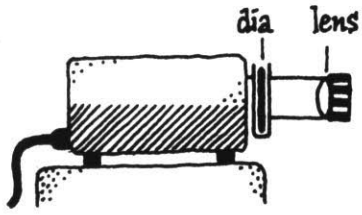
bolle lens: convergerende werking.
Convergerende bundel geeft een reëel beeld:
die kan je op een scherm opvangen.

holle lens: divergerende werking.
Divergerende bundel geeft een virtueel beeld:
die kan je alleen maar zien door in de lens te kijken.

3.4 LENZEN EN BEELDVORMING

1 Iemand probeert met een lens, die een brandpuntsafstand heeft van 20 cm, een scherp beeld van een wolk te ontwerpen op een stuk papier. Beredeneer, waarom hij de lens 20 cm van het papier moet houden om een scherp beeld van de wolk te krijgen.

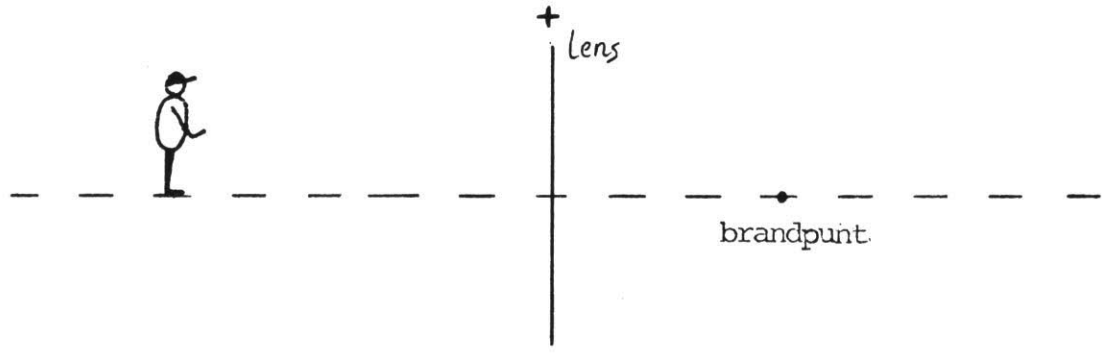
2 De lens van een diaprojector heeft een brandpuntsafstand van 80 mm. De diaprojector wordt zo ingesteld dat bij een afstand van 1.60 m tussen lens en scherm een scherp beeld op het scherm komt.



a Bereken de afstand tussen dia en lens in deze opstelling (afgerond op millimeters).
b Bereken de grootte van het beeld. Het plaatje op de dia is 4 cm lang en 4 cm breed.

3 Iemand maakt in de klas met een lens een afbeelding van het raam op de muur. Daarna houdt hij zijn hand op de onderste helft van de lens. Voorspel wat er zal gebeuren met het beeld op de muur en geef de redenen voor je voorspelling. Maak er een tekening bij en teken de bundel (uit één punt) die bijdraagt tot de beeldvorming.

4 Bereken waar je een scherm moet zetten zodat het poppetje van onderstaande tekening met de getekende lens scherp op het scherm wordt afgebeeld.
Construeer het beeld dat de lens van het poppetje op het scherm vormt.

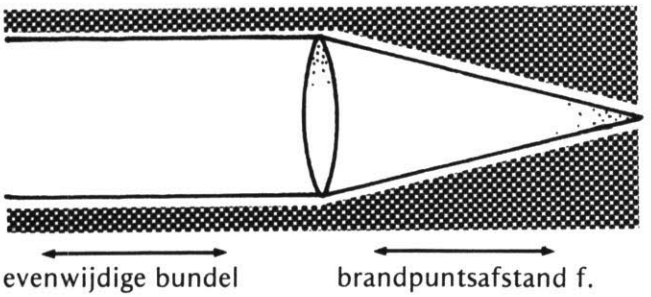


5 Een leraar biologie wil dia's vertonen in de aula van de school. Op school zijn echter 2 diaprojectoren aanwezig. Op de ene projector staat f = 120 mm en op de andere staat f = 150 mm. De aula is 18 m lang. Het scherm is 4 m breed, en de breedte van de dia's is 3,5 cm. De diaprojector moet achter in de aula opgesteld worden.
Laat zien welke diaprojector in dit geval het best gebruikt kan worden.

6 André krijgt een lens, met de opdracht:
'Onderzoek, aan de hand van een experiment (en *niet* aan de vorm zoals in vraag 4!) of de lens negatief of positief is.'

Beschrijf, eventueel met behulp van een tekening, wat voor experiment hij kan uitvoeren.

Een lens heeft een brandpunt:



Met een bolle lens is het mogelijk een scherpe afbeelding te maken van een voorwerp bijvoorbeeld op een foto. Er blijkt te gelden, als v de afstand van het voorwerp tot de lens is en b de afstand van het beeld tot de lens, dat

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

Ook geldt dat de vergroting gelijk is aan $\frac{b}{v}$. Wil je op papier het beeld construeren van een voorwerp, dan kun je gebruik maken van de bijzondere lichtstralen.

3.5 FOTOTOESTEL

1 Vertel wat je allemaal kunt instellen aan een niet-automatisch fototoestel. Geef bij elke instelling die je noemt aan, hoe een foto eruit ziet als je die instelling fout hebt gedaan.

2 Stel je voor dat de hiernaast afgebeelde foto genomen was met een kortere belichtingstijd en een groter diafragma, zodat evenveel licht op de fotografische film gevallen was.
Welke verschillen zouden er dan zijn met de afgebeelde foto?

3 Wat is een stroboscopische foto?
Hoe kun je die maken (2 manieren)?
Waarvoor gebruik je stroboscopische foto's vaak?

4 Iemand maakt met een fototoestel een foto van een persoon die op 2 m afstand van de lens staat. De brandpuntsafstand van de lens in het fototoestel is 5 cm (50 mm).

a Hoever is zijn lens van de film verwijderd als de fotograaf op een zéér ver verwijderde kerktoren, het beeld scherp stelt?

b Om een scherpe foto te maken van iemand die op 2 m afstand staat, moet hij

A de afstand van film tot lens even groot laten [A]

B de afstand van film tot lens groter maken [B]

C de afstand van film tot lens kleiner maken [C]

c Hoe groot wordt de afstand tussen film en lens in geval de persoon op 2 m staat?

d Hoeveel keer kleiner is de persoon op de foto, dan in werkelijkheid in geval vraag c? De persoon is 160 cm lang.

Een foto kan onscherp zijn door:

1 onjuiste instelling: het beeld valt niet precies op de fotografische plaat.
Verbeteringen: – scherp stellen
– kleiner diafragma

2 bewegingsonscherpte: in de tijd dat de sluiter open staat, beweegt het beeld een beetje over de foto.
Verbetering: kortere sluitertijd.

Je kunt een foto stroboscopisch belichten door de sluiter achtereenvolgens open en dicht te doen of door in het donker de sluiter open te zetten en een stroboscopische lichtbron (regelmatige korte flitsen) te gebruiken.
Uit deze stroboscopische foto's kunnen gegevens over beweging en snelheid van het gefotografeerde voorwerp gehaald worden.

---

4 elektriciteit en magnetisme

4.1 SPANNINGEN, STROMEN EN ELEKTRONEN

* 1 Noem enkele materialen die elektrische stroom goed geleiden.
Noem enkele materialen die elektrische stroom slecht geleiden.

2 Beschrijf hoe volgens de natuurkunde de geleiding van elektrische stroom door een metaaldraad gebeurt.
(In je beschrijving moet je in elk geval vertellen wat er gebeurt met:
– elektronen,
– atoomkernen)
Je kunt ook een tekening maken.

* 3 Leg nu met behulp van jouw beschrijving in vraag 2 uit, hoe je het verschil tussen geleiders en isolatoren (zie vraag 1) kunt verklaren.

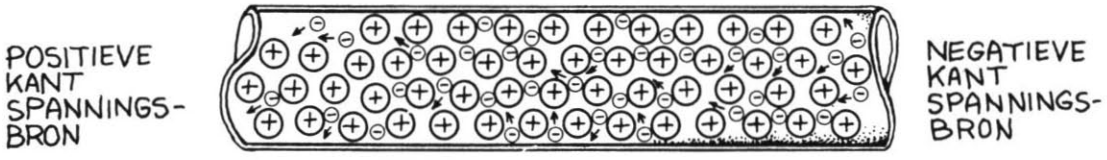
4 Noem drie spanningsbronnen.

5 Je hebt drie batterijen van 1,5 V.
Kun je daarmee een lampje van 4,5 V laten branden?
Zo ja, leg dan uit hoe.
Zo nee, waarom niet?

* 6 Zuiver water geleidt de stroom slecht. Wat kan je in het water doen zodat het beter gaat geleiden?

* 7 Geef een voorbeeld van de chemische werking van stroom.

In vaste stoffen zijn het de elektronen die voor de stroomgeleiding moeten zorgen. Bij metalen zitten de elektronen erg los aan de atomen. Daarom geleiden metalen goed. Zout water geleidt stroom ook goed. De ionen van het zout kunnen door het water bewegen.
Bij niet-metalen zitten de elektronen meestal erg vast gebonden aan de atomen. Daarom geleiden niet-metalen meestal slecht (isolatoren).
Elektronen in een geleider gaan stromen als ze een spanningsverschil ondervinden. Omdat elektronen negatief geladen zijn, stromen ze van lage naar hoge spanning.
We zeggen dan dat *de stroom* van de kant met hoge naar de kant met lage spanning gaat.



Enkele spanningsbronnen zijn: batterijen
dynamo's of generatoren
accu's
De spanning van het lichtnet komt van generatoren van de elektriciteitscentrale.

4.2 WEERSTANDEN

* 1 Beschrijf precies hoe de stroomkring van de fietsverlichting (voor- en achterlamp) in elkaar zit.
Wat kunnen oorzaken zijn als het achterlicht niet brandt?

2 Op een batterij van 4,5 V wordt een lampje met een weerstand van 200 Ω aangesloten.
Hoe groot is de stroom die dan door het lampje loopt?

3 Iemand wil de weerstand van een lampje weten. Hij meet de spanning over het lampje (6 V) en de stroom door het lampje (20 mA).
Hoe groot is de weerstand van dat lampje bij deze stroomsterkte?

4 Door een draad met een weerstand van 0,5 Ω loopt een stroom van 3 A.
Hoe groot is het spanningsverschil tussen begin en eind van de draad?

Een stroom loopt rond in een stroomkring, als de kring gesloten is *en* als er een spanningsbron is.
De grootte van de stroom hangt af van de weerstand in de kring en van de grootte van de spanning: hoe groter de (totale) weerstand in de kring, hoe kleiner de stroom; hoe groter de spanning, hoe groter de stroom.

$$V = I.R$$ (Wet van Ohm)

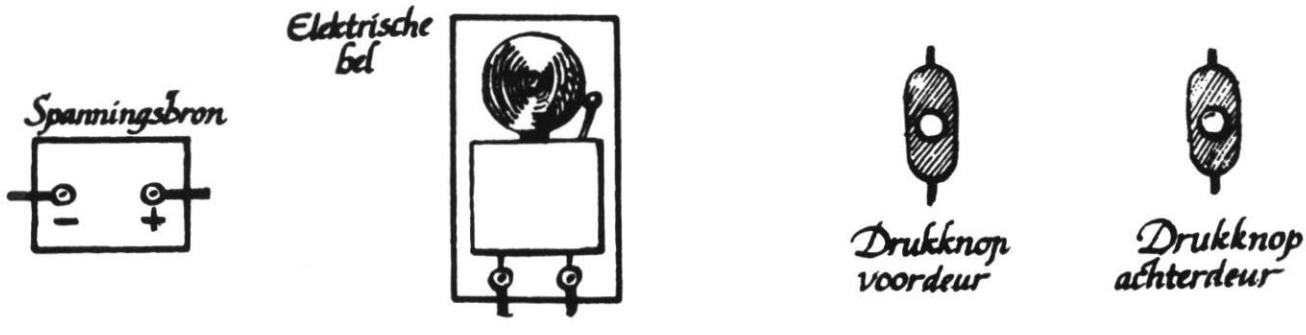
De grootte van de weerstand van een draad hangt af van de lengte van de draad, van het oppervlak van de doorsnede, van het soort materiaal en van de temperatuur.
Bijzondere weerstanden zijn: — een LDR: de weerstand wordt kleiner als er (meer) licht op valt
— een (kool)microfoon: de weerstand varieert onder invloed van geluidstrillingen

---

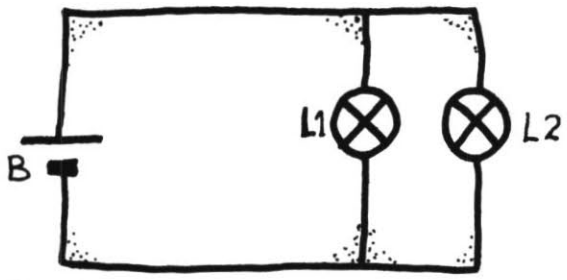
4.3 SCHAKELINGEN

1 Zijn straatlantaarns in serie of parallel geschakeld?
Waaraan kun je dat zien?
Dezelfde vragen voor:
— voor- en achterlicht van je fiets
— kerstboomlampjes

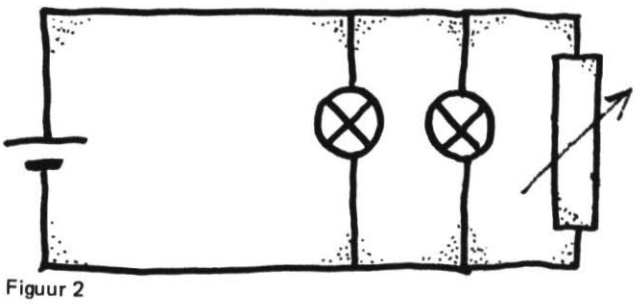
2 Een elektrische bel moet zodanig worden aangesloten dat er op twee plaatsen kan worden aangebeld, bijv. bij de voordeur en bij de achterdeur van een woning.
Teken in onderstaande figuur hoe de draden aangesloten moeten worden.



* 3 Iemand heeft de stroomkring van figuur 1 gemaakt. Deze schakeling laat 2 lampjes L1 en L2 op een batterij B branden. De persoon wil een schakeling ontwerpen waarmee het eerste lampje L1 normaal blijft gloeien en het lampje L2 gedimd kan worden. Deze schakeling is in figuur 2 getekend.
a Leg uit waarom dit een foutieve oplossing is.



Figuur 1


Figuur 2

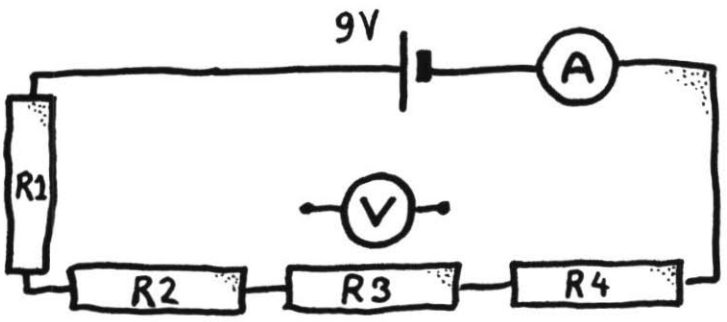
b Teken een betere schakeling.

In de goede schakeling is op een gegeven moment de stroom die door L1 heen gaat 0,4 A en de stroom die door L2 heen gaat 0,1 A.

c Hoe groot is de stroom die de batterij levert?

d Hoe verhouden zich de weerstanden van beide vertakkingen?

4 In een stroomkring (zie tekening) met een spanningsbron van 9 V loopt een stroom.

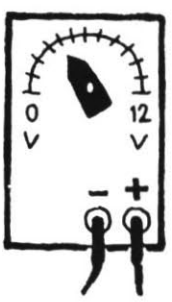


a Bereken de stroom die ampèremeter A aanwijst.

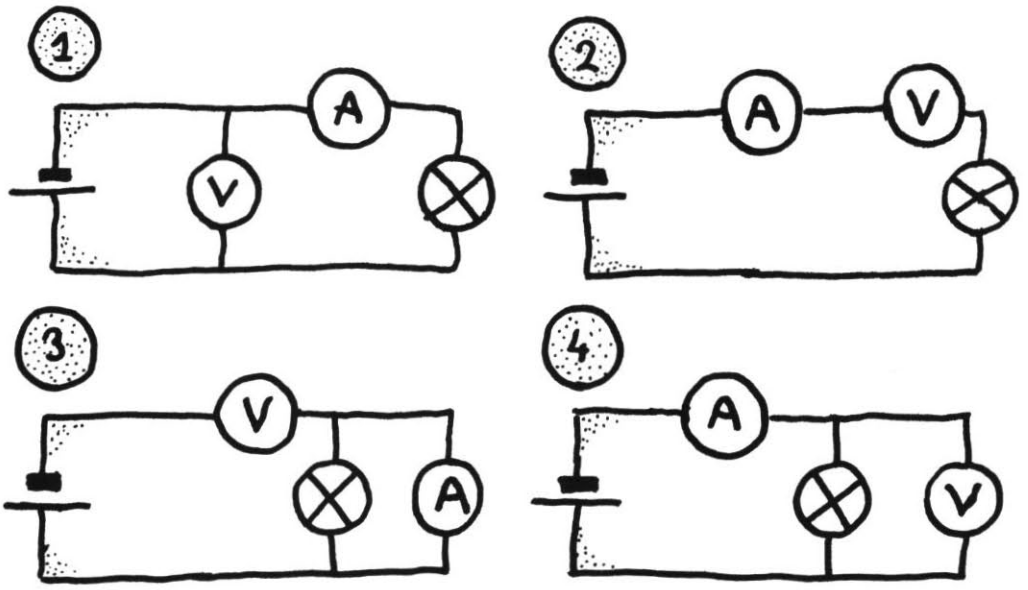
b Bereken de spanning die voltmeter V aanwijst, als hij geschakeld wordt over R_1, over R_2, over R_3 en over R_4.

c Hoe groot is de som van de spanningen over R_1 t/m R_4?

5 Hoe meet je de stroom die door het lampje loopt, als dat wordt aangesloten op het voedingskastje?
Teken de juiste verbindingsdraden.



6 Op een lampje staat vermeld: 12 V – 24 W.
Je wilt de weerstand van het lampje meten bij verschillende spanningen. Hierna volgen de vier schakelingen, waarvan je moet beoordelen of ze voor dat doel geschikt zijn.

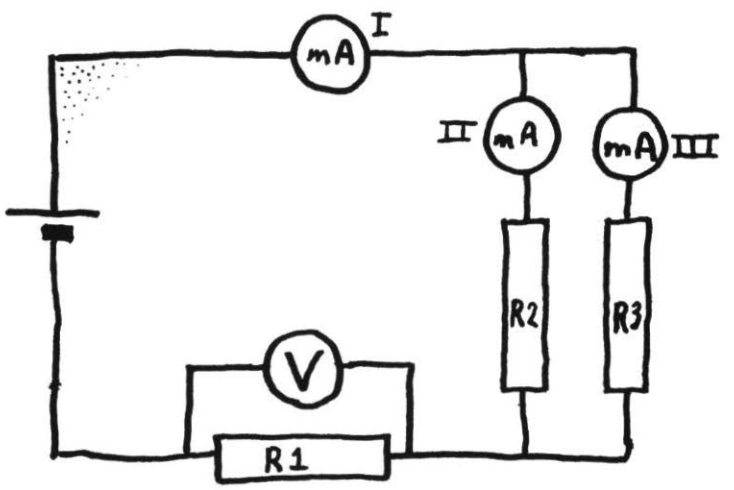


a Welke schakeling(en) is (zijn) geschikt?
Hier volgen de meetresultaten:

spanning (V)	*stroomsterkte (A)*
2	0,8
4	1,2
6	1,5
8	1,7
10	1,9
12	2,0

b Schets met behulp van deze gegevens de grafiek, die het verband weergeeft tussen de spanning en de *weerstand.*
(Die weerstand moet je dus eerst nog uitrekenen bij elke meting).
c Tot welke conclusie kom je op grond van deze grafiek?

7 In de volgende schakeling is op drie plaatsen de stroomsterkte gemeten.
Ampèremeter I geeft aan dat daat de stroomsterkte 12 mA is.



mA geeft 12 mA aan
R_1 = 6000 Ω
R_2 = 1 Ω
R_3 = 3 Ω

a Wat geeft ampèremeter II aan?
b Wat geeft ampèremeter III aan?
c Wat geeft de in de schakeling getekende voltmeter V aan?

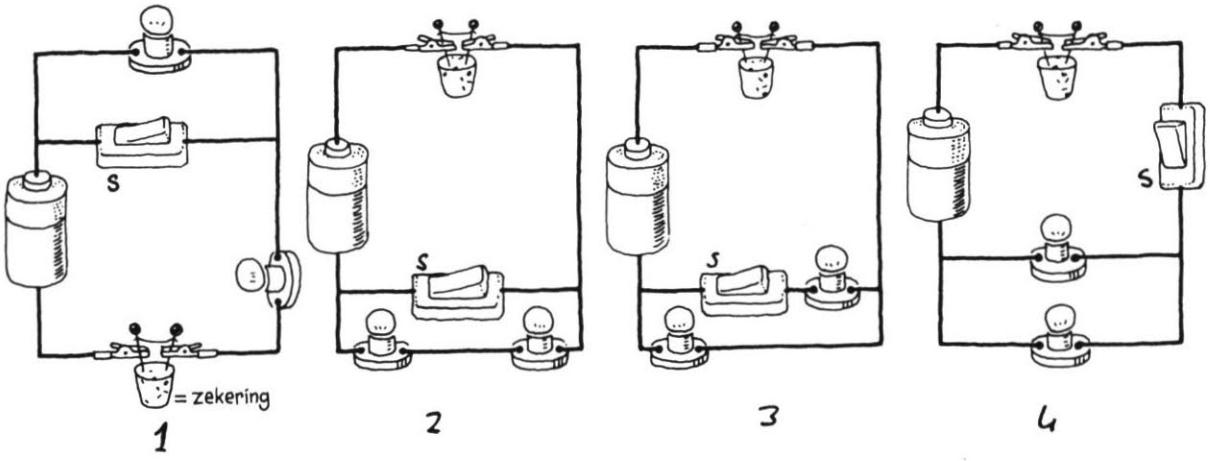
In een onvertakte schakeling (bijv. weerstanden in serie) is de stroom overal even groot. In een vertakte schakeling (parallel) moet je de stromen in alle vertakkingen optellen om de stroom in het onvertakte deel te krijgen. De totale weerstand wordt groter naarmate meer apparaten in serie worden geschakeld, de stroom neemt dus af. De totale weerstand wordt kleiner naarmate meer apparaten parallel worden geschakeld, de stroom in het onvertakte deel van de schakeling neemt dus toe.
Met een spanningsmeter (ampèremeter) meet je de stroom in een schakeling. Als je de spanning en de stroom hebt gemeten kan je met de wet van Ohm de weerstand uitrekenen.
De stroommeter wordt *in* de stroomkring geschakeld, de spanningsmeter wordt *naast* de stroomkring geschakeld.
Dat de wet van Ohm geldt voor berekeningen voor *elke* weerstand in een kring, geldt hij ook voor berekeningen in de hele kring. De wet van Ohm geldt voor berekeningen over elke weerstand in de stroomkring. Bovendien geldt hij ook voor berekeningen in de hele kring.

4.4 DE ENERGIE VAN EEN ELEKTRISCHE STROOM

1 Op een lampje staat: 6 V; 0,2 W. Wat is de stroom door dat lampje als het normaal brandt? Wat is dan de weerstand?

2 In vraag 1 staat '... als het normaal brandt.'
Waarom moet dat erbij staan?
Wat gebeurt er met de weerstand van het lampje als het lampje extra fel brandt?

3 Een leerling bouwde de vier schakelingen die hieronder staan.



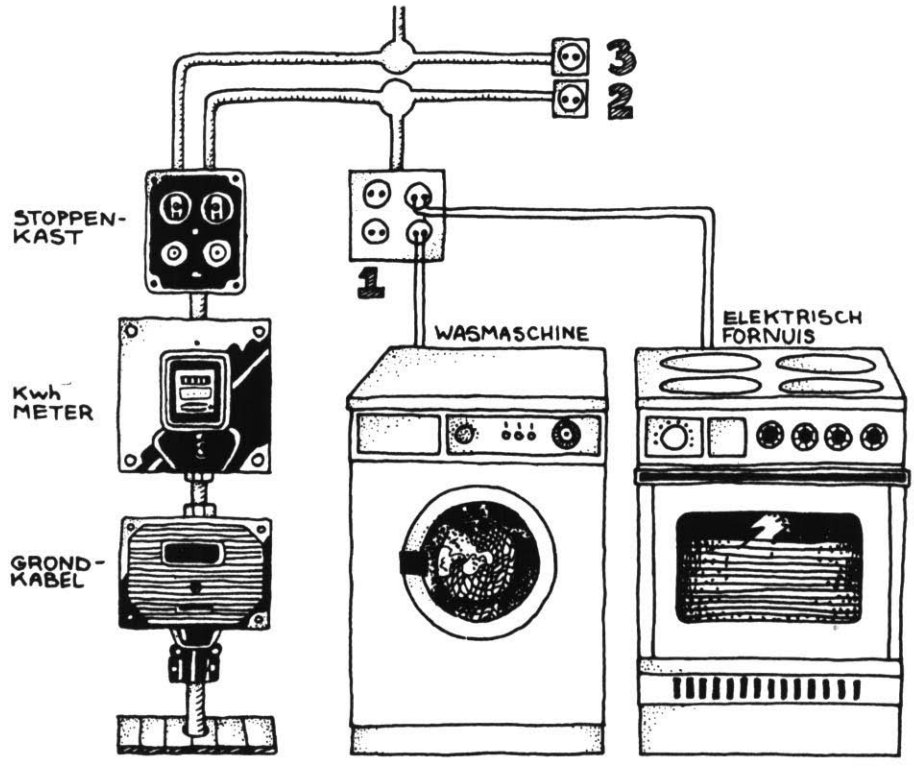
Toen hij de schakelaar S sloot, brandde in één van deze vier schakelingen de zekering door.
In welke schakeling?

* 4 Vertel wat er bij kortsluiting precies gebeurt. Gebruik hierbij het woord 'weerstand'.
Beschrijf hoe een 'stop' of smeltveiligheid in zo'n situatie beveiligend werkt.

5 In de tekening op de volgende bladzijde zijn op contactdoos 1 een wasmachine en een elektrisch fornuis aangesloten.
Als op deze contactdoos ook nog een droogtrommel wordt aangesloten, dan slaat de stop van 16 A door.

a Mag de droogtrommel op contactdoos 2 of 3 worden aangesloten?

Iemand wil dit probleem geheel anders oplossen: hij wil de stop van 16 A vervangen door een stop van 25 A.
b Leg uit waarom je dit een goede of juist geen goede oplossing vindt.

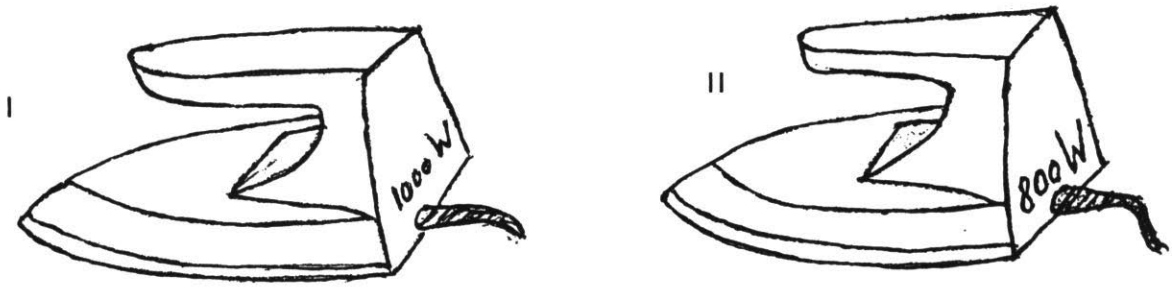


* 6 Je hebt enkele weerstandsdraden tot je beschikking, die alle van hetzelfde materiaal gemaakt zijn, maar verschillend van lengte en doorsnede. Je maakt van die draden gloeispiralen voor zelfgemaakte elektrische kachels en sluit ze aan op een spanning van 220 V. Wanneer je een draad neemt van 1 m lengte en 1 mm^2 doorsnede, is het vermogen van de spiraal 500 W.
Vul nu de volgende tabel in:

draadlengte	*doorsnede van de draad*	*berekend vermogen*
1 m	1 mm^2	500 W
2 m	1 mm^2	.....
1 m	2 mm^2	.....

(Pas op, het is ingewikkelder dan je misschien denkt.)

7 Strijkijzer I heeft een vermogen van 1000 W, strijkijzer II van 800 W.

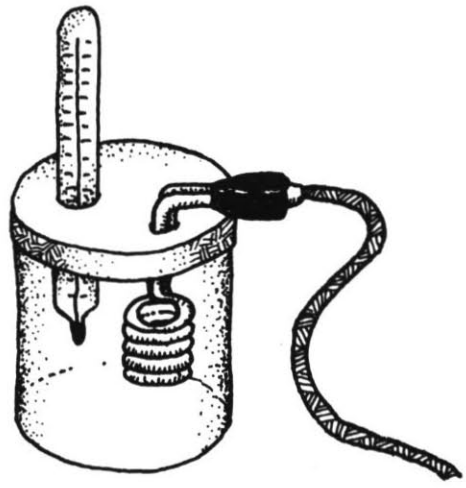


In beide strijkijzers zit een verwarmingsspiraal van wolfraam. De verwarmingsspiraal van strijkijzer I heeft een lengte van 1,00 meter en een doorsnede van 0,5 mm^2.
Kies uit de paren draden op de bladzijde hiernaast één, die in strijkijzer II had kunnen zitten. Geef argumenten voor je keuze.
Eén van beide antwoorden is goed, de ander fout.

	lengte (m)	*doorsnede (mm^2)*
A	0,8	0,5
B	1,25	0,5
C	1	0,625
D	1	0,4

8 Een fabrikant ontwerpt een elektrische ketel, waarin 600 gram water van 20 °C in 5 minuten aan de kook gebracht kan worden.
Hij schat, dat 50% van de elektrische energie door het water wordt opgenomen.
Bereken het vermogen van het verwarmingselement van de ketel dat op basis van deze schatting nodig is.
Zoek de soortelijke warmte van water op in een tabel.

* 9 Een groep leerlingen gaat het rendement bepalen van water verwarmen met een dompelaar.
Ze vinden een rendement van 85%.
Iemand merkt op: 'Dat kan niet goed zijn, want alle elektrische energie wordt omgezet in warmte; dus het rendement is 100%.'
Leg uit waarom deze opmerking niet juist is.



Als er een stroom door een weerstand gaat, komt er energie (bijv. warmte of licht) vrij in de weerstand.
De hoeveelheid energie die per seconde vrij komt noemen we het vermogen (*P*).
De eenheid van vermogen is de watt (W).
Het vermogen dat in een weerstand vrij komt, hangt af van de spanning V die over de weerstand staat en de stroom *I* die er doorheen gaat.

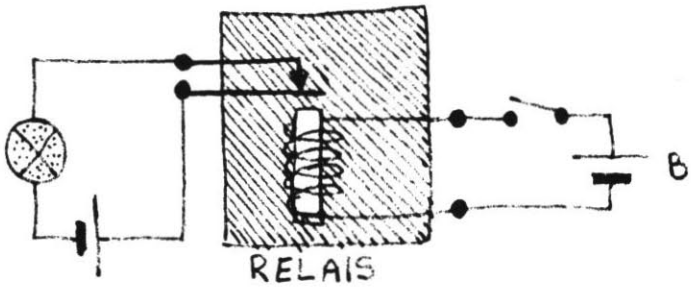
Als je een hele kleine weerstand schakelt tussen de polen van een spanningsbron (kortsluiting) wordt de stroom heel groot en dus de warmteontwikkeling in de weerstand heel groot. Er is dan gevaar van schade aan de spanningsbron of zelfs brand.
Een smeltveiligheid moet voorkomen dat in zo'n geval de stroom blijft lopen.

4.5 MAGNETEN

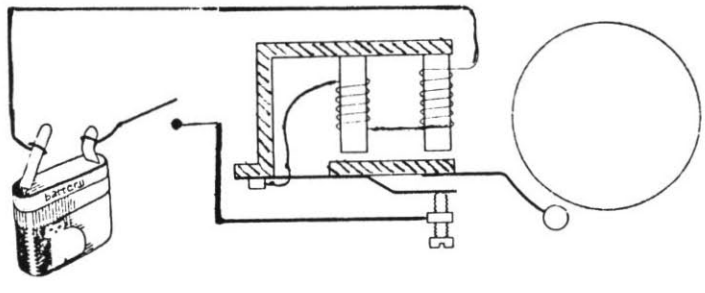
1 Hoe kun je van een stukje gewoon ijzer (bijv. een spijker) een stuk magnetisch ijzer maken?

2 Noem drie manieren om het magnetisch veld in de getekende spoel te vergroten.

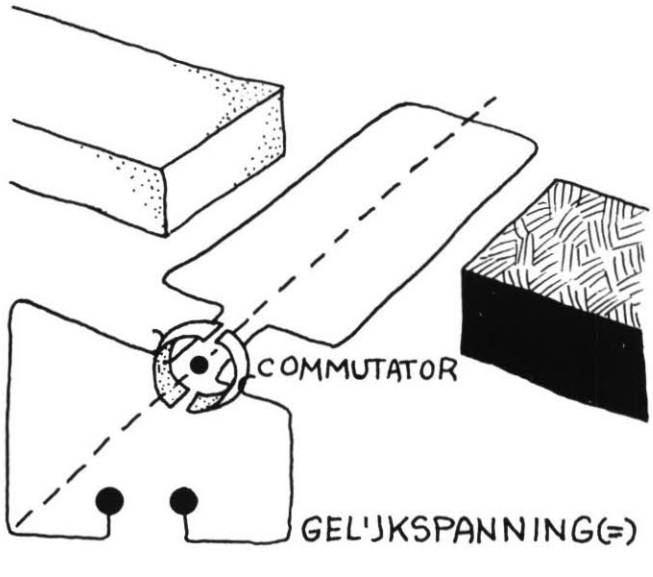
* 3 Het getekende relais heeft een 'breekcontact.'
Wat zou er gebeuren als we de batterij B vervangen door een wisselspanningsbron?
Peter zegt: 'Het contact gaat trillen.'
Gerard zegt: 'Het relais blijft gewoon werken.'
Wie heeft gelijk en waarom?



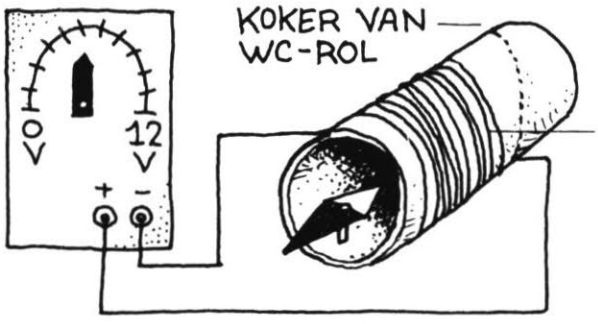
4 Leg de werking van deze elektrische bel uit.

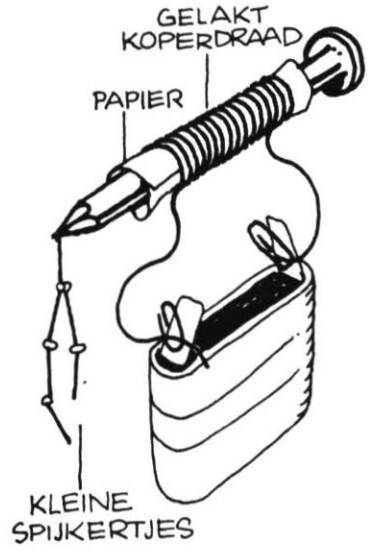


* 5 Je ziet hier een tekening uit *Geluid weergeven*.
Met deze tekening is uitgelegd hoe de elektromotor werkt. Is het belangrijk op welke plaats precies de onderbrekingen in de commutator zitten?
Wat gebeurt er als je de onderbrekingen op een andere plaats zou maken, bijv.
niet maar zo:



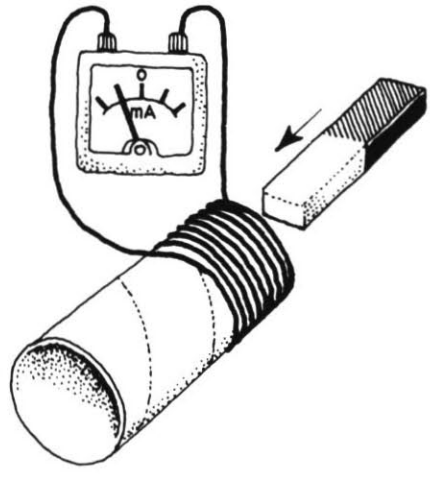
De aarde kan je zien als een magneet. De noordpool van een kompas wijst (ongeveer) naar het Noorden. Een stukje ijzer kan je magnetisch maken door er een magneet bij te houden. Als je er met een magneet steeds langs strijkt blijft het ijzer magnetisch.
Een spoel waardoor stroom loopt is een (elektro)magneet. Je kunt het magnetisch veld versterken door de stroom te vergroten, meer windingen op dezelfde lengte te nemen, de spoel te voorzien van een ijzeren kern.





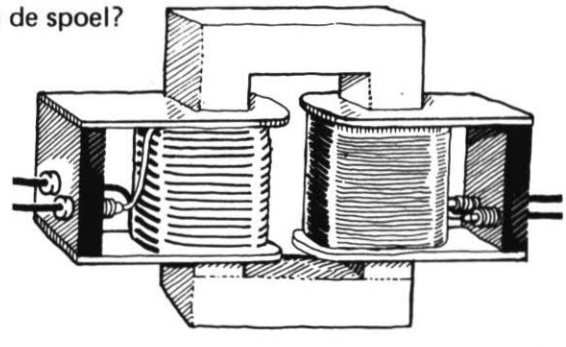
4.6 ELEKTROMAGNETISCHE INDUCTIE

1 Een spoel wordt aangesloten op een gevoelige stroommeter. Als de magneet *in* de spoel wordt gebracht, slaat de wijzer van de stroommeter naar links uit (zie de tekening).



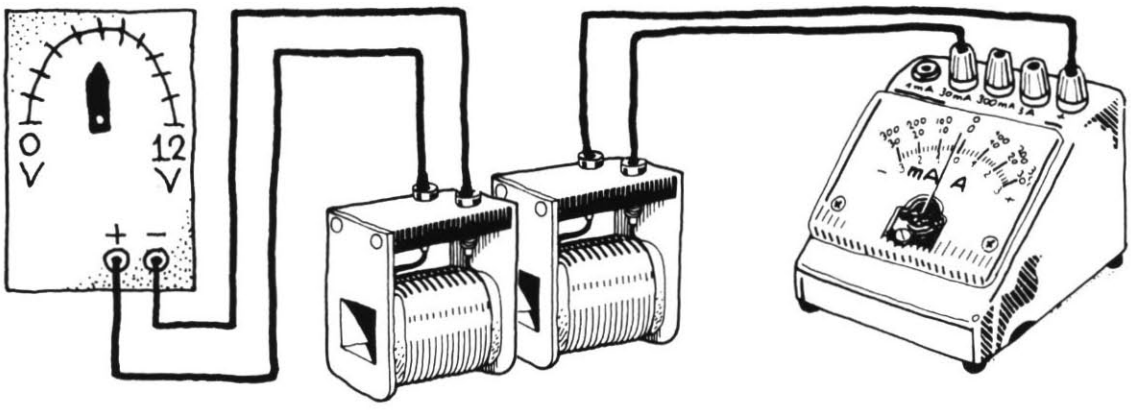
a Beschrijf *twee* manieren, hoe je ervoor kunt zorgen, dat de wijzer van de stroommeter *verder* uitslaat.
b Wat gebeurt er als de magneet *stil* wordt gehouden in de spoel?

2 Leg het principe van een transformator uit.



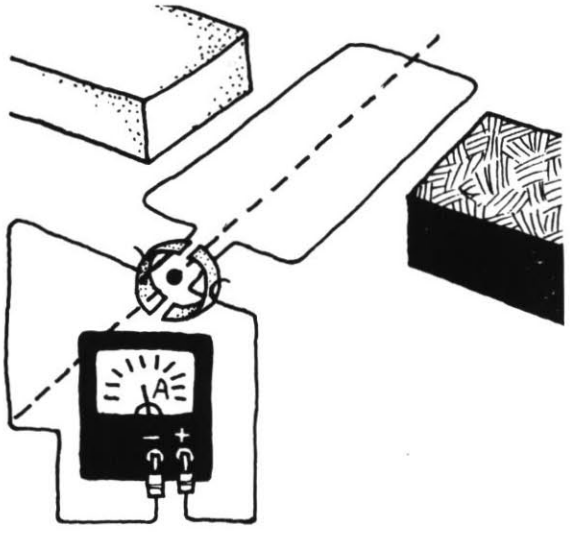
* 3 Tom bouwt een autootje:
  – de wielen worden aangedreven door een elektromotor
  – de wielen drijven een dynamo aan
  – die dynamo levert stroom aan een accu
  – die accu levert de elektrische stroom voor de elektromotor
  En nu zegt Tom: 'Die auto zal altijd doorrijden en ik heb geen benzine nodig.'
  Leg uit waarom de auto van Tom niet altijd zal blijven rijden.

* 4 Maak de volgende schakeling. Je krijgt er 2 stukken ijzer bij. Die passen precies in de spoelen.

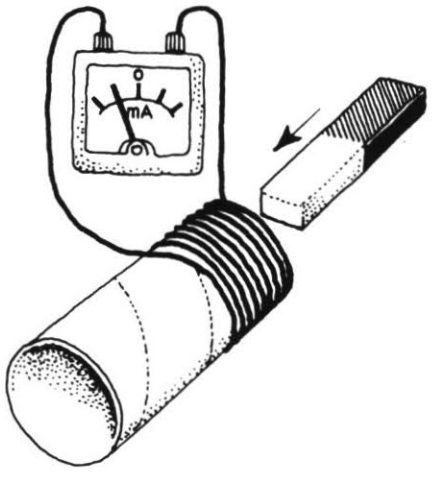


  a De stromingsbron staat aan. Slaat de milliampère uit?
  b Bedenk nu drie verschillende manieren om er voor te zorgen dat de wijzer van de milliampèremeter heen en weer gaat bewegen.

5 Hiernaast staat een gelijkstroomdynamo getekend. Leg uit waarom de stroom door de ampèremeter steeds dezelfde kant op stroomt als de dynamo wordt rondgedraaid.



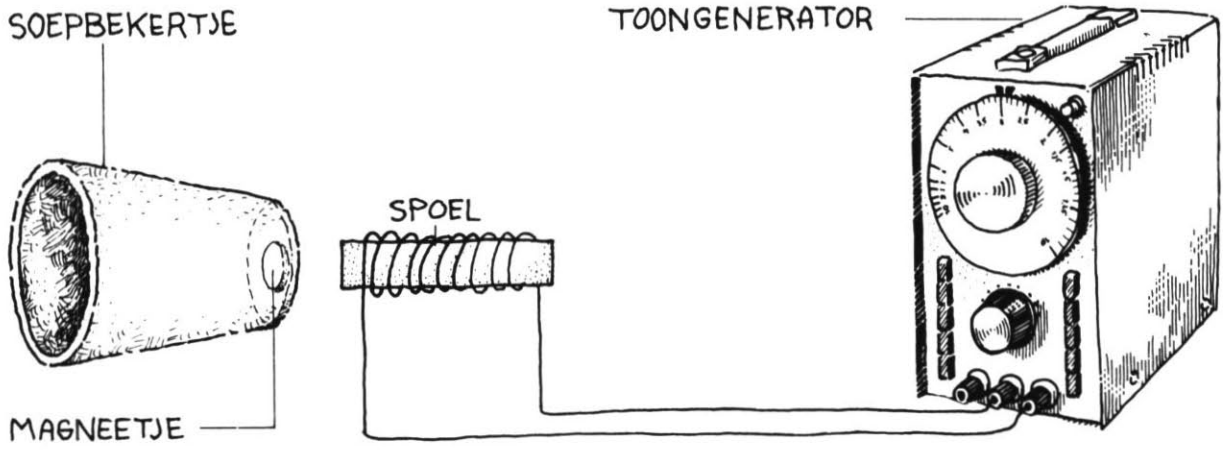
Door het magneetveld in een spoel te variëren kan in de spoel een elektrische spanning worden opgewekt. Indien er een gesloten stroomkring is, zal er een stroom gaan lopen: een inductiestroom. Dit verschijnsel wordt *elektromagnetische inductie* genoemd. De inductiespanning hangt af van de snelheid waarmee het magneetveld verandert, van het aantal windingen in de spoel, en van het aanwezig zijn van een kern in de spoel.



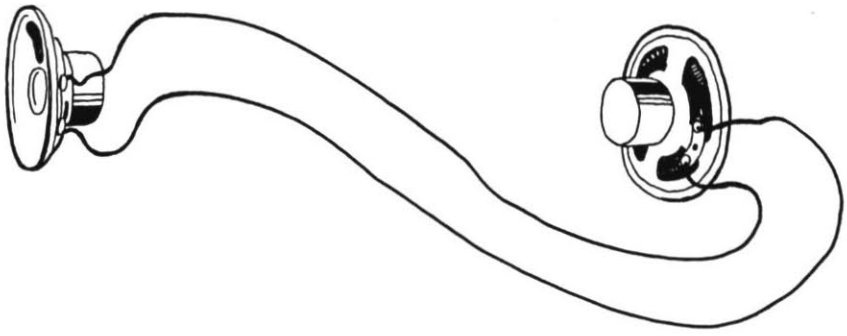
Met behulp van bovenstaande wetenschap kan het principe van de werking van o.a. een transformator, een luidspreker en microfoon begrepen worden.
Met behulp van de elektromagnetische inductie wordt elektriciteit opgewekt in een dynamo of generator.

4.7 MICROFOONS EN LUIDSPREKERS

1 Je ziet hier een tekening uit *Geluid weergeven*. Beschrijf wat er precies gebeurt als je de toongenerator aanzet.



2 a Neem twee luidsprekertjes van elk 0,2 watt. Verbind ze met elkaar, door middel van een verlengsnoer. Ga elk in een ander vertrek zitten en voer een gesprek.
b Leg uit hoe het mogelijk is geluid op deze manier op te vangen en weer te geven. Waarom is er geen batterij nodig?

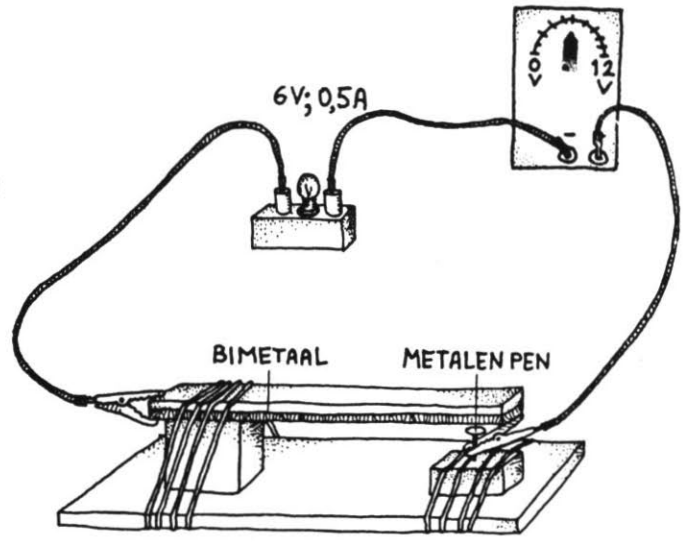


* 3 Hoe komt het dat iemands stem door de telefoon anders klinkt? Waarom is dat bij telefoneren niet zo'n bezwaar maar bijv. bij het weergeven van geluid bij grammofoonplaten wél?

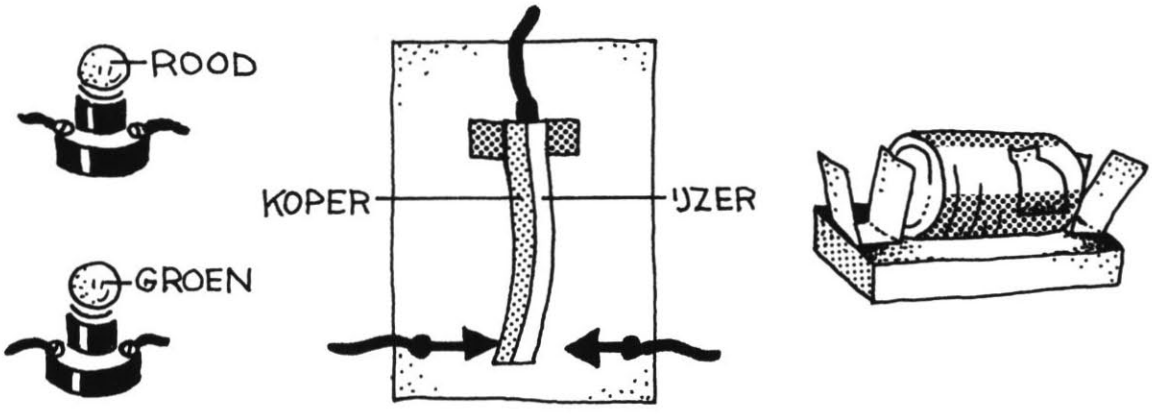
Door geluid wordt in een (elektromagnetische) microfoon een magneetje boven de kern van een spoel in trilling gebracht. In de spoel gaat daardoor een inductiestroom lopen. Door dit stroompje te versterken en toe te voeren aan een luidspreker wordt het geluid weer hoorbaar gemaakt.
Een koolmicrofoon werkt via de verandering van de weerstand van een koolstaafje die door geluid mee gaat trillen. Daardoor gaat de stroom door de microfoon variëren, wat we weer met een luidspreker hoorbaar kunnen maken.
Als je een variërende stroom aan een luidspreker toevoert, wordt een spoeltje in de luidspreker meer of minder magnetisch.
Daardoor wordt de luidspreker in trilling gebracht en zendt hij geluid uit.
Een microfoon en een luidspreker hebben een bepaalde frequentie karakteristiek. Dit betekent dat sommige frequenties beter worden doorgegeven dan anderen.

4.8 REGELSCHAKELINGEN

* 1 In het getekende knipperlicht is een bimetaal van ijzer en koper opgenomen. Het moet sneller knipperen. Je kunt dat bereiken door een ander bimetaal te gebruiken. Kies zelf, met de gegevens uit je tabellenboekje, twee materialen voor dit nieuwe bimetaal.
Teken hoe je dit bimetaal in de schakeling plaatst.

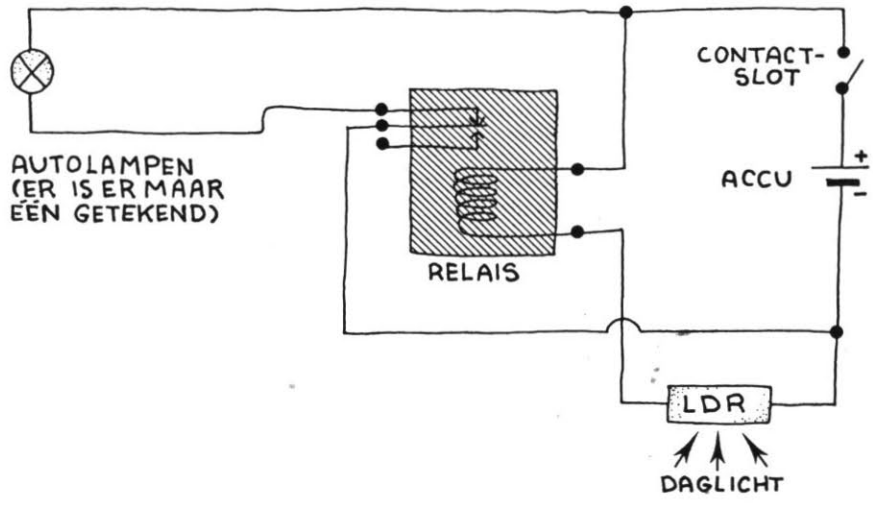


* 2 Je ziet hier een rood lampje, een groen lampje, een batterij en een bimetaal.



Het bimetaal wordt in een ruimte geplaatst, waarbinnen de temperatuur constant moet blijven (bijv. een couveuse).
Ontwerp een schakeling zó, dat het rode lampje brandt als de temperatuur te hoog is en het groene lampje als de temperatuur te laag is.
Teken de nodige verbindingsdraden in bovenstaande tekening (gegeven is nog: een koperen staaf zet 1,5 x zoveel uit als een even lange ijzeren staaf bij dezelfde temperatuurstijging).

3 De getekende schakeling dient ervoor om de autolichten automatisch aan te doen, als het buiten donker wordt.



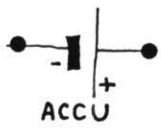
De schakeling heeft echter één bezwaar: als de auto geparkeerd staat en het wordt donker, gaan de lampen óók branden.

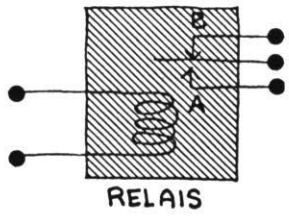
a Hoe zou jij de schakeling veranderen, zodat de lichten, ook als het donker is, op een parkeerplaats uitgeschakeld kunnen blijven.
Teken de schakeling die jij bedacht hebt.

Nu heeft de automobilist nog een wens: een schakelaar waarmee de autolichten ontstoken kunnen worden als het toch nog licht is buiten (vooral belangrijk bij mist en om signalen te geven).

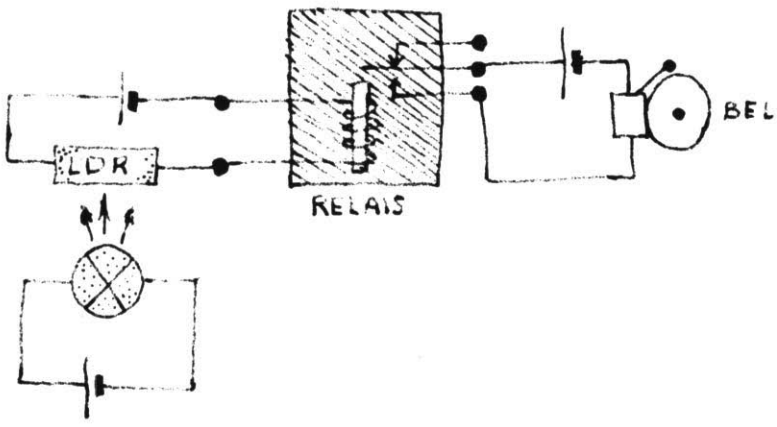
b Neem de schakeling van vraag 5 over en vul hem zo aan, dat je met een extra schakelaar de autolichten aan kunt doen terwijl het nog licht is.

4 Teken een schakeling, waardoor een waarschuwingslampje gaat branden als iemand in de auto zijn veiligheidsriem niet om heeft.
Gebruik de volgende onderdelen:



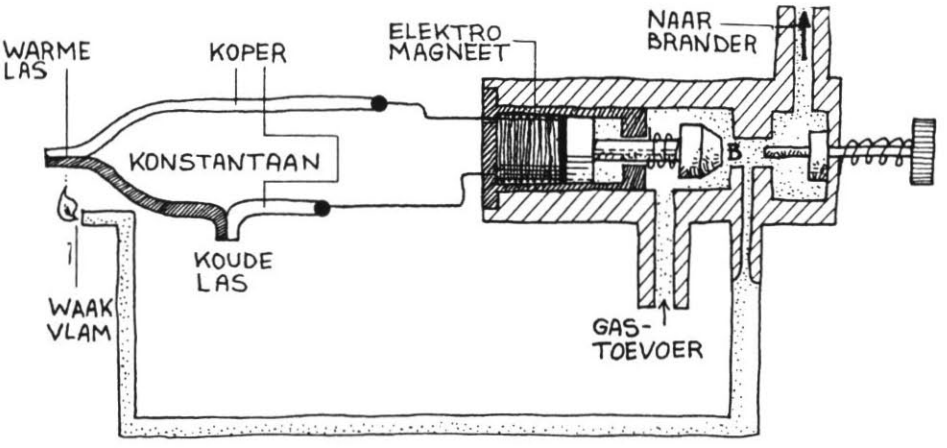


5 Je ziet hier de schakeling van een inbraakalarm.



Als je het huis binnenkomt, wordt de lichtstraal onderbroken en gaat de bel rinkelen.
Deze schakeling heeft één nadeel: als een inbreker snel door de lichtstraal loopt, rinkelt de bel maar heel kort; niemand wordt wakker.
Teken nu hieronder een betere schakeling: de bel moet blijven rinkelen, nadat de lichtstraal even onderbroken is geweest.

6 Hier staat het systeem getekend van een waakvlambeveiliging in een geiser.



a Leg uit hoe de waakvlam ervoor zorgt dat de gasklep open blijft.

Als de waakvlam uitgaat, moet binnen 60 seconden de hoofdgasklep worden gesloten.

b Leg uit waarom het nog wel even duurt voordat de gasklep dichtgaat.

In de techniek worden veel regelschakelingen gebruikt, bijv. in waarschuwingssystemen (controleschakelingen, brandmelders e.d.).
Daarbij kan gebruik gemaakt worden van:
- thermokoppels (bijv. geiser)
- bimetalen (bijv. thermostaten)
- LDR (bijv. openen liftdeur)
- regelbare weerstanden (veranderen van gevoeligheden)

Meestal is een relais nodig om de eigenlijke schakeling te maken.

---

5 geluid

5.1 GELUID ALS TRILLING

1 Geluid plant zich voort door een stof.
Met welke proef kun je aantonen dat geluid zich *niet* voortplant door vacuüm (een luchtledige ruimte)?

2 Kan geluid zich door water voortplanten?
Met welke proef kun je dat uitzoeken?

3 Herinner je je een eenvoudige proef om de geluidssnelheid door lucht te bepalen? Hoe ging die proef?

4 Met een oscilloscoop kun je plaatjes maken van het geluid dat een microfoon opvangt.
Teken bij de volgende geluiden een bijbehorend oscilloscoopplaatje (je hebt steeds dezelfde stand van de scoop) (in de aanduidingen hieronder worden 'gewone' woorden en natuurkunde-woorden door elkaar gebruikt):
- een zacht geluid
- een heel hard geluid
- een geluid met hoge toon
- een geluid met kleine amplitude
- een geluid met lage frequentie
- een geluid met grote geluidsterkte
- een geluid met lage toon

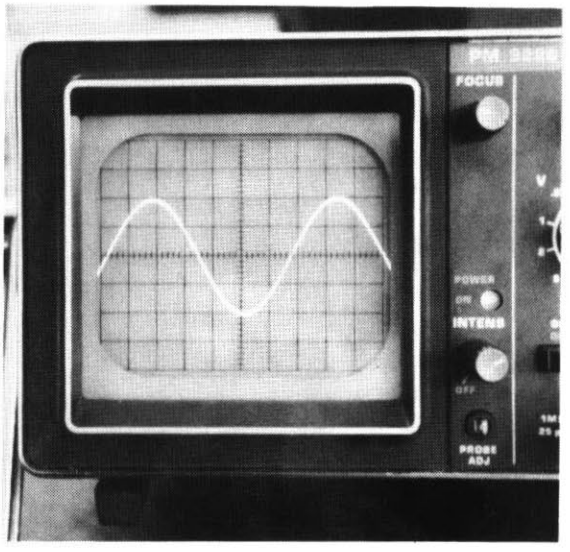
* 5 Veel muziekinstrumenten brengen hun verschillende tonen voort doordat een trillende snaar of trillende luchtkolom van lengte verandert.
Beschrijf hoe je bij de volgende muziekinstrumenten een *hoge toon* en een *lage toon* kunt krijgen:
- blokfluit
- gitaar
- harp
- trombone
- kerkorgel

6 Welke frequenties van het geluid kan een mens wél en welke kan hij niet horen?

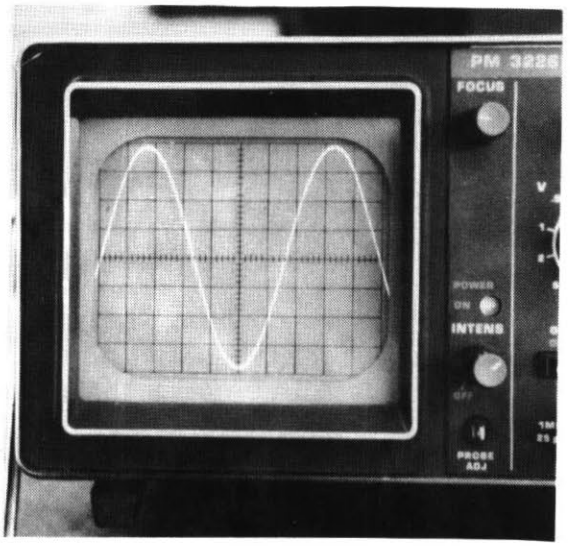
a	1 Hz
b	10 Hz
c	100 Hz
d	1 000 Hz
e	10 000 Hz
f	100 000 Hz

7 Als een toon van een gitaar te hoog is en je wilt hem lager stemmen, moet je dan de snaren strakker of losser spannen?

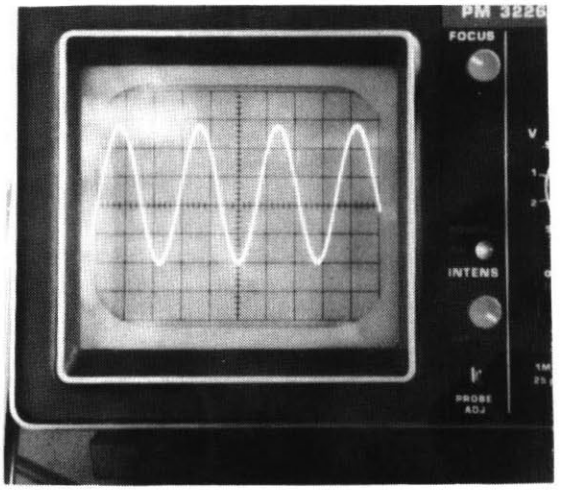
Als de lucht bijv. door een snaar of een luidspreker in trilling wordt gebracht, horen we dat als geluid. Het geluid plant zich met ongeveer 340 m/s door de lucht voort. In vaste stoffen en vloeistoffen is de geluidssnelheid veel groter (bijv. water: 1500 m/s).
Met een microfoon kan je geluidstrillingen omzetten in elektrische trillingen die je zichtbaar kan maken op een oscilloscoop.



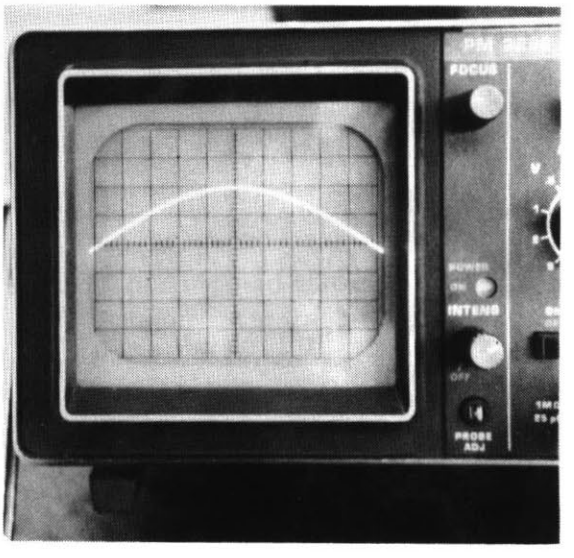
geluid van een
bepaalde toon



hard geluid met
dezelfde toon



hogere toon
even hard



en deze toon?

Door de lengte van een snaar (bijv. bij de gitaar) of van de luchtkolom (bijv. bij een blokfluit) in te korten, krijg je een hoger geluid.

5.2 GELUIDSHINDER

1 Welke grootheid uit de natuurkunde meet je met een dB-meter?

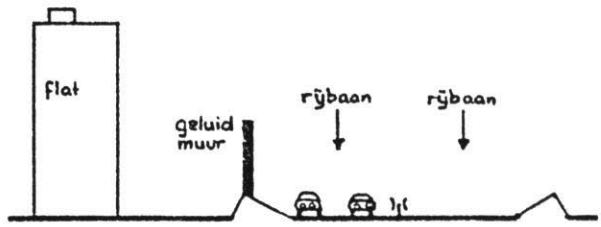
2 Een dB-meter heeft een bijzondere schaal. Als de geluidssterkte van 1 auto 60 dB is, dan is de geluidssterkte van 2 auto's NIET 120 dB!
Zoek uit hoe het wel zit.

3 Wat is het verschil tussen een dB-meter en een dB(A)-meter?

* 4 In een bepaalde straat hebben de bewoners veel last van geluidshinder door het verkeer. Bedenk zo veel mogelijk (eenvoudige, ingewikkelde, goedkope, dure) manieren om hier iets tegen te doen.

5 De geluidssterkte in een discotheek is meestal ongeveer:
a 60 dB
b 100 dB
c 150 dB
d 15 000 dB

6 In de tekening zie je het ontwerp voor een geluidmuur langs een verkeersweg.
a Leg uit welke fout de ontwerpers gemaakt hebben.
b Er zijn twee oplossingen mogelijk om de gemaakte fout te herstellen. Noem ze allebei en geef ze weer in een tekening.



Enkele jaren later besluit de gemeenteraad dat er aan de andere kant van de weg ook flats gebouwd moeten worden. Deze flats worden heel slim ontworpen. Ze krijgen aan de kant van de verkeersweg een hele dikke muur zonder ramen, zodat de flats aan de kant van de verkeersweg heel goed tegen geluid geïsoleerd zijn.
c Welk gevolg heeft de bouw van deze nieuwe flat voor de bewoners van de oude flat wat betreft de geluidsoverlast?
d Welke extra voorziening zou er nog op de dikke buitenmuur van de nieuw te bouwen flat aangebracht moeten worden om de geluidsoverlast voor de bewoners van de oude flat weer te beperken?

Geluidssterkte meet je met een decibelmeter. De dB-schaal is een bijzondere schaal. Als één auto 60 dB geluid produceert, maken 2 auto's 63 dB geluid.
Omdat je gehoor niet voor alle frequenties even gevoelig is, heeft men op de dB-meter een dB(A)-schaal gemaakt. Deze schaal is afgestemd op de gevoeligheid van het oor.
Als de geluidssterkte storend of zelfs pijnlijk en schadelijk voor het gehoor is spreken we van geluidshinder.
Geluidshinder (bijv. van het verkeer) kan op verschillende manieren bestreden worden.
– geluidsisolatie aan de bron (bijv. auto's en brommers)
– geluidsisolatie bij de ontvanger van het geluid (oorkleppen, geluidsisolatie van huizen)
– geluidwerende schermen, beplanting e.d.

---

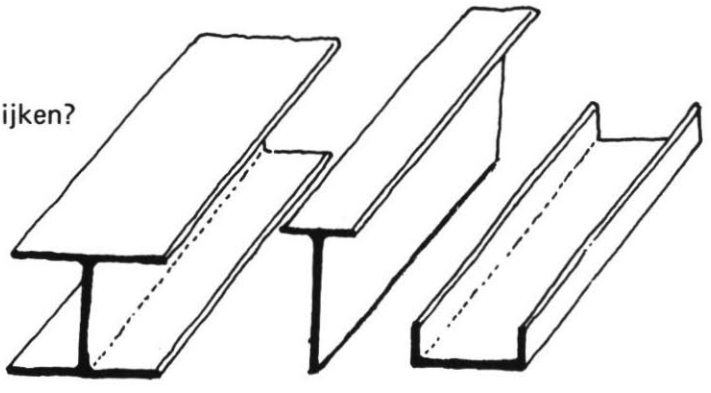
6 krachten

6.1 VERVORMING DOOR EEN BELASTING

* 1 Probeer erachter te komen (bijv. door in een woordenboek te kijken) wat de volgende woorden betekenen:
- plastische vervorming
- elastische vervorming
- plastische bewerkingen
- verspanende bewerkingen

Bedenk bij alle vier een voorbeeld.

2 Wat is een veerbalans (of: dynamometer):
- waarvoor dient hij?
- uit welke onderdelen is hij gemaakt?
- hoe kun je een (zelfgemaakte) veerbalans ijken?

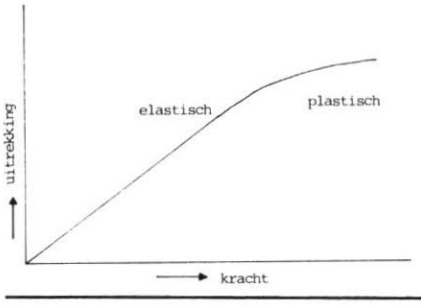


* 3 Leg uit waarom in constructies bijna altijd balken met een bepaald *profiel* (bijvoorbeeld: U- of T- of H-profiel) worden gebruikt?

4 Een groep leerlingen heeft zelf een brug gebouwd van ijzeren staafjes. Om te kijken hoe sterk die brug is, gaan ze er gewichten op zetten. Ze meten de doorbuiging met een doorbuigingsmeter.
a Leg uit hoe je een eenvoudige doorbuigingsmeter kunt maken.
b Hoe kan je met een doorbuigingsmeter erachter komen of een brug bij belasting plastisch of elastisch vervormd is?
c De groep wil de brug niet te veel belasten waardoor hij verder onbruikbaar zou worden. Wanneer moeten ze ophouden met belasten:
1 als de brug elastisch gaat vervormen?
2 als de brug plastisch gaat vervormen?
3 als de brug dreigt te breken?

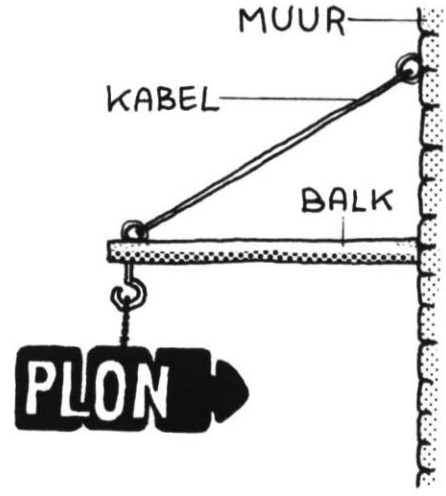
Krachten kunnen vervorming veroorzaken:
- elastische vervorming van een lichaam: als de kracht ophoudt met werken krijgt het lichaam zijn oude vorm terug (bijv. schroef- of bladveren)
- niet-elastische of plastische vervorming: het lichaam blijft vervormd als de kracht ophoudt

In een grafiek kan je de kracht en de uitrekking die daarvan het gevolg is, uitzetten:



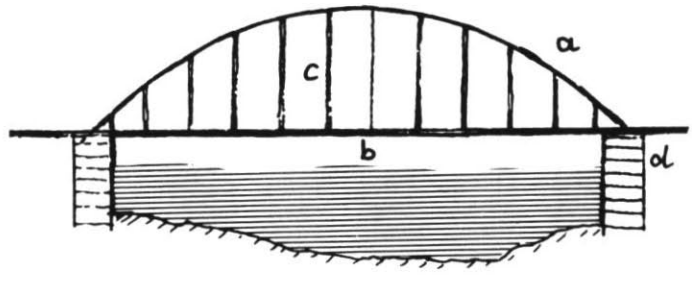
6.2 TREK- EN DUWSPANNINGEN

1 Geef in de tekening van dit uithangbord aan, waar trekspanningen en waar duwspanningen optreden:

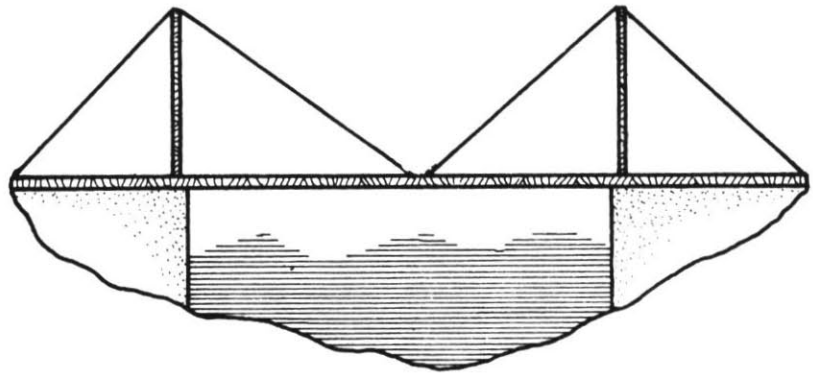


Om nu je antwoord te controleren moet je zelf maar eens voor muur en staaf spelen:
Dan voel je wel:
– wat in het touw werkt: trek- of duwspanning
– wat in de staaf werkt: trek- of duwspanning

2 Welke onderdelen van de brug die hieronder getekend staan, zouden wél en welke delen zouden niet van beton gemaakt kunnen worden?
a de boog; b het wegdek; c de verbindingen boog-wegdek; d de pijlers



3 Je ziet hier een tuibrug getekend.
a Geef aan welke onderdelen van de tuibrug op duw en welke op trek belast zijn.



De pylonen van een tuibrug zijn vaak van voorgespannen beton.

b Wat is voorgespannen beton?

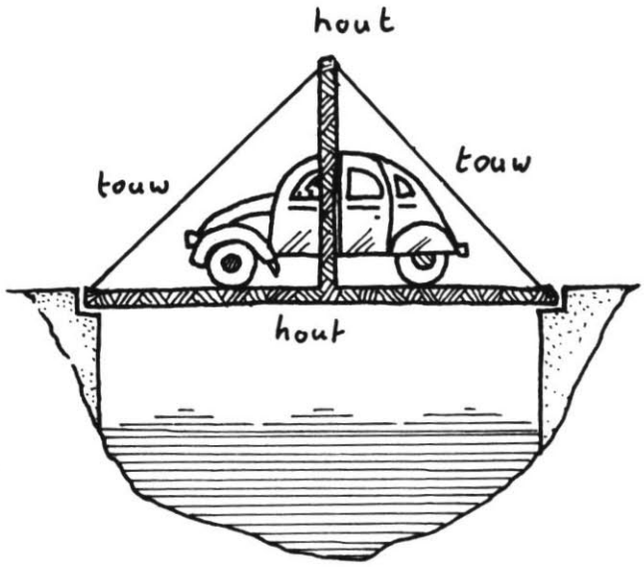
c Om welke reden past men voorgespannen beton in veel bruggen toe?

d Waarom gebruikt men voorgespannen beton voor de pylonen?
Stel je voor het beantwoorden van deze vraag voor dat er een hele zware vrachtauto midden op de tuibrug staat, waardoor de tuibrug flink doorbuigt, en ga na wat er met de pylonen gebeurt.

4 Iemand maakt een model van een brug van hout en touw.
Je ziet dat model hiernaast getekend.

a Wat is er fout aan het model?

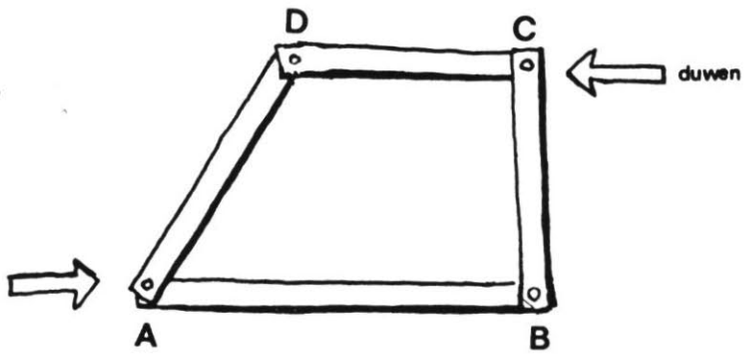
b Wat zou jij anders doen? (alleen hout en touw gebruiken!)



5 Tegen het raamwerk, dat hier getekend is, wordt geduwd waar de pijlen staan.

a Teken hoe het raamwerk zal vervormen.
Je kunt het raamwerk verstevigen met een touw.

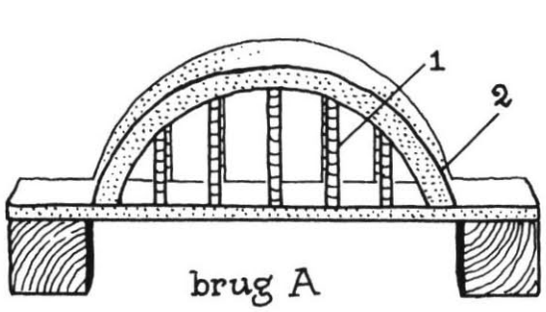
b Tussen welke punten zou jij het touw spannen?

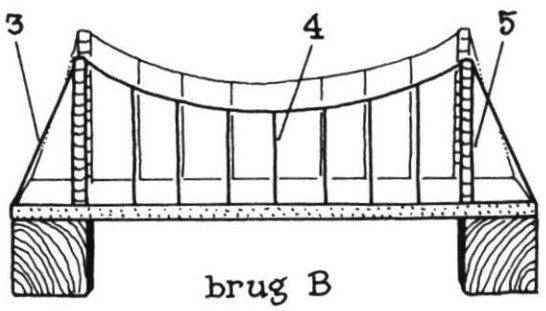


6 In een klas hebben twee groepen leerlingen een zo sterk mogelijke brug gebouwd van:

houten blokjes
ijslolliestokjes
karton
touw

Tekeningen van hun bruggen zie je hieronder.

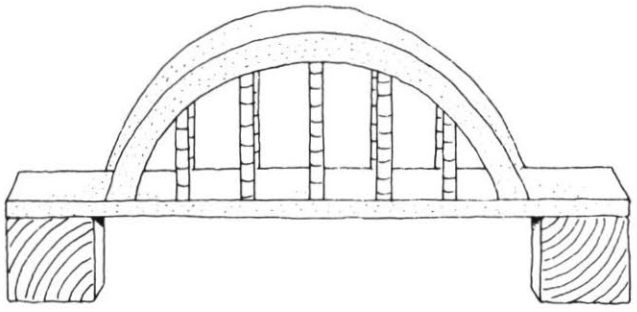




a Op beide bruggen leggen ze een zware steen.
Leg uit of bij de genummerde plaatsen in de bruggen duw- of trekspanningen werken.

Brug B is sterker dan brug A.

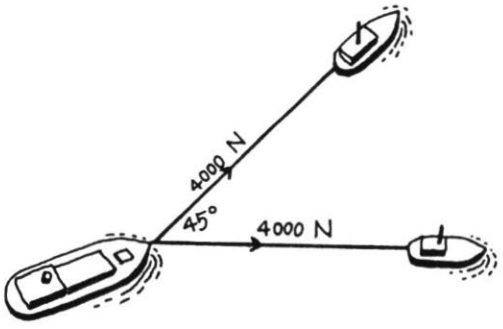
b Geef in de tekening hieronder twee manieren aan, hoe de ene groep brug A sterker had kunnen maken. Ze moeten daarbij wel van hetzelfde soort materiaal gebruik maken.



In bruggen worden de materialen waarvan de brug gemaakt is, belast met trek- of duwspanningen. De constructie van de brug hangt af van het gebruik van de materialen. Sommige materialen kunnen goed tegen duw en slecht tegen trek (bijv. beton). IJzer kan goed tegen beide.

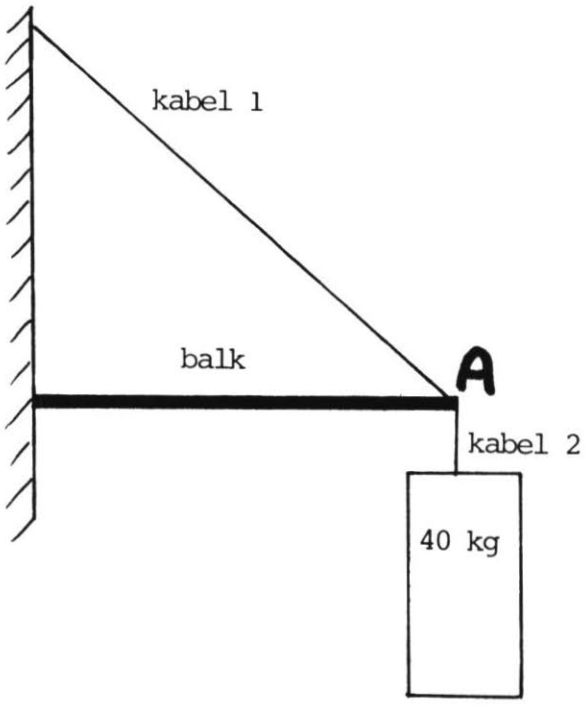
6.3 OPTELLEN EN ONTBINDEN VAN KRACHTEN

1 Een schip wordt getrokken door twee sleepboten elk met een trekkracht van 4000 N. De krachten werken onder een hoek van 45°.

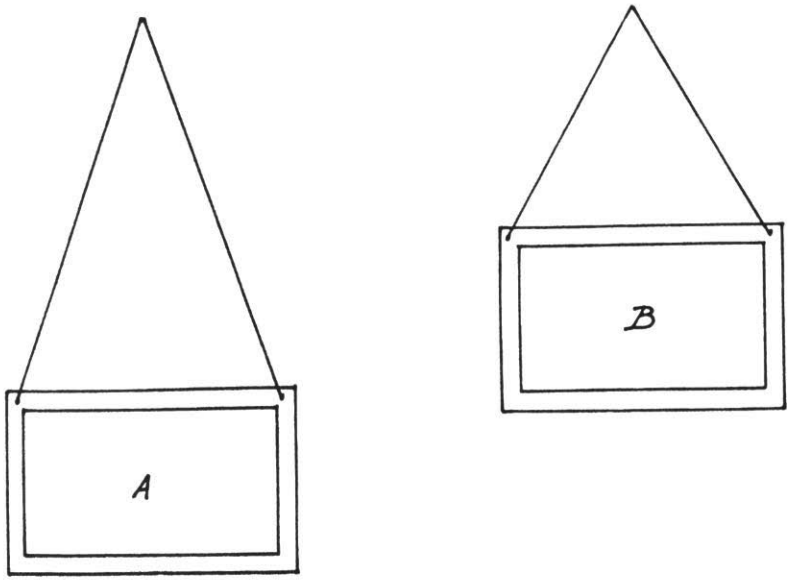


Hoe groot is bij benadering de kracht waarmee het schip wordt voortgetrokken?
A 2000 N
B 4000 N
C 7000 N
D 8000 N
E 9000 N

2 Aan een stellage hangt een gewicht van 400 N.
a Wat wordt in de constructie op trek en wat wordt op duw belast? In welke richting wordt getrokken, resp. geduwd door de onderdelen van de constructie?
b Welke tegenkracht moet de constructie in punt A leveren zodat het gewicht blijft hangen?
c Construeer de kracht(en) die in punt A werken. Neem voor 100 N 1 cm. Hoe groot zijn de trek- en duwkracht(en) in de balk en in de kabel?



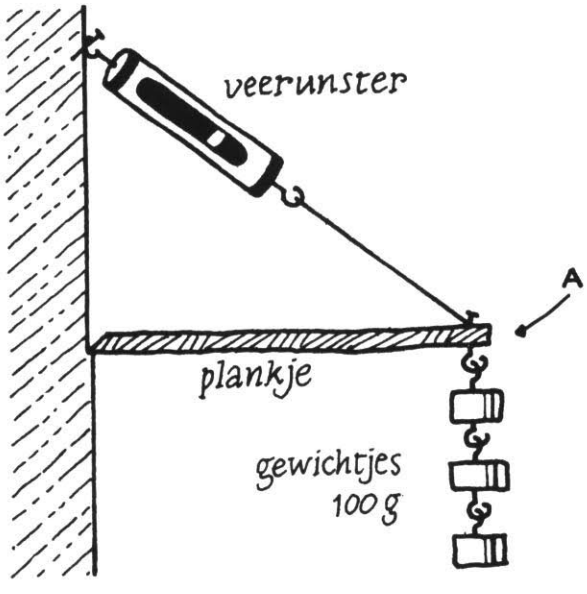
3 Een schilderij met een gewicht van 50 N heeft aan de achterzijde twee schroefogen, waaraan een kort of een lang touw bevestigd kan worden om het op te hangen, zoals op de tekeningen A en B is weergegeven.

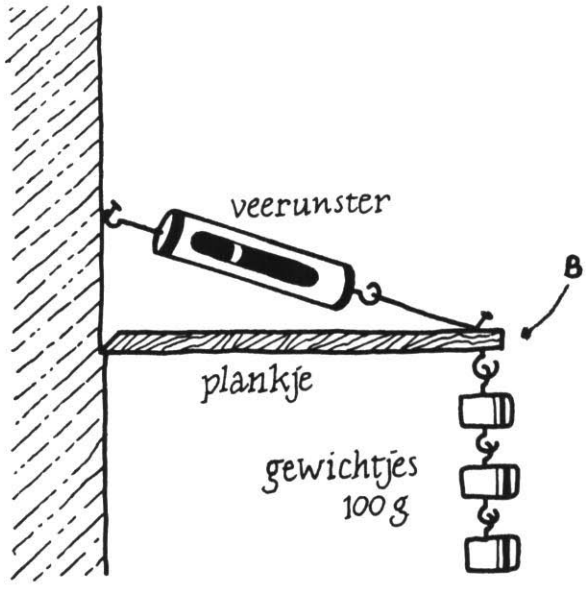


a Wanneer heeft het touw de grootste kans om te breken, in geval A of in geval B?
b Geef aan op grond waarvan je tot je keuze bent gekomen.
c Bepaal hoe groot in geval B de trekkrachten in de twee delen van het touw zijn.

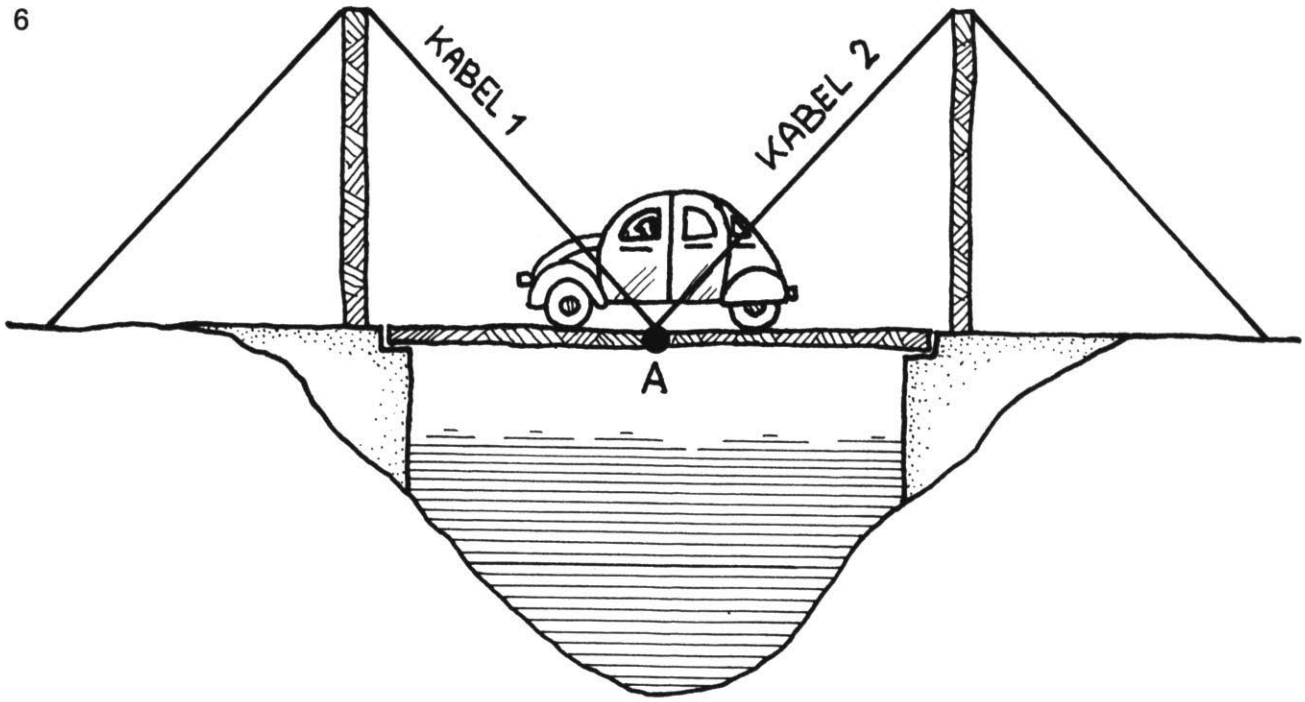
4 Wat is een katrol?
Waarvoor kun je deze gebruiken? (Twee antwoorden geven: iets in verband met de *richting* van een kracht en iets in verband met de *grootte* van een kracht).
Geef twee voorbeelden van deze soorten katrolgebruik.

5 Bereken de krachten in de punten A en B van de onderstaande tekeningen met behulp van een krachtendiagram.
Hoeveel geven de krachtmeters dus aan?
Je kunt ook de proef uitvoeren!



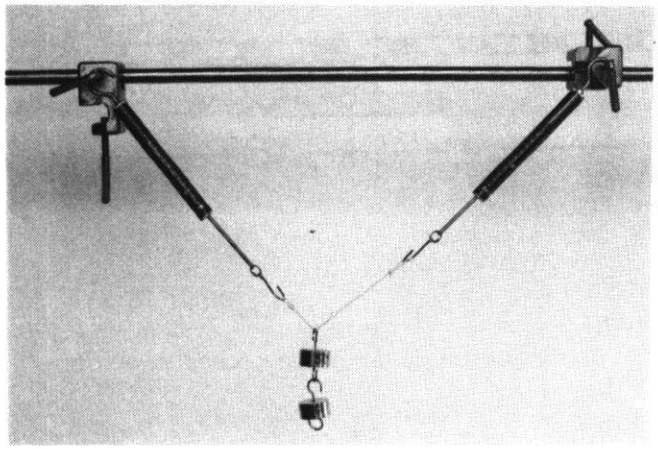


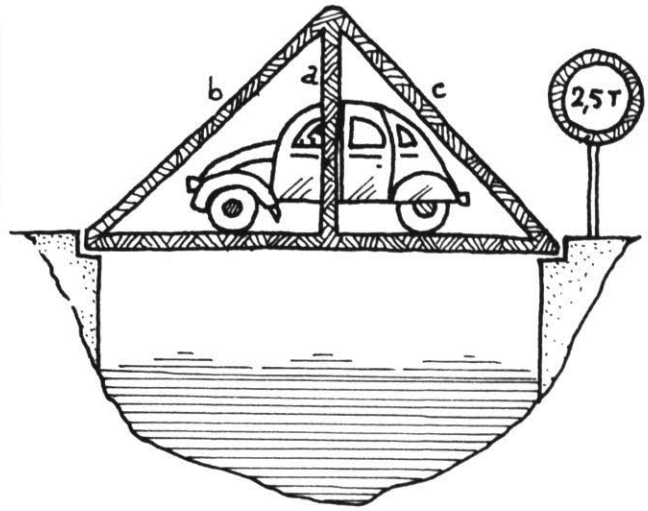
6



Het gewicht van de auto is 9000 N. Hoe groot is de spankracht in elke kabel?

7 Op de foto wordt met behulp van twee veerunsters een gewicht van 5 newton opgetild!
Construeer de kracht in elk van de veerunsters!
Doe na afloop het experiment zelf en controleer de resultaten.



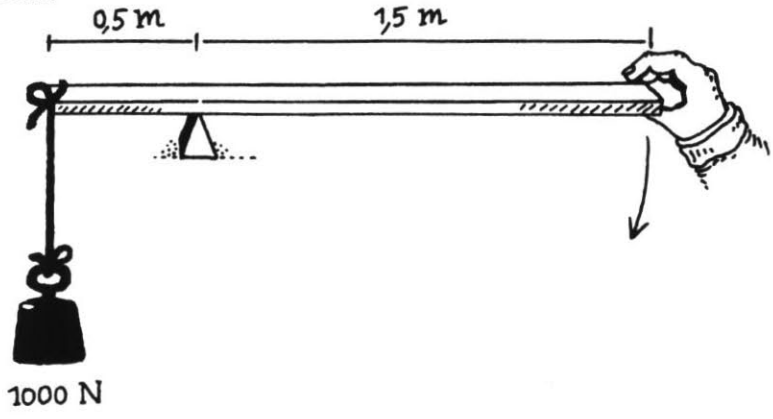


8 De auto op de brug hierboven weegt 10 000 N. Construeer de krachten in balk b en balk c, die samen de tegenkracht van 10 000 N leveren.

In constructies (bruggen, hijskranen, uithangborden, huizen) werken trek- en duwkrachten, die er voor zorgen dat alles op zijn plaats blijft. In elk punt van een constructieonderdeel dat op trek belast is, werken twee trekkrachten die elkaar in evenwicht houden. Evenzo voor een onderdeel dat op duw belast is.
Op de punten waar balken of touwen bij elkaar komen, werken meer dan twee krachten. In zo'n punt mag je de krachten bij elkaar optellen. Bij krachtenevenwicht is de som van de krachten nul.
Bij het tekenen en berekenen van krachten mag je van de volgende regels gebruik maken:
- krachten hebben een grootte en een richting; je kunt ze voorstellen met een pijl (vector)
- krachten mag je alleen bij elkaar optellen als ze op hetzelfde punt werken. Dan gelden de optelregels voor vectoren
- als je een schaal voor het tekenen van krachten hebt afgesproken (bijv. 1 cm voor 100 N) kan je in een tekening krachten bij elkaar optellen en opmeten hoe groot de som van de krachten is.

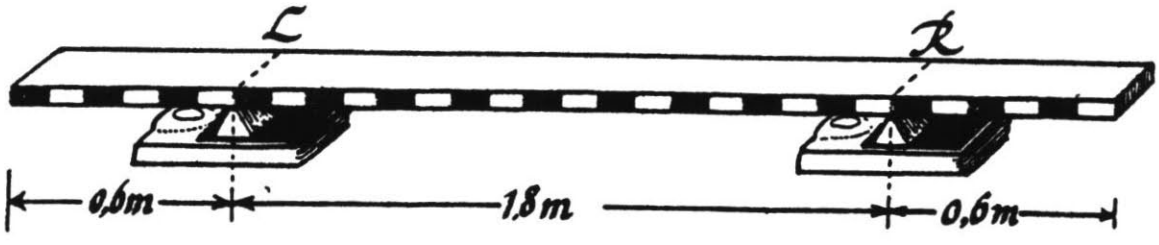
6.4 DRAAIEN EN KANTELEN

1 Bekijk de volgende hefboom.



Met welke kracht moet de hand minstens naar beneden duwen om de last van 100 N omhoog te kunnen krijgen?
(Je mag het gewicht van de hefboom zelf verwaarlozen.)

2 Een plank van 3 meter lengte wordt over twee personenweegschalen gelegd, zoals hieronder is getekend. De weegschalen zijn geijkt in newton. De plank weegt 150 newton.

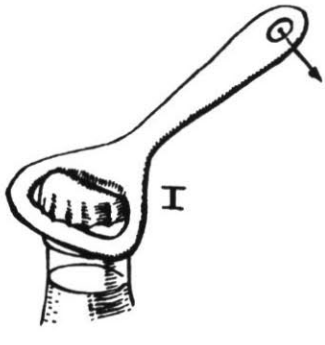


a Wat wijst elke weegschaal aan?
De linker weegschaal L wijst aan: . . . newton.
De rechter weegschaal R wijst aan: . . . newton.

b Een jongen met een gewicht van 500 newton gaat precies boven de linker weegschaal L op de plank staan.
De linker weegschaal wijst nu aan: . . . newton.
De rechter weegschaal wijst nu aan: . . . newton.

c De jongen loopt naar links tot de plank gaat wippen.
Laat met een berekening zien op welke afstand van de linker weegschaal L dat zal gebeuren.

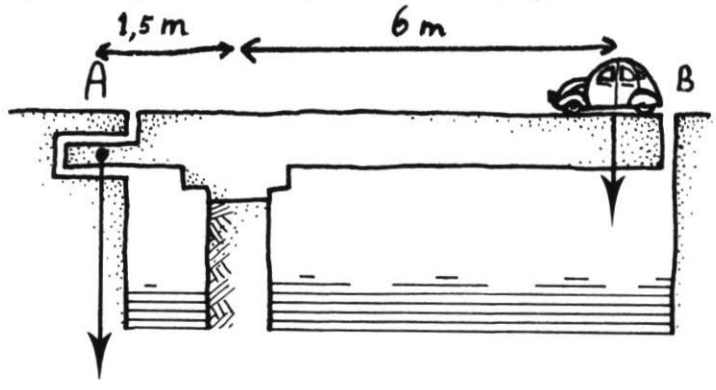
3 Hieronder zijn twee manieren getekend om de kroonkurk van een fles te halen. De pijlen geven aan in welke richting de flesopener dan bewogen moet worden.



a De spierkracht om de kroonkurk van de fles te krijgen, is
A in elk geval I kleiner dan in geval II
B in elk geval I groter dan in geval II
C in beide gevallen even groot.

b Geef een redenering die het antwoord op vraag a aannemelijk maakt.
Aanwijzing: geef in beide figuren I en II de plaats van het draaipunt aan.

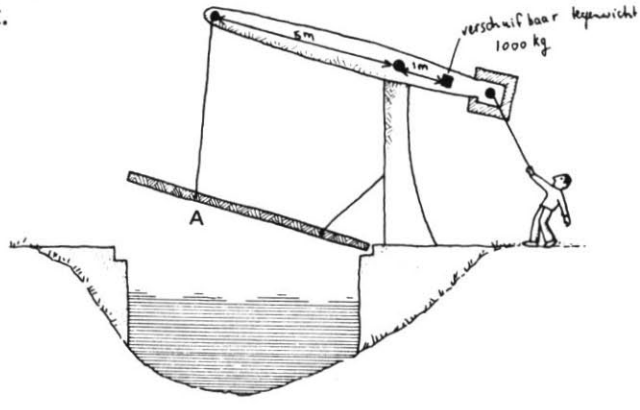
4 Bereken de extra kracht die in punt A op de draaibrug moet worden uitgeoefend vanwege de auto van 800 kg op punt B.



* 5 Ophaalbruggen hebben vaak een extra verschuifbaar tegenwicht. Als het brugdek vernieuwd wordt kan de plaats van het verschuifbare tegenwicht zo veranderd worden dat er opnieuw evenwicht is.

a Leg uit hoe het verschuifbare tegenwicht verplaatst moet worden als het brugdek door vernieuwing zwaarder is geworden.

b Bereken hoe groot die verschuiving is als het brugdek 1000 N zwaarder is geworden. Neem aan dat het gewicht in punt A werkt.



6 Er bestaan hijskranen waarvan het tegenwicht langs een deel van de arm kan bewegen. Het tegenwicht van de getekende hijskraan kan bewegen tussen de punten A en B.

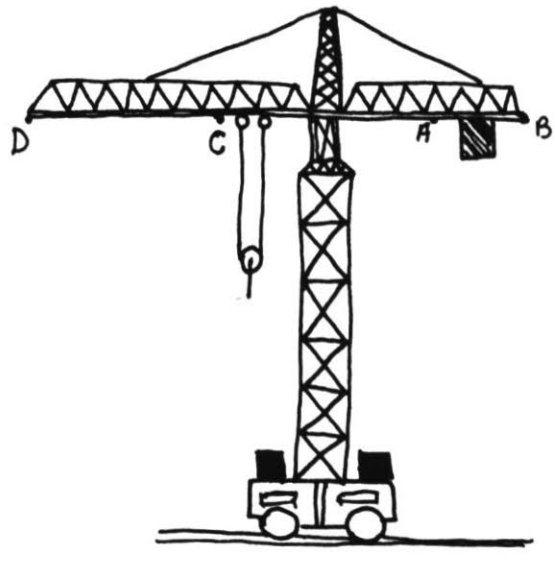
a In welk punt zal de hijskraanmachinist het tegenwicht zetten als er niets aan de hijskraan hangt?

b Waarom kantelt de hijskraan niet achterover als die geen last draagt?

Er wordt een zware last aan de hijskraan gehangen als de haak onder punt C hangt. Vervolgens wordt de last in de richting van punt D verplaatst. Tegelijkertijd verplaatst het tegenwicht zich naar punt B toe.

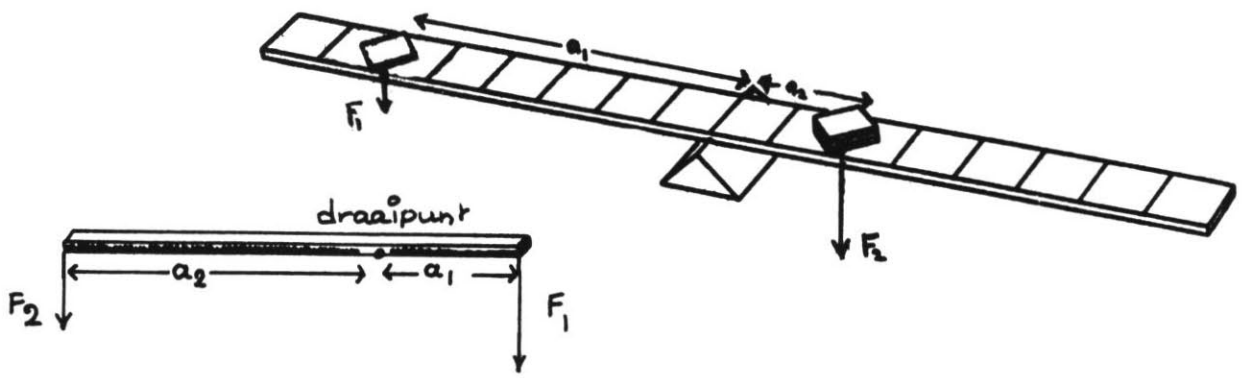
c Leg uit waarvoor dat nodig is.

d Leg uit dat hijskranen met een beweegbaar tegenwicht met zwaardere lasten kunnen werken dan even grote hijskranen waarvan het tegenwicht vastzit in punt A.

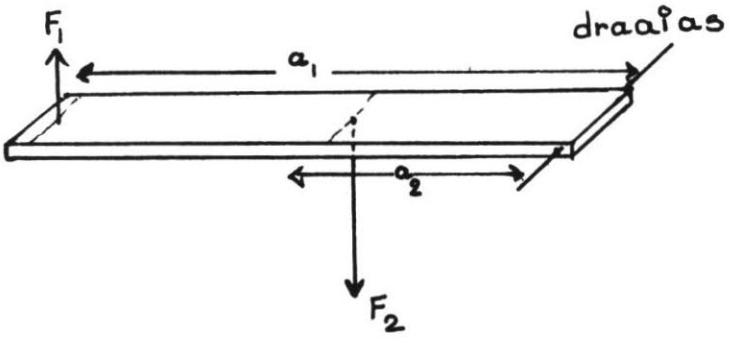


Als twee evenwijdige krachten niet op hetzelfde punt aangrijpen, maar op verschillende punten (zie tekening) en als de krachten in evenwicht zijn, dan geldt de wet:

$$F_1 \times a_1 = F_2 \times a_2.$$



Deze wet geldt ook, als het draaipunt niet tussen, maar aan één kant van beide krachten ligt.
Dit geldt ook weer als de krachten in evenwicht zijn.



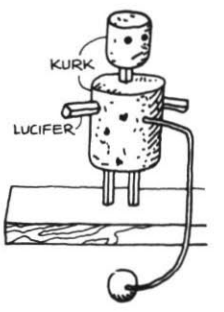
6.5 ZWAARTEPUNT EN STABILITEIT

1 Hieronder staan 3 potjes honing elk op een plank. Eén is vol, één is leeg, één is halfvol.

a Welke van de potjes zal het eerste omkantelen als je de planken gelijk aan één kant omhoog tilt (de potjes gaan niet schuiven)?
Licht je antwoord toe.
b Welke plank is het moeilijkste op te tillen?

2 Noem drie manieren waarop je een hijskraan stabieler kan maken.

3 Iemand doet een onderzoekje van de stabiliteit van het poppetje dat hiernaast getekend staat. Stel één werkvraag die je met dat poppetje zou kunnen onderzoeken en geef aan op welke van de regels voor stabiliteit die werkvraag betrekking heeft.



Een voorwerp staat stabieler op de grond naarmate:
a zijn basisvlak groter is
b zijn zwaartepunt lager ligt.

7 beweging, kracht en arbeid

7.1 SNELHEID

* 1 Bereken uit deze foto de snelheid van de fietser.

gegevens:
- sluitertijd is $\frac{1}{15}$ seconde
- diameter van het fietswiel is 65 cm.

2 Bereken uit deze twee foto's de snelheden van:
- de personenauto A
- de personenauto B
- de vrachtauto

Foto 1

Foto 2

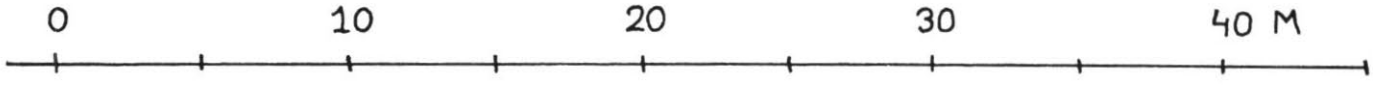
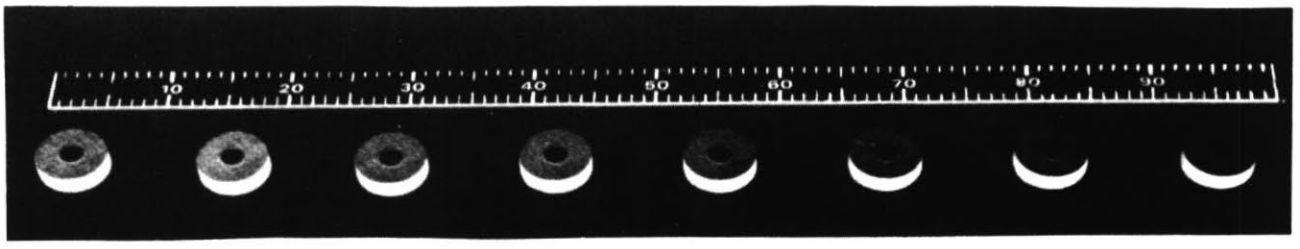
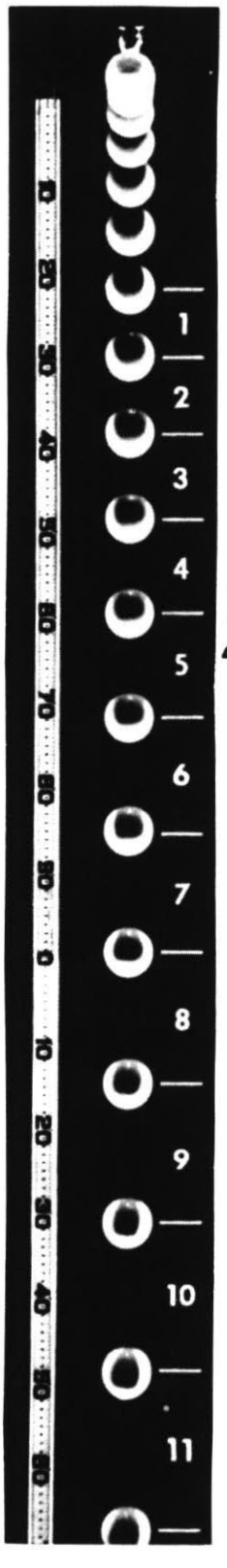


Foto 2 is 2,0 seconde na foto 1 genomen.

3 Bereken de snelheid van de schijf op deze stroboscopische foto.



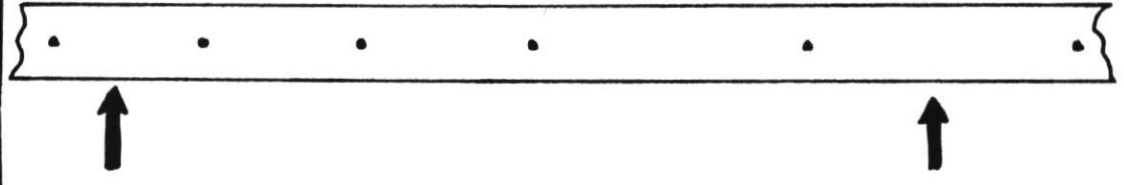


De tijd tussen de lichtflitsen van de stroboscoop is 0,3 seconde.

4 Je ziet hiernaast een stroboscopische foto van een vallend balletje.
De tijd tussen twee opnamen is 1/30 seconde. Bereken met behulp van de foto de snelheid na 60 cm vallen en de snelheid na 160 cm vallen.

5 Een groepje leerlingen moet de snelheid meten van auto's die langs school rijden.
Beschrijf hoe jij vindt dat ze te werk moeten gaan. Welke hulpmiddelen hebben ze nodig?

6 Een wandelaar trekt een papierstrook door een tijdtikker.
De tijdtikker geeft elke $\frac{1}{50}$ seconde een tik.
Je ziet hier de strook op ware grootte afgebeeld.



Bereken de snelheid van de wandelaar op de plaatsen waar de pijl staat.

Drie manieren om de snelheid te bepalen zijn:
(we nemen een fietser als voorbeeld)

1 Meet met een stopwatch hoe lang de fietser over een van te voren bepaalde afstand rijdt.
2 Maak een strook aan de fiets vast en leid deze door een tijdtikker. Uit de afstand tussen de stippen en de bekende tijd tussen 2 stippen (bijv. $\frac{1}{50}$ s) is de snelheid te berekenen.
3 Uit foto's (let op: de foto's zijn meestal niet op ware grootte):
   a Als je van één foto de belichtingstijd weet en de fiets op de foto is door zijn snelheid 'bewogen', kan je door het stukje dat de fiets in de belichtingstijd verschoven is op te meten de snelheid berekenen.
   b Als je twee foto's met korte belichtingstijd neemt en de tijd tussen de twee foto's is bekend, kan je de afstand die de fietser in die tijd heeft afgelegd opmeten en dus kan je de snelheid bepalen.
   c Door te meten aan stroboscopische foto's.

Als de snelheid van de fietser verandert, krijg je zijn snelheid op een bepaald moment het beste door de tijd waarover gemeten wordt zo kort mogelijk te nemen.

7.2 VERSNELLING; REMWEG

1 Een bromfietser trekt regelmatig op:

na 1 seconde	rijdt hij	7,2 km/h (2 m/s)
2 seconden	rijdt hij	14,4 km/h (4 m/s)
3 seconden	rijdt hij	21,6 km/h (6 m/s)
4 seconden	rijdt hij	28,8 km/h (8 m/s)
5 seconden	rijdt hij	36,0 km/h (10 m/s)

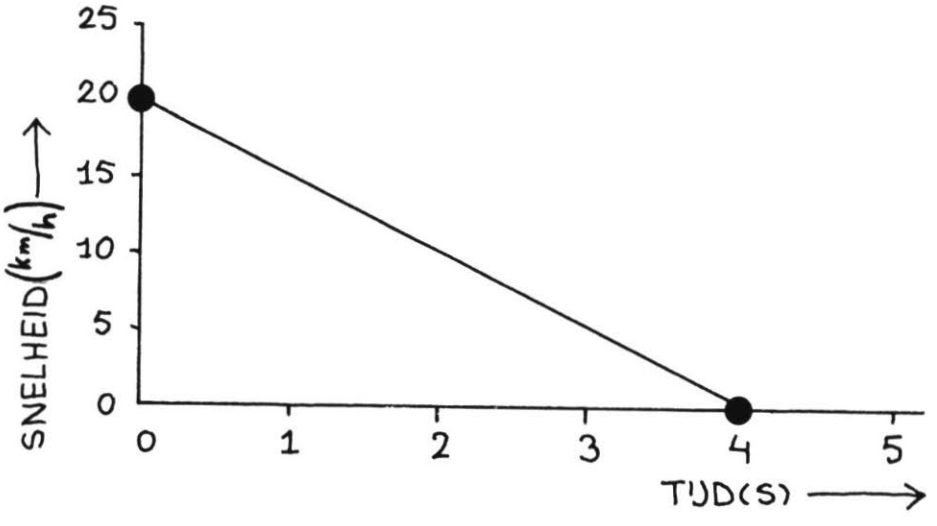
Bereken de versnelling van de bromfiets.

2 Bereken de versnelling als een bromfiets van 36 km/h remt tot stilstand in 2 seconden (je krijgt een negatief getal, je kunt dan beter spreken over vertraging).

3 Een trein rijdt 36 km/h en trekt in 7 seconden op tot 108 km/h.
Hoe groot is de versnelling?

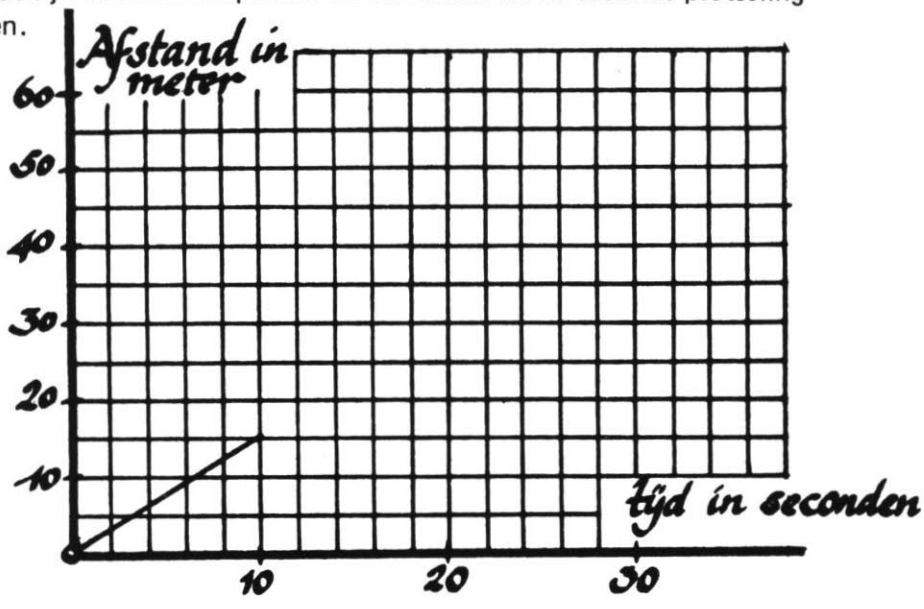
4 Een fiets remt van 25,2 km/h tot stilstand in 2 seconde.
Bereken de vertraging.

5 In de volgende grafiek is de snelheid van een fietser uitgezet tegen de tijd.



   a Bereken de vertraging.
   b Bereken de remweg.

6 Onderstaand diagram geeft de afstand weer die een wandelaar in de loop van de tijd aflegt.
Teken in het diagram hoe de lijn verder zal lopen als de wandelaar na 10 seconde plotseling tweemaal zo snel gaat lopen.



Als de snelheid toeneemt ondervindt een fiets een versnelling a.
Als de snelheid afneemt ondervindt een fiets een vertraging a (de a is dan negatief).

$$a = \frac{v \text{ eind} - v \text{ begin}}{t}$$

De remweg van een fiets krijg je met de formule:

$$s = \frac{v \text{ begin} + v \text{ eind}}{2} \cdot t$$ t is de remtijd.

7.3 KINETISCHE ENERGIE, GRAVITATIE-ENERGIE

1 Wat is de kinetische energie van de fietser uit opgave 1 van 7.1?
Je mist nog één gegeven om deze kinetische energie uit te rekenen.
Welke grootheid mis je? Maak een schatting van de grootte in dit geval.
Bereken nu de kinetische energie.

2 a Een hijskraan hijst een last met een gewicht van 4000 N op over een afstand van 12 m.
Hoeveel arbeid verricht de hijskraan?
b Hoeveel gravitatie-energie heeft de last, nadat hij is opgehesen?

3 Hoeveel gravitatie-energie heeft een bal (massa 0,5 kg) als je hem boven je hoofd houdt (hoogte bijv. 2 meter)?
Welke energieomzettingen vinden er plaats als je hem los laat?

Kinetische energie (E_k) is de energie die een voorwerp ten gevolge van zijn snelheid (v) heeft:

$$E_k = \tfrac{1}{2} m v^2$$

Gravitatie-energie E_g is de energie die een voorwerp heeft omdat het over een hoogte h *kan* vallen

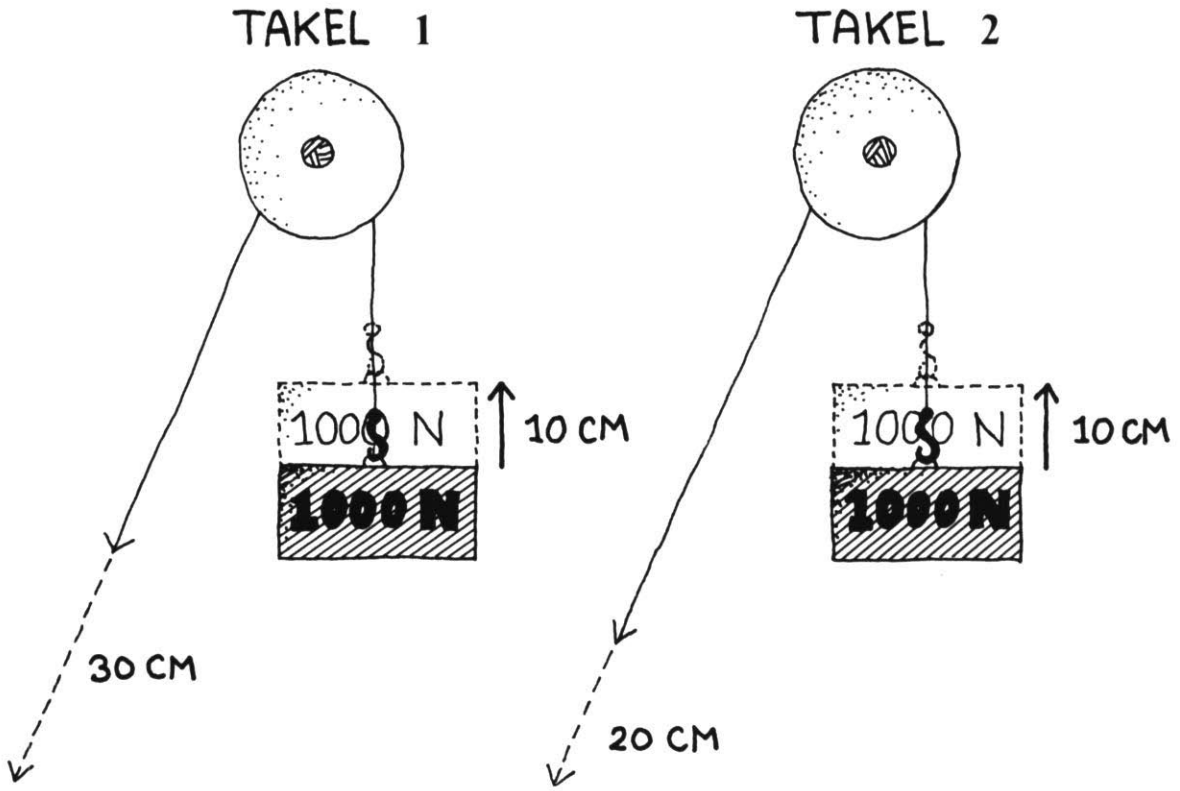
$$E_g = m g h \qquad g = 10 \text{ N/kg}$$

7.4 ARBEID, ENERGIE EN VERMOGEN

1 Wat is het vermogen dat wordt geleverd door een man die in 20 seconde een vat van 80 kg 12 meter omhoog hijst?

2 Wat is het vermogen van jezelf als je in 2 seconde een trap van 3 m hoog oprent en je weegt 60 kg?

3 In de takels 1 en 2 zitten verschillende overbrengingen.
Met beide takels wordt een gewicht van 1000 N 10 cm opgehesen.

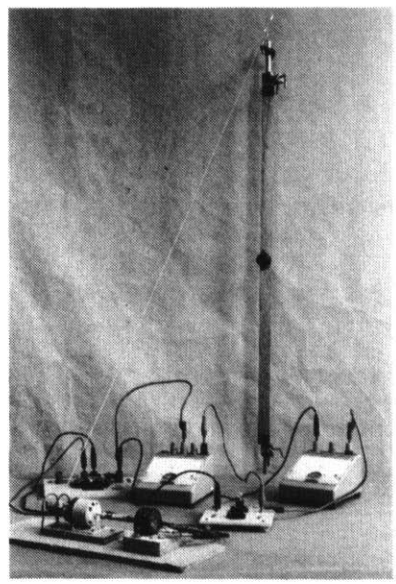


a Bereken de arbeid die bij beide takels verricht wordt.
b Bereken de overbrengingsverhouding van takel 1 en van takel 2.
c Hoe groot is de kracht waarmee aan het touw van takel 1 getrokken wordt? En van takel 2?

4 Een groepje leerlingen wil het rendement van een dynamo bepalen.

De dynamo wordt via een versnellingsbak (1 : 32) aangedreven door een vallend gewicht. De dynamo levert dan elektrische energie die een lampje van 6 V en 0,04 A doet gloeien. Om te kunnen bepalen hoeveel energie de dynamo levert zijn een spanningsmeter en een stroommeter in de keten aangesloten.

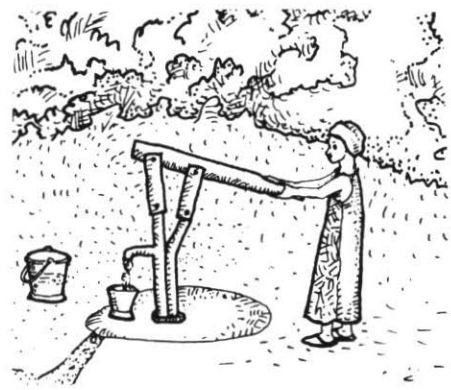
Ze doen de volgende meting:
– een gewicht van 4,0 N valt in 7,7 seconde 1 meter omlaag
– de stroommeter wijst aan: 34,5 milliampère
– de spanningsmeter wijst aan: 4,4 Volt



a Bereken het rendement van de versnellingsbak en de dynamo.
b De groep heeft al eerder gevonden dat het rendement van de versnellingsbak alléén 60% is. Hoe groot is het rendement van de dynamo alléén?
c De leerlingen doen het proefje nog een keer. Maar als het gewicht halverwege is, draaien ze het lampje los. Leg uit wat er dan allemaal verandert.

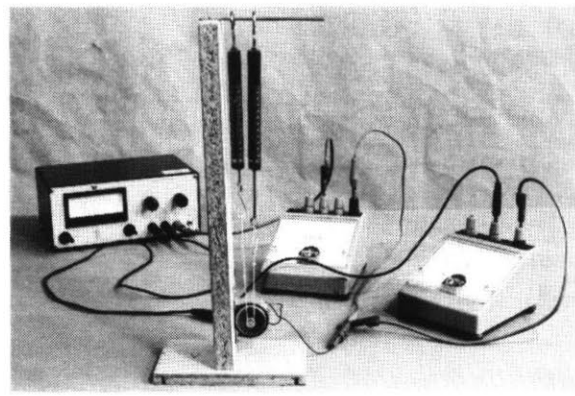
5 Wanneer verricht je de meeste arbeid (met dezelfde pomp):
a als je 20 l water per minuut 5 m omhoogpompt?
b als je 35 l water per minuut 3 m omhoogpompt?

* 6 Als je met een handpomp water oppompt verricht je arbeid.
Noem minstens 3 natuurkundige grootheden die bij de hoeveelheid arbeid die je verricht van invloed zijn.



7 Met een pomp kan men 30 l per minuut over 5 m oppompen. Daarvoor is 5000 J arbeid nodig.
a Welk deel van de arbeid is nodig om de gravitatie-energie van het water te verhogen?
b Waarvoor is de rest van de arbeid nodig geweest?
c Bereken het rendement van de pomp.

8 Een groepje leerlingen wil het rendement van een elektromotor bepalen. Ze bevestigen een sleeprol op de motor. Daarmee zorgen ze ervoor dat de elektromotor een constante kracht levert. Met een spanningsmeter en een stroommeter bepalen ze de elektrische energie die de motor omzet.



de meters wijzen aan: $I = 0{,}12$ A
$V = 7{,}5$ V

de veerunsters wijzen aan: 0,63 N
en 0,12 N

de omtrek van de sleeprol is: 2,2 cm

de omwentelingssnelheid is: 67 omw/s

a Bereken het elektrisch vermogen dat de elektromotor ontvangt.
b Bereken het arbeidsvermogen dat de elektromotor levert.
c Bereken het rendement van de elektromotor.

Als een kracht arbeid verricht (d.w.z. over een weg wordt verplaatst) wordt er energie van de ene soort omgezet in energie van andere soorten.
Voorbeeld: Een elektromotor hijst een gewicht op; elektrische energie wordt (gedeeltelijk) omgezet in gravitatie-energie. De spankracht F die het gewicht over een afstand s omhoog trekt verricht een arbeid: $W = F \times s$.
Als de kracht $F = 30$ N is en de weg s = 50 cm is de arbeid $W = 30 \times 0{,}50 = 15$ J.
Als we daarbij nog weten dat er 20 J elektrische energie in het motortje gegaan is, kunnen we het rendement uitrekenen: $\eta = \frac{15}{20} \times 100\% = 75\%$.
Als de elektromotor er 5 s over doet is het geleverde vermogen
$P = \frac{15 \text{ J}}{5 \text{ s}} = 3$ W.

7.5 ZWAAR EN TRAAG

1 Een dikke man en een klein meisje rijden beide even hard op een fiets.
Jij wilt beide fietsers tegenhouden.
Bij wie zal dat het makkelijkste gaan?
Licht je antwoord toe.

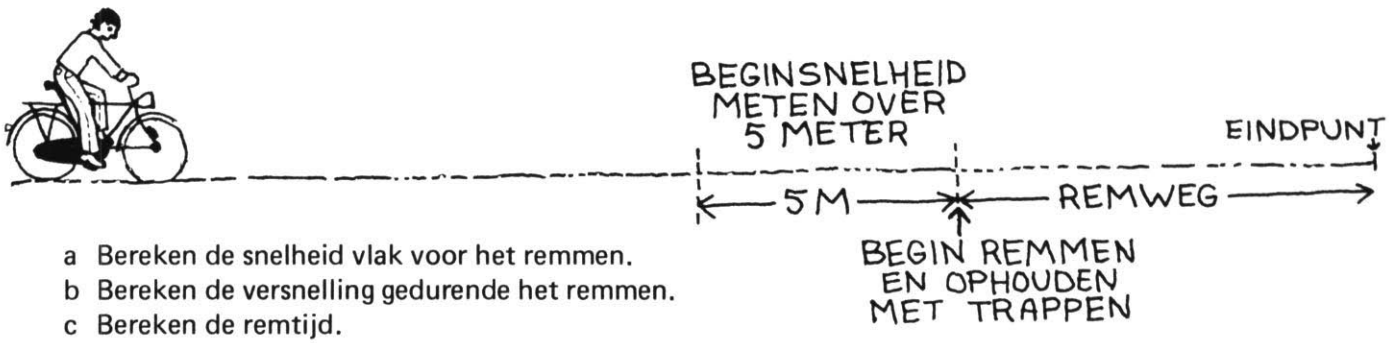
* 2 Er wordt een klassediscussie gehouden over een valproef: bij deze proef bleek dat een zware kogel en een even grote, lichtere kogel dezelfde versnelling krijgen als je ze laat vallen:
Femke: 'Ik dacht dat die lichte wel eerder op de grond zou zijn, want die is minder traag en krijgt dus makkelijker een grote snelheid.'
Jelle: 'Ik dacht dat de zware kogel eerder op de grond zou zijn, want daar trekt de zwaartekracht harder aan.'
Geef jouw commentaar op deze discussie. Probeer in je commentaar de woorden 'zwaar' en 'traag' te gebruiken.

3 Je weegt een blokje met een veerunster: het gewicht is 2 N. Wat is de massa van dit blokje?

Elk voorwerp is zwaar en traag. Zwaar wil zeggen dat het voorwerp door de aarde wordt aangetrokken, het heeft een gewicht. Traag wil zeggen dat het voorwerp zich verzet tegen snelheidsveranderingen. Traagheid wordt uitgedrukt in kg en gewicht in newton. Er geldt: een voorwerp met een massa van 1 kg heeft (op aarde) een gewicht van 10 N.

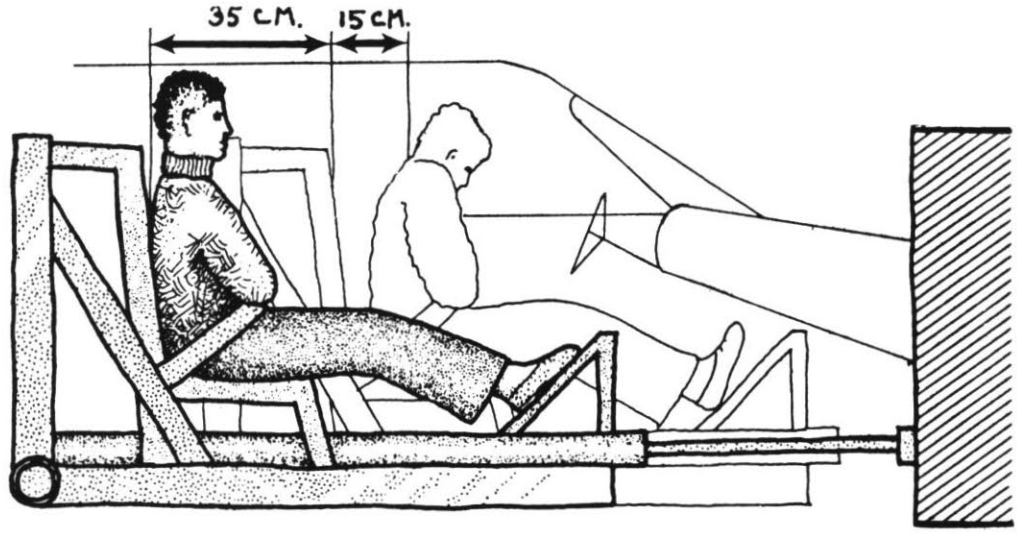
7.6 DE BEWEGINGSWETTEN

1 Een fietser maakt eerst flink vaart; vervolgens houdt hij over een afstand van 5 m de snelheid zoveel mogelijk constant. Over deze 5 m doet hij 0,8 s. Bij het passeren van de streep gaat hij remmen met een constante remkracht. Met een veerunster is de grootte van de remkracht opgemeten: 75 N.
De massa van fietser en fiets is 60 kg.



a Bereken de snelheid vlak voor het remmen.
b Bereken de versnelling gedurende het remmen.
c Bereken de remtijd.
d Bereken de remweg.

2



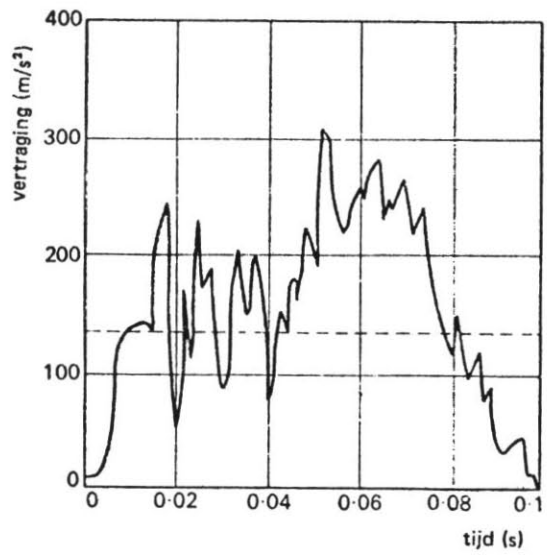
Je ziet hierboven een slee getekend met een proefpop. De opstelling wordt gebruikt bij het onderzoeken van veiligheidsgordels.
De fijngetekende lijnen geven de situatie weer vlak na de botsing. Je ziet dat de slee zich bij de botsing 35 cm heeft verplaatst en dat bovendien de pop in de slee 15 cm is opgeschoven.

a Bereken de gemiddelde kracht die de veiligheidsgordel tijdens de botsing op de pop uitoefent. De massa van de pop is 75 kg.

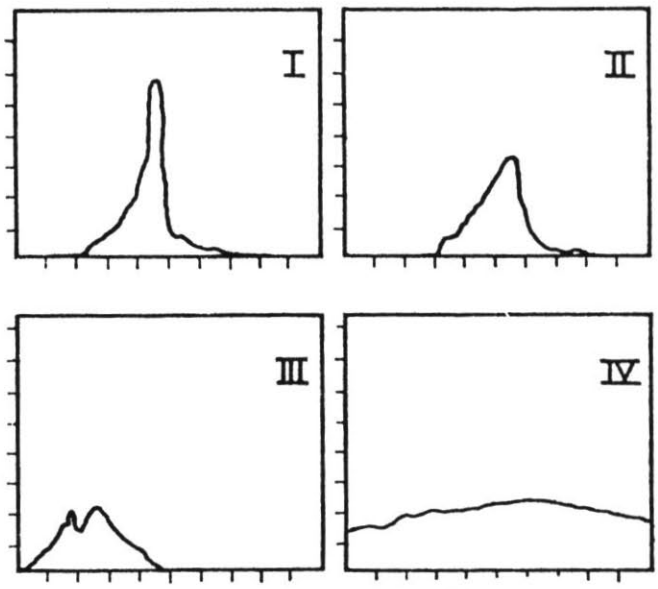
b Noem een voordeel, maar ook een nadeel van een riem die méér rek had vertoond.

3 Bij een verkeersongeluk meet de politie de remsporen van de auto. Die remsporen zijn 25 meter lang. De auto heeft een remvertraging van 6 m/s^2 (dat weet de politie uit garagegegevens).
Schat de snelheid van de auto vlak voor het ongeluk: is deze groter of kleiner dan 50 km/h?
Bereken daartoe de remweg bij 50 km/h.

4 Je ziet hier een grafiek van de vertraging van een proefpop tijdens een botsing.
Bereken de grootste kracht die een passagier van 80 kg moet uitoefenen om deze vertraging te weerstaan.
Denk je dat dat lukt met armen en benen?



5 Je ziet hier vier grafieken van proeven met verschillende valhelmen.



Verticaal betekent elk schaaldeel een kracht van 5000 N.
Horizontaal betekent elk schaaldeel een tijd van 0,002 seconde.

Welke helm is de beste? Licht je antwoord toe en gebruik een bewegingswet.

6 Een auto moet plotseling remmen met een remkracht van 4500 N. De massa van de auto is 1000 kg.
   a Bereken de remweg als hij voor het remmen 54 km/h rijdt en na het remmen stilstaat.
   b Bereken de remweg als hij voor het remmen 108 km/h rijdt en na het remmen 54 km/h rijdt.
   c Leg uit waarom er zo'n verschil zit in het antwoord van a en b, terwijl de snelheidsvermindering in beide gevallen 54 km/h is. Wat is de gevaarlijkste snelheid?

Doordat elk voorwerp traag is, is het nodig een kracht uit te oefenen als een voorwerp versneld of vertraagd moet worden. Er gelden hierbij twee wetten, als die kracht tenminste constant is.

De eerste bewegingswet is:

$$F.t = m(v_{EIND} - v_{BEGIN})$$

of

$$F = m.a$$

Je kunt deze wet ook anders schrijven omdat $a = \dfrac{v_{eind} - v_{begin}}{t}$

Deze wet gebruik je als de tijd waarin de beweging verandert of de versnelling gegeven of gevraagd is. Bijvoorbeeld: de massa van een fietser met zijn fiets is 80 kg. De fietser begint te fietsen en heeft na 5 s een snelheid van 18 km/h (= 5 m/s). Hoe groot is zijn trapkracht?

Oplossing: $F \cdot t = m(v_{eind} - v_{begin})$

$F \cdot 5 = 80\ (5 - 0)$ dus $F = 80$ N

De tweede bewegingswet is:

$$F \cdot s = \tfrac{1}{2} m v_{EIND}^2 - \tfrac{1}{2} m v_{BEGIN}^2$$

$F \cdot s$ is de arbeid die verricht wordt. Door die arbeid kan bijvoorbeeld een auto sneller of langzamer gaan rijden. Dus zijn kinetische energie verandert.
$\frac{1}{2} m v_{eind}^2 - \frac{1}{2} m v_{begin}^2$ geeft aan hoeveel die kinetische energie verandert.
Deze wet gebruik je als de weg s waarover de beweging verandert gevraagd of gegeven is.
Voorbeeld: Een auto van 900 kg rijdt 72 km/h (= 20 m/s) en heeft een remkracht van 6000 N (negatief nemen: de kracht remt af). Hoe groot is zijn remweg?
Oplossing: $F \cdot s = \frac{1}{2} m v_{eind}^2 - \frac{1}{2} m v_{begin}^2$

$$-6000 \cdot s = \tfrac{1}{2} 900 \cdot 0^2 - \tfrac{1}{2} 900 \cdot 20^2$$

$$-6000 s = -180\,000$$

$$s = 30 \text{ m}$$

Als de tijd (of versnelling) en de weg gegeven zijn kan je (of moet je zelfs) beide wetten gebruiken.
- Bij het remmen van een auto, fiets of bromfiets is er dus door de traagheid altijd een remweg of remtijd nodig, voordat ze stilstaan.
- Bij plotselinge gebeurtenissen wordt door de schrikseconde van een automobilist of bromfietsrijder de totale afgelegde afstand nog groter.

7.7 VERKEERSVEILIGHEID

* 1 Noem argumenten vóór het verplicht stellen van de bromfietshelm. Noem argumenten tegen het verplicht stellen van de bromfietshelm.
Wat is jouw opvatting: moeten dergelijke veiligheidsmaatregelen (zoals bijv. ook de veiligheidsriem in de auto) verplicht gesteld blijven?

* 2 'Een zogenaamde veiligheidsauto met een kreukelzone en een kooiconstructie is een gevaar op de weg voor mede-weggebruikers vanwege zijn grote massa.' Dat is de mening van Jan.
Leg uit wat Jan daarmee bedoelt.
Waarom wordt zo'n auto dan toch veiligheidsauto genoemd?

* 3 Een tegenstander van het autogebruik zegt: 'Bij een botsing tussen een auto en een fietser of voetganger loopt de fietser of voetganger de grootste verwondingen op. Maar de schade wordt veroorzaakt door de grote snelheid van de auto. Daarom moet het langzame verkeer voorrang hebben boven het snelverkeer.'
Geef jouw mening hierover.

Technische veiligheidsmaatregelen in vervoersmiddelen zoals de bromfietshelm, de veiligheidsriem, kooiconstructie en kreukzone hebben als functie de inzittenden te beschermen tegen verwondingen. Dit gebeurt door vergroting van de remweg (de rek in de veiligheidsriem bijvoorbeeld) waardoor de remkracht kleiner kan zijn, zoals blijkt uit de tweede bewegingswet.
Bovendien wordt er naar gestreefd de krachten uit te oefenen op de stevigste delen van het lichaam (het bekken, de schouders) en de druk te verminderen door de kracht te verdelen over een groter oppervlak (o.a. bij de bromfietshelm).
Er zijn argumenten die pleiten voor en tegen het verplicht voeren van de genoemde veiligheidsmaatregelen.

---

8 natuurkunde en samenleving

8.1 VERVOER

* 1 'Uit het oogpunt van energiebesparing zou de regering een belastingverlaging moeten invoeren voor mensen die in *kleine* auto's rijden.'
   a Geef één argument dat deze mening ondersteunt.
   b Geef één argument dat deze mening bestrijdt.

* 2 Noem de naar jouw idee belangrijkste maatregelen om op de volgende gebieden de problemen, die het verkeer veroorzaakt, te verminderen.
   Geef steeds minstens één argument voor elke maatregel.
   a energieverbruik
   b geluidhinder
   c filevorming
   d onveiligheid
   e luchtverontreiniging

* 3 In vergelijking met benzinemotoren hebben elektromotoren een hoog rendement: 70% van de elektrische energie die erin gestopt wordt kan nuttig gebruikt worden voor de voortbeweging. Bij benzinemotoren is het rendement slechts 25%. Verder zijn elektromotoren geruisloos in vergelijking met benzinemotoren, en produceren ze ook geen uitlaatgassen.
   Geef op elk van de drie genoemde punten (rendement, lawaai en luchtverontreiniging) je bezwaren tegen deze vergelijking van een elektromotor met een benzinemotor als krachtbron voor wegverkeer.

4 Het energieverbruik bij vrachtvervoer kan vergeleken worden door te kijken naar de energie die nodig is om met verschillende transportmiddelen 1 ton (= 100 kg) vracht over een afstand van 1 km te vervoeren. In de tabel vind je gegevens over dit energieverbruik:

transportmiddel	*snelheid in km/h*	*energieverbruik bij gemiddelde belading in J/ton km*
vrachtwagen	70	$4{,}1 \cdot 10^6$
elektrische trein (incl. elektriciteits-opwekking)	85	$0{,}51 \cdot 10^6$
binnenvaartuig	15-30	$0{,}21 \cdot 10^6$
pijpleiding		$0{,}23 \cdot 10^6$

   a Waarom worden in de tabel ook gegevens over de snelheid opgenomen?
   b Rangschik de genoemde transportmiddelen naar toenemend energieverbruik.
   c Wat is vanuit het oogpunt van de energie de beste manier om een lading koelkasten te vervoeren? Welk bezwaar kun je tegen deze oplossing aanvoeren?
   d Wat is vanuit het oogpunt van de energie de beste manier om een hoeveelheid aardolie te vervoeren? Welk bezwaar kun je tegen deze oplossing aanvoeren?
   e Wat is de snelste manier om een hoeveelheid vracht te vervoeren? Geef een toelichting bij je antwoord.

5 a Welke onderdelen van een rijdend motorvoertuig veroorzaken lawaai?
   b Waarvan is de geluidproduktie van een rijdend motorvoertuig afhankelijk?
   c Geef drie mogelijkheden voor de bestrijding van geluidoverlast door wegverkeer.
   d Geef aan wat de bron is van het lawaai dat een trein maakt. Kun je maatregelen verzinnen die deze vorm van geluidhinder bestrijden?

Verschillende vervoersmiddelen (zoals lopen, fiets, auto, bus of trein) die gebruikt worden, bijv. voor personenvervoer tussen 2 steden kan je met elkaar vergelijken. Een aantal vergelijkingspunten is:
- energieverbruik
- vervuiling
- geluid(shinder)
- ruimtebeslag
- reistijd
- comfort
- beschikbaarheid
- prijs

Als je moet kiezen tussen twee vervoersmiddelen zitten er aan elke keuze voor- en nadelen die je tegen elkaar moet afwegen. Is bijvoorbeeld een lager energieverbuik belangrijk genoeg om bijvoorbeeld minder comfort voor lief te nemen? De samenleving als geheel en ieder persoonlijk moet een dergelijke afweging maken.

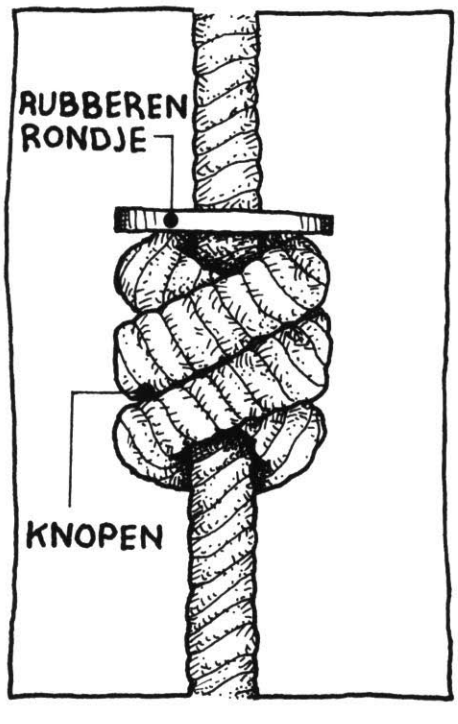
8.2 TECHNIEK IN ONTWIKKELINGSLANDEN – POMPEN

1 Waarom mag het putwater van buitenaf niet bereikbaar zijn?

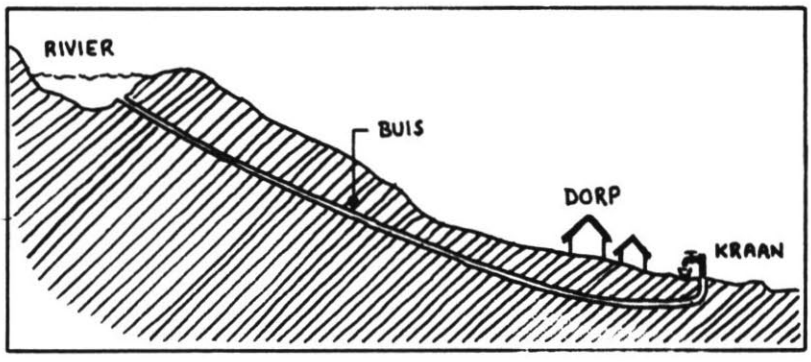
2 Iemand die in dienst is bij een drinkwaterbedrijf in Nederland vraagt jou als technicus voor watervoorziening in ontwikkelingslanden waarom jullie niet gewoon een motorpomp op een put zetten in plaats van een handpomp. Wat zou jij antwoorden? (Er zijn minstens 3 redenen voor.)

3 Wat voor een soort emmer zou jij liever gebruiken bij een 'emmer-aan-een-touw-pomp': een plastic emmer of een metalen emmer? Waarom?

4 Iemand vergelijkt een touwpomp met een zuigpomp. Geen van beide pompen die hij tot zijn beschikking heeft, kunnen water dieper dan 6 m oppompen. Nu legt hij boven op de knopen van de touwpomp een rubberen rondje dat hij uit een binnenband heeft geknipt. Het rondje past precies in de buis. Hij merkt dat het water nu met de touwpomp tot 12 m opgepompt kan worden.
   a Leg uit waarom de touwpomp nu beter werkt.
   b Is het ook mogelijk de zuigpomp zo te verbeteren dat het water tot 12 m opgepompt kan worden? Leg je antwoord uit.

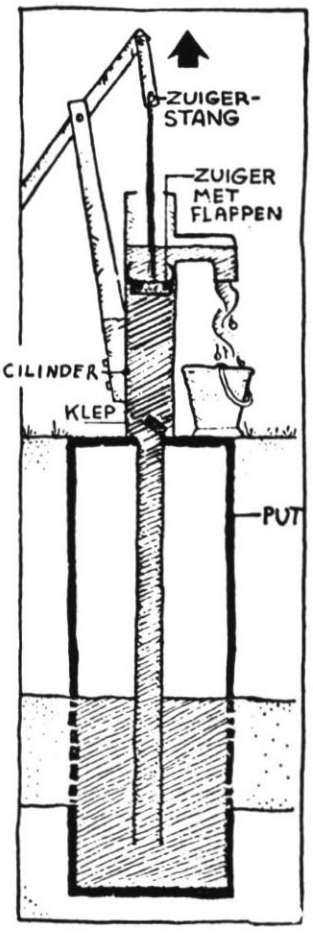


5 In sommige gebieden in Tanzania is het grondwater zout en dus onbruikbaar voor drinkwater. Men verkrijgt daar drinkwater door water in een hoger gelegen deel aan een riviertje te onttrekken en in buizen naar de dorpen te brengen. In het dorp plaatst men kranen, bijv. één kraan per 100 inwoners.



a Welke eisen zou je stellen aan de kwaliteit van het water in het riviertje op de plaats waar je het water inneemt?
b Welke eisen zou je stellen aan de omgeving van het punt waar je water uit het riviertje inneemt?
c Welke eisen zou je stellen aan de omgeving van de kraan waar de dorpelingen het water komen aftappen?
d Waarom zijn de loopafstanden tot zo'n kraan meestal korter dan de loopafstanden tot een pomp?
e Ga na op welke punten het waterleidingsysteem onderhoud nodig heeft.
f Wat zijn volgens jou voordelen van dit systeem vergeleken met een pomp op een put en wat zijn de nadelen?
g Waarom zou men nu niet in ieder huis van het dorp een kraan maken? Noem minstens 2 redenen.

6 Voor de drinkwatervoorziening van een Afrikaans dorp wordt met ontwikkelingsgeld een zuigpomp geïnstalleerd.
De pomp is van gietijzer. Voor de zuiger en de klep is leer gebruikt.
De dorpelingen haalden hun water tot nu toe uit een open put.
a Beschrijf hoe het water in de cylinder komt als de zuiger omhoog gaat.
b Wat is de reden dat deze pomp alléén geschikt is voor vrij ondiepe putten?
c Noem twee voordelen voor het dorp van het gebruik van een pomp in vergelijking met de open put.
d Noem twee mogelijke nadelen van het installeren van deze zuigpomp in het dorp.



Aan een waterpomp in ontwikkelingslanden moet je eisen stellen die liggen op het gebied van:
- duurzaamheid (mogen niet snel kapot gaan)
- materialen (moeten in de omgeving verkrijgbaar zijn)
- begrijpelijkheid (mensen met weinig opleiding moeten ze kunnen repareren)
- noodzaak (als de dorpelingen de noodzaak van zuiver water inzien en verantwoordelijkheid daarvoor aanvaarden gaan ze met meer zorg met de pomp om)

Bij het kiezen tussen pompen moet met die eisen rekening gehouden worden. Bij het ontwikkelen van technische apparaten – zoals pompen – spelen dus veel meer argumenten een rol dan alleen of het werkt en of het niet te duur is.

8.3 KERNFYSICA

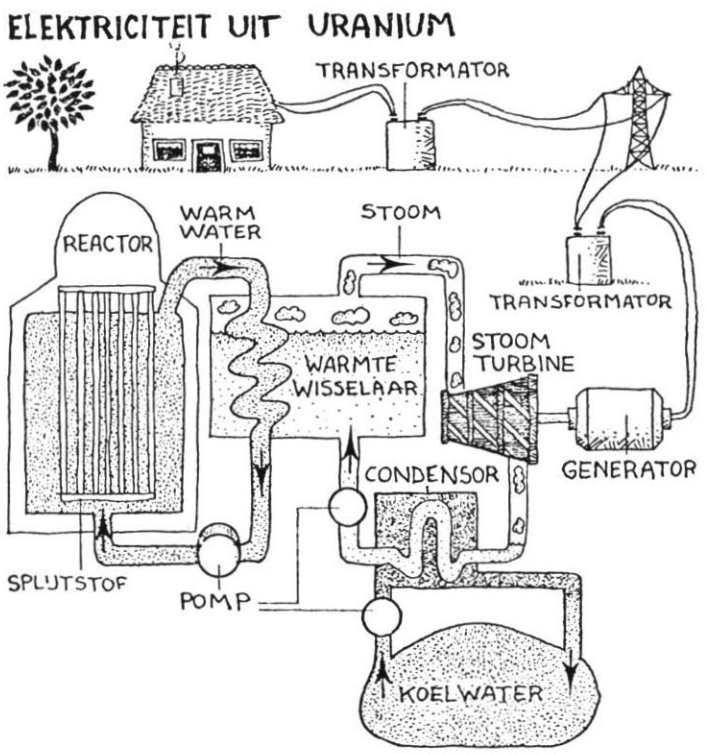
1 Ga na hoeveel protonen, neutronen en elektronen er in elk van de volgende atomen zitten:
^{3}H; ^{35}Cl; ^{235}U.

2 a Leg uit waarom kernsplijting in een brok ^{235}U tot een kettingreactie kan leiden.
b Leg uit hoe in een kerncentrale, die op ^{235}U draait, wordt voorkomen dat er zo'n kettingreactie plaatsvindt.

3 Noem 4 soorten radioactieve straling.
Leg van elk soort uit welke de gevaren zijn bij bestraling van het menselijk lichaam.

4 In de in 1980 verschenen nota *Energiebeleid* van de regering wordt voorgesteld te kiezen tussen kerncentrales of kolengestookte centrales voor de elektriciteitsvoorziening in de nabije toekomst.
a Noem twee voordelen van een kerncentrale die een kolencentrale niet heeft.
b Noem twee voordelen van een kolencentrale, die een kerncentrale niet heeft.

5 Hieronder zie je een schematische tekening van een kerncentrale.
a Geef aan in welke delen van de centrale zich radioactieve stoffen bevinden als de centrale normaal werkt.
b Op welke manier wordt de wereld buiten de centrale tegen de radioactieve straling uit de centrale beschermd?

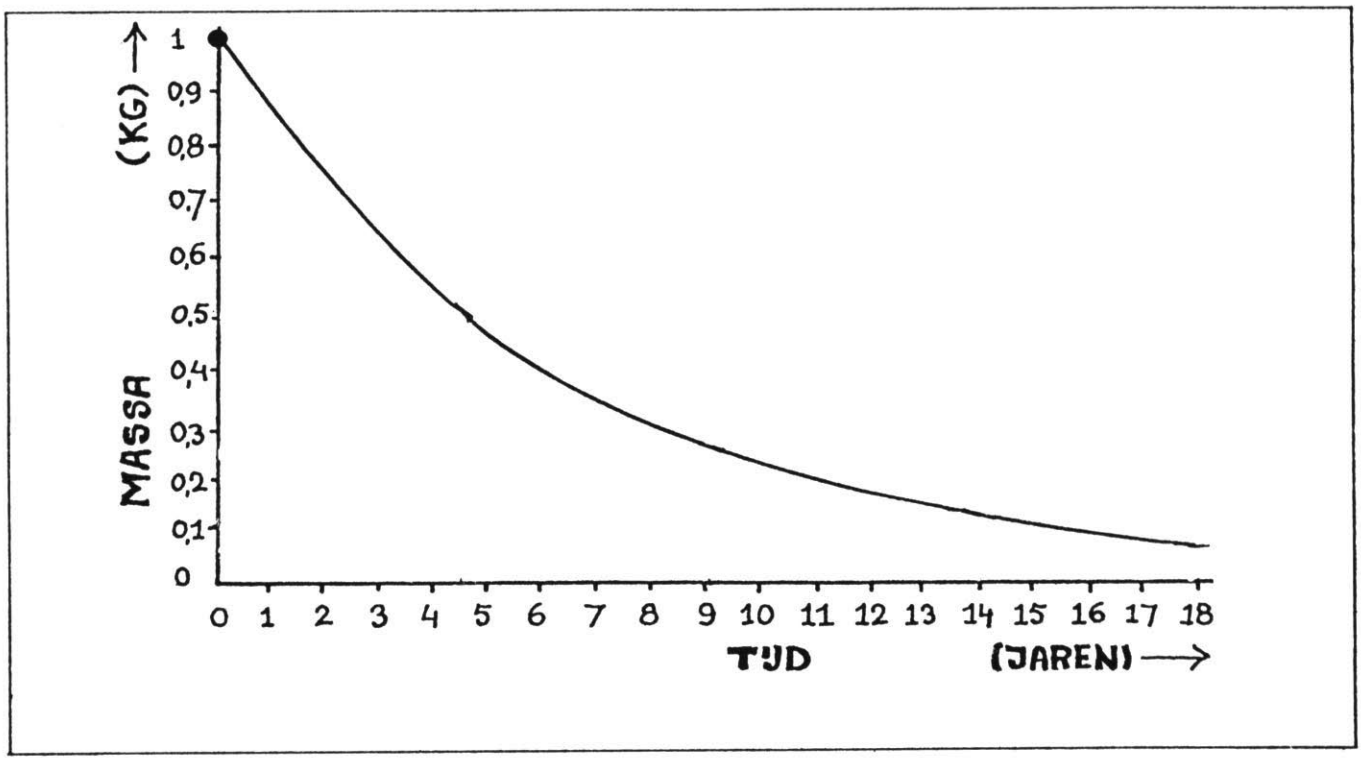


6 De halveringstijd van uranium-235 is 4,5 miljard jaar.
a Vul de ontbrekende getallen van de tabel hieronder in.
b Waarom zal men op aarde wel vrij veel ^{235}U, maar slechts heel weinig ^{234}U (halveringstijd 250 000 jaar) vinden?

1	KG	^{238}U		
0,5	KG	^{238}U	NA	MILJARD JAAR
0,25	KG	^{238}U	NA	MILJARD JAAR
0,125	KG	^{238}U	NA	MILJARD JAAR
0,063	KG	^{238}U	NA	MILJARD JAAR

7 Van 1 g radioactief zuurstof (^{15}O) is na 6 min nog maar 1/8 g over.
Hoe groot is de halveringstijd van ^{15}O?

8 Het isotoop ^{60}Co (cobalt) zendt bij verval bèta en gammastraling uit.
a Wat bedoelt men met 'een isotoop'?
b Welk isotoop ontstaat er als een ^{60}Co kern vervalt?
c Bepaal uit de onderstaande grafiek de halveringstijd van ^{60}Co.



Voor medische doeleinden wordt veel gebruik gemaakt van ^{60}Co onder andere voor uitwendige bestraling van gezwellen met gammastralen.
d Leg uit waarom men voor deze doeleinden liever geen isotoop met een hele korte (bijv. enkele minuten) halveringstijd of met een hele lange (bijv. miljoenen jaren) halveringstijd gebruikt.

9 Jodium dat door het menselijk lichaam wordt opgenomen hoopt zich op in de schildklier. Als de schildklier niet goed functioneert, wordt in dat deel geen nieuwe jodium opgenomen. Door aan een patiënt bij wie men schildklierafwijkingen vermoedt, een kleine hoeveelheid radioactief jodium dat gammastraling uitzendt, toe te dienen kan men deze afwijking constateren.

a Leg uit hoe dat in zijn werk zal gaan.

Men heeft de beschikking over 3 isotopen van jodium die gammastralen uitzenden:

isotoop	*halveringstijd*	*straling*
^{123}J	0,55 dag	gamma
^{125}J	60,2 dag	gamma
^{131}J	8,05 dag	bèta en gamma

b Leg uit waarom het uitzenden van bètastralen een bezwaar is bij gebruik van ^{131}J.

c Welke van de isotopen ^{123}J en ^{125}J zou je op grond van de halveringstijd het beste kunnen gebruiken bij schildklieronderzoek?

d Leg uit dat ondanks de gevaren die zijn verbonden aan het gebruik van radioactieve stoffen, radioactief jodium toch veel gebruikt wordt voor schildklieronderzoek.

uitkomsten

1.1 2. bijvoorbeeld goud; aluminium
kwik; ether
4. water
5. 0,80 g/cm^3

1.2 2. 56,2 °C

1.3 1e. 1013; 750
6. 1 atm overdruk
7. 0,5 atm

1.4 1. 20 N/cm^2 ; 33 N/cm^2
6, 67 N/cm^2
2. C. 0,7 atm
3. a. 10 cm
b. 10 cm boven de bodem
c. 12 cm boven de bodem
5c. $\frac{1}{4}$ deel

1.6 2. 273; 373; 300; 210; 0
−258; 0; −93; 127
3. −273 °C

1.7 3. a. nr 2, 7 en 11
b. nr 9, 10 en 11
c. nr 6, 7 en 8
4. 1, 2.10^{-5} K^{-1} ; 1,2 cm

2.1 6. 1,03 · 10^5 J (103 · 220 J)

2.3 3. 30%
4a. 4,5% ($\frac{1,5}{33}$)
5. 5 kWh
7. a. 34%
b. 6 m/s

2.4 6. a. a-b-c
b. 82 W
c. meer dan 54 °C

3.4 2. a. 8,4 mm
b. 76 cm
5. 278

3.5 4. a. 5 cm
b. B
c. 5,1 cm
d. 0,026 x 160 = 4,1 cm

4.2 2. 23 mA
3. 300
4. 1,5 V

4.3 3. c. 0,5 A
d. $R_1 : R_2 = 1 : 4$
4. a. 0,33 A
b. 0,67 V; 1,33 V; 3 V; 4 V
c. 9 V
6. 1 en 4
7. a. 9mA
b. 3mA
c. 72 V

4.4 1. 0,033 A; 180 Ohm
6. 250 W
1000 W
7. B; D
8. 1,3 kW

6.3 1. C
2. b. kabel 1: 630 N
kabel 2: 400 N
balk: 470 N
3. c. 30 N
5. 4,6 N; 8,7 N
6. 6600 N
7. 3,0 N; 4,0 N
8. 7400 N

6.4 1. 333 N
2. a. 75 N; 75 N
b. 575 N; 75 N
c. 0,27 m
4. 32 000 N
5. b. 10 cm

7.1 1. 2,9 m/s
2. auto A 22 m/s
auto B 17 m/s
vrachtauto 16 m/s
3. 0,44 m/s
6. 1,0 m/s
1,8 m/s

7.2 1. 2 m/s^2
2. −5 m/s^2
3. 2,9 m/s^2
4. −3,5 m/s^2
5. a. −1,4 m/s^2 ;
b. 11 m

7.3 2. a. 48000 J;
b. 48000 J
3. 10 J

7.4 1. 480 W
2. 900 W
3. a. 100 J; 100 J
b. takel 1: 1 op 3
takel 2: 1 op 2
c. takel 1: 333 N
takel 2: 500 N
4. a. 29%
b. 48%
7. a. $\frac{3}{10}$ deel;
c. 30%
8. a. 0,9 W
b. 0,75 W
c. 84%

7.5 3. 200 g

7.6 1. a. 6,25 m/s
b. $-1{,}25\ m/s^2$
c. 55
d. 15,6 m
2. a. $1{,}7\ 10^4$ N
4. $24 \cdot 10^3$ N
6. a. 25 m
b. 75 m

8.3 1. ^{3}H: 1p, 1e, 2n
^{35}Cl: 17p, 17e, 18n
^{235}U: 92p, 92e, 143n
6. a. 4,5; 90; 13,5; 18,0
7. 2 min.
8. b. 60 Ni
c. 4,5 jaar

PLON

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

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

Stuurgroep PLON (1974-heden)

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

Kerngroep mavo

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

PLON-team mavo/havo/vwo-onderbouw

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

PLON-administratie

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

Tekeningen

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

Foto's

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

PLON-CITO (namens CITO)

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

Proef- en volgscholen 1980-1981

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

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

VOOR DE 2e KLAS

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

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

VOOR DE 3e KLAS

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

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

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

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

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