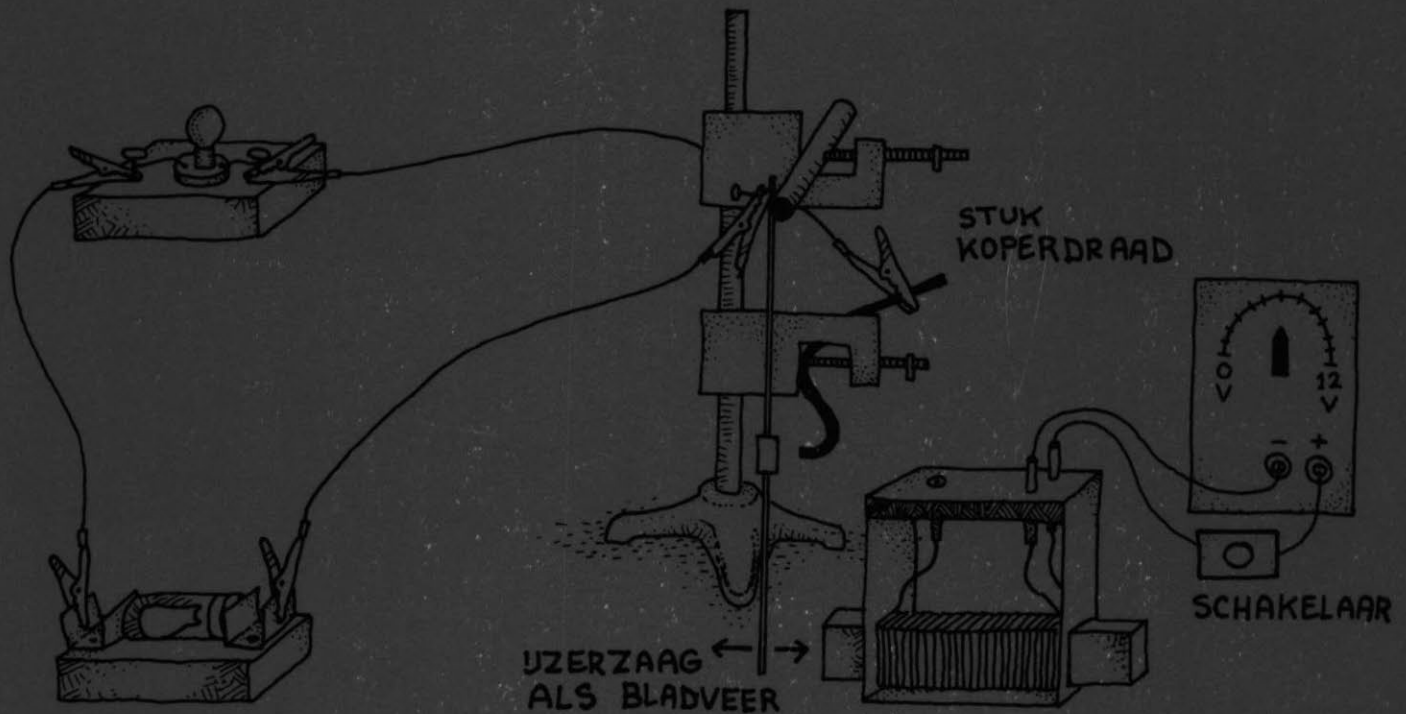


SCHAKELLEN EN REGELEN

S.V.P. NIET MEENEMEN
INZAGE EXEMPLAAR
BESTELLINGEN VIA DE BESTEL-
LIJST



PLON

BV Uitgeverij **nib**

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

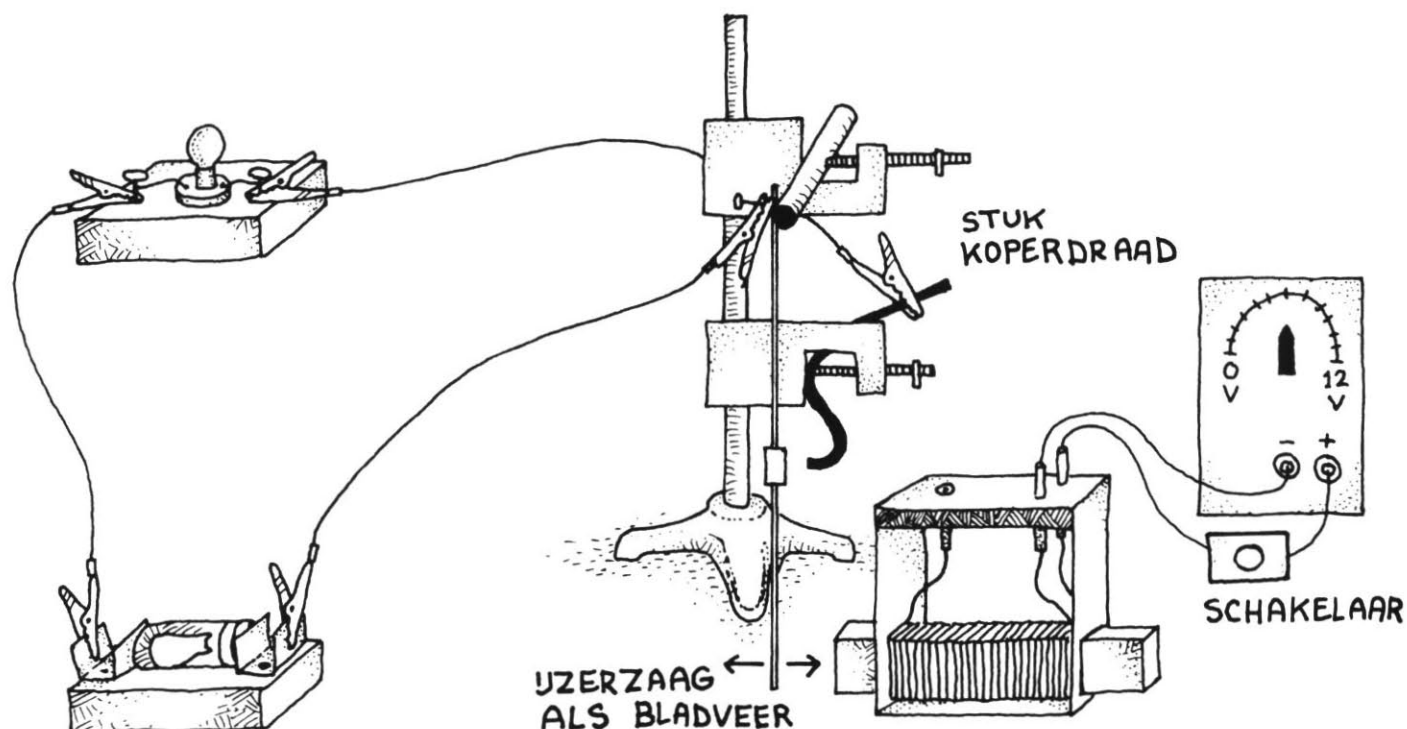
SCHAKELLEN EN REGELEN

Samengesteld door de projectgroep van het PLON
voor de 4e klas mavo en de onderbouw havo/vwo

Experimentele uitgave



BV Uitgeverij **nib**



OVER DIT BOEK

In dit boek staan proeven, theorie en leesteksten over allerlei elektrische schakelingen. Thuis, op school, in winkels en gebouwen wordt erg veel gebruik gemaakt van elektrische schakelingen. Bijvoorbeeld wordt de temperatuur bij een C.V.-installatie met een elektrische schakeling konstant gehouden. Er zijn schakelingen die automatisch de straatverlichting ontsteken als het donker wordt en schakelingen in de tuinbouw die automatisch aarde in kassen besproeien als ze te droog wordt. Misschien kun je zelf nog wel meer voorbeelden bedenken van dingen die automatisch geschakeld worden. Een paar van die schakelingen gaan we in dit boek nauwkeurig onderzoeken.

Het maken van elektrische schakelingen heb je al geleerd in het boekje „Elektrische Schakelingen”.

Gebruik dat boekje als geheugensteun naast dit themaboek.

In het basisdeel staat een aantal proeven, waardoor je de principes van dergelijke schakelingen leert kennen. In het theoriedeel leer je meer over de natuurkundige achtergrond. Tenslotte kun je in het onderzoeksdeel uitgebreide regelsystemen bouwen. In het leesdeel vind je achtergrondinformatie.

INHOUD

SCHAKELLEN EN REGELLEN

Basisdeel	blz. 3
Theoriedeel	blz. 21
Onderzoeksdeel	blz. 33
Leesdeel	blz. 51

inhoud basisdeel

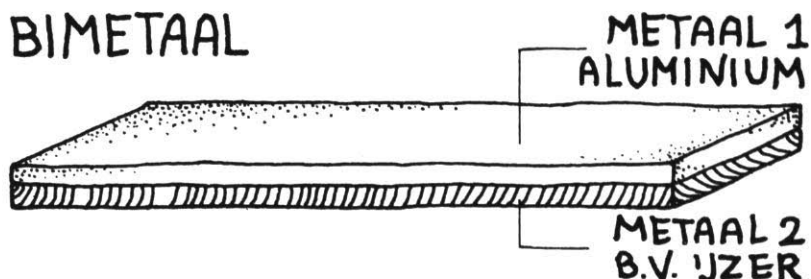
- | | |
|--|---------|
| 1. Temperatuurschakelingen met bimetalen. | blz. 5 |
| 2. Temperatuurschakeling met thermo-elementen. | blz. 8 |
| 3. Lichtschakeling. | blz. 13 |

1 temperatuurschakeling met bimetalen

In het thema „Verwarmen en Isoleren” kan je leren hoe de radiatoren van de C.V.-installatie de kamer verwarmen. De C.V.-ketel verwarmt het water voor de radiatoren. De brander van de ketel moet aan en uit gezet worden: aan als de temperatuur in het huis te laag is en uit als hij te hoog is. Daarvoor zorgt de kamerthermostaat: hij regelt de ketel zo dat de temperatuur ongeveer* op de ingestelde waarde blijft.

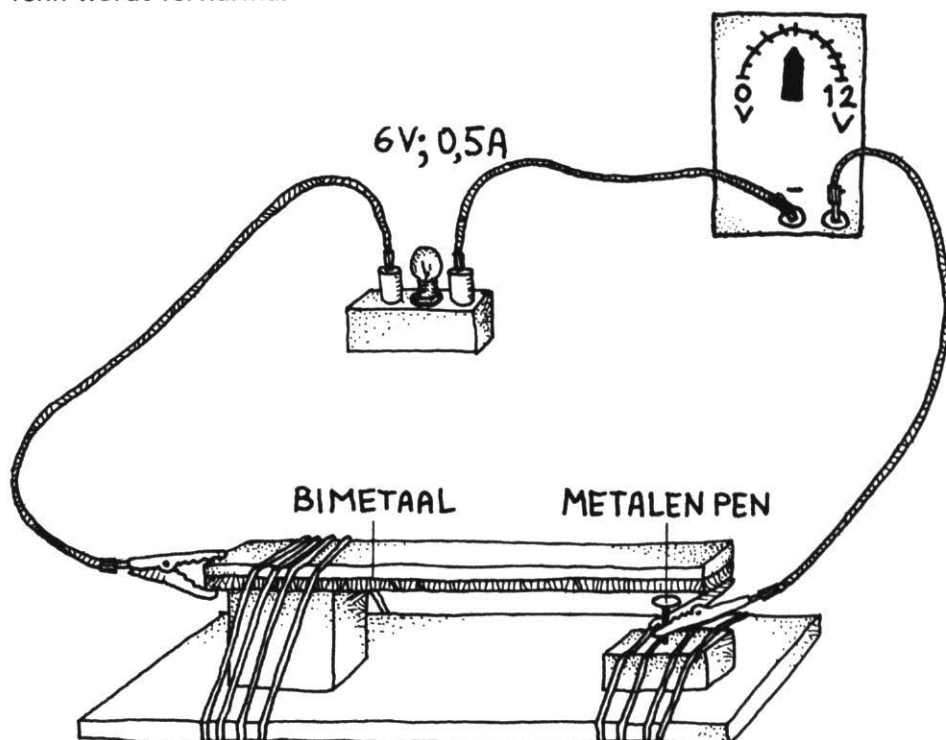
De kamerthermostaat schakelt de ketel omdat hij reageert op temperatuurveranderingen. Zo'n thermostaat bestaat in de eenvoudigste uitvoering uit een recht, gebogen of spiraalvormig *bimetaal*.

Het bimetaal kan een elektrische schakeling sluiten of verbreken doordat het bij verwarming krom buigt.



PROEF 1 Schakelen met een bimetaal

1. Verwarm een bimetaal met een lucifer en kijk wat er gebeurt.
2. Bouw de volgende schakeling na. Maak hem zo dat het lampje gaat branden als het bimetaal met een lucifer of föhn wordt verwarmd.



WERKING BIMETAAL

Een bimetaal is een strook van 2 verschillende stukken metaal („bi” betekent „twee”). De metalen zijn stevig aan elkaar gelast, geniet of gesoldeerd. Beide metalen zetten bij verwarming uit. Het ene soort metaal zet meer uit dan het andere soort. De ene strook zet dus iets meer uit dan de andere. Doordat ze aan elkaar vastzitten, gaat het geheel krom staan. Om te beredeneren welke kant het bimetaal opbuigt moet je weten welk metaal het meest uitzet. In de tabel op blz. 63 staat in de kolom „lineaire uitzettingscoëfficiënt” van een heleboel metalen hoeveel meter een staaf van 1 m lengte bij een temperatuurverhoging van 1° C** langer wordt.

* In het onderzoek „Temperatuurschommelingen verkleinen” (blz. 37) lees je hoe het komt dat de temperatuur niet precies de ingestelde waarde houdt. Ook kun je daar lezen hoe je de schommelingen zo klein mogelijk kunt houden.

** K betekent Kelvin. 0° C = 273 K.

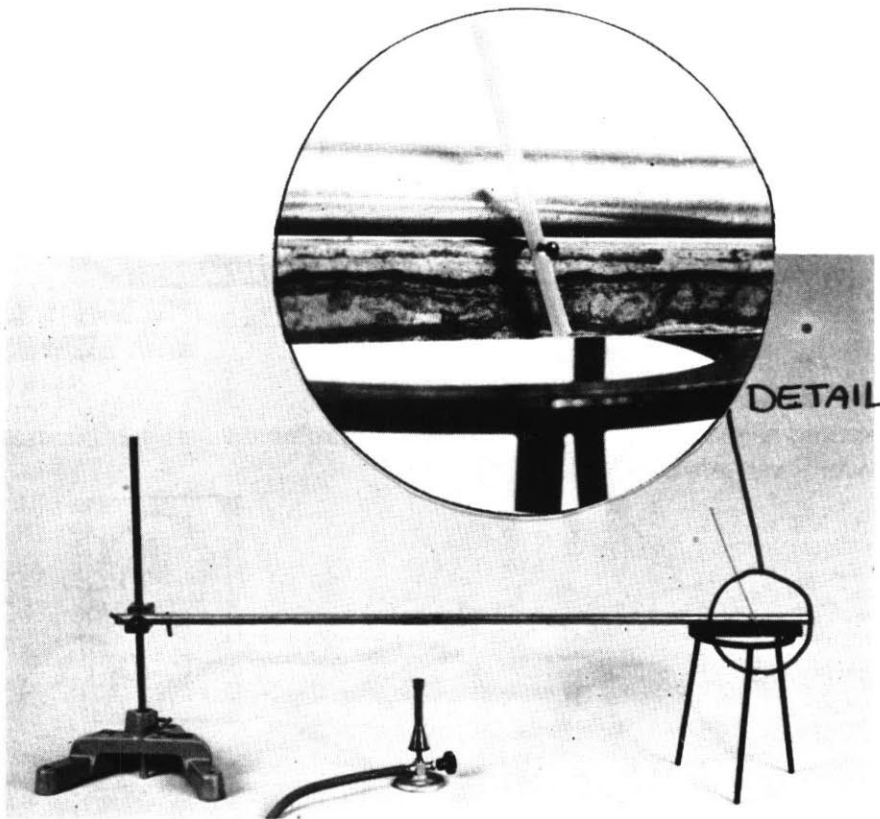
20° C = 293 K. Een temperatuurverschil van 1 K komt overeen met een temperatuurverschil van 1° C. Omdat je bij het gebruiken van de lineaire uitzettingscoëfficiënt te maken hebt met temperatuurverschillen, maakt het niet uit of je ° C of K neemt.

Voorbeeld:

Een staaf aluminium van 1 m lengte zet bij 1°C temperatuurverhoging $2,4 \cdot 10^{-5}$ m uit.
 $2,4 \cdot 10^{-5}$ m betekent $2,4 \times 0,00001$ m, dus $0,000024$ m of $0,024$ mm.

Nog een voorbeeld:

Een ijzeren staaf van 1 m lengte zet bij 1°C temperatuurverhoging $1,2 \cdot 10^{-5}$ m of $0,012$ mm uit.
Met het blote oog kun je dat niet zien, maar met het apparaat op onderstaande foto wel.



Opstelling om uitzetting van metalen te demonstreren uit het thema „Verwarmen en Isoleren”.

Opdracht 1.

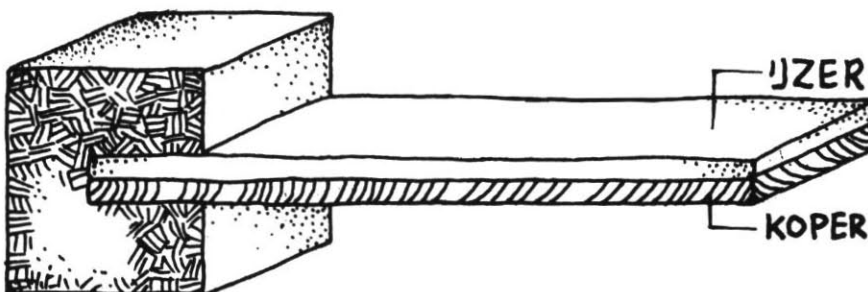
Zoek in de tabel van blz. 63 de lineaire uitzettingscoëfficiënt van koper op. Hoeveel millimeter zet een staaf koper van 1 meter uit als de temperatuur 1°C omhoog gaat?
Hoeveel mm zet de staaf uit bij 75°C temperatuurverhoging?

Opdracht 2.

Hoeveel zet een staaf ijzer van 2 m uit bij verwarming van 20°C tot 50°C ?

Opdracht 3.

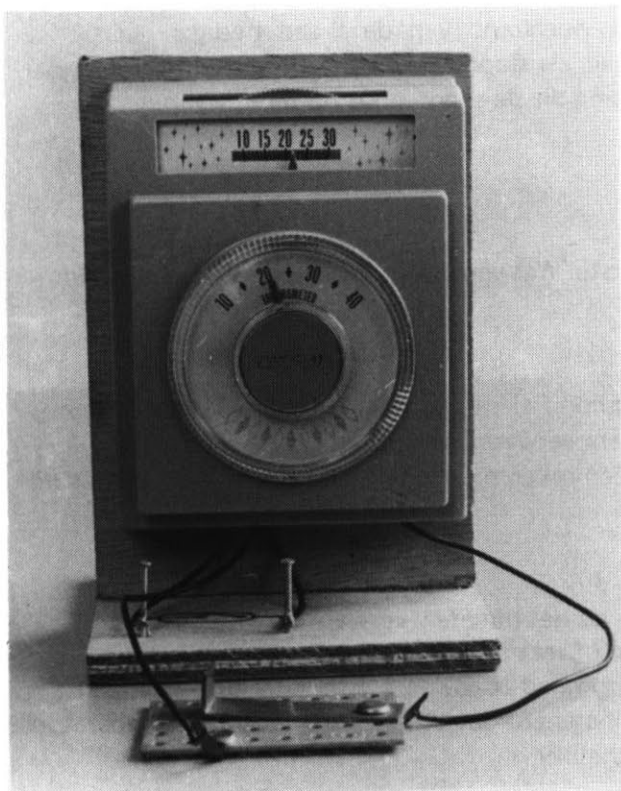
Welke kant buigt een bimetaal van ijzer en koper op bij temperatuurverhoging?



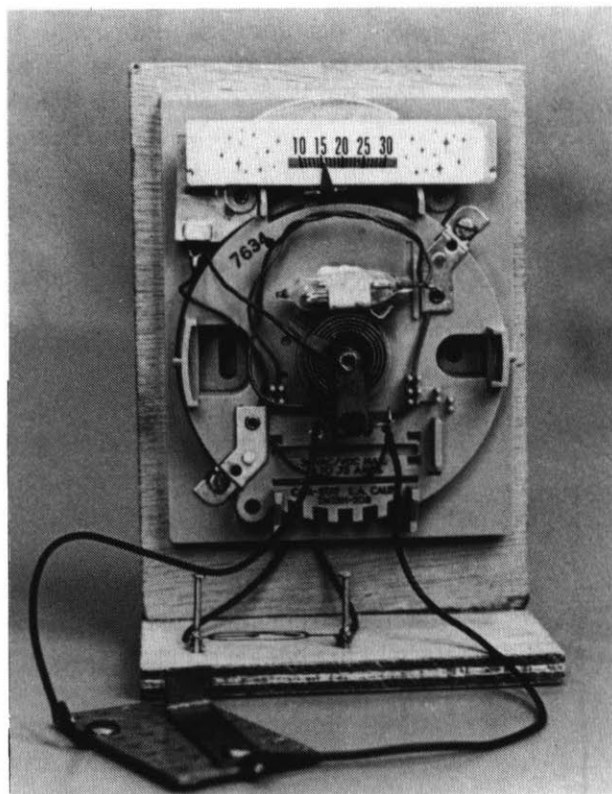
DE KAMERTHERMOSTAAT VAN DE C.V. MET EEN SPIRAALVORMIG BIMETAAL

Bij een spiraalvormig bimetaal zorgt een kwikschakelaar voor het kontakt.

PROEF 2 De kamerthermostaat



Kamerthermostaat.

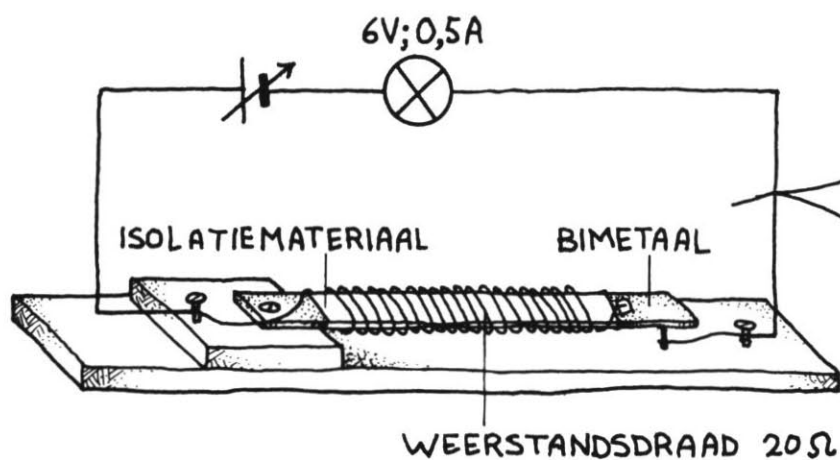


Dezelfde thermostaat zonder beschermkap.

1. Pak een opengemaakte thermostaat. Zoek het bimetaal op. Bekijk hoe het bimetaal en de kwikschakelaar samen voor een schakeling zorgen.
 2. Stel de thermostaat in op 25° en verwarm hem met een föhn. Kijk hoe de schakeling tot stand komt.
 3. Schakel een lampje met deze thermostaat m.b.v. verwarming door de föhn.
- Meer informatie over bimetaalthermostaten vind je in de leestekst 1: „Thermostaten en schakeltraagheid”.

EEN KNIPPERLICHT

Een knipperlicht kan gemaakt worden van een lampje met spanningsbron en een bimetaal omwikkeld met weerstandsdraad. Het principe is hieronder getekend.



ZORG DAT
DE DRAAD
HET BIMETAAL
MAAR OP EEN
PLAATS RAAKT !

Opdracht 4.

Leg uit hoe het knipperlicht werkt.

Om de opstelling na te bouwen moet je eerst twee dingen berekenen: de lengte van de weerstandsdraad en de spanning die de spanningsbron moet leveren.

Opdracht 5

- Bereken hoe lang de weerstandsdraad moet zijn om een weerstand van 20Ω te hebben. Je hebt daarvoor de doorsnede en soortelijke weerstand van de draad nodig.
- Bereken de spanning over de weerstandsdraad als door het lampje de stroom loopt, waarvoor het lampje gemaakt is. Bereken de spanning die de spanningsbron moet leveren.

PROEF 3 Een knipperlicht

- Bouw het knipperlicht na.
- Schakel een tweede lampje parallel aan het eerste. Wat verandert er aan de werking? Leg uit hoe dat komt.

Opdracht 6

Een stalen spoorbrug is 60 m lang. De uitzettingscoëfficiënt van staal is $1,0 \times 10^{-5}/K$. Hoeveel cm wordt deze brug langer als de zon hem verwarmt van $15^\circ C$ tot $60^\circ C$? Wat zal er gebeuren als er met deze uitzetting geen rekening wordt gehouden bij het bouwen van de brug?

Opdracht 7

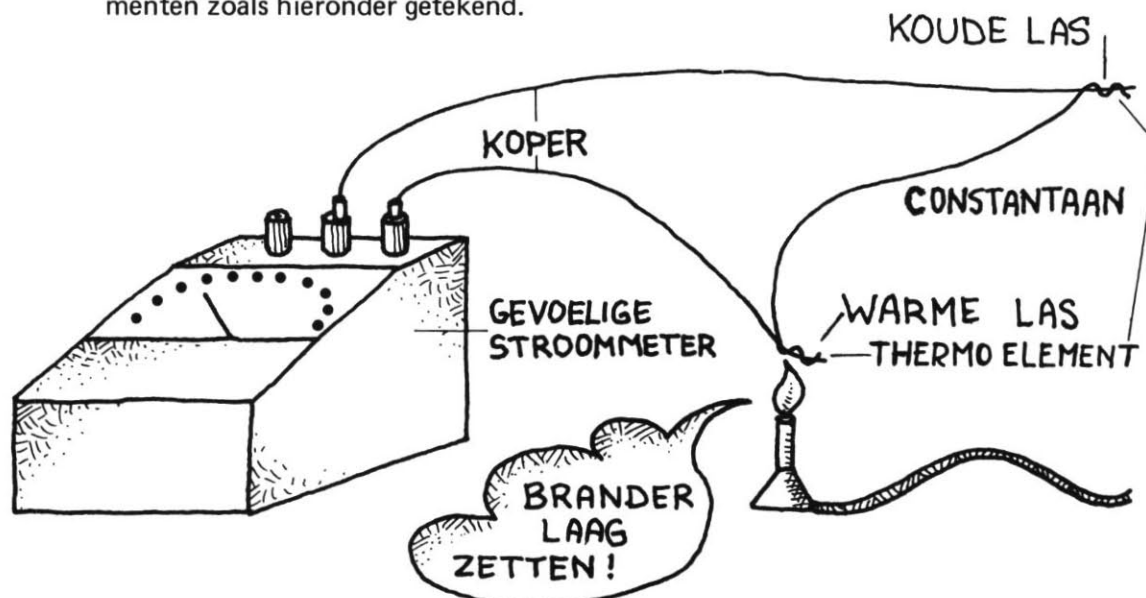
Teken een schakeling waarbij een lampje uitgaat als het bimetaal verwarmd wordt. Vertel kort hoe de schakeling werkt (in woorden of met de tekening).
Bouw je schakeling om te kijken of het ontwerp goed is geweest. Hoe kun je je schakeling zo veranderen dat hij gevoeliger wordt? Gevoeliger betekent dat hij sneller reageert op temperatuurveranderingen (er zijn meerdere antwoorden mogelijk).

2 temperatuurschakeling met thermo-elementen

De bimetalen uit de vorige paragraaf schakelen de stroom in een kring met spanningsbron aan of uit. Een thermoelement is zelf in staat een spanning op te wekken. Het kan in een kring dus een stroom laten lopen. Een thermoelement bestaat uit twee draden die aan het uiteinde in elkaar zijn gedraaid of vastgesoldeerd. Die verbinding heet een las.

PROEF 4 Een thermokoppel

- Maak van twee koperdraden ($\phi 0,2 \text{ mm}$) een konstantaandraad ($\phi 0,2 \text{ mm}$) twee thermoelementen zoals hieronder getekend.



2. Kijk naar de uitslag van de gevoelige stroommeter terwijl je
- a) de éne las verwarmt;
 - b) de andere las verwarmt;
 - c) beide lassen verwarmt.

Als je één las verwarmt, loopt er een stroom door de meter.

Als je de andere las verwarmt, loopt er een tegengestelde stroom.

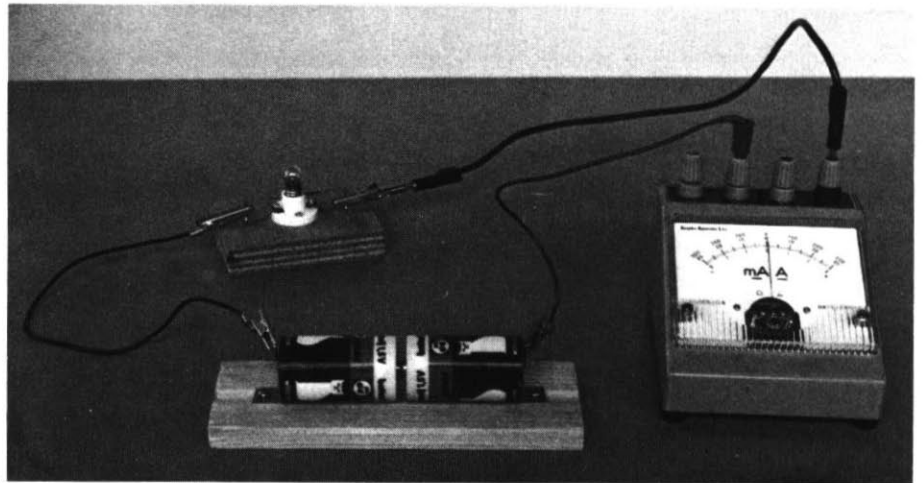
Als je de beide lassen tegelijk verwarmt, loopt er geen stroom.

Zo'n tweetal thermoelementen wordt een thermokoppel genoemd. De stroom die wordt opgewekt, heet een thermostroom.

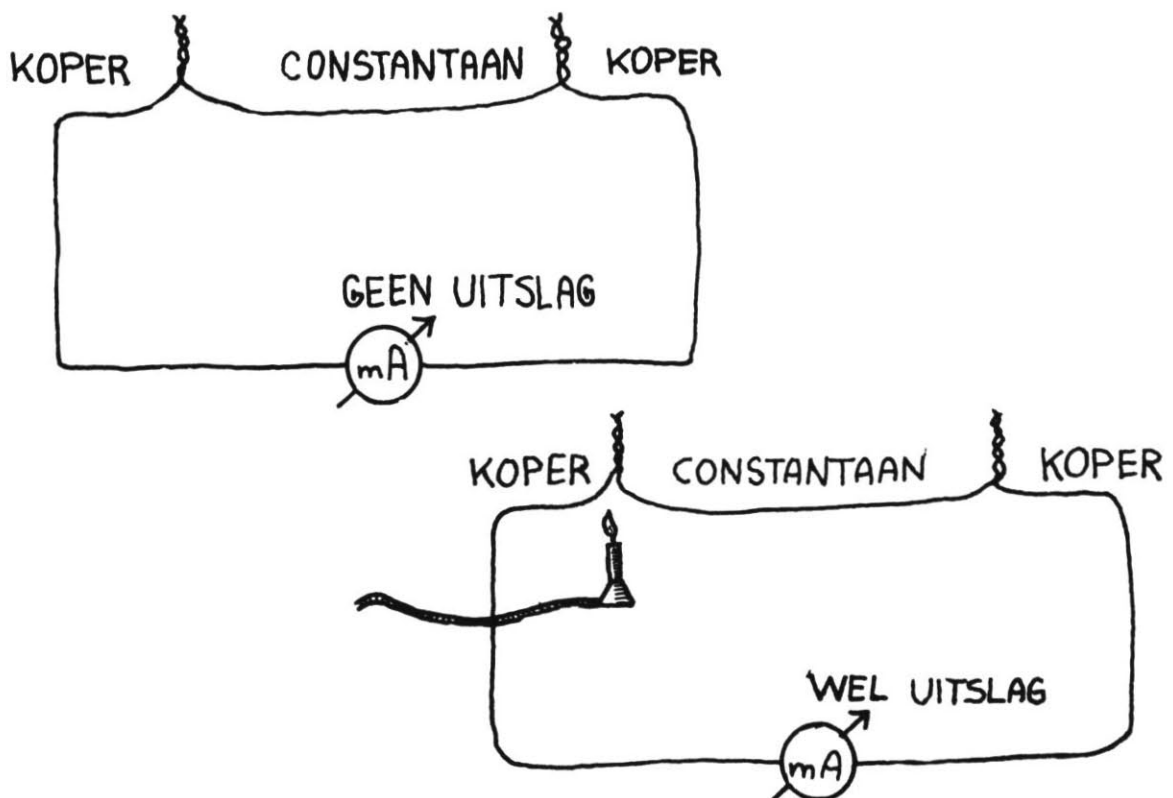
VERKLARING

Als je de uiteinden van twee metaal draadjes tegen elkaar houdt, ontstaat er tussen de andere uiteinden van de draadjes een spanning. Die spanning is veel kleiner dan de spanning van een batterij.

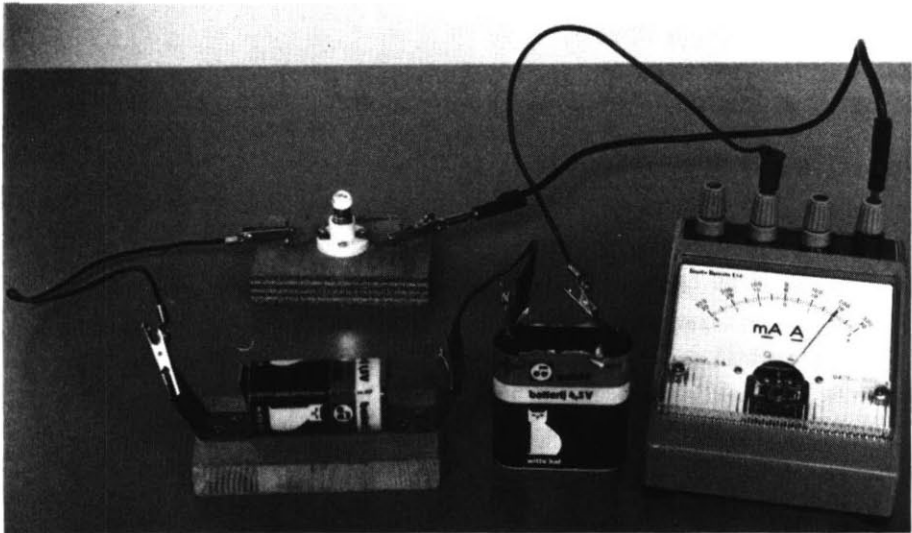
Een thermokoppel bestaat uit twee thermoelementen. De spanning van het ene element wordt tegengewerkt door het andere element. Net zoals twee batterijen die tegen elkaar in zijn geschakeld.



De stroommeter vertoont geen uitslag.



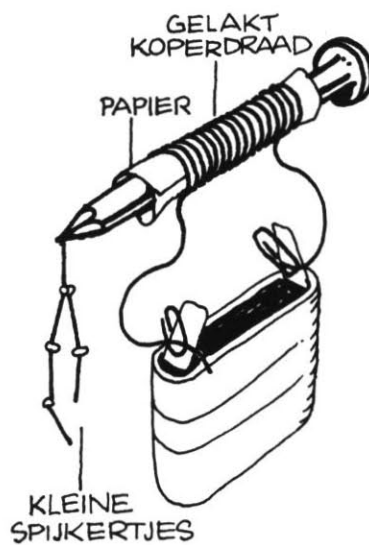
Als je één van de twee thermoelementen verwarmt, wordt het spanningsverschil bij die las groter. Bij de nietverwarmde las blijft het spanningsverschil gelijk. Daardoor kan er dan wel een stroom gaan lopen. Dat kun je vergelijken met een batterij van 1,5 V en één van 4,5 V. Als je die tegen elkaar schakelt, loopt er wel een stroom.



De stroommeter slaat wel uit.

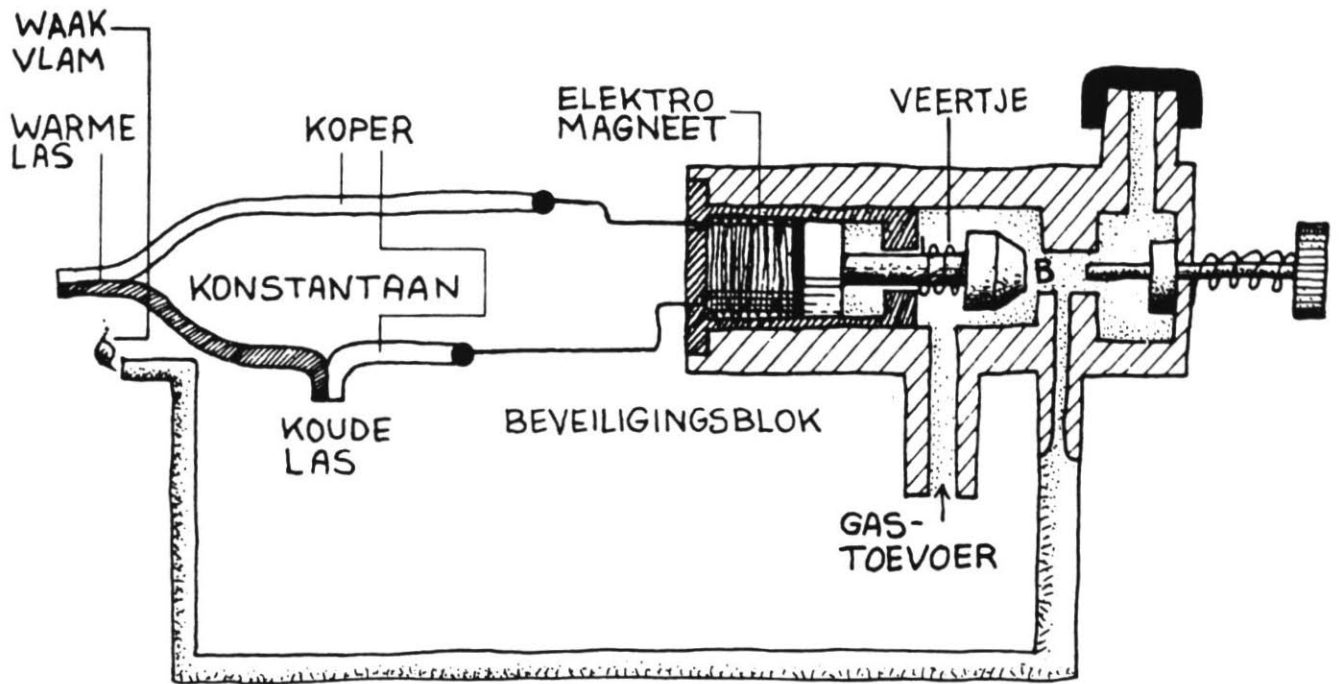
Een thermokoppel wordt gebruikt in de beveiliging van waakvlammen. Bijvoorbeeld van een centrale verwarming of van een geijser. Daarbij loopt de thermostroom door een elektromagneet.

In het thema „Geluid Weergeven” heb je een elektromagneet gemaakt.

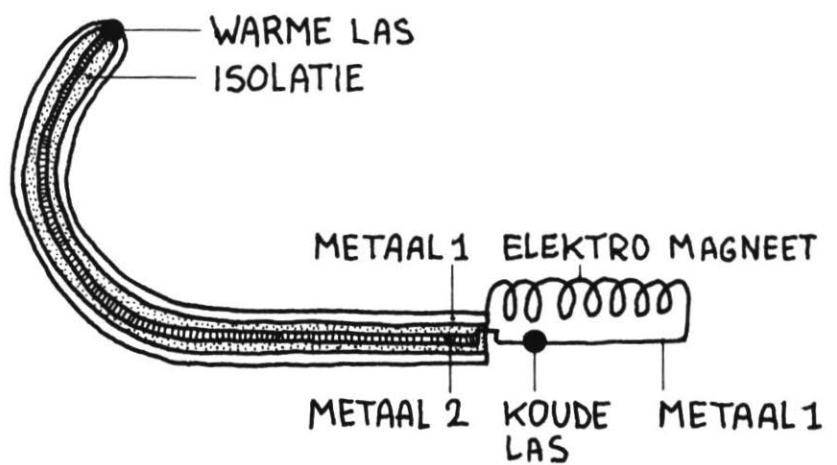
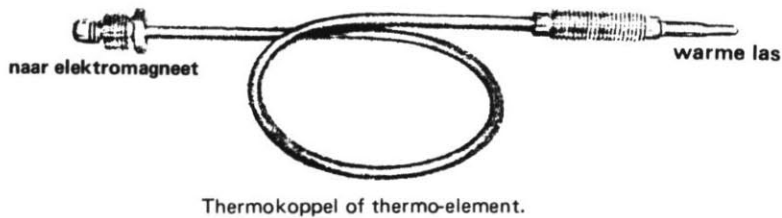


zelf gemaakte elektromagneet.

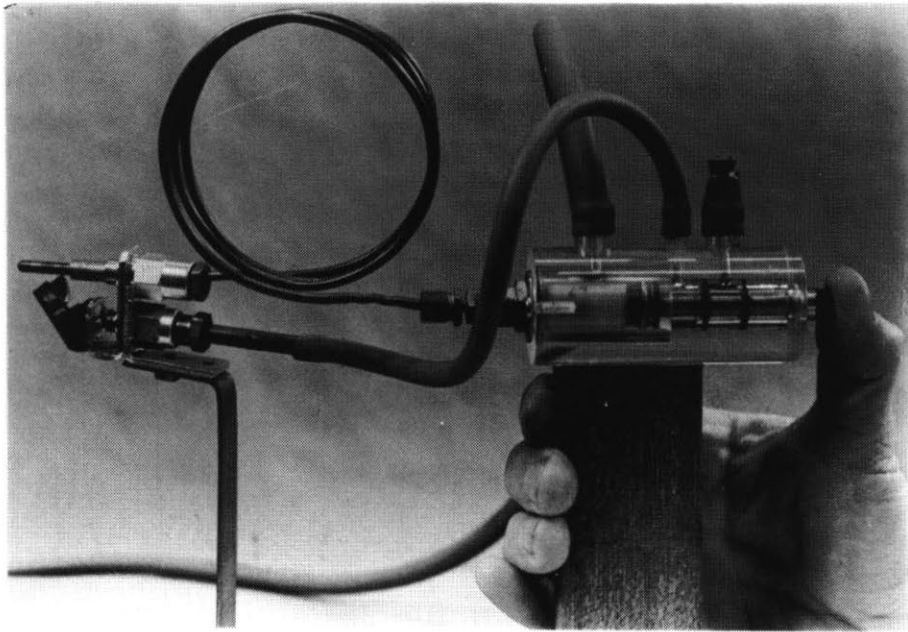
PROEF 5 Een waakvlambeveiliging



1. Sluit het thermokoppel aan op het beveiligingsblok.
2. Sluit het beveiligingsblok aan op de gasleiding.
3. Druk de knop in en steek de waakvlam aan. Houd de knop ongeveer 40 seconden ingedrukt.
4. Kijk wat er gebeurt als je de waakvlam uitblaast.
5. Verklaar de werking.



schematische doorsnede thermokoppel.



beveiligingsblok

Het blok sluit enige tijd na het uitgaan van de waakvlam automatisch de gastoevoer af. Daardoor wordt voorkomen dat er gas blijft stromen als de vlam is gedoofd. Het afsluiten duurt even, omdat het thermokoppel eerst moet afkoelen.

Als de waakvlam aan is, zorgt de thermostroom ervoor dat de elektromagneet de gasklep openhoudt.

Opdracht 8

Waarom moet je bij het aansteken de knop enige tijd ingedrukt houden?

Opdracht 9

Hoe kun je een onderzoekje opzetten om te bepalen hoe groot de magnetische kracht in de spoel van een waakvlambeveiliging is?

Is die magnetische kracht temperatuurafhankelijk?

Opdracht 10

Met een thermokoppel kun je meten hoeveel straling op een voorwerp valt. Leg uit hoe je dat kunt doen.

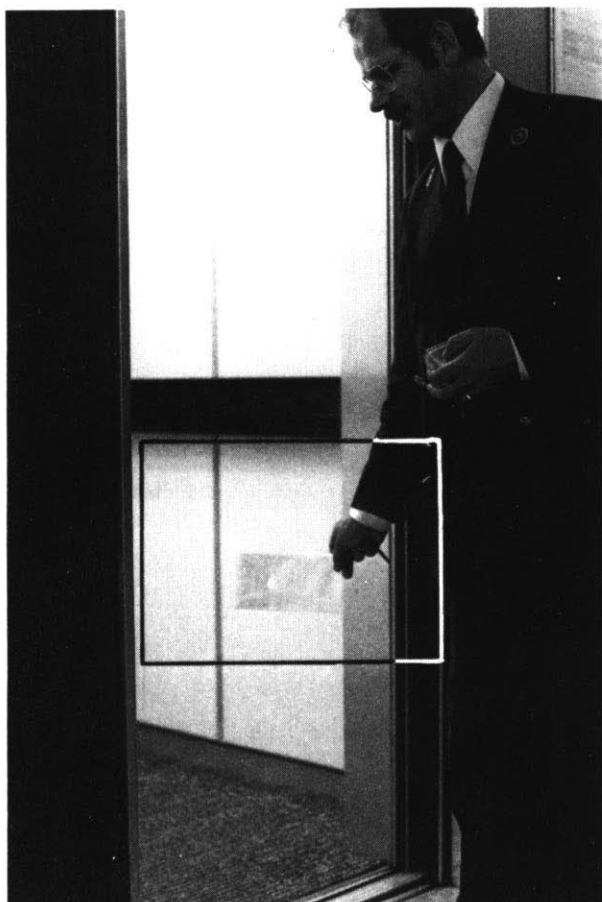
In de praktijk wordt hiervoor meestal een serieschakeling van een aantal thermokoppels gebruikt. (zie de leestekst „Meten met bimetalen en thermokoppels“, blz. 58)

3 lichtschakeling

Lichtschakelingen worden tegenwoordig erg veel gebruikt. Bijvoorbeeld om te zorgen dat een liftdeur niet dichtgaat als je de lift binnengaat; of om bij mist automatisch waarschuwborden op te laten lichten.

Zulke systemen werken als volgt:

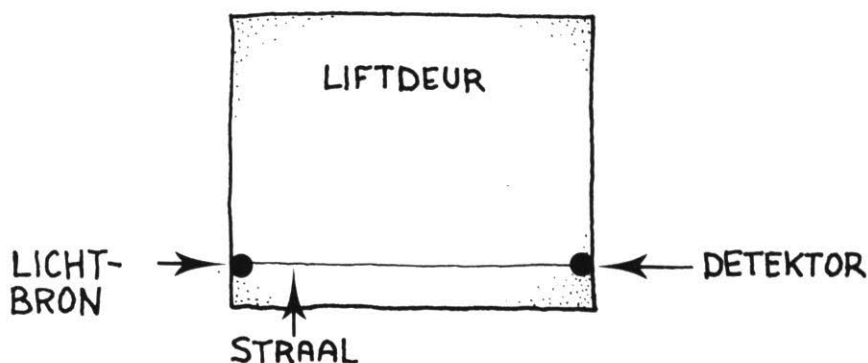
Bij de liftdeur loopt een lichtstraal voor de opening en valt op een apparaatje, de detektor. Zo'n detektor kan meten of er licht op valt of niet. Als je in de deuropening staat, onderbreek je de lichtstraal even. De detektor merkt dat en zorgt dat de deur niet sluit.



liftdeurbediening.

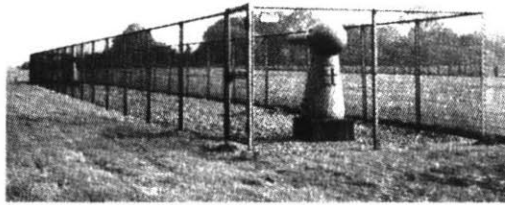


detail van foto links



Bij het mist-waarschuwingssysteem heb je ook een lichtstraal en een detektor. Als het mistig wordt, komt er minder licht op de detektor en dan worden de waarschuwborden verlicht.

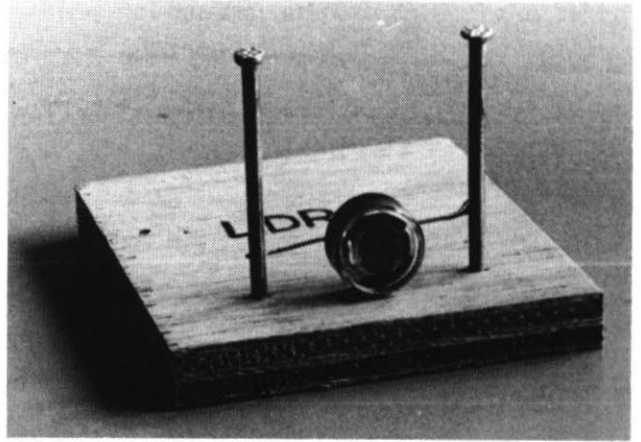
In het volgende ga je precieser leren hoe zo'n lichtschakeling werkt. We proberen een systeem te maken dat ons waarschuwt als het licht in de koelkast blijft branden. Er zitten twee onderdelen in een lichtschakeling die je nog niet kent: de L.D.R. en het relais.



Mist. Een veel voorkomende situatie in ons land. Met zichtmeters wordt de dichtheid van de mist gemeten.



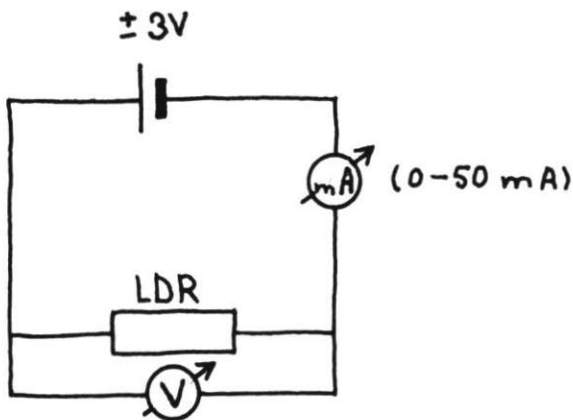
Om te zien of het licht in de koelkast uitgaat als je de deur dichtdoet, hoef je niet in de koelkast te kruipen.



L.D.R.

Een L.D.R. (Engels: light dependant resistance) is een stukje materiaal dat in het donker elektrische stroom slecht geleidt. Als er licht op valt, geleidt het materiaal veel beter. Hoe meer licht, des te beter de stroom geleid wordt. Je kunt ook zeggen dat de weerstand van de L.D.R. kleiner is als er meer licht op valt. Vandaar de naam lichtgevoelige weerstand.

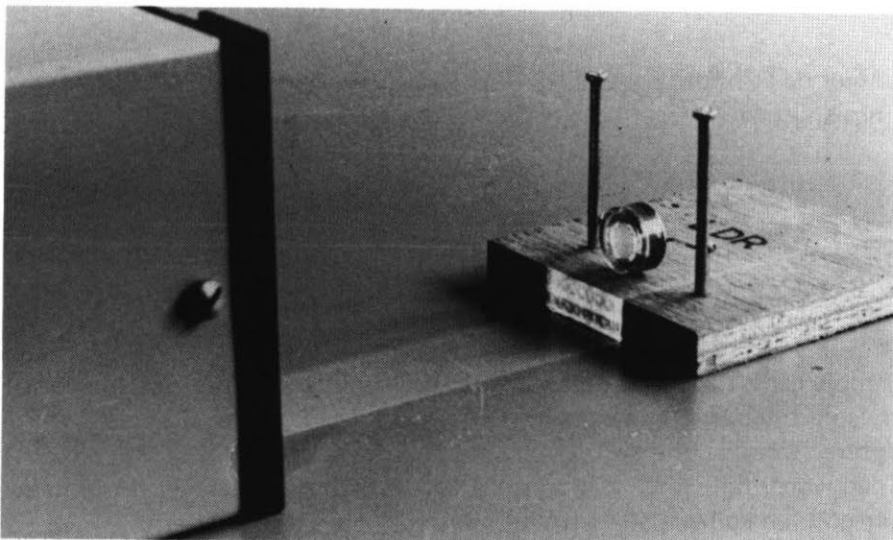
PROEF 6 Een lichtgevoelige weerstand



1. Maak de opstelling hiernaast.
2. Bepaal de weerstand van de L.D.R.

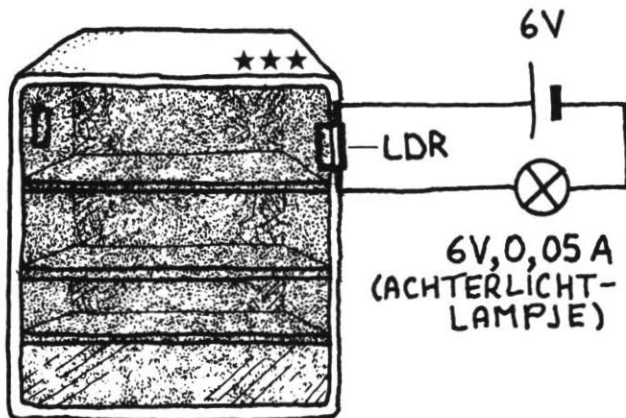


3. Schijn op de L.D.R. met een zaklantaarn.
Bepaal de weerstand van de L.D.R. als hij belicht wordt.
4. Bepaal de weerstand van de L.D.R. in het donker.



Hoe je de werking van een L.D.R. kunt verklaren, vind je op blz. 32.

Met zo'n L.D.R. proberen we nu een systeem te maken, waarbij een lampje buiten de koelkast ons waarschuwt als binnen de koelkast het licht blijft branden. In principe kan dat met de volgende schakeling.



de deur van de koelkast is dicht: donker



de deur van de koelkast is open: licht

De L.D.R. wordt in de koelkast geplaatst en het lampje en de batterij buiten de koelkast. Is het donker in de koelkast, dan geleidt de L.D.R. slecht; is het licht dan geleidt hij goed.

Voordat je deze schakeling gaat maken, moet je eerst berekenen of je kunt verwachten dat de schakeling werkt.

Opdracht 11

Bij de volgende vragen ga je berekenen of het waarschuwinglampje niet brandt als de L.D.R. in het donker is (a) en wel brandt als de L.D.R. verlicht wordt (b).

- a. Hoe groot is de weerstand van de L.D.R. in het donker? (Proef 6)

Bereken de weerstand van het lampje.

Hoe groot is weerstand van L.D.R. en lampje samen?

Hoe groot is de stroomsterkte?

Brandt het lampje?

- b. Bereken op dezelfde manier de stroomsterkte als de L.D.R. belicht wordt.

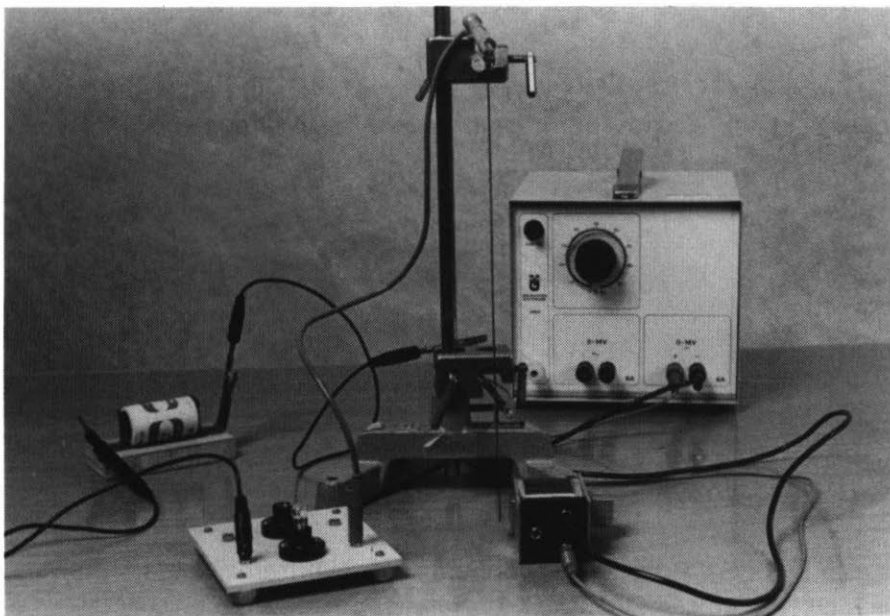
Brandt het waarschuwinglampje nu?

PROEF 7 Een L.D.R. als lichtdetektor

Maak de opstelling van hierboven en controleer je voorspellingen. Belicht de L.D.R. met een lamp.

Je merkt dat dit systeem werkt. Het lampje geeft maar weinig licht. Dat kun je verbeteren door de spanningsbron meer spanning te laten leveren of een groter lampje te nemen.

In beide gevallen moet er ook een grotere stroom door de L.D.R. De stroom door de L.D.R. mag wel wat groter worden, maar niet veel groter: dan wordt hij namelijk te warm. Daarom gebruiken we een stroomschakelaar. Die werkt al bij een vrij kleine stroom en kan een stroomkring sluiten.



Opstelling stroomschakelaar

PROEF 8 Een stroomschakelaar maken.

1. Bouw de getekende opstelling na.

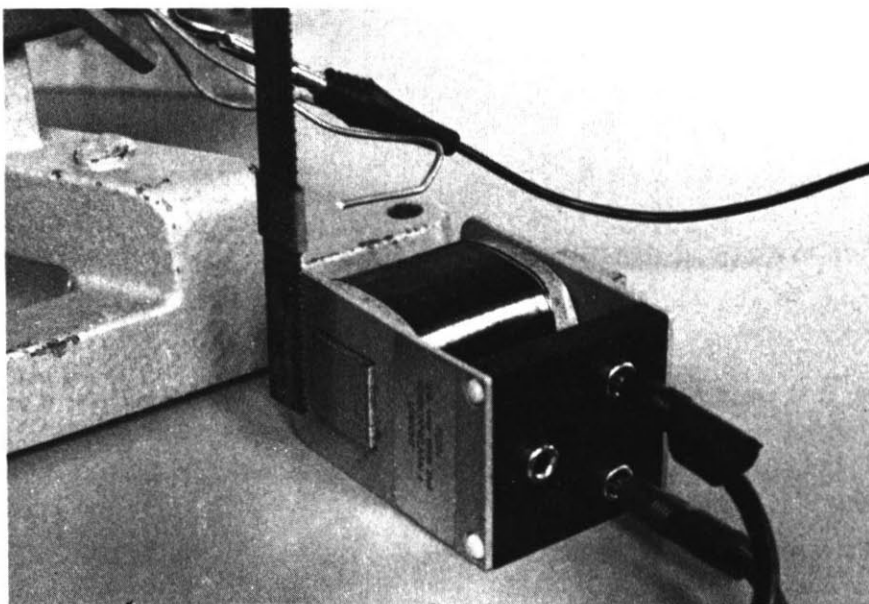
Als hij goed werkt, kun je door rechts de kring te sluiten, links het lampje laten branden.

2. Verklaar de werking.

Zoek zelf een geschikte spoel. Uitproberen!!

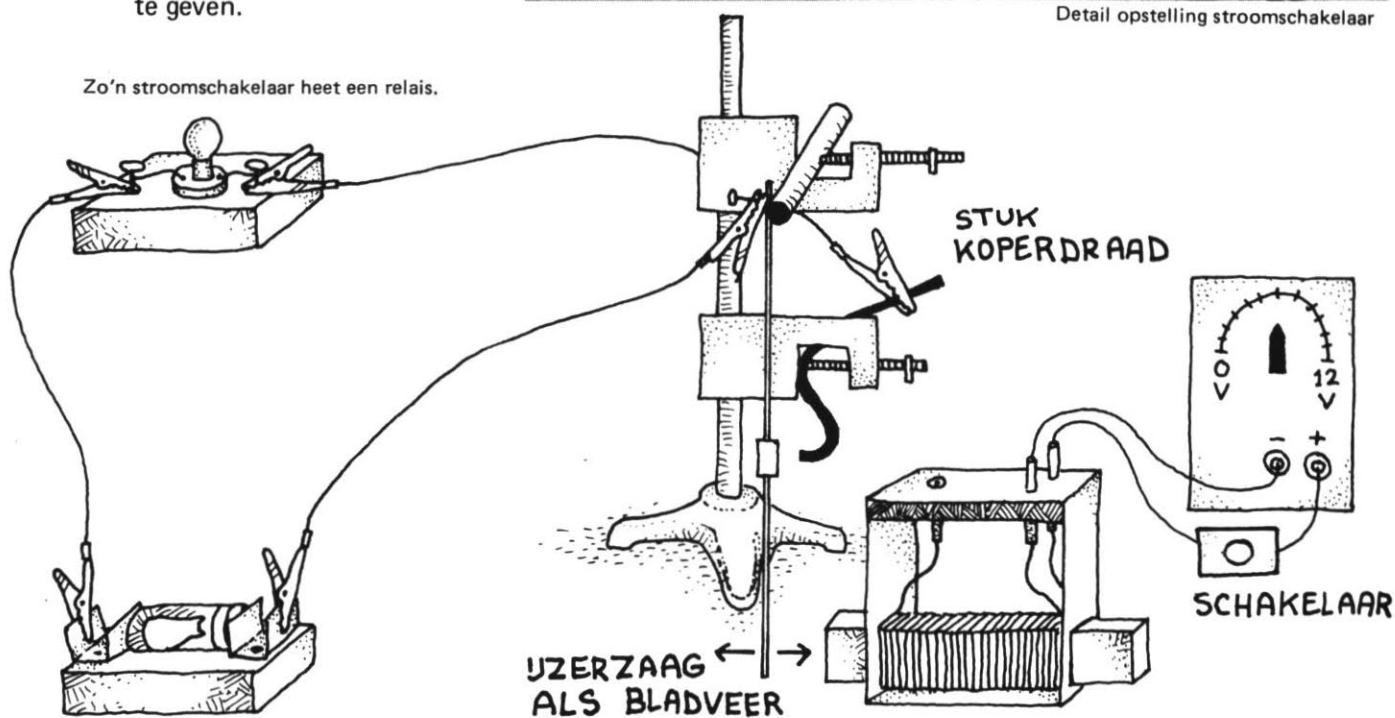
De elektromagneet wordt sterker

- door een kern;
- door er meer stroom door te laten gaan;
- door hem meer windingen te geven.



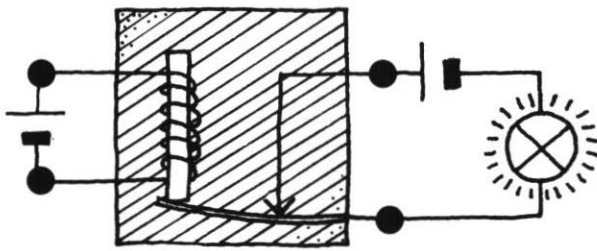
Detail opstelling stroomschakelaar

Zo'n stroomschakelaar heet een relais.

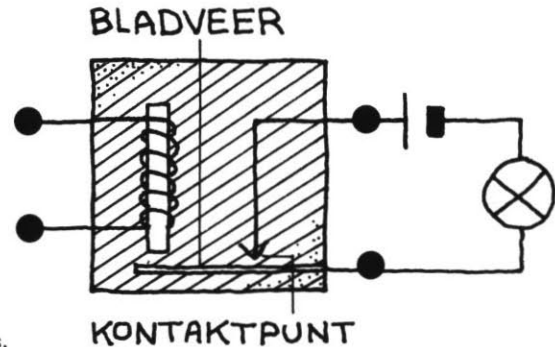


WERKING VAN EEN RELAIS

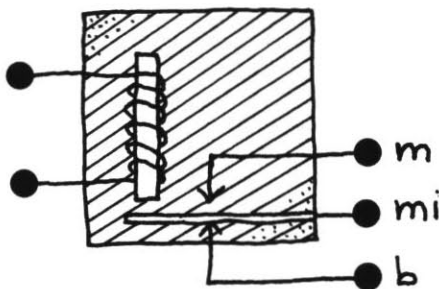
Hieronder zie je een eenvoudig relais waarop een batterij met lampje is aangesloten. In het relais zit een elektromagneet. Als er door de elektromagneet een stroom loopt, gaat de bladveer omhoog en komt tegen het kontaktpunt aan.



eenvoudig relais.

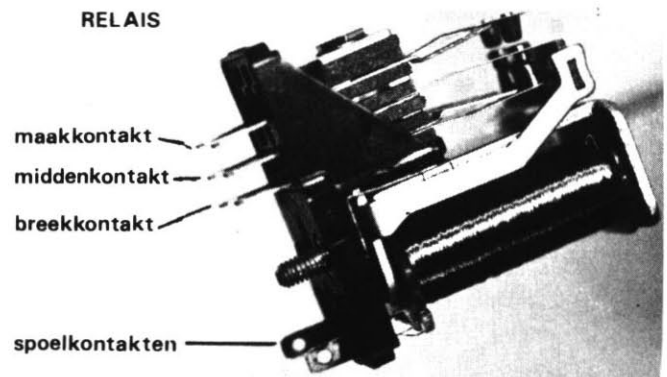


De schakelaar is gesloten en het lampje gaat branden. Als er geen stroom door de elektromagneet loopt, is de schakelaar open. Kontaktpunt en bladveer zijn samen een schakelaar, bediend door de elektromagneet.



m = MAAKKONTAKT **b = BREEKKONTAKT**

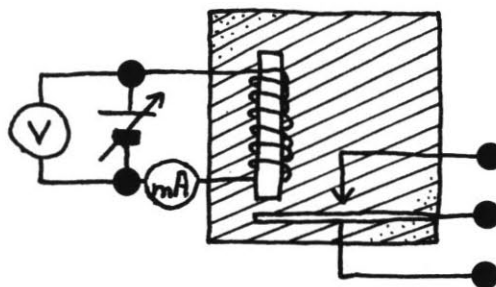
RELAIS



Opengewerkt relais. Normaal zit dit geheel in een doosje waaruit alleen de kontakten steken.

Voor de volgende proeven gebruik je een kant en klaar relais. Dat relais is wat ingewikkelder omdat je kunt kiezen of je de elektromagneet een schakelaar wilt laten openen of wilt laten sluiten. Als er een stroom door de elektromagneet loopt, wordt het middenkontakt met het bovenste kontakt verbonden. Loopt er geen stroom, dan zijn het onderste kontakt en het middenkontakt verbonden. Loopt er stroom door de elektromagneet, dan wordt dit kontakt verbroken: het heet daarom het breekkontakt. Het andere kontakt heet maakkontakt.

PROEF 9 Het relais



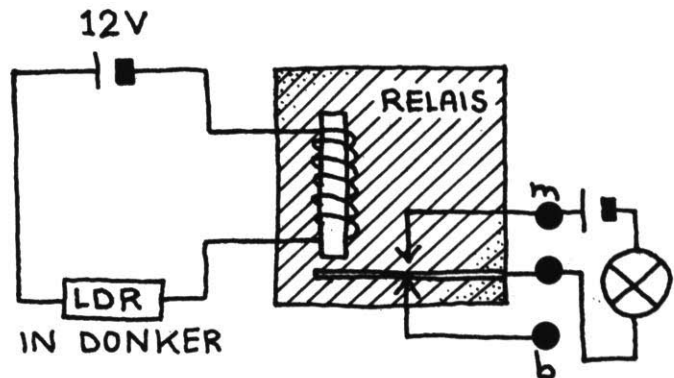
1. Sluit het relais aan op een regelbare spanningsbron. Sluit een spannings- en stroommeter aan, zoals getekend.
2. Bepaal voorzichtig hoe groot de spanning moet zijn om het relais te laten schakelen. Meet ook de stroom die dan door het relais loopt (aanspreekstroom).
3. Bepaal voorzichtig bij welke spanning het relais nog *nét* niet afvalt. Meet de stroom die dan door het relais loopt (houdstroom).

Opdracht 12

Waarom zouden de aanspreekstroom en de houdstroom van een relais van elkaar verschillen?

Met behulp van L.D.R. en relais kun je nu het waarschuwingssysteem voor het koelkastlichtje maken.

PROEF 10 Het waarschuwingssysteem voor een koelkastlamp



Maak de bovenstaande schakeling. Leg de werking als waarschuwing voor een brandend koelkastlampje uit.

Opdracht 13

Bereken of het apparaat ook werkt met een relais met een weerstand van 20Ω , dat schakelt bij een stroom van 60 mA.

inhoud theorie

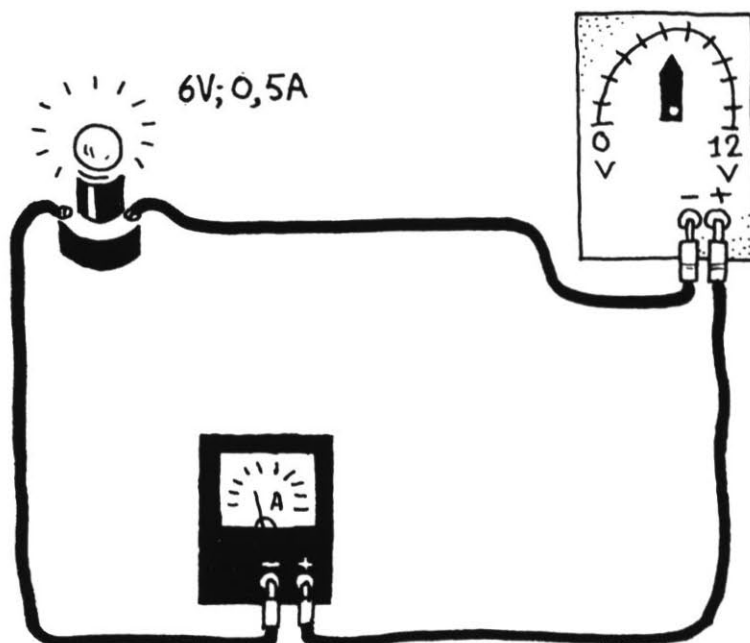
1. Stroomsterkte, spanning en weerstand	blz. 23
2. Weerstand en lengte van een draad	blz. 25
3. Regelbare weerstand	blz. 27
4. Weerstand en vermogen	blz. 30
5. Weerstand en licht	blz. 32

1 stroomsterkte, spanning en weerstand

In het boekje „Elektrische Schakelingen” vind je allerlei schakelingen over stroomsterkte, spanning en weerstand. Hieronder staan enkele schakelingen waarmee je je kennis over die onderwerpen kunt ophalen.

PROEF 1 Stroomsterkte door lampjes

1. Maak de volgende schakeling



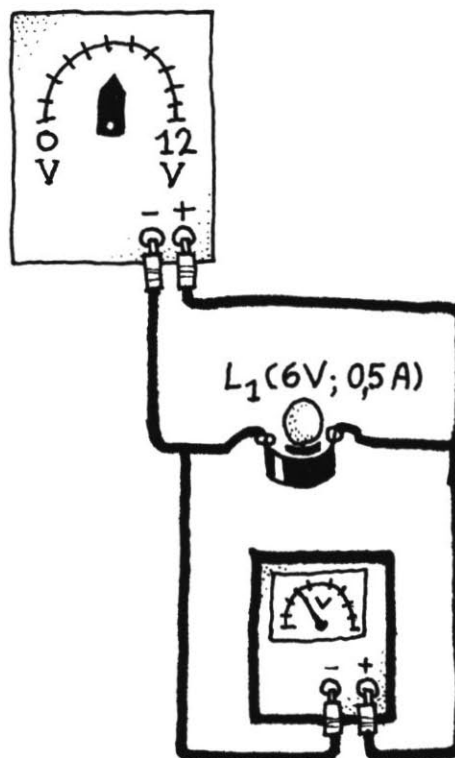
2. Lees de stroomsterkte door het lampje L1 af.
3. Maak een schematische tekening van deze schakeling.
4. Vervang lampje L1 door een lampje L2 (6V; 0,05A).
5. Lees de stroomsterkte door het lampje L2 af.
6. Je kunt L1 en L2 beide in de schakeling opnemen, in serie met elkaar of parallel aan elkaar. Maak die schakelingen en ga na in welk geval de ampèremeter de grootste stroom aangeeft.
7. Lees de stroomsterkte af. Wat merk je op? Geef daarvoor een verklaring.

PROEF 1A Stroomsterkte door weerstanden

Herhaal proef 1. Neem in plaats van de lampjes L1 en L2 een weerstand R1 (bijv. 25Ω) en een grotere weerstand R2 (bijv. 50Ω).

PROEF 2 Spanning over lampjes

1. Maak de volgende schakeling.



2. Lees de spanning over het lampje L1 af.
3. Maak een schematische tekening van deze schakeling.
4. Vervang lampje L1 door lampje L2 (6V; 0,05 A).
5. Lees de spanning over het lampje L2 af.
6. Je kunt L1 en L2 beide in de schakeling opnemen, in serie met elkaar of parallel aan elkaar. Maak die schakelingen en ga na in welk geval de voltmeter de kleinste spanning aangeeft als die over L1 is geschakeld.
7. Geef daarvoor een verklaring.
8. Weet je een andere manier om de spanning over L1 in de schakeling, die bij deze proef is getekend, te verkleinen?

PROEF 2A Spanning over weerstanden

Herhaal proef 2. Neem in plaats van lampje L1 een weerstand R1 (bijv. 25Ω) en in plaats van lampje L2 een grotere weerstand R2 (bijv. 50Ω).

Tussen de spanning over een draad en de stroomsterkte door een draad bestaat een verband dat in de *wet van Ohm* staat beschreven:

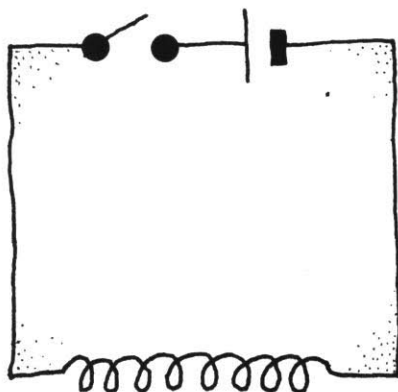


De verhouding tussen de spanning en de stroom is dus steeds hetzelfde, ook al neem je steeds een andere spanning (1V, 2V, 3V enz.) De stroom verandert mee zodat de spanning gedeeld door de stroom hetzelfde blijft.

Dat gaat echter alleen op voor een draad die niet van temperatuur verandert. Bij een lampje gaat die wet niet op omdat de gloeidraad steeds heter wordt als je er een grotere spanning over zet.

PROEF 3 Het meten van de weerstand

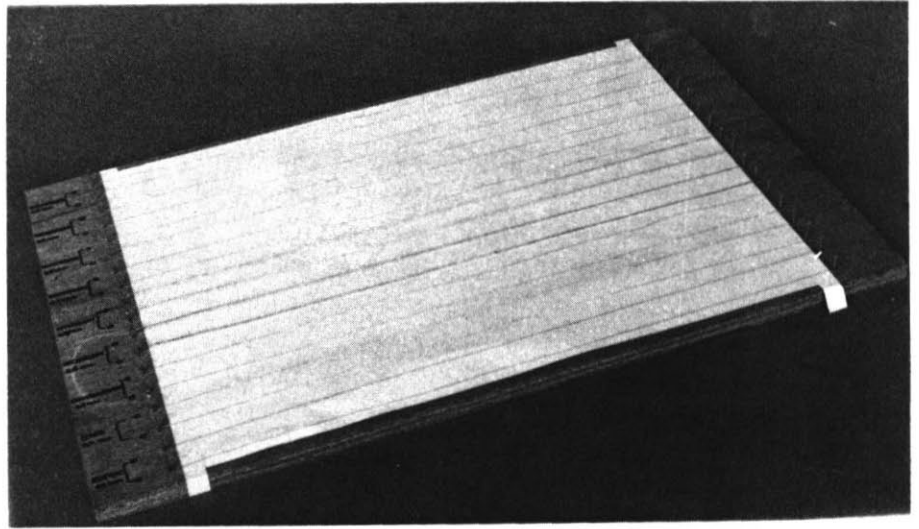
1. Maak de volgende schakeling



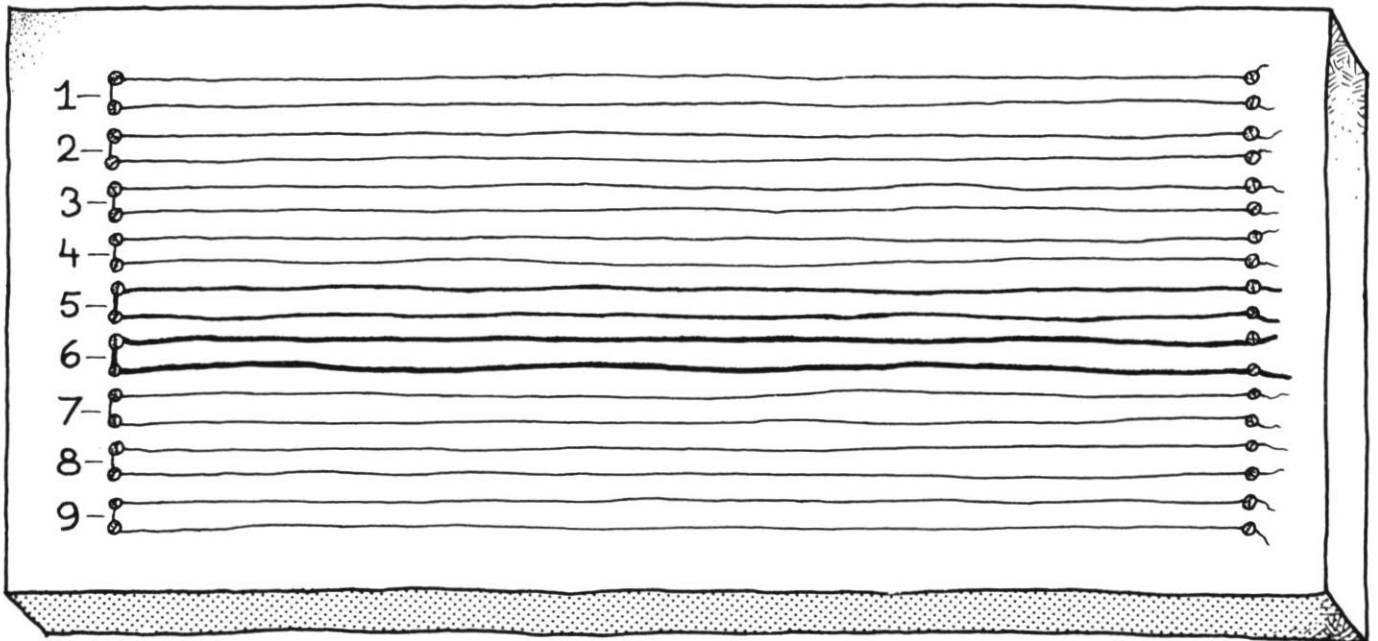
2. Sluit een ampèremeter aan zodat je de stroom door de weerstand kunt meten.
3. Sluit een voltmeter aan zodat je de spanning over de weerstand kunt meten.
4. Maak een schematische tekening van de schakeling die je hebt gemaakt.
5. Lees de volt- en ampèremeter af.
6. Bereken de weerstand.
7. Meet de weerstand nogmaals bij andere spanningen.
8. Geef je conclusie uit deze proef.

2 weerstand en lengte van een draad

Bij de volgende proeven gebruiken we een plank met verschillende weerstandsdraden, zoals op de tekening en de foto hieronder.



Dradenplank



	MATERIAAL	DIKTE
1, 2, 3, 4	NICHROOM	0,2 MM.
5	NICHROOM	0,4 MM.
6	NICHROOM	0,6 MM.
7	KOPER	0,2 MM.
8	IJZER	0,2 MM.
9	CONSTANTAAN	0,2 MM.

VRAAG JE LERAAR
OF DE OPGAVE
KLOPT VOOR
JOUW
DRADENPLANK!

PROEF 4 De weerstand van draden in serie

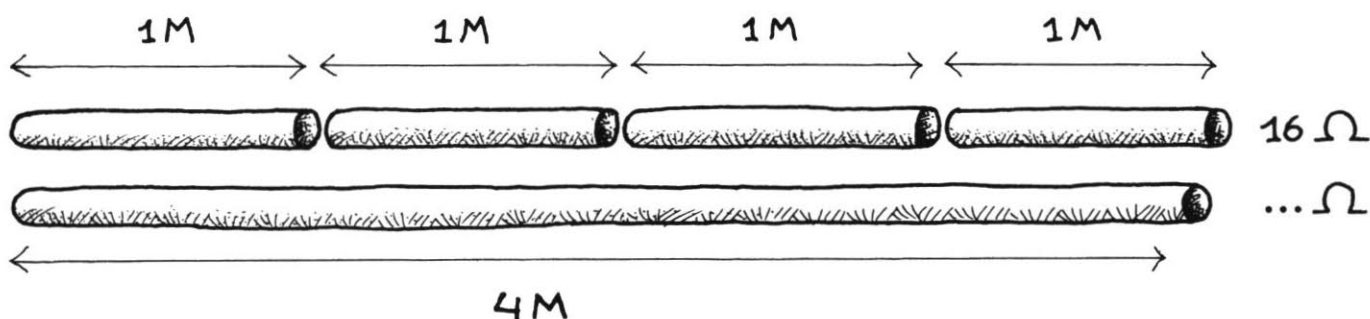
1. Sluit draad 1 van de dradenplank aan op een spanningskastje. Stel de spanning in op 1,0 V en meet de stroomsterkte. Bepaal de weerstand van de draad.
2. Als je twee of meer draden achter elkaar schakelt, hebben de draden samen een grotere weerstand dan 1 draad.
Meet de stroomsterkte bij 2, 3, en 4 gelijke draden in serie. Stel de spanning steeds in op 1,0 V. Bepaal de weerstand in elk van de gevallen.

SERIE SCHAKELING		
AANTAL DRADEN	STROOM-STERKTE	WEERSTAND
1		
2		
3		
4		

Er blijkt dat bij serieschakeling van twee gelijke draden de stroomsterkte de helft wordt van wat hij was bij één draad. De beide draden in serie maken het de spanningsbron 2x zo moeilijk om de elektronen rond te pompen.

De weerstand van twee draden in serie is 2x zo groot als de weerstand van één draad.

Bij serieschakeling van drie draden . . .



Een lange draad van 4 m lengte kun je voorstellen als 4 korte draden van elk 1 m lengte, direkt achter elkaar (in serie).

Opdracht 1

Beredeneer of een lange draad een grotere of een kleinere weerstand heeft dan een korte draad.

Opdracht 2

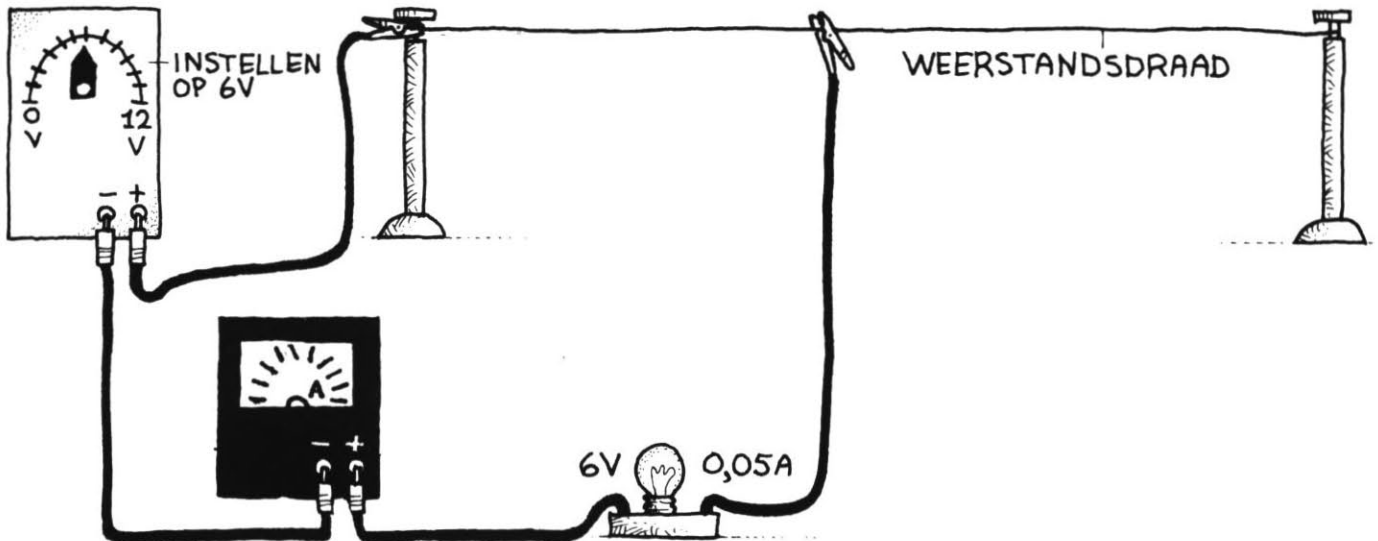
Hoe groot is de weerstand van de lange draad uit de tekening?

3 regelbare weerstand

Een regelbare weerstand bestaat uit een hele lange draad met drie aansluitingen. Hiervan worden er vaak maar 2 gebruikt.

PROEF 5 Een regelbare weerstand

1. Bouw onderstaande opstelling.



2. Verschuif de krokodilleklem langs de weerstandsdraad en kijk wat er op de stroommeter gebeurt.
3. Verklaar wat je waarneemt.

In deze proef heb je gezien hoe je een regelbare weerstand kunt maken. Je neemt een draad waarvan je de lengte die in de stroomkring zit, kunt variëren.

PROEF 6 Een spanningsdelers

1. Maak de volgende opstelling.



2. Verschuif de krokodilleklem langs de weerstandsdraad en noteer wat er met de uitslag van de spanningsmeter gebeurt.

In deze proef is dezelfde opstelling van de draad gebruikt, maar de draad is anders geschakeld. Daardoor krijg je een regelbaar spanningsverschil. Zo'n schakeling heet een spanningsdelers.

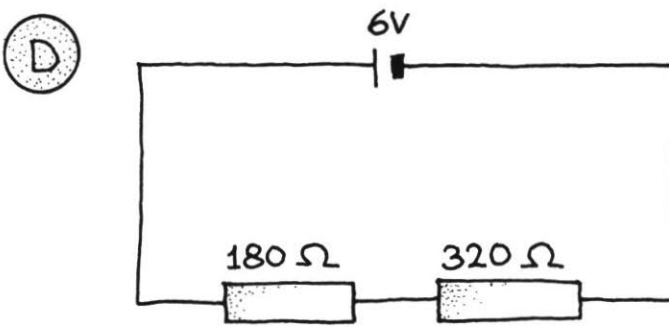
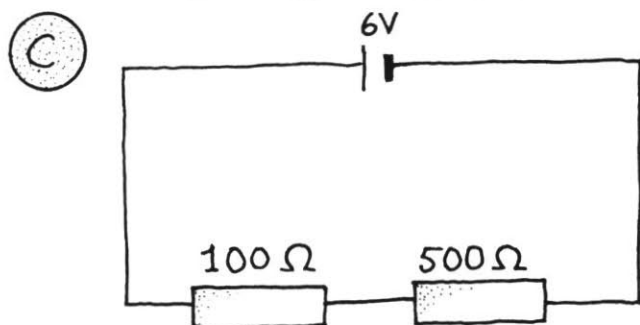
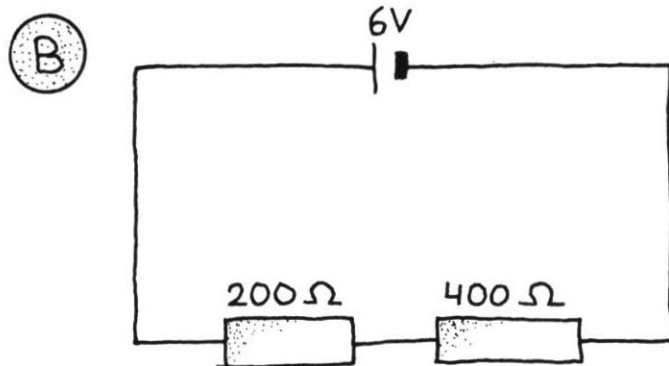
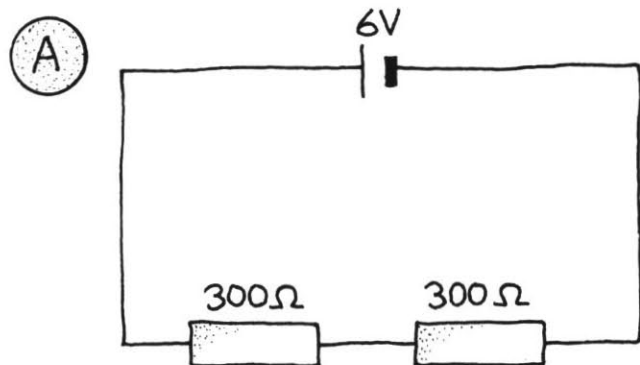
VERKLARING VAN DE SPANNINGSDELER

Om de spanningsdeler te begrijpen moet je eerst nog een proef doen over serieschakeling van weerstanden. Gebruik hierbij koolstofweerstandjes. (zie leestekst 5).



PROEF 7 Spanningen bij serieschakeling

Meet in de volgende situaties de spanningen over de weerstanden.



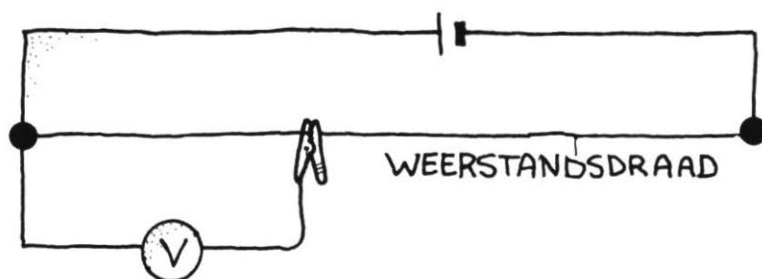
Als je de resultaten bekijkt, zie je dat de spanning van 6 V zich steeds verdeelt over de twee weerstanden.

Bij a) 3,0 en 3,0 V

b) 2,0 en 4,0 V

enz.

De totale weerstand is bij deze proef steeds 600 Ω. Door hem in 2 verschillende weerstanden te verdelen, krijg je verschillende spanningen. Hoe groter de weerstand, hoe meer spanning. Bij de spanningsdeler had je ook zo iets.



De klem verdeelt de draad in twee stukken. Hoe verder naar rechts, hoe groter de weerstand van het linker deel is. Dus ook hoe groter de spanning die je meet dan is.

In de praktijk wordt als regelbare weerstand meestal een schuifweerstand of een potentiometer gebruikt.

* Je kunt dat begrijpen met de Wet van Ohm.

a) De stroom is $\frac{6}{600} = 0,01$ A

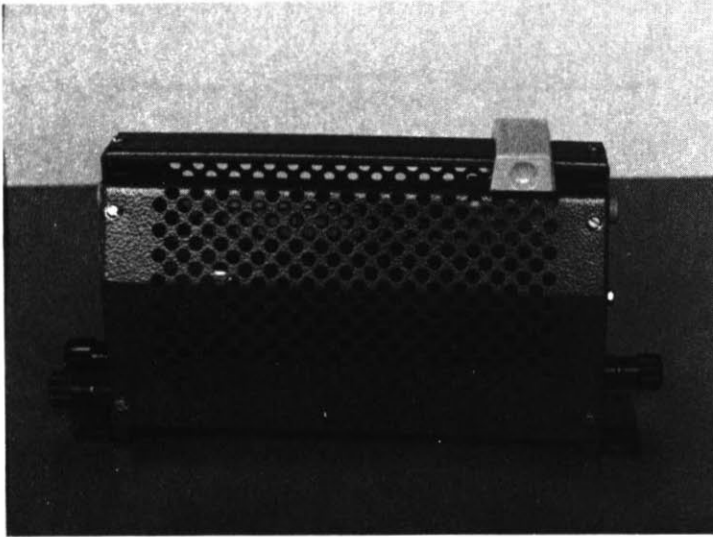
De spanning over één weerstand dus $0,01 \times 300 = 3$ V.

b) Spanning over 400 Ω : $400 \times 0,01 = 4$ V

Spanning over 200 Ω : $200 \times 0,01 = 2$ V

Opdracht.

Controleer met zo'n berekening de spanning die je bij c en d hebt gemeten.



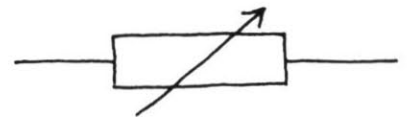
twee voorbeelden van regelbare weerstanden:

schuifweerstand



potentiometer

Als van zo'n regelbare weerstand maar twee aansluitingen gebruikt worden, is het symbool:

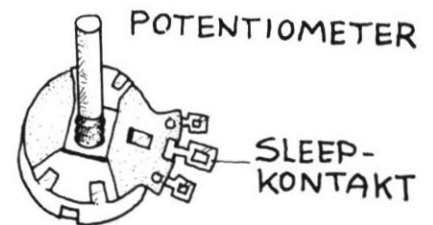


Wordt hij als spanningsdeler, dus met drie aansluitingen gebruikt, dan is het symbool:



PROEF 8 De potentiometer

- Schakel de potentiometer als regelbare weerstand in serie met een lampje. Kijk hoe je de stroomsterkte kunt regelen.
- Schakel de potentiometer als spanningsdeler. Kijk met een volmeter hoe je de spanning kunt variëren.

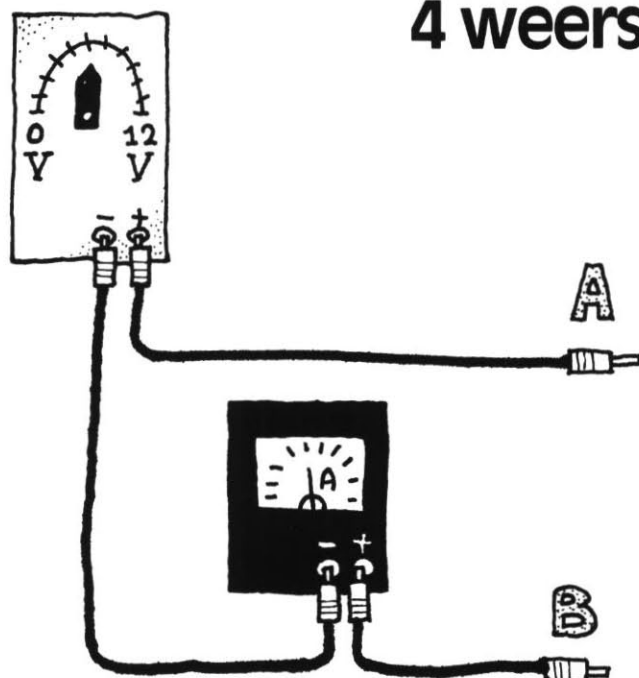


In dit boek worden regelbare weerstanden gebruikt bij het mistwaarschuwingssysteem (zie blz. 44), het bimetaal-knipperlicht (zie blz. 43) en de rookmelder en het brandalarm (zie blz. 47).



Frontpaneel van een stereo tuner-versterker. De knoppen voor regeling van geluidssterkte (volume), balans, hoge tonen en lage tonen bedienen een potentiometer.

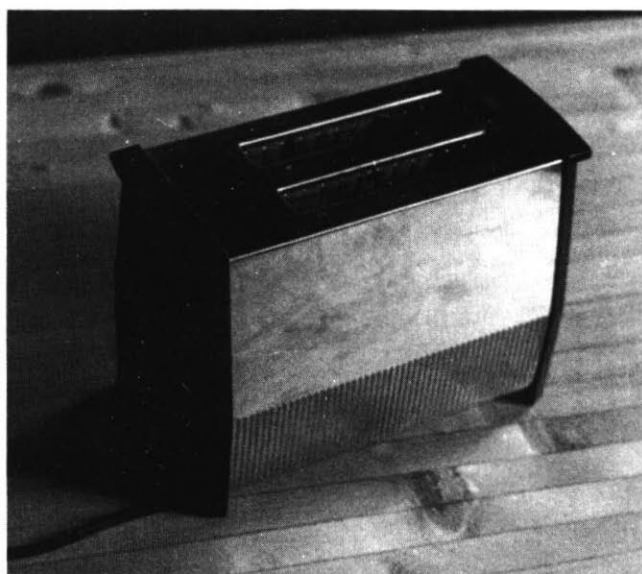
4 weerstand en vermogen



PROEF 9 Warmteontwikkeling

1. Maak de volgende schakeling.
2. Breng tussen A en B een plukje staalwol en voer de spanning langzaam op. Zorg dat de stroom niet hoger wordt dan wat het voedingskastje mag leveren.

3. Doe hetzelfde met een draad soldeertin van ongeveer 50 cm.



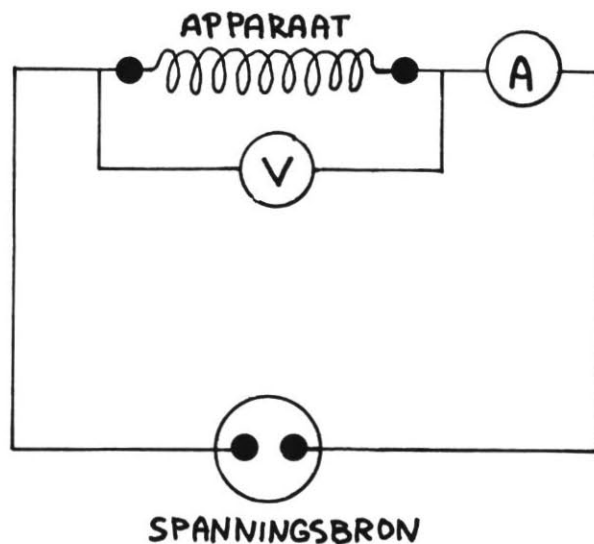
Broodrooster

Weerstanden worden warm als er stroom doorloopt. Weerstandsdraden zoals op de dradensets zitten, kun je gebruiken om iets te verwarmen. Dat wordt bijvoorbeeld toegepast bij elektrische straalkachels en bij elektrische broodroosters. Je kunt in de elementen vaak de weerstandsdraden zien zitten. De warmte van weerstanden of weerstandsdraden wordt gebruikt bij het bimetaal-knipperlicht (zie blz. 43) en bij de warmteversneller (zie blz. 37).

Hoeveel warmte wordt er elke seconde in zo'n draad ontwikkeld? Met andere woorden: Hoe groot is het energiegebruik per seconde, of: hoe groot is het vermogen?

In „Verwarmen en Isoleren” heb je een manier gezien om dat te bepalen. Je had er de opstelling voor nodig die hiernaast is getekend.

Het *vermogen* van het apparaat uit de opstelling komt overeen met de *spanning* over het apparaat $\times$ de *stroom* door het apparaat.



Opdracht 3

Welke formule beschrijft deze regel in het kort?

Opdracht 4

In proef 4 bestond het „apparaat” eerst uit 1 draad en vervolgens uit 2, 3 en 4 draden in serie geschakeld. Bereken het vermogen in elk van de gevallen.

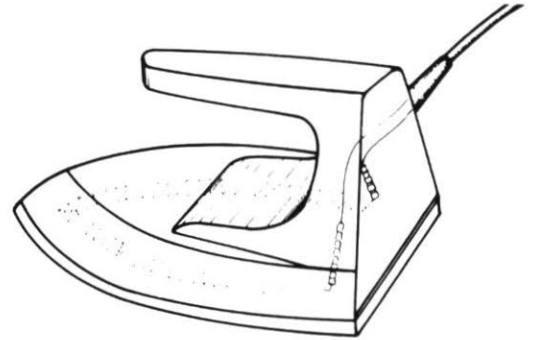
Opdracht 5

Welk verband kun je afleiden uit opdracht 3 en 4 over het vermogen van een apparaat en zijn weerstand?

(dit verband geldt alleen bij konstante spanning).

Opdracht 6

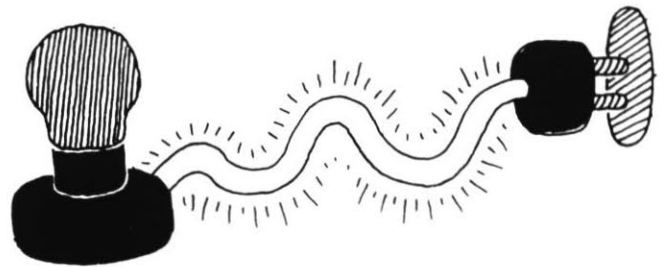
In een winkel staat een strijkijzer van 1000 W naast een strijkijzer van 800 W. De voor de verwarmingsspiraal gebruikte weerstandsdraden zijn even dik en van hetzelfde materiaal. Van welk strijkijzer is de weerstandsdraad het langst?



Opdracht 7

In een elektrische kachel zitten twee identieke verwarmingselementen. Als beide elementen ingeschakeld staan, levert de kachel 2x zoveel warmte als wanneer er één element aan staat.

Staan de elementen in serie of parallel geschakeld?

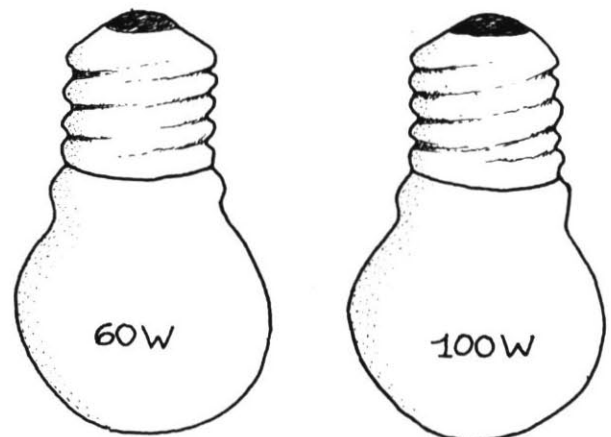


Opdracht 8

Waarom geeft de lamp licht en niet het snoer?

Opdracht 9

De gloeidraad van een lamp van 100 W is even lang als de gloeidraad van een andere lamp, die 60 W is. De gloeidraden zijn van hetzelfde materiaal. In welke lamp zit de dikste gloeidraad?



Opdracht 10

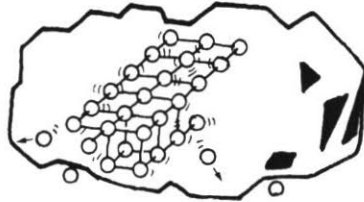
Een strijkboutreparateur vervangt een nichroom verwarmingsdraad door een even lange en even dikke draad van konstantaan. Hoe verandert het energieverbruik?

5 weerstand en licht

Voor de meeste materialen is de weerstand in het licht hetzelfde als de weerstand in het donker. Een uitzondering vormt het materiaal dat wordt gebruikt in een L.D.R. (zie blz. 15). We gaan hier na hoe zo'n L.D.R. werkt.

Als ergens een elektrische stroom loopt, bewegen er deeltjes. In metaaldraden en in een L.D.R. zijn dat elektronen.

Uit het thema „IJs, Water, Stoom” weet je misschien nog dat alle materialen opgebouwd zijn uit moleculen.

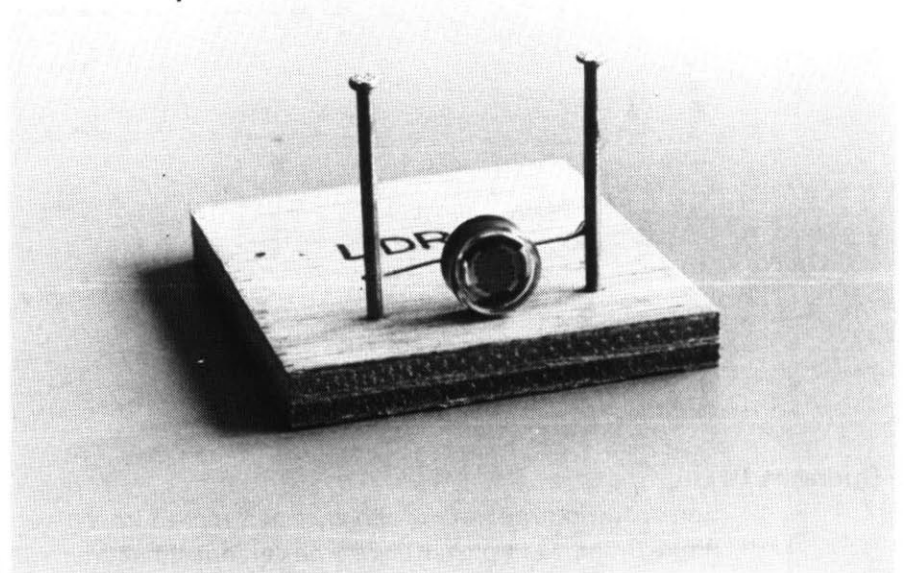


materialen opgebouwd uit moleculen

Als je die moleculen verder onderzoekt, blijken ze uit een groot aantal kleine deeltjes te bestaan. Onder anderen zitten er elektronen in. Hoe moleculen zijn opgebouwd, kun je lezen in de leestekst „Atomen en moleculen”. (blz. 55) In alle stoffen zitten elektronen. Toch kunnen niet alle stoffen elektrische stroom goed geleiden. Dat komt doordat de elektronen in sommige stoffen (b.v. plastic) vast in de moleculen zitten. In andere materialen (b.v. koper) kan een gedeelte van de elektronen los van de moleculen bewegen. Alleen stoffen waar de elektronen los van de moleculen bewegen, geleiden de elektrische stroom goed.

In een L.D.R. zitten de elektronen vast in de moleculen als het donker is. Valt er licht op de L.D.R., dan komen er wat elektronen losser te zitten: de energie van het licht wordt opgenomen door de elektronen. Die kunnen zich daardoor losmaken van de moleculen. Hoe meer licht er op de L.D.R. valt, hoe meer elektronen er zijn die zoveel energie krijgen dat ze zich van de moleculen kunnen losmaken.

Dus hoe meer licht, hoe meer losse elektronen er zijn en hoe meer stroom de L.D.R. kan geleiden.

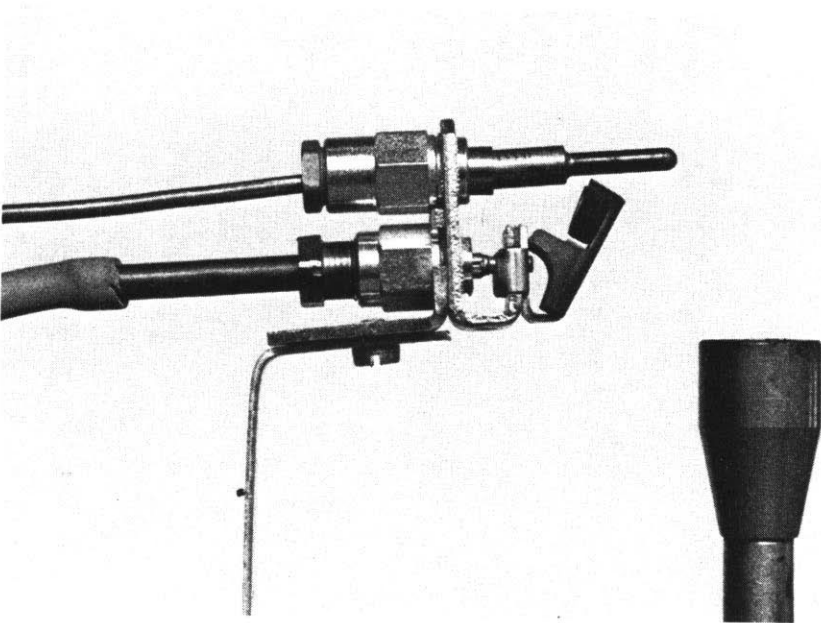


LDR (lichtgevoelige weerstand)

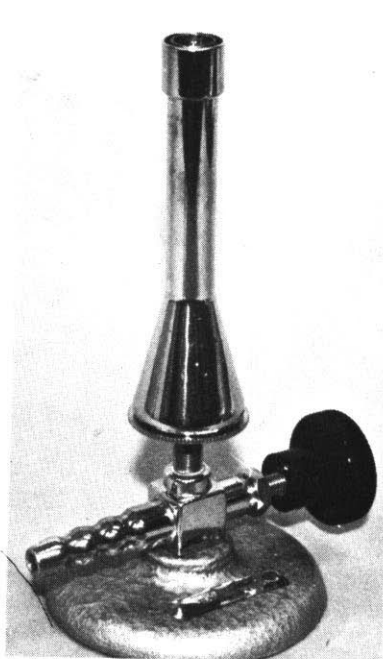
INHOUD ONDERZOEKEN

1. Waakvlambeveiliging en temperatuurregeling.	blz. 35
2. Temperatuurschommelingen verkleinen.	blz. 37
3. Brandalarm.	blz. 42
4. Knipperlicht.	blz. 43
5. Automatische mistwaarschuwing.	blz. 44
6. Rookmelder en Brandalarm.	blz. 47
7. Brandbeveiligingssysteem.	blz. 50

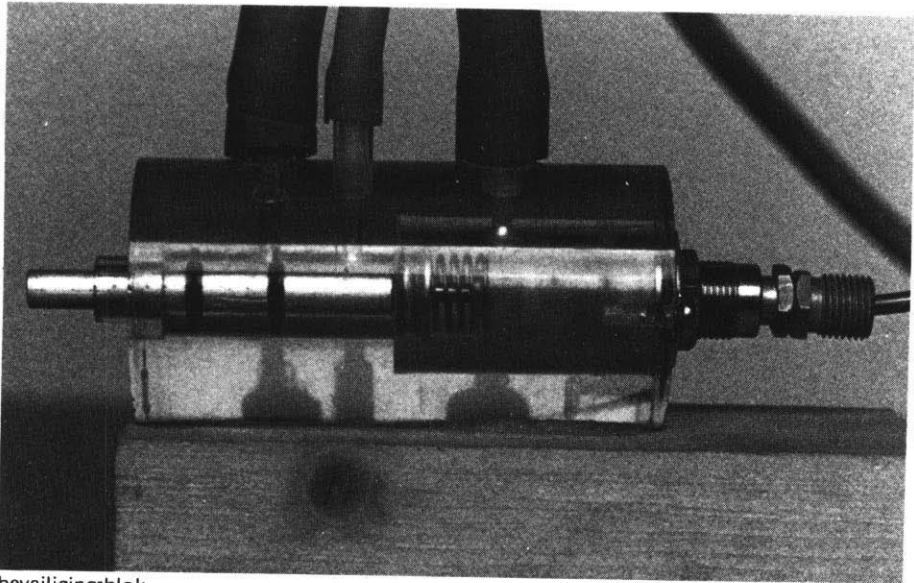
Details opstelling C.V.-regelsysteem.



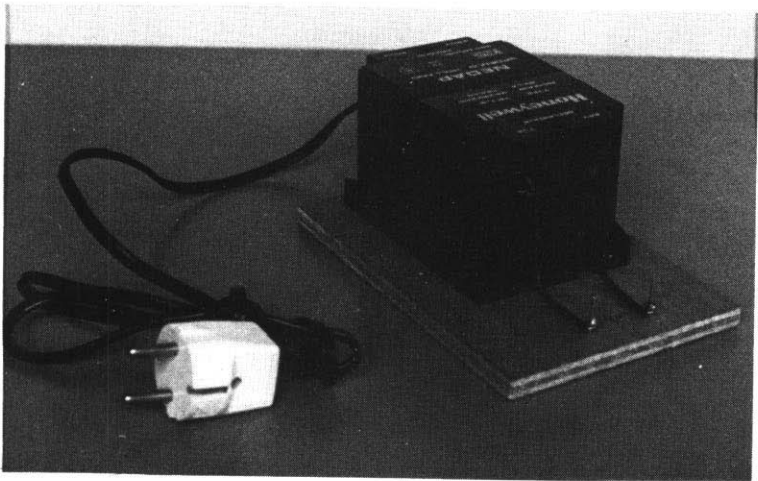
Waakvlam, waakvlambeveiligiger en teclubrander



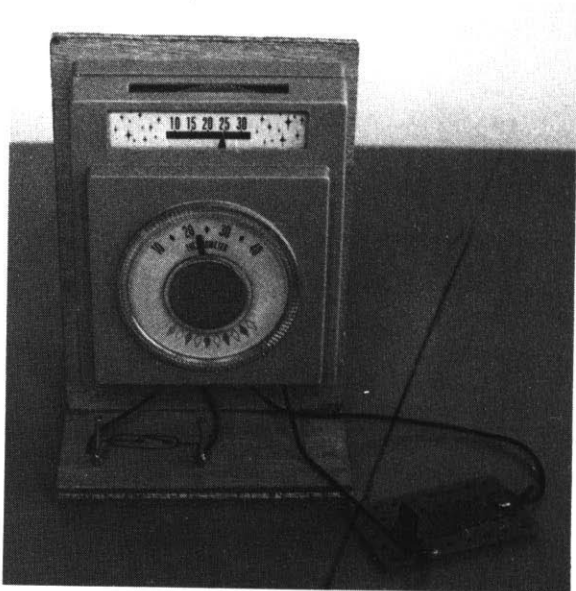
Teclubrander



beveiligingsblok



voeding 24 V~



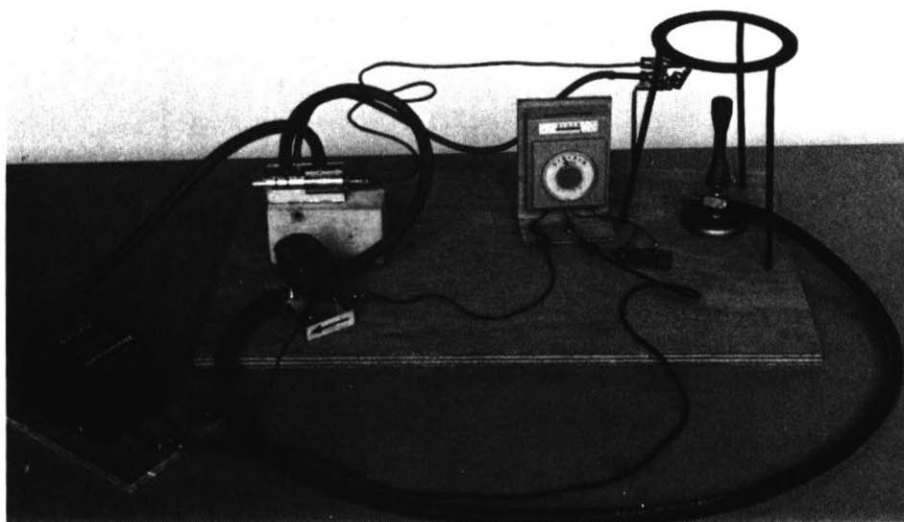
thermostaat

WAAKVLAMBEVEILIGING EN TEMPERATUURREGELING

In dit onderzoek ga je een model maken van het regelsysteem van een C.V.-installatie. Het regelsysteem van een C.V.-installatie bestaat uit een thermostaat en een waakvlambeveiliging.

- De waakvlambeveiliging zorgt ervoor dat de gastoevoer wordt afgesloten als de waakvlam uitgaat.
- De thermostaat zorgt ervoor dat de brander aangaat als de temperatuur in huis lager is dan op de thermostaat ingesteld is. De thermostaat laat de brander uitgaan als de temperatuur hoger is dan ingesteld.

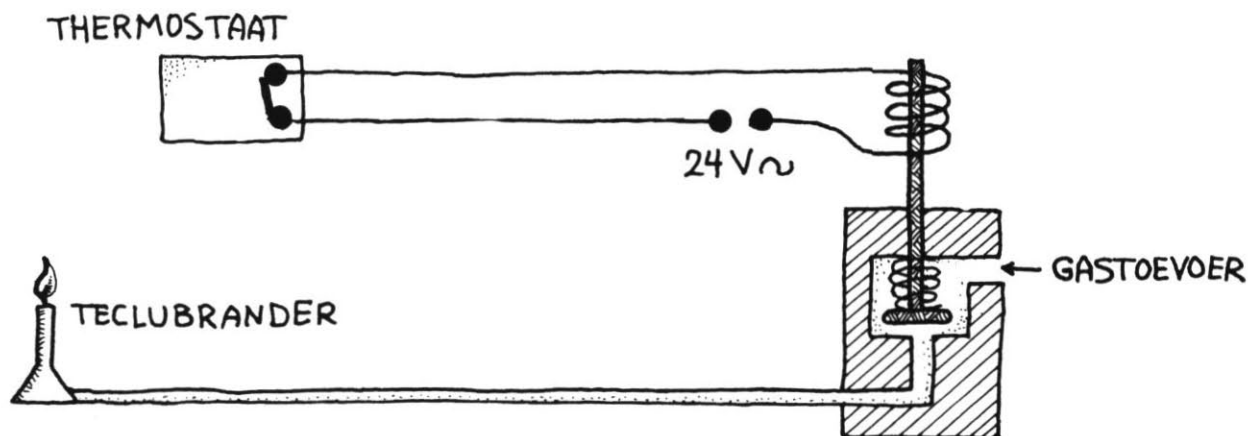
In dit model van het C.V.-systeem is de hoofdbrander een teclubrander.



Opstelling C.V.-regelsysteem. Zie voor details de bladzijde links.

PROEF 1 C.V. regelsysteem

1. Bouw de opstelling van de tekening en controleer of hij werkt. De gasklep moet opengaan als je de thermostaat op 30° C zet en dichtgaan als je hem op 15° C zet. Gebruik de thermostaat uit het basisdeel.

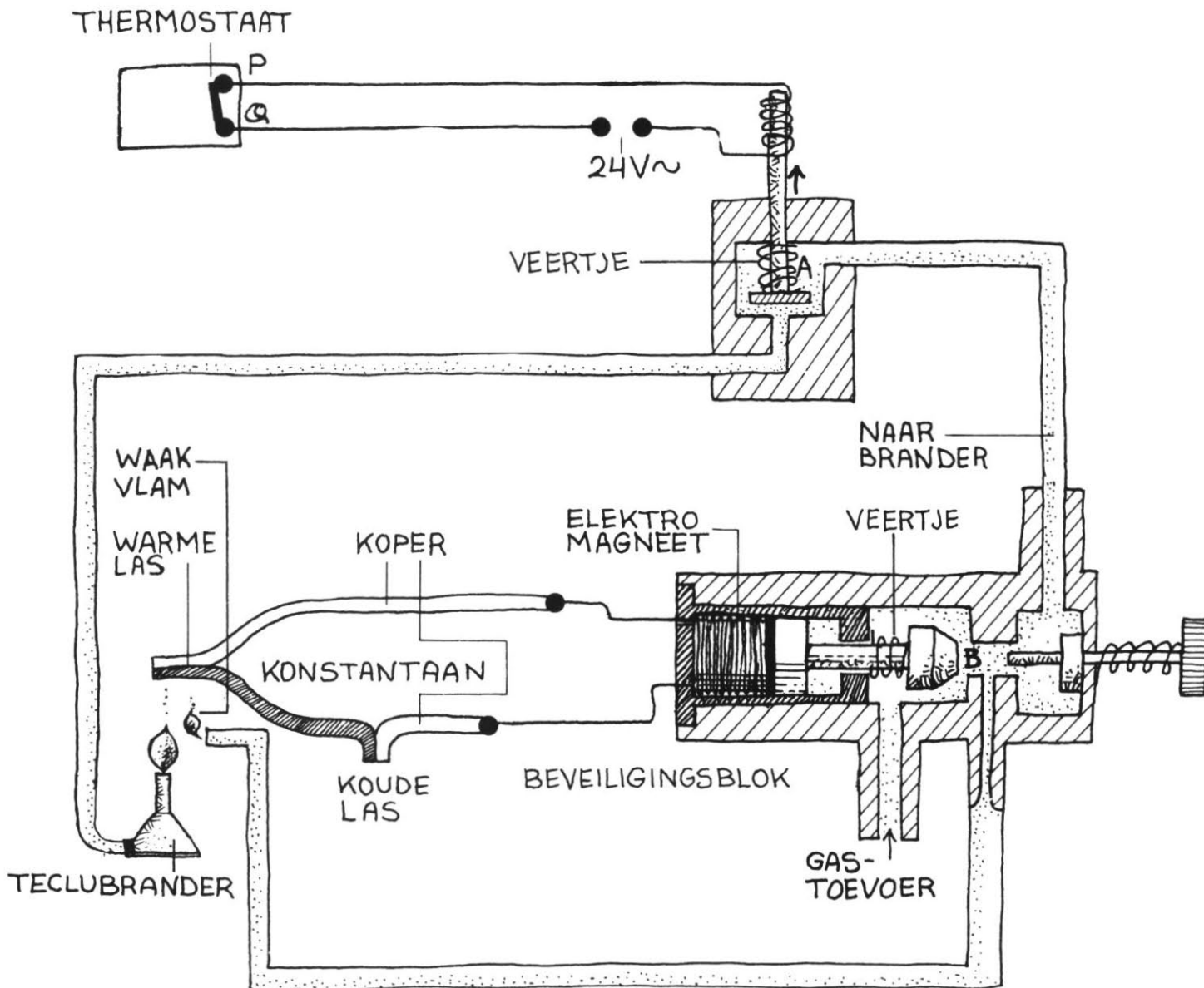


Temperatuurregeling van het C.V.-systeem

2. Bouw het complete model van een C.V.-regelsysteem na door de opstelling van proef 5 op blz. 11 en de opstelling van het eerste deel van deze proef te combineren.

Het systeem moet aan de volgende eisen voldoen:

- als je de waakvlam uitblaast, moet de klep van het beveiligingsblok zich binnen 60 seconden sluiten.
- als je de thermostaat op 30° C instelt, moet de brander aangaan.
- als je de thermostaat op 15° C instelt, moet de brander uitgaan.



Schema van het complete regelsysteem van de C.V.

DE WATERTEMPERATUUR.

In de C.V.-installatie zit meestal ook nog een thermostaat die ervoor zorgt dat het water in de ketel niet te heet wordt.

Dat is nodig omdat door heet water de druk in de ketel erg hoog kan worden. Bovendien ontstaat bij hoge temperatuur in de ketel meer ketelsteen dan bij wat lagere temperatuur. Als de ingestelde watertemperatuur bereikt wordt, schakelt deze thermostaat de ketelbrander uit, zelfs als de kamertemperatuur nog te laag is.

Opdracht

Ontwerp een schakeling die een gastoevoer afsluit als de temperatuur in de kamer te hoog is of als de watertemperatuur te hoog is.

TEMPERATUURSCHOMMELINGEN VERKLEINEN

TEMPERATUURSCHOMMELINGEN IN DE HUISKAMER.

In een systeem voor centrale verwarming zit een heleboel heet water. Als de thermostaat de branders in de ketel uitschakelt, verwarmt dat water de kamer nog een tijdje. De kamer warmt daardoor verder op, hoewel de gewenste temperatuur al bereikt is. Het duurt dus even voordat het afkoelingsproces begint.

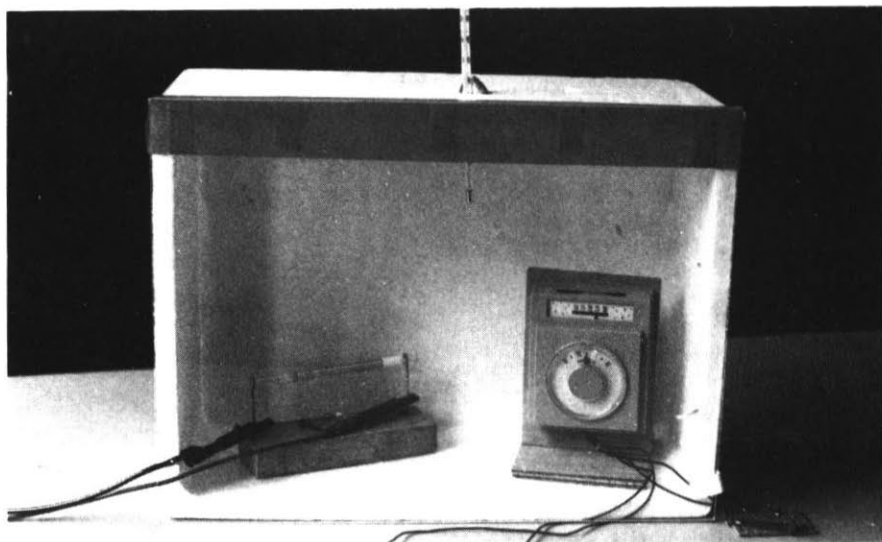
Als de kamertemperatuur lager is dan de ingestelde temperatuur, schakelt de thermostaat de ketelbranders weer aan. Het water is dan niet meteen weer warm, zodat de kamer nog verder afkoelt. Het duurt even voordat de kamer weer opwarmt.

Op deze manier ontstaan temperatuurschommelingen in de kamer.

Opdracht 1

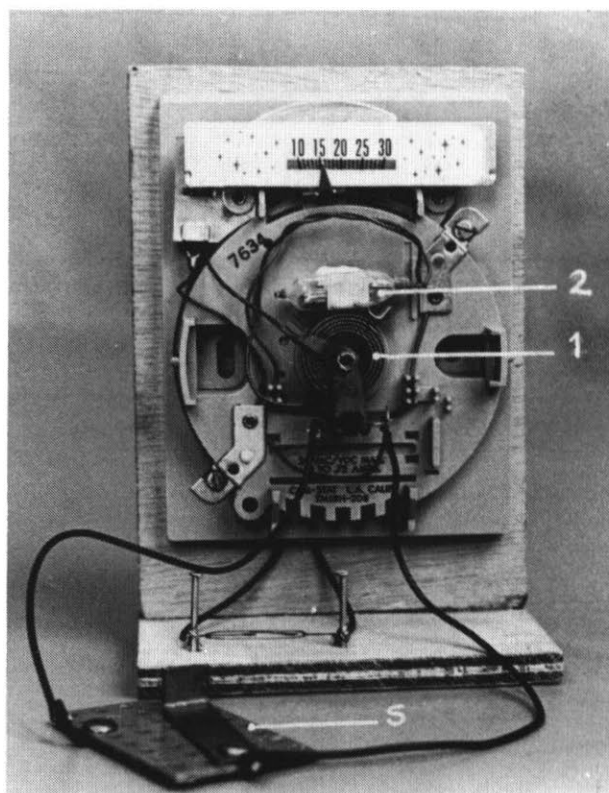
Noem een aantal factoren waarvan de grootte van de temperatuurschommelingen in de kamer afhangt.

De temperatuurschommelingen in een kamer kun je onderzoeken met de opstelling op de foto. De „huiskamer” is een kartonnen doos (ca. 30 x 25 x 25 cm) met aan een zijde een raam van doorzichtig plastic. In de kamer houden thermostaat en verwarmingsspiraal (de „kachel”) de temperatuur zo goed mogelijk constant.

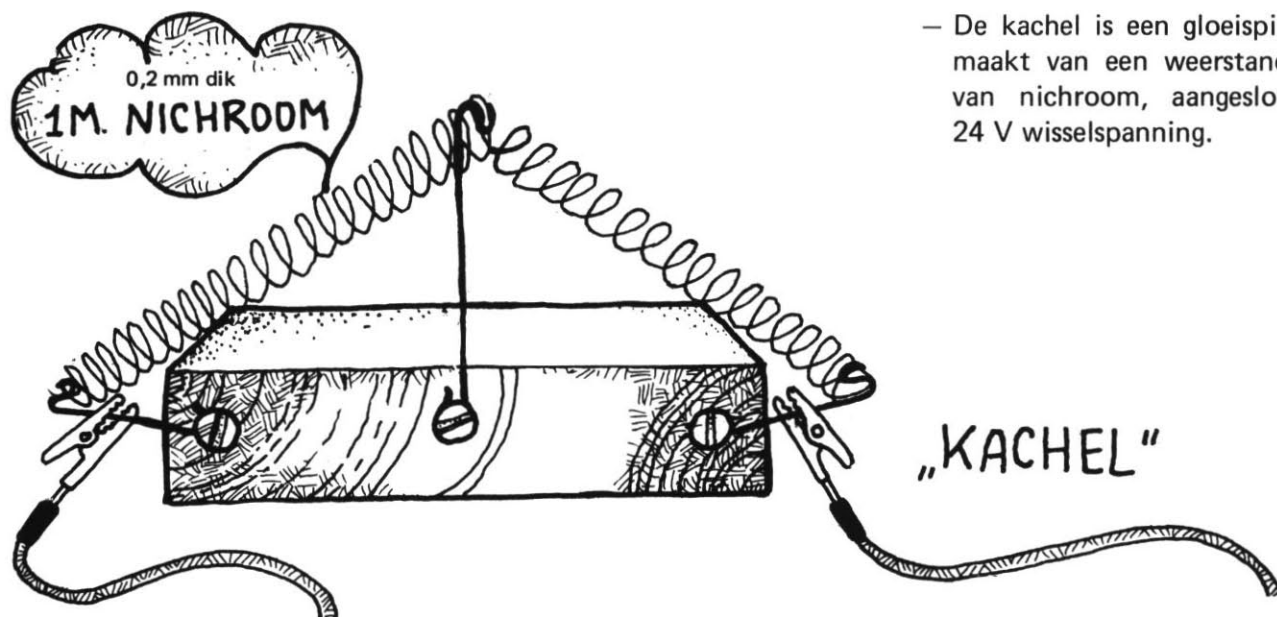


- De op de thermostaat ingestelde temperatuur is een paar graden hoger dan de temperatuur in de klas.

Onder het bimetaal van de thermostaat zit een onderdeel (de warmteversneller) dat dient om de temperatuurschommelingen te verkleinen. Door schakelaar S te sluiten kan het onderdeel buiten werking worden gesteld. In proef 2 gaan we de invloed van dit onderdeel onderzoeken.

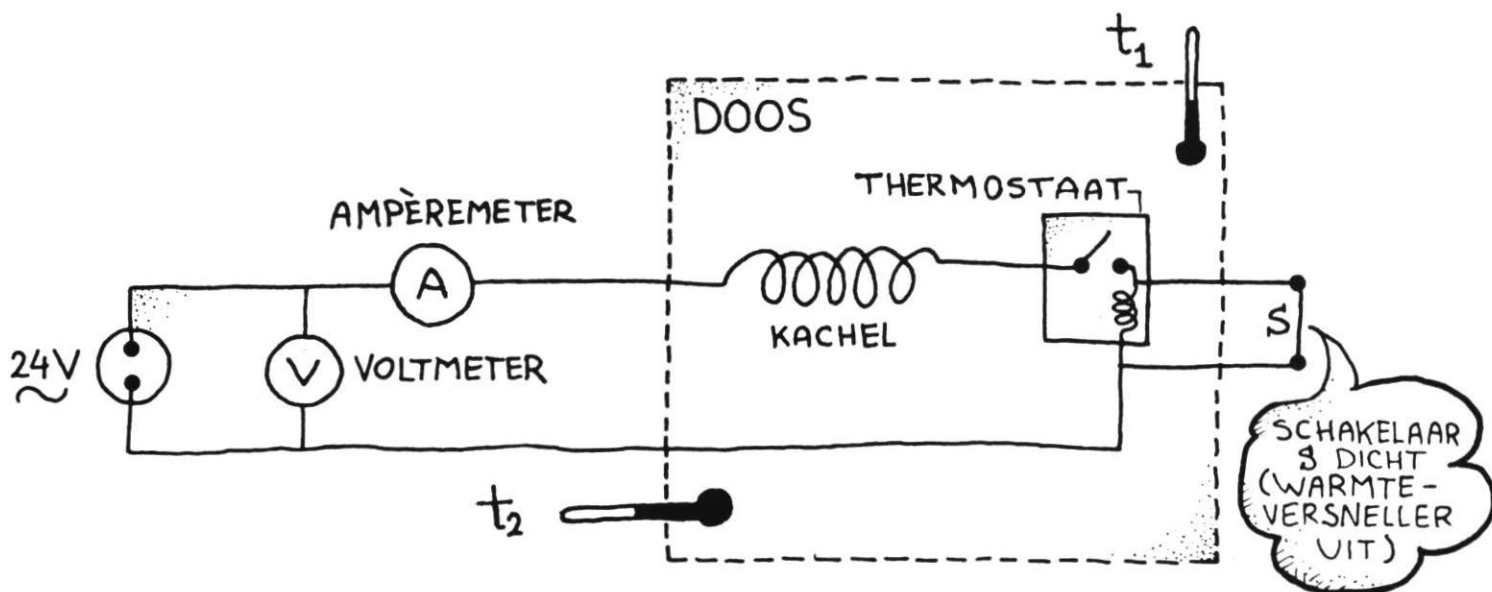


Kamerthermostaat. Het opgerolde bimetaal (1) bedient de kwikschakelaar (2). Schakelaar S is gesloten.



— De kachel is een gloeispiraal gemaakt van een weerstandsdraad van nichroom, aangesloten op 24 V wisselspanning.

De twee thermometers dienen om het temperatuurverloop in de kamer te volgen. Buiten de kamer staan een ampèremeter en een voltmeter. Hiermee kun je bepalen hoeveel energie de kachel gebruikt. Verder staat het voedingskastje, dat de 24 V wisselspanning levert, voor de „kachel“ buiten de doos. In schema ziet je opstelling er zo uit:



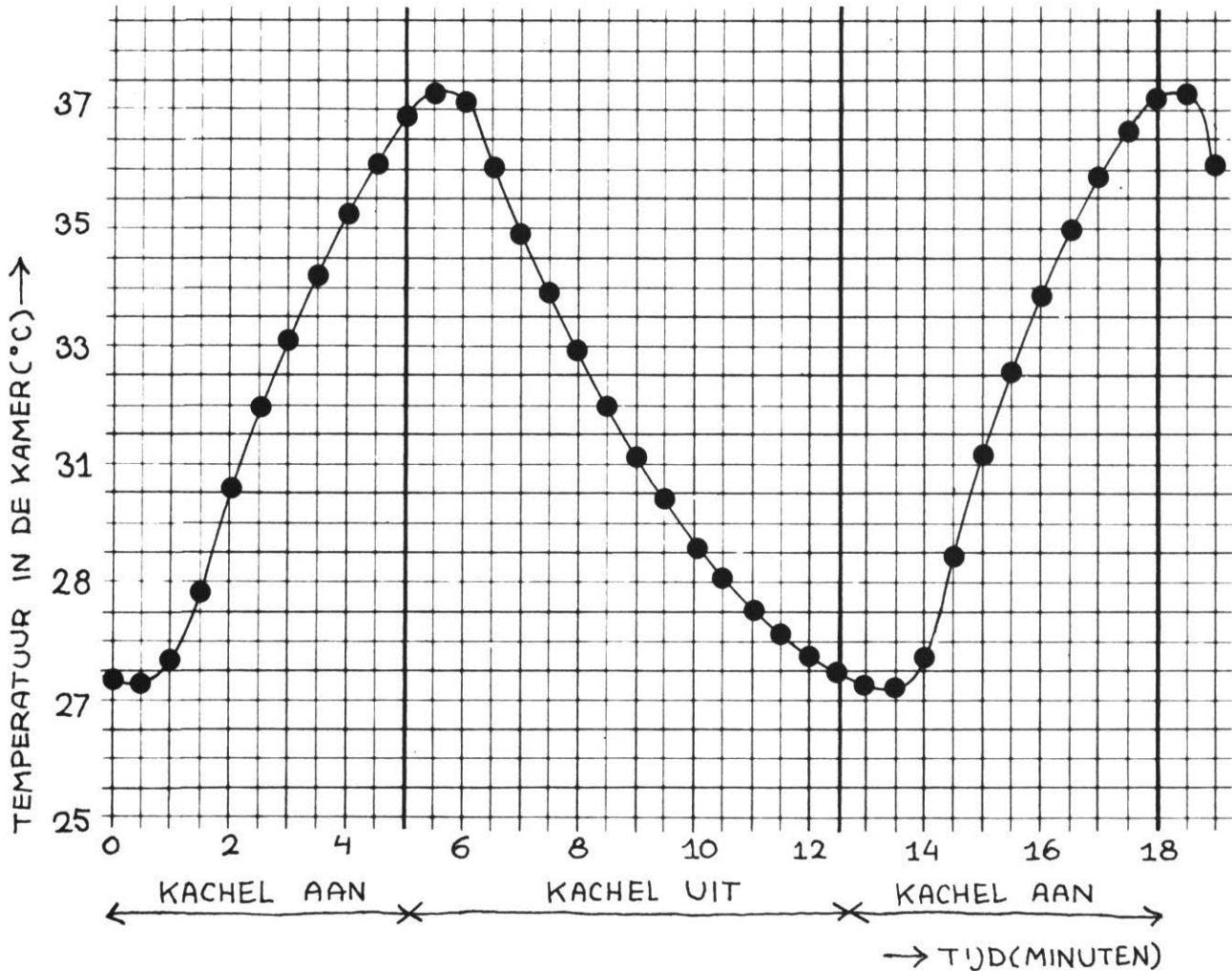
PROEF 1 | De thermostaat zonder warmteversneller

1. Maak de opstelling die hierboven beschreven is. Zorg dat schakelaar S gesloten is.
2. Stel de thermostaat in op 30° C.
3. Schakel de stroom in en lees om de 30 s. de temperatuur van de thermometers af. Noteer de waarden in een tabel. Ga met de metingen door totdat de kamer 2x is opgewarmd en afgekoeld.
4. Noteer de waarden voor de spanning en de stroomsterkte als de kachel aan is. Je hebt de waarden straks nodig om het verbruik van de kachel te kunnen berekenen.

TJD s	THERM. 1 °C	THERM. 2 °C
0	27	25,7
30	27,2	
60	27,8	
90	28,5	

5. Maak een diagram van het temperatuurverloop tegen de tijd van de thermometer die de grootste verschillen laat zien.

De figuur hieronder geeft een voorbeeld van een gedeelte van zo'n diagram.



Opdracht 2

Hoeveel elektrische energie gebruikt de kachel in de kamer? (zie zonodig: „Weerstand en vermogen” op blz. 30)

Gebruik ook de volgende uitleg:

Bedenk dat de kachel alleen stroom verbruikt als hij aangeschakeld is. In het diagram zonder warmteversneller bijvoorbeeld stond de kachel gedurende de eerste 13½ minuut slechts 5½ minuut aan. Het gemiddeld vermogen is de $\frac{\text{geleverde energie}}{\text{benodigde tijd}}$.

$$\text{In dit geval: } \frac{\text{vermogen} \times 5,5 \times 60 \text{ s.}}{13,5 \times 60 \text{ s.}} = \frac{5,5}{13,5} \times \text{vermogen.}$$

$$\frac{\text{geleverde energie}}{\text{benodigde tijd}} = \frac{\text{vermogen van jouw kachel} \times \text{tijd kachel aan}}{(\text{tijd kachel aan} + \text{tijd kachel uit})}$$

DE WARMTEVERSNELLER

Opdracht 3

Hoe groot zijn de temperatuurschommelingen in de „huiskamer” van proef 1?

Grote temperatuurschommelingen ervaar je als onbehaaglijk. Je kunt de temperatuurschommelingen verkleinen met een warmteversneller; dit is een weerstandje, dat in de meeste thermostaten is ingebouwd. Als de gasbrander aan is, loopt er een stroom door het weerstandje en wordt het warm. Zo verwarmt het het bimetaal van de thermostaat een beetje extra.

Opdracht 4

Wat is het effect van een warmteversneller op de tijd dat de brander aan is?

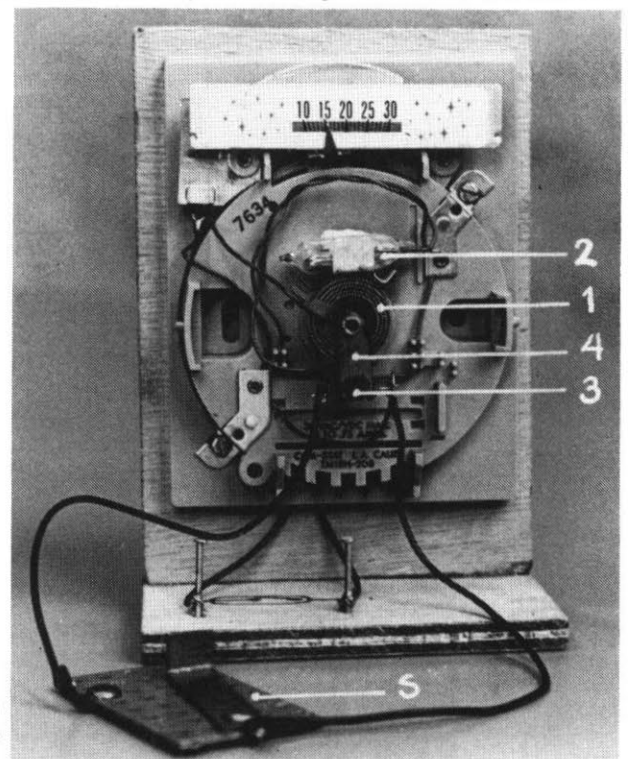
Opdracht 5

Wat is het effect van een warmteversneller op de hoogste temperatuur in de kamer?

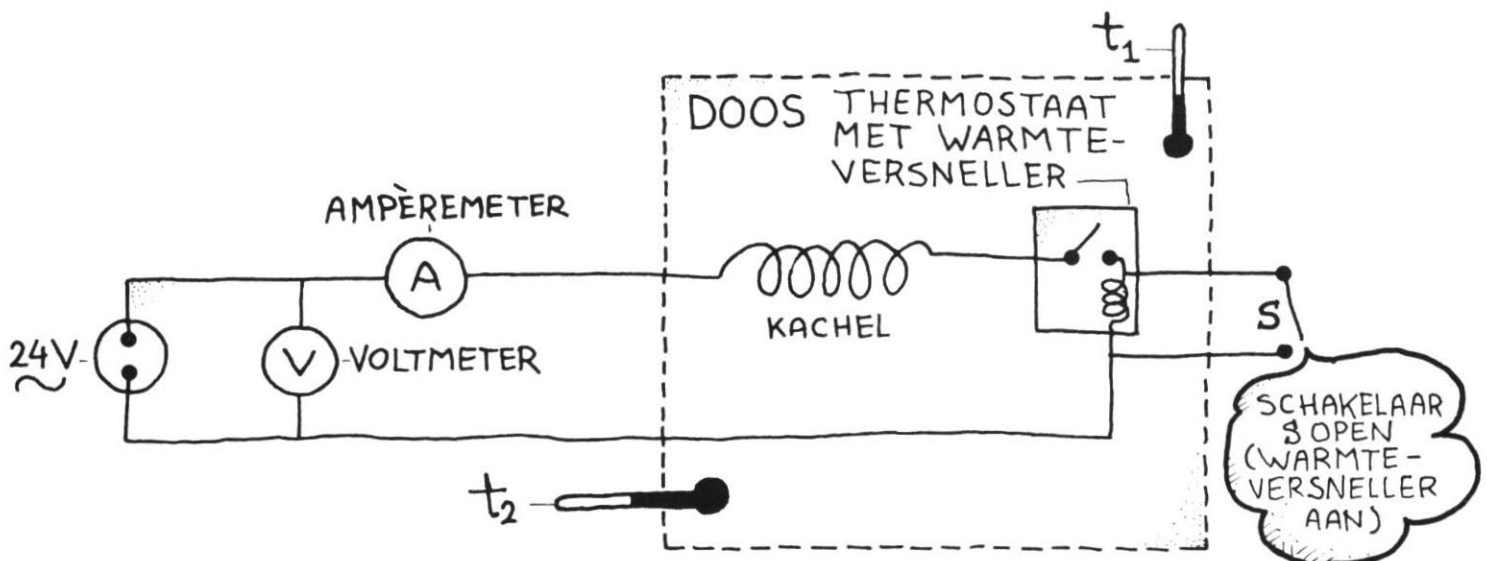
Het effect van een warmteversneller op de temperatuurschommelingen in een kamer en op het tempo van aan- en uitgaan van de kachel kun je onderzoeken met de opstelling van proef 1. Uit je resultaten kun je bovendien konklusies trekken over het effect van de warmteversneller op het energie verbruik (en dus de stookkosten) in een kamer.

PROEF 2 Thermostaat met warmteversneller

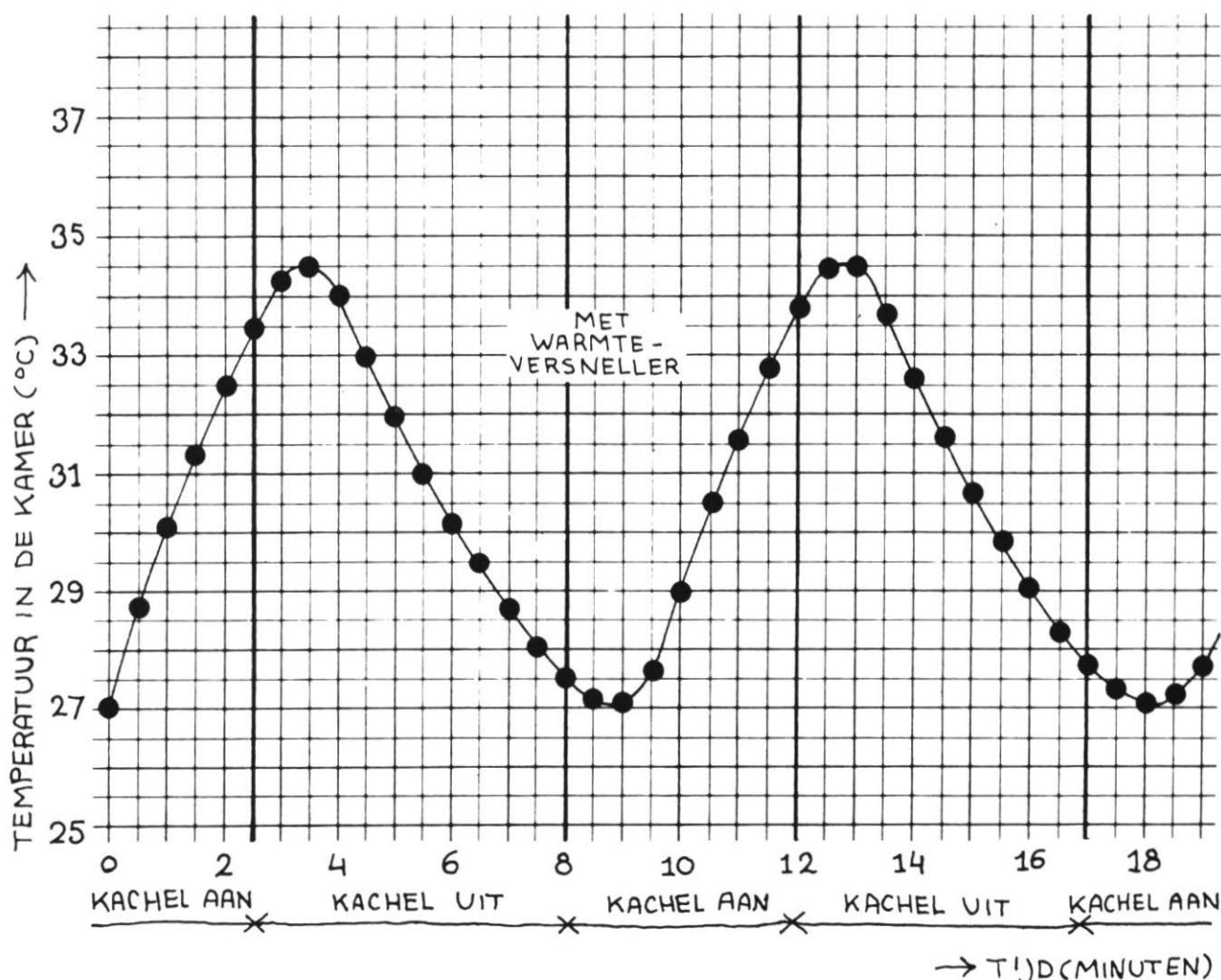
1. Gebruik de opstelling van proef 1.
Schakel de warmteversneller in (dus schakelaar S geopend).
2. Stel de thermostaat in op dezelfde waarde als bij proef 1.
3. Ga verder te werk zoals beschreven bij proef 1, punt 3, 4 en 5.



Kamerthermostaat met warmteversneller.
Het opgerolde bimetaal (1) bedient de kwikschakelaar (2).
De warmteversneller bestaat uit een weerstandje (3) tegen een plaatje (4) vlakbij het opgerolde bimetaal. De warmteversneller is ingeschakeld als schakelaar S open is.



De nu volgende figuur geeft een voorbeeld van een gedeelte van een diagram van zo'n experiment met warmteversneller.



Opdracht 6

Wat is het effect van de warmteversneller op de tijd dat de kachel aan is volgens jouw waarnemingen?

Wat is het effect op de hoogste temperatuur in de kamer volgens jouw waarnemingen?

Kloppen je konklusies met je antwoorden bij opdracht 4 en 5?

Opdracht 7

Hoeveel graden temperatuurverschil ondergaat een vlieg in de kamer bij proef 1 (warmteversneller uit) en bij proef 2 (warmteversneller aan)?

Opdracht 8

Wat is het effect van de warmteversneller op het energiegebruik van de kachel in de kamer?

Opdracht 9

Wat is het effect van een warmteversneller op de behaaglijkheid in een kamer?

Opdracht 10

Wat is het effect van een warmteversneller op de stookkosten in een kamer?

In leestekst 2 (blz. 54) kun je lezen over een thermostaat met regelbare warmteversneller.

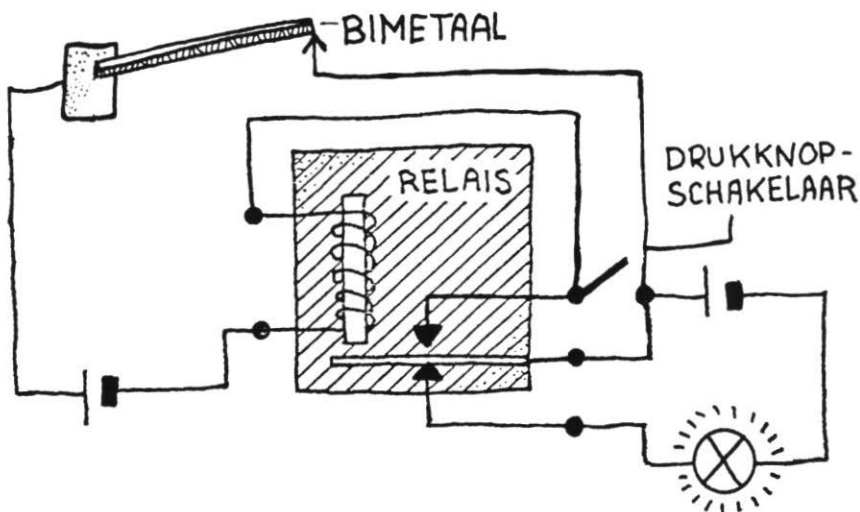
Een brandalarm kan gemaakt worden van een bimetaal. Bijvoorbeeld kan een bel in plaats van een lampje aangesloten worden op het ontwerp van blz. 5.

Het nadeel van deze schakeling is dat de bel weer uitgaat als het bimetaal even afkoelt. Dat kan gemakkelijk gebeuren ook als de brand niet gedoofd is. In de volgende opstelling blijft de bel rinkelen als het bimetaal eenmaal het kontakt verbroken heeft.

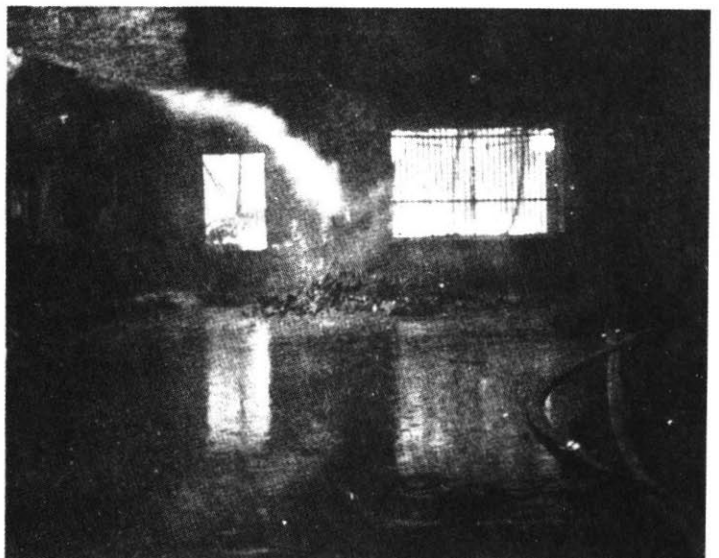
PROEF Brandalarm

1. Bouw de volgende schakeling.

De elektromagneet van het relais staat in serie met zijn eigen maakkontakt.



2. Druk op de drukknop.
3. Verwarm het bimetaal.
4. Leg uit hoe de schakeling werkt.
5. Schakel ook een elektromagnetische kraan, aangesloten op 24 V, zodat je een automatische sproeier krijgt.
6. Onderzoek hoe je de gevoeligheid (temperatuurverhoging waarbij de schakeling reageert) kunt regelen.



Brand in een fabriek

In het basisdeel heb je een knipperlicht gemaakt met een bimetaal. De snelheid van aan- en uitgaan van dat knipperlicht kan je veranderen door een tweede lampje aan te sluiten. In dit onderzoek gebruik je andere manieren om het knipperlicht regelbaar te maken. Er wordt een regelbare weerstand in gebruikt. (zie blz. 27) Verder moet je weten hoeveel vermogen in een weerstandsdraad wordt vrijgemaakt (blz. 30).

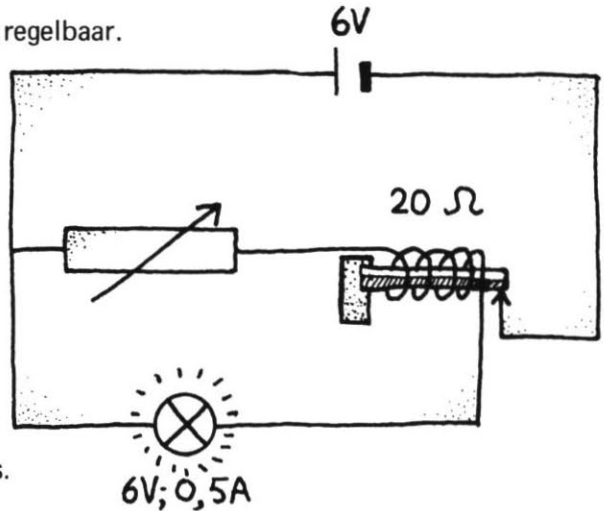
De volgende opstelling maakt de snelheid van aan- en uitgaan regelbaar.

Opdracht 1

Hoe groot kies je de maximale waarde van de regelbare weerstand?

PROEF 1 Knipperlicht

1. Bouw de opstelling na.



2. Probeer of de frequentie inderdaad regelbaar is.
3. Verklaar je waarnemingen.

Opdracht 2

Als de regelbare weerstand op 0Ω staat, is de warmte-ontwikkeling in het spiraaltje het grootst. Hoeveel maal zo klein wordt de warmte-ontwikkeling als de stroom door het spiraaltje gehalveerd wordt?

(pas op, ook de spanning over het spiraaltje verandert) Op hoeveel ohm moet de regelbare weerstand nu ingesteld worden?

Hoe groot verwacht je dat de knipperfrequentie in het tweede geval is ten opzichte van het eerste geval.

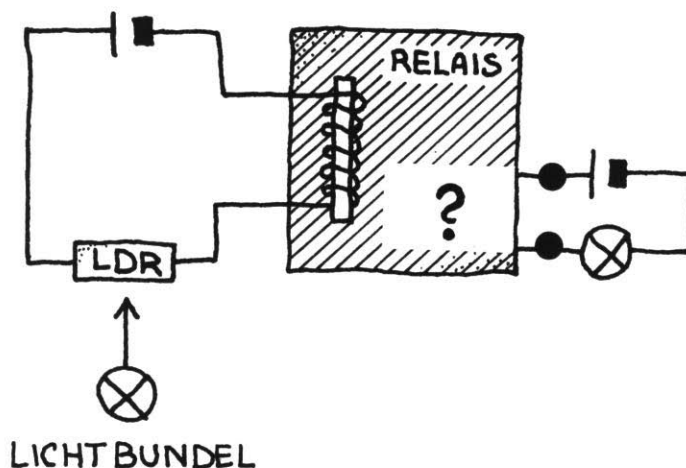
PROEF 2 Regelbare knipperfrequentie

1. Controleer je laatste antwoord in de vorige opdracht met een proef.
2. Leg het resultaat van de proef uit.



Knipperlicht.

Langs autowegen bestaan systemen die automatisch borden met snelheidsbeperkingen laten oplichten als het mistig is. Mist wordt gesignaleerd doordat de mist een lichtstraal, die op een L.D.R. valt, onderbreekt. Daardoor wordt met een relais de verlichting van de borden ontstoken. Hieronder zie je een schema van het systeem.



PROEF 1 De mistwaarschuwing

1. Bouw het systeem na.
Moet het maak- of breekcontact worden gebruikt?
2. Test hoe dicht de mist moet zijn om het lampje te ontsteken.
Gebruik daarvoor plastic zakjes. Hoe meer plastic zakjes nodig zijn, des te dichter de mist moet zijn om de schakeling te laten werken.
Hoeveel lagen plastic zijn nodig?

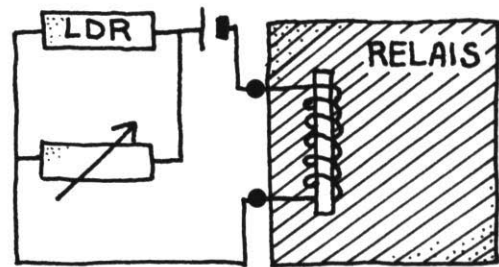
Dit systeem is nog vrij primitief. Het wordt een stuk beter als je kunt regelen bij welke mistdikte de borden worden ontstoken. Dat kan o.a. door de afstand tussen lichtbron en detector te veranderen.

PROEF 2 De gevoeligheid van de mistwaarschuwing

1. Maak het systeem twee keer zo gevoelig, dat wil zeggen, zorg dat het waarschuwingslampje aangaat als de mist half zo dik is.
2. Leg uit wat je in de opstelling hebt veranderd en waarom je dat gedaan hebt.

Een andere manier om het systeem regelbaar te maken is met behulp van een regelbare weerstand (zie blz. 27). Daarvoor zijn twee soorten schakelingen mogelijk

REGELBARE MISTWAARSCHUWING 1



Door een weerstand parallel te schakelen aan de L.D.R. gaat er extra stroom naar het relais. De L.D.R. moet dus minder stroom doorlaten om het relais te schakelen.

Vraag:

Moet de mist nu dichter of minder dicht zijn om het relais te schakelen?

Voor het bereik van de regelbare weerstand kun je kiezen uit 4 stuks:

- a. 0 tot 10Ω
- b. 0 tot 100Ω
- c. 0 tot 1000Ω
- d. 0 tot 10.000Ω

Weerstand a) is ongeschikt. Als hij op 10Ω staat, is hij zo klein dat er altijd genoeg stroom door het relais gaat, zodat het nooit geschakeld wordt.

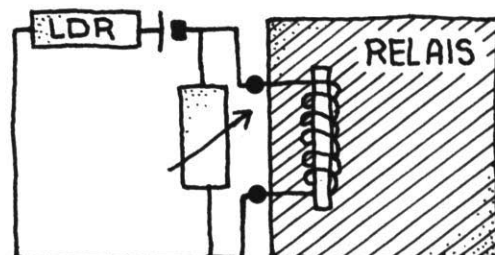
Opdracht 1

Kies een geschikte regelbare weerstand. Motiveer je keuze.

PROEF 3 Regelbare mistwaarschuwing!

1. Bouw de schakeling nu na.
2. Controleer of nu ingesteld kan worden bij welke mistdichtheid de borden oplichten.
3. Maak de opstelling 2x zo ongevoelig als in de eerste proef.

REGELBARE MISTWAARSCHUWING 2



Een tweede manier krijg je door een regelbare weerstand parallel aan het relais te schakelen. Een gedeelte van de stroom door de L.D.R. gaat dus niet meer door het relais.

Opdracht 2

Moet de mist nu dichter of minder dicht zijn om het relais te schakelen?

PROEF 4 Regelbare mistwaarschuwing 2

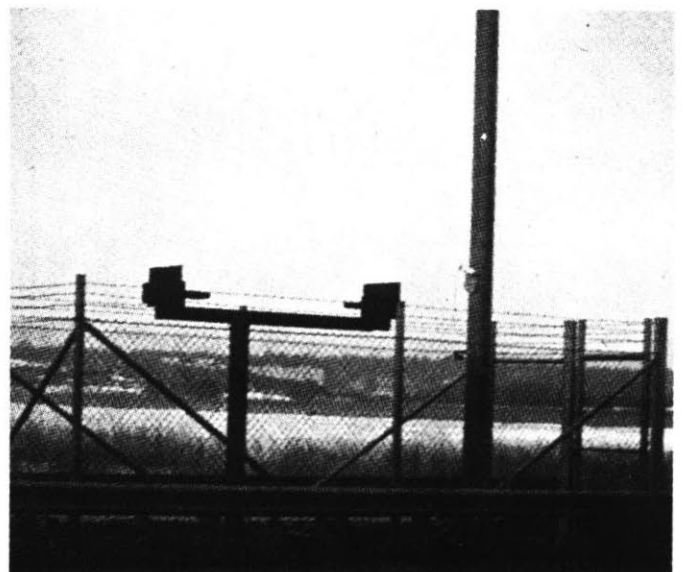
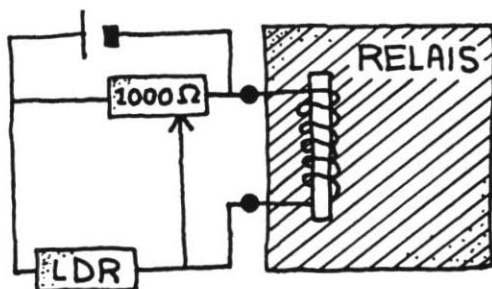
1. Kies weer een geschikte regelbare weerstand.
2. Bouw de schakeling na.
3. Controleer of het systeem regelbaar is.
4. Stel het systeem zo in dat het 2x zo gevoelig is als in de eerste proef.

Een nadeel van de schakelingen is dat ze ten opzichte van de eerste schakeling een systeem maken dat of gevoeliger of ongevoeliger is.

In de volgende schakeling zijn beide mogelijkheden gecombineerd.

PROEF 5 Gecombineerde schakeling

1. Bouw de schakeling na.
2. Verklaar de werking.



Meting van het zicht langs een autoweg. Bij mist wordt een snelheidsbeperking van kracht.

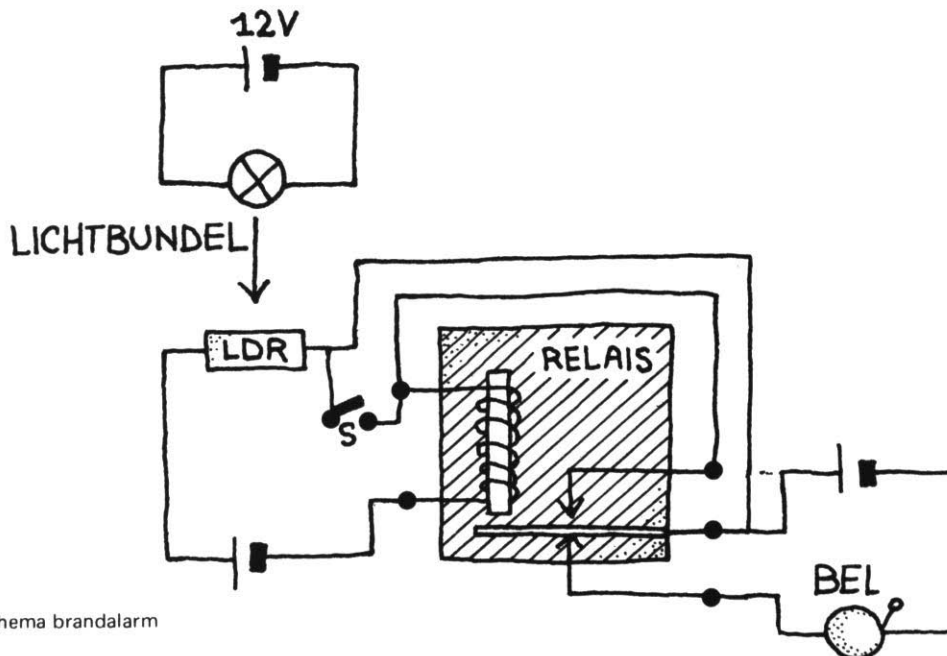


Een boerderijbrand. Met een brandalarm kunnen de risico's worden teruggebracht.

Een brandalarm kan gemaakt worden van een L.D.R. en relais. Wanneer het systeem rook waarneemt, moet er bijvoorbeeld een bel of een sproeier in werking worden gesteld. Het grootste verschil met het mistwaarschuwingssysteem (blz. 44) is het volgende: Als de rook eenmaal gesignaleerd is, moet de bel blijven rinkelen of de sproeier blijven sproeien. De bel moet niet uitgeschakeld worden omdat (even) geen rook meer wordt gesignaleerd. De brand hoeft dan niet gedoofd te zijn.

PROEF 1 Rookmelder

1. Bouw de volgende schakeling.
De elektromagneet staat in serie met zijn eigen maakkontakt.



2. Druk op de drukknop terwijl de L.D.R. belicht wordt.
3. Schakel het relais door de lichtstraal te onderbreken
4. Leg uit hoe de schakeling werkt.
5. Schakel met het relais een elektromagnetische klep, waarmee je een sproeier kunt bedienen.

Dit systeem is vrij primitief. Het wordt een stukje beter als je kunt regelen bij welke rookdikte de bel of sproeier gaat werken. Dat kan o.a. door de afstand tussen lichtbron en detector te veranderen.

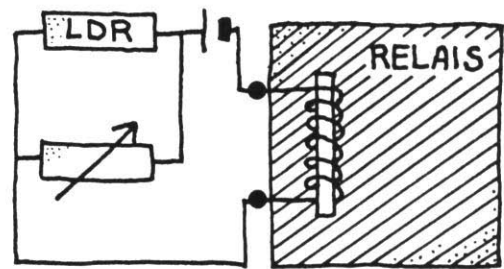
PROEF 2 De gevoeligheid van de rookmelder

1. Test hoe dicht de rook moet zijn om het lampje in proef 1 te ontsteken.
Gebruik daarvoor plastic zakjes. Hoe meer plastic zakjes nodig zijn, hoe dichter de rook moet zijn om de schakeling te laten werken.
Hoeveel lagen plastic zijn nodig?
2. Maak het systeem 2x zo gevoelig, dat wil zeggen, zorg dat de bel aangaat als de rook half zo dik is.
3. Leg uit wat je in de opstelling hebt veranderd en waarom je dat gedaan hebt.

Een andere manier om het systeem regelbaar te maken is met behulp van een regelbare weerstand. (zie blz. 27).

Er zijn twee manieren:

REGELBAAR BRANDALARM 1



Door een weerstand parallel te schakelen aan de L.D.R. gaat er extra stroom naar het relais. De L.D.R. moet dus minder stroom doorlaten om het relais te schakelen.

Vraag:

Moet nu de rook dichter of minder dicht zijn om het relais te schakelen?

Voor het bereik van de regelbare weerstand kun je kiezen uit 4 stuks:

- a. 0 tot 10Ω
- b. 0 tot 100Ω
- c. 0 tot 1000Ω
- d. 0 tot 10.000Ω

Weerstand a) is ongeschikt. Als hij op 10Ω staat, is hij zo klein dat er altijd genoeg stroom door het relais gaat, zodat het nooit geschakeld wordt.

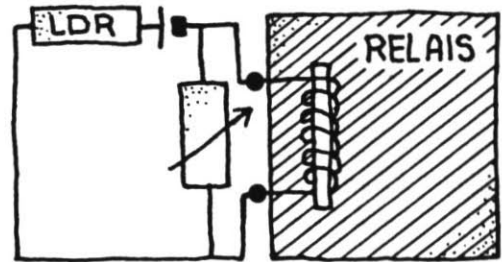
Opdracht 1

Kies een geschikte regelbare weerstand. Motiveer je keuze.

PROEF 3 Regelbaar brandalarm

1. Bouw de schakeling nu na.
2. Controleer of nu ingesteld kan worden bij welke rookdichtheid het relais wordt ingeschakeld.
3. Maak de opstelling 2x zo ongevoelig als in de eerste proef.

REGELBAAR BRANDALARM 2



Een tweede manier krijg je door een regelbare weerstand parallel aan het relais te schakelen. Een gedeelte van de stroom door de L.D.R. gaat dus niet meer door het relais.

Opdracht 2

Moet de rook nu dichter of minder dicht zijn om het relais te schakelen?

PROEF 4 Regelbaar brandalarm 2

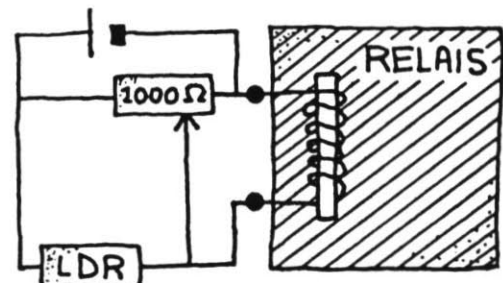
1. Kies weer een geschikte regelbare weerstand.
2. Bouw de schakeling na.
3. Controleer of het systeem regelbaar is.
4. Stel het systeem zo in dat het 2x zo gevoelig is als in de eerste proef.

Een nadeel van de schakelingen hierboven is dat ze ten opzichte van de eerste schakeling een systeem maken dat òf gevoeliger òf ongevoeliger is.

In de volgende schakeling zijn beide mogelijkheden gecombineerd.

PROEF 5 Gecombineerde schakeling

1. Bouw de schakeling na.
2. Verklaar de werking.



Een oliebrand



Het blussen van een brand in een warehouse langs de Thames in Londen.

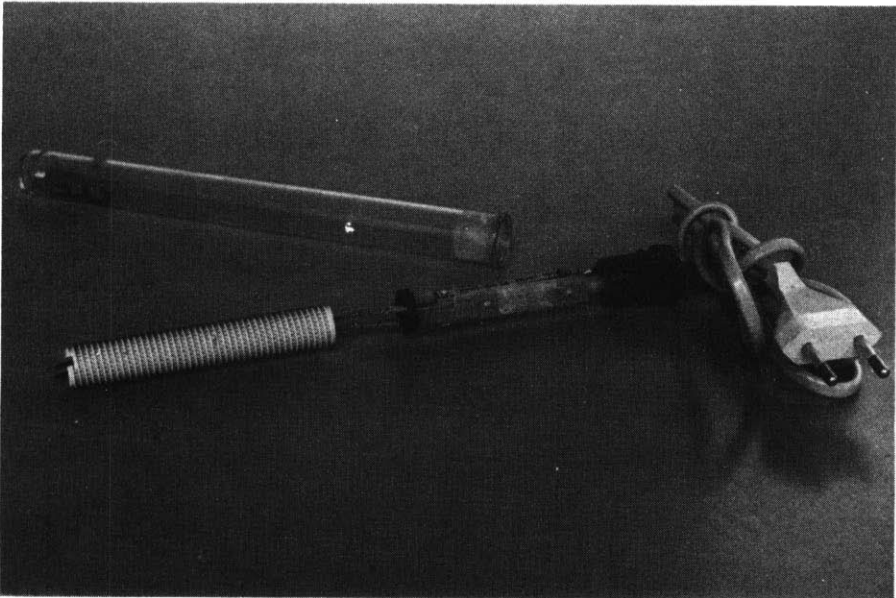
In warenhuizen en andere grote gebouwen heb je vaak een brandbeveiligingssysteem. Bij een bepaalde temperatuur of bij rookontwikkeling gaan sirenes loeien of bellen rinkelen en gaan de watersproeiers in het plafond water spuiten om het vuur te doven.

Opdracht

1. Ontwerp een brandbeveiligingssysteem dat zo werkt.
2. Bouw dit systeem.

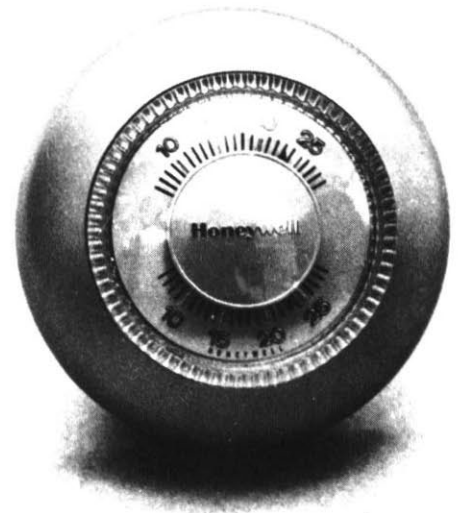
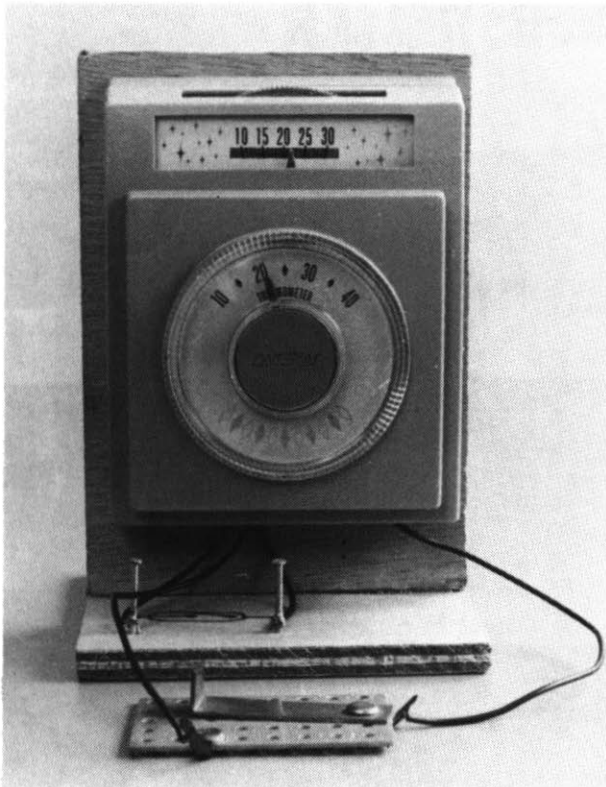
INHOUD LEESTEKSTEN

1. Thermostaten en schakeltraagheid	blz. 53
2. Thermostaat met regelbare warmteversneller	blz. 54
3. Atomen en moleculen	blz. 55
4. Meten met thermokoppels en bimetalen	blz. 58
5. Weerstandjes	blz. 61



Aquariumverwarming met ingebouwde thermostaat.

THERMOSTATEN EN SCHAKELTRAAGHEID



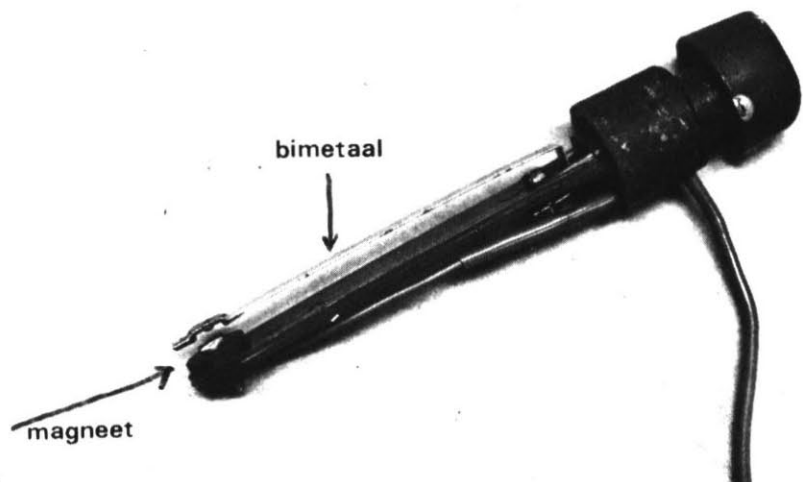
twee kamerthermostaten

Een thermostaat sluit een stroomkring als de temperatuur lager is dan de ingestelde temperatuur. Daardoor gaat bijvoorbeeld de hoofdbrander van een C.V.-ketel of de verwarmingsspiraal van een strijkijzer aan.

Wanneer de ingestelde temperatuur bereikt is, wordt de stroomkring weer verbroken. Dat gebeurt altijd iets te laat. De thermostaat moet namelijk ook zelf opwarmen. Hoe langer dat duurt, hoe meer de thermostaat te laat schakelt. Deze eigenschap heet de schakeltraagheid van de thermostaat. Bij een bimetaal wordt de schakeltraagheid onder andere bepaald door de hoeveelheid warmte die nodig is om het bimetaal op te warmen. Hoe groter de soortelijke warmte van de materialen van het bimetaal, hoe groter de schakeltraagheid.

THERMOSTAAT VOOR EEN AQUARIUMVERWARMING

Een aquariumthermostaat is gemaakt van een lang, recht bimetaal. Aan het uiteinde van het bimetaal is een magneetje geplaatst. Daardoor wordt het contact bij het schakelen sneller gemaakt. Dat is van belang om beschadiging van de contacten te voorkomen. Bij het sluiten van het contact kunnen vonken overspringen. Die vonken beschadigen het metaal. Hoe sneller het contact gemaakt wordt, hoe minder er vonken over kunnen springen. Bovendien zorgt het magneetje ervoor dat de temperatuurschommelingen kleiner zijn. Voor de vissen maakt dat het leven aangenamer.

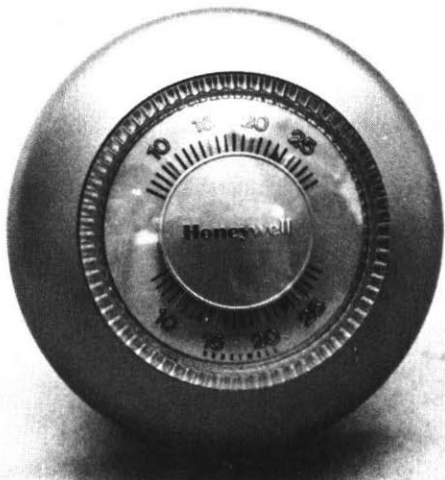


aquariumthermostaat

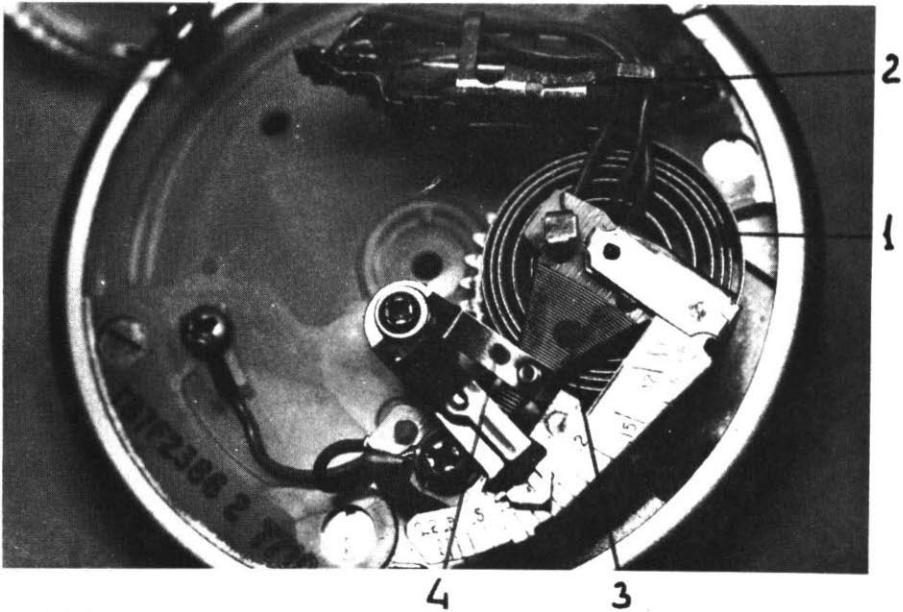
THERMOSTAAT MET REGELBARE WARMTEVERSNELLER

Een warmteversneller warmt het bimetaal van een thermostaat op, zodat deze de kachel eerder uitschakelt. (zie temperatuurschommelingen verkleinen op blz. 37) Als de warmteversneller weinig warmte levert, wordt het uitschakelen weinig versneld; als hij veel warmte geeft, wordt het uitschakelen veel versneld. Je kunt dus het effect van de warmteversneller regelen door de hoeveelheid warmte die de weerstandsdraad levert te regelen. Het effect van de warmteversneller hangt dus af van het vermogen dat de weerstandsdraad, die het bimetaal extra verwarmt, levert.

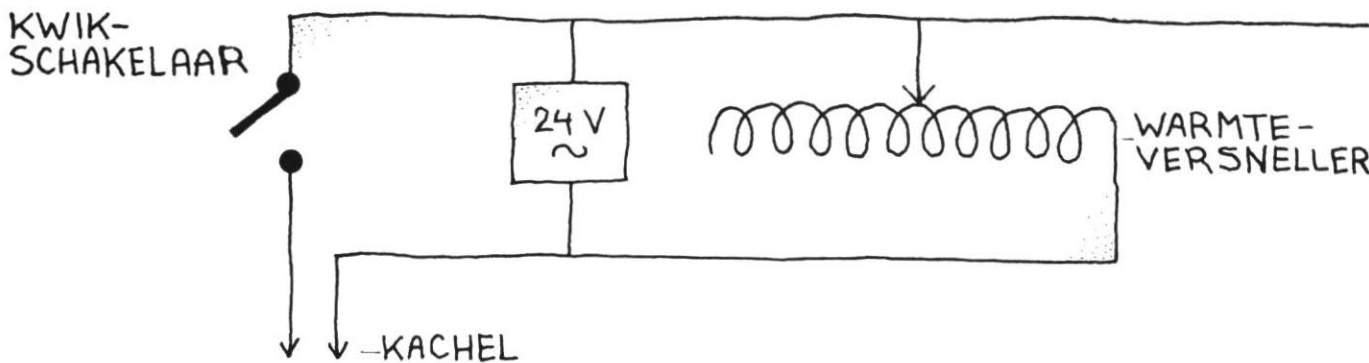
Bij de thermostaat op de foto's kun je het vermogen regelen. Je doet dat door het palletje (4) te verschuiven. Daarmee verander je de lengte van de weerstandsdraad die het bimetaal verwarmt. Een korte weerstandsdraad warmt het bimetaal sneller op.



Kamerthermostaat met regelbare warmteversneller



Dezelfde kamerthermostaat geopend.
Het opgerolde bimetaal (1) bedient een kwikschakelaar (2). De warmteversneller (3) bestaat uit een weerstandsdraad. Je kunt de warmteversneller bijregelen door het palletje (4) over de weerstandsdraad te schuiven. Daardoor regel je de lengte van het stuk weerstandsdraad dat in de stroomkring is opgenomen.



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

ELEMENTEN EN STOFFEN

Er bestaan wel een paar miljoen verschillende stoffen. In de vorige eeuw heeft men ontdekt dat al die stoffen zijn samengesteld uit ongeveer honderd basisstoffen: de elementen.

Voorbeelden van elementen zijn: waterstof, zuurstof, koper, aluminium, goud, chloor en koolstof.

De meeste stoffen zijn samengesteld uit een aantal elementen en noemen we daarom samengestelde stoffen.

Voorbeelden zijn: water, suiker, zout, azijn, zoutzuur en ammoniak. Water is samengesteld uit de elementen zuurstof en waterstof; suiker uit zuurstof, waterstof en koolstof.

MOLECULEN EN ATOMEN

In het thema „IJs, Water, Stoom II” heb je geleerd dat alle stoffen opgebouwd zijn uit moleculen. Moleculen zijn de bouwstenen van stoffen.

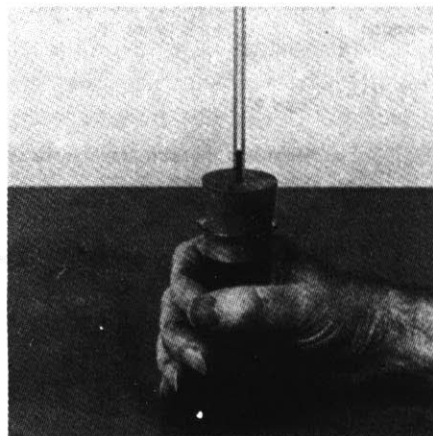
*door temperatuur-
stijging gaan de
moleculen sneller
bewegen*

Proef 11

Verwarm een kolf vol met water, waarin een rietje steekt, met de hand (zie foto).

Wat zie je?

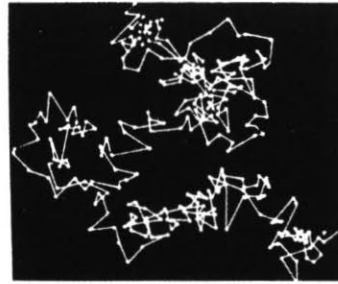
Hoe kun je dat verklaren?



Ten slotte nog wat voorbeelden over de grootte van moleculen.

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

- Op een speldepunt zitten nog miljoenen moleculen.
- Als alle aardbewoners samen de moleculen in 1 cm^3 lucht zouden tellen, zou dat 2 werkdagen van 24 uur vergen
- In 1 cm^3 water zitten 30 miljoen maal miljoen maal miljoen moleculen.



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

Wat zie je?

Wat kun je eruit afleiden?

melkdeeltjes bewegen

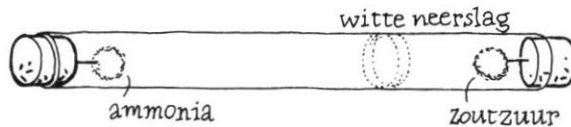
er moet iets zijn dat ze heen en weer beweegt: de watermoleculen

de beweging is willekeurig

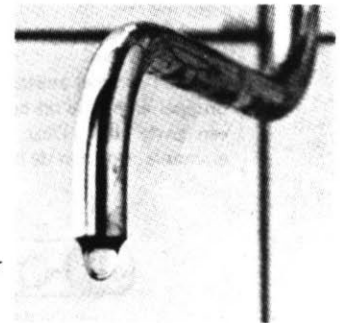
de moleculen bewegen ook willekeurig, kris-kras door elkaar heen.

Proef 6

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



moleculen trekken
elkaar aan



Proef 9a

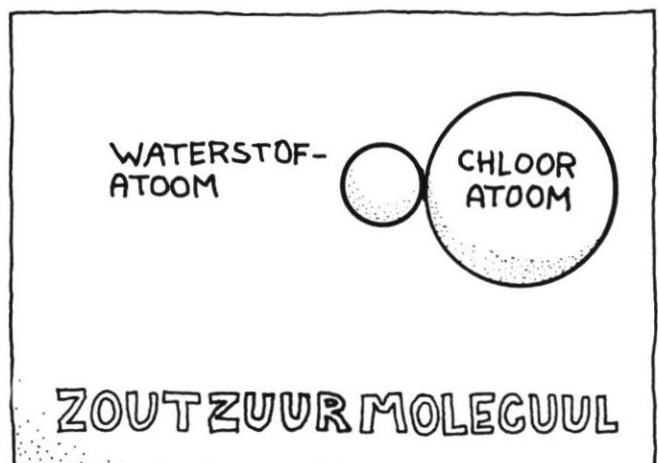
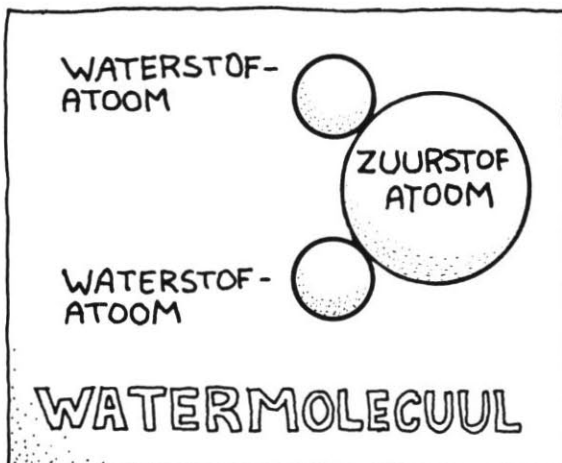
Kijk naar een waterdruppel uit een kraan.
Hoe komt het dat het onderste deel van het water blijft hangen?
Geldt dit ook voor andere vloeistoffen?

Wat je over moleculen al geleerd hebt.

Er zijn net zoveel soorten moleculen als er soorten stoffen zijn. Bij samengestelde stoffen zijn de moleculen ook samengesteld. Ze zijn samengesteld uit atomen. Atomen zijn de bouwstenen van de elementen. Er zijn ruim 100 verschillende elementen en dus evenveel verschillende atomen. Atomen zijn iets kleiner dan moleculen.

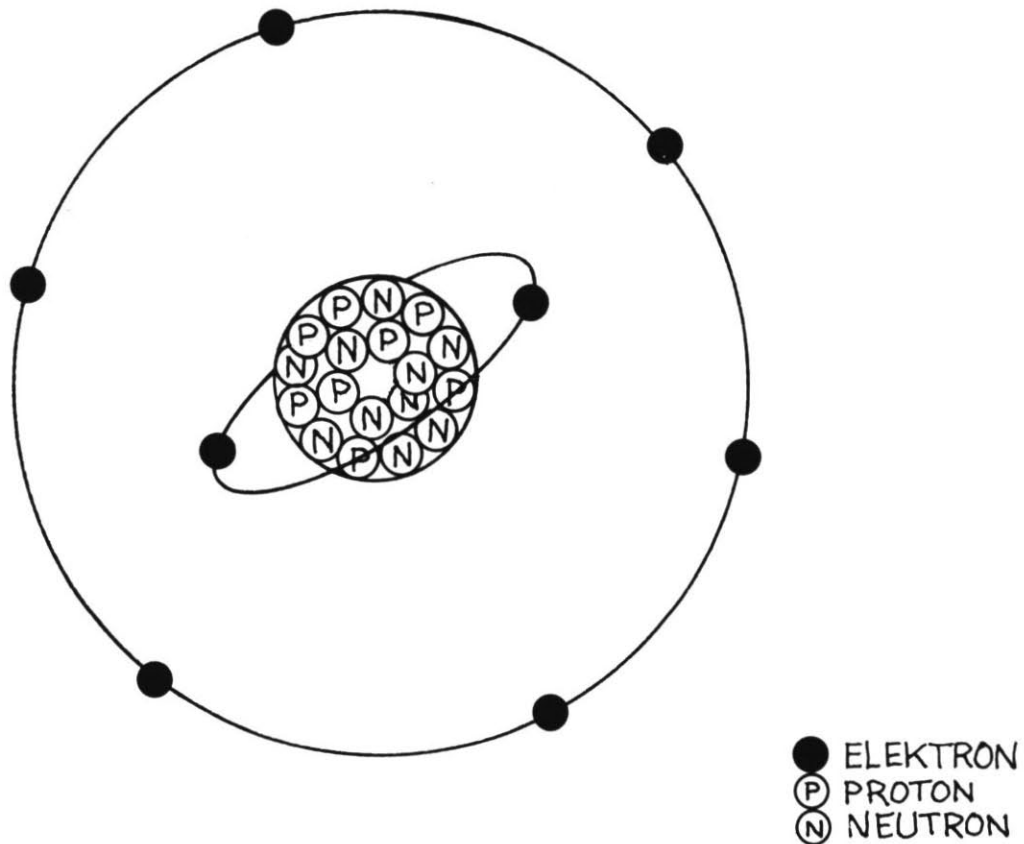
Water is opgebouwd uit waterstof en zuurstof. Een watermolecuul is opgebouwd uit één zuurstof- en twee waterstofatomen.

Een zoutzuurmolecuul is opgebouwd uit een chloor- en waterstofatoom.



OPBOUW VAN ATOMEN

Aan onze kennis van moleculen, atomen en elementen is in de vorige eeuw veel bijgedragen door onder anderen de Russische geleerde Mendelejev. In de 20e eeuw heeft men nog meer ontdekt over de opbouw van de stoffen. Bohr en Rutherford vonden dat atomen zijn opgebouwd uit nog weer kleinere bouwstenen: protonen, neutronen en elektronen. De protonen en neutronen zitten heel dicht bij elkaar en vormen samen



de atoomkern. De elektronen bewegen op een „grote” afstand om de atoomkern.

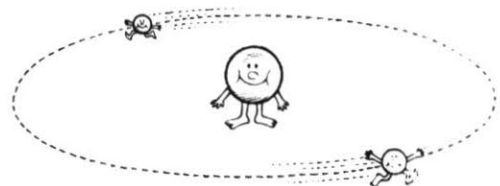
Alle honderd verschillende atomen hebben honderd verschillende kernen. Maar de onderdelen van die kernen zijn wel dezelfde: protonen en neutronen. Ook de elektronen in verschillende atomen zijn gelijk.

Het verschil in atomen komt door verschillen in aantal protonen, neutronen en elektronen.

Die atoomkern is veel kleiner dan het atoom. Het atoom is ongeveer duizend keer zo groot als de atoomkern.

Toch is een atoom verschrikkelijk klein.

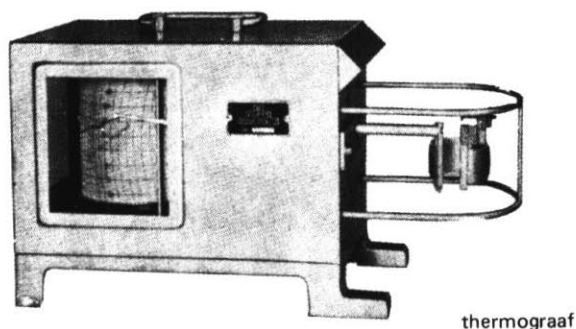
Als je één miljard atomen achter elkaar legt is dat een rij van ongeveer één millimeter lengte.



Met de ontdekking van atoomkernen en elektronen is nog niet het laatste woord gezegd. Daarna is ook gebleken dat protonen, neutronen en elektronen nog weer uit andere deeltjes bestaan. Nog steeds worden er wat dit betreft nieuwe ontdekkingen gedaan.

METEN MET THERMOKOPPELS EN BIMETALEN

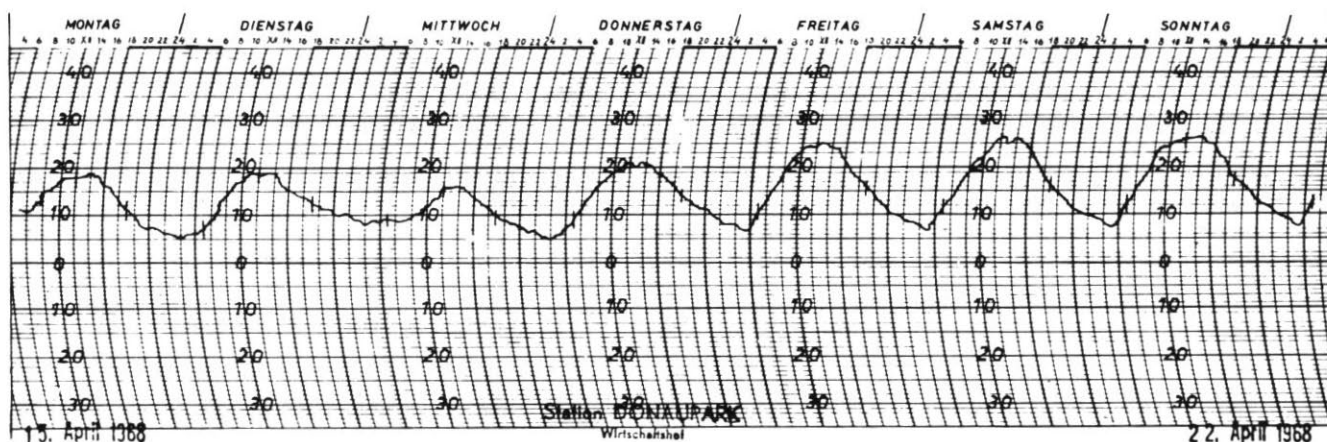
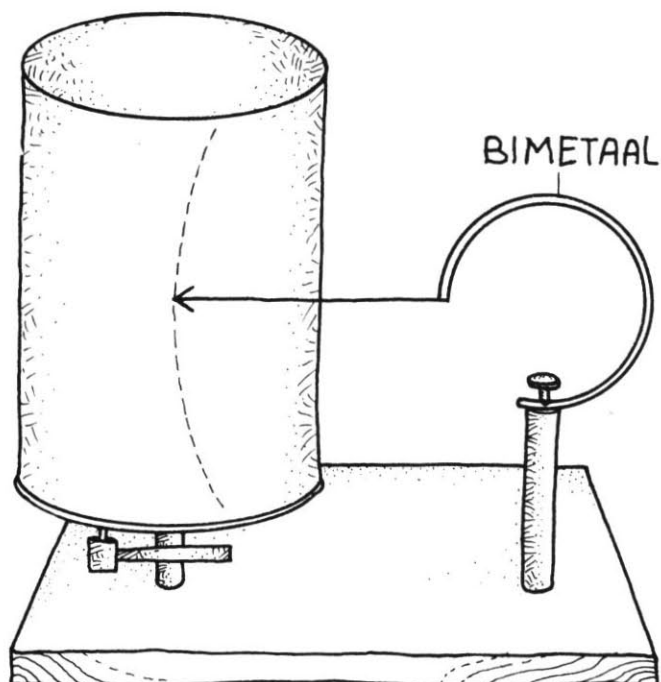
Bimetalen en thermokoppels kun je niet alleen gebruiken om te schakelen; je kunt er ook mee meten.



thermograaf

BIMETAALTHERMOMETER

Op de figuur zie je hoe de bimetaalthermometer werkt. Als het bimetaal krommer trekt, komt de wijzer lager. Bimetalen worden onder anderen toegepast in thermografen (temperatuurschrijvers). Aan de wijzer zit dan een pen, die een lijn trekt op een stuk papier. Het papier zit op een trommel, die 1x per dag of 1x per week ronddraait. Je kunt zo de veranderingen in de temperatuur vastleggen. Thermografen worden gebruikt in weerstations, in fabrieken, in kassen en in andere ruimten waar het verloop van de temperatuur bekend moet zijn.



Zo ziet het stuk papier er uit dat je van de trommel van een thermograaf haalt als deze 1x per week ronddraait. Uit de registratie kun je o.a. halen wanneer de temperatuur het laagst was en wanneer het hoogst. (laag: dinsdagochtend 4 uur en donderdagochtend 4 uur: 5° C; hoog: zaterdagmiddag 14 uur en zondagmiddag 16 uur: iets meer dan 26° C)

THERMOKOPPEL ALS THERMOMETER

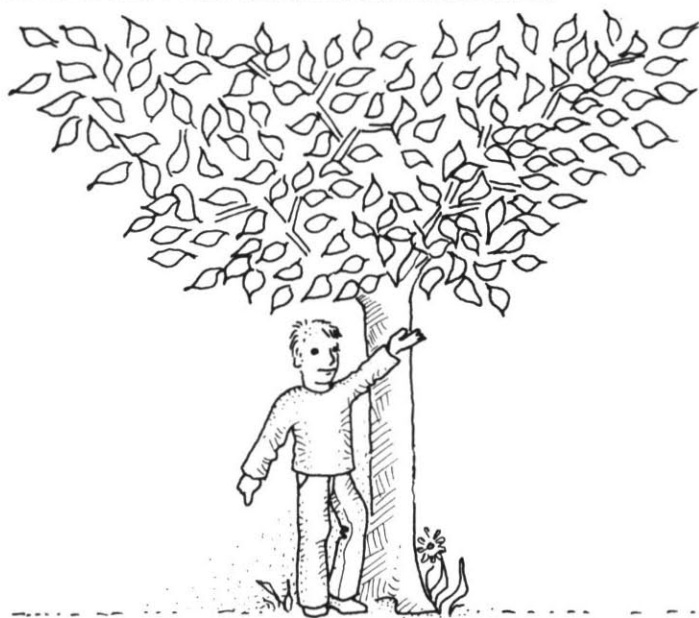
Thermokoppels geven een spanning bij een temperatuursverschil. (zie proef 4 uit het basishoofdstuk). De grootte van de spanning is een maat voor het temperatuurverschil. Thermokoppel en spanningsmeter vormen samen dus een thermometer. Je moet die thermometer eerst nog wel ijken. De temperatuur van de koude las moet goed bekend zijn. Je hebt een zeer gevoelige spanningsmeter nodig als je kleine temperatuurverschillen wilt meten.

Een voordeel van thermokoppels is dat ze snel reageren op temperatuurveranderingen. Bij sommige metingen is dat erg handig; bijvoorbeeld als je met een auto naar verschillende plaatsen gaat om de luchttemperatuur daar te meten.

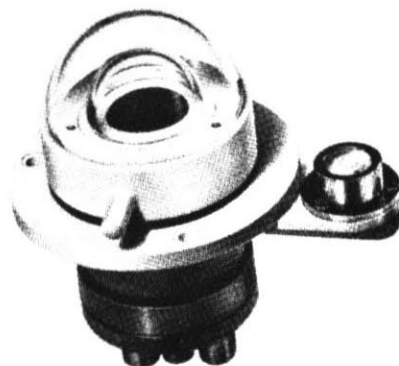
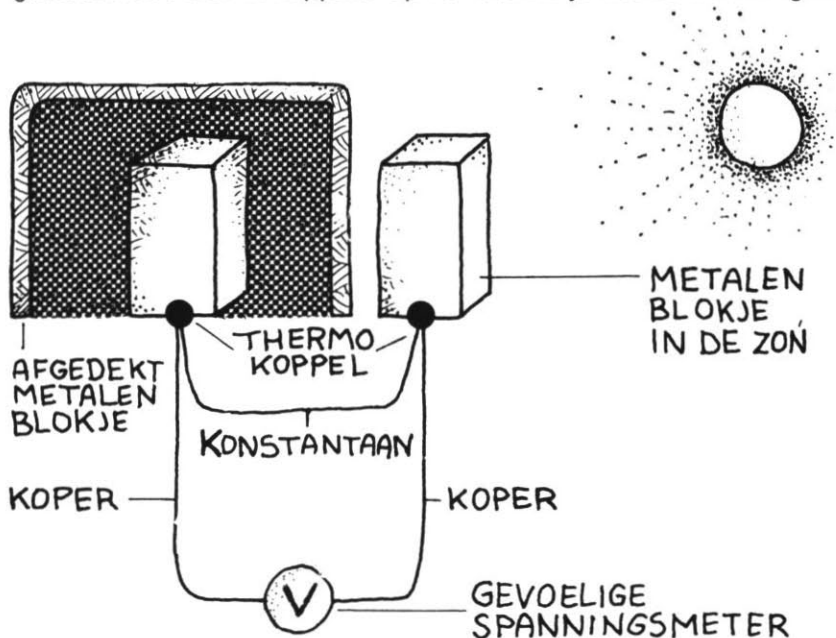
Meetwagen waarmee o.a. de luchttemperatuur op verschillende plaatsen in de stad Utrecht is gemeten. In de „toeters” op het dak van de auto zitten thermokoppels. De temperatuur die de thermokoppels meten, kan binnen worden afgelezen.



THERMOKOPPEL ALS STRALINGSMETER

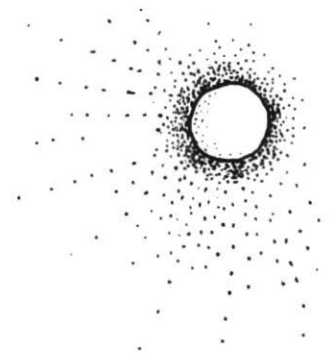
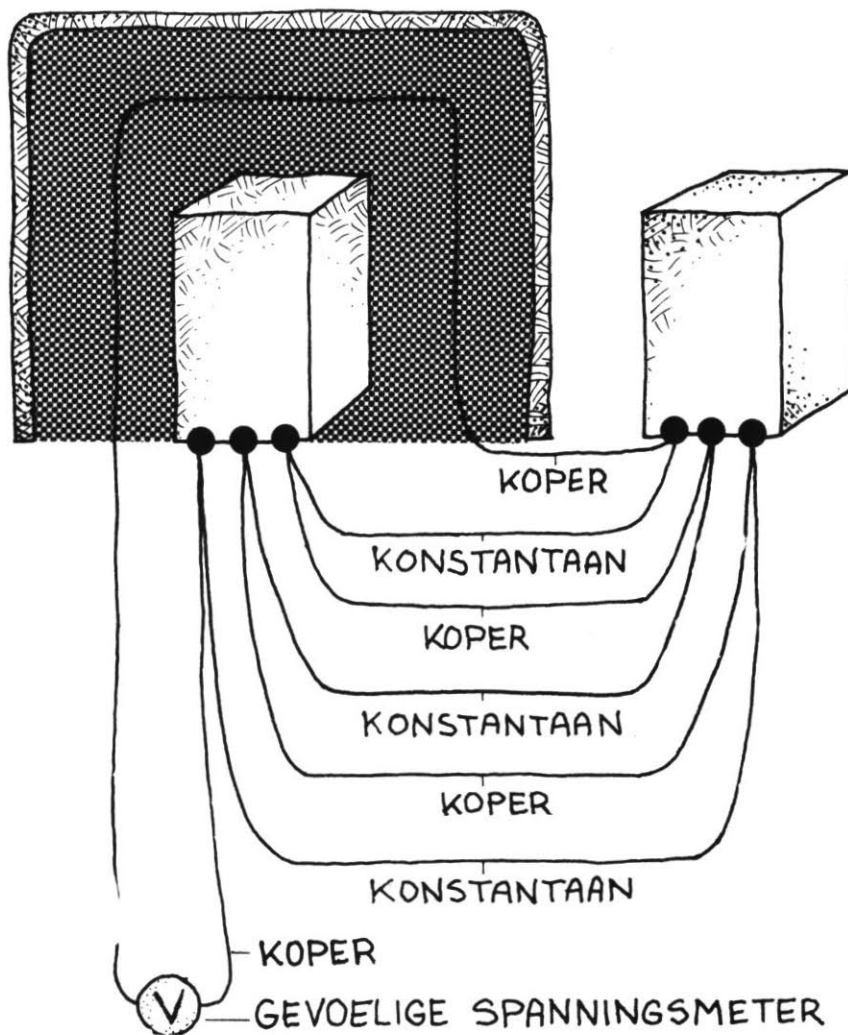


In de zon word je veel heter dan in de schaduw. Dat komt door de zonnestraling. Een metalen blokje in de zon wordt ook heter dan een afgeschermd metalen blokje. Ook dat komt door de straling. Hoe meer straling, des te groter wordt het temperatuurverschil tussen de metalen blokjes. Het temperatuurverschil wordt gemeten met thermokoppels. Op de foto zie je hoe zo'n stralingsmeter eruit ziet.

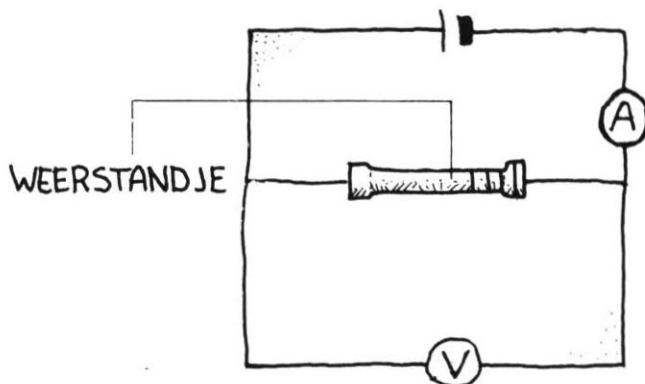
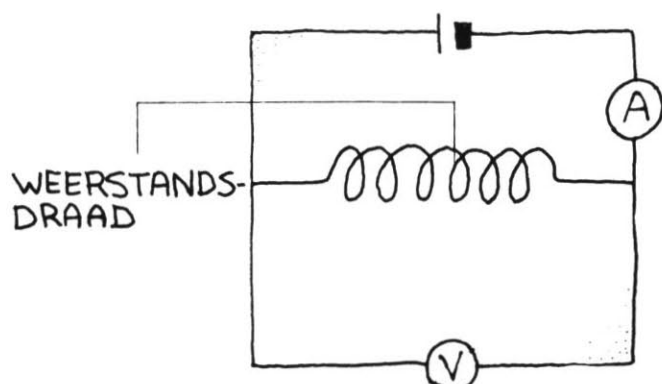


stralingsmeter

Om de meter extra gevoelig te maken, wordt de warme las zwart gemaakt. Bovendien wordt de spanning vergroot door een aantal thermokoppels in serie te schakelen.



In zaken voor radio-onderdelen kun je zgn. „weerstandjes” kopen. Ze zien eruit zoals op de tekening hiernaast. Als je zo’n weerstandje in een elektrische schakeling opneemt, heeft dat hetzelfde effect als wanneer je een weerstandsdraad opneemt. Zo’n weerstandje is gemaakt van koolstof.



Een weerstandje in een elektrische stroomkring doet hetzelfde als een weerstandsdraad. De weerstand van de draad moet dan wel even groot zijn als de weerstand die de gekleurde ringen op het weerstandje aangeven.

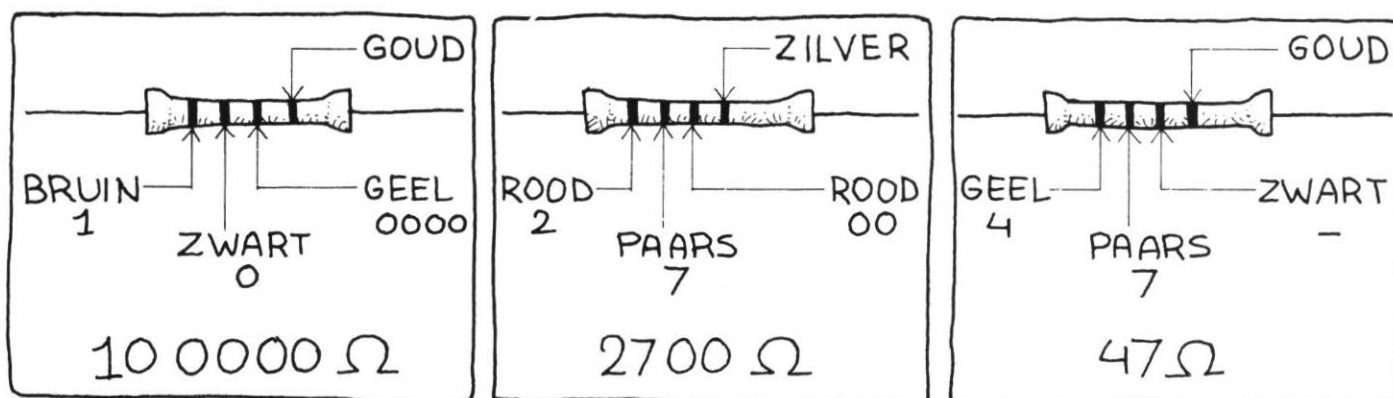
Door het koolstof te persen wordt er een staafje gemaakt. Hoe steviger het koolstof in elkaar is geperst, des te beter geleidt het de stroom. Hoe groot de weerstand van die weerstandsdraad moet zijn, kun je lezen uit de gekleurde ringen die op het weerstandje zitten. Met de kleurenkode hieronder kun je van elk weerstandje de weerstand bepalen.

KLEUREN WEERSTANDEN



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
										1 ^e RING
										2 ^e RING
										3 ^e RING (AANTAL NULLEN)
ZWART	BRUIN	ROOD	ORANJE	GEEL	GROEN	BLAUW	PAARS	GRUJS	WIT	

Voorbeelden:

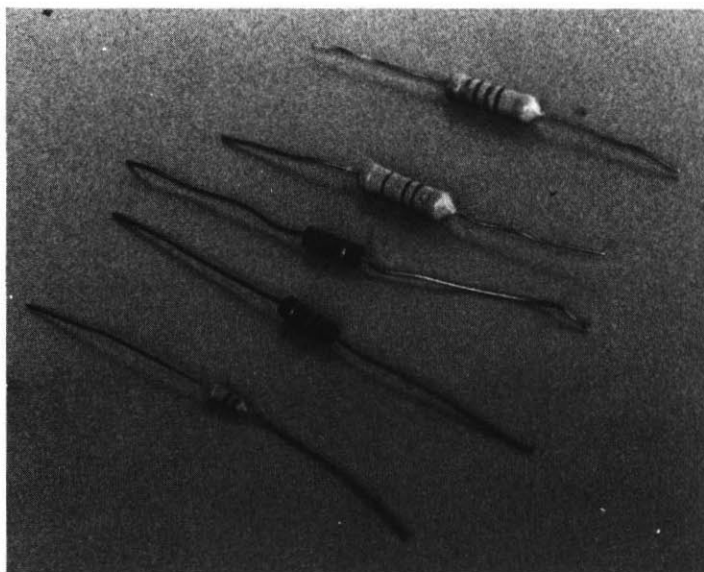


In de elektronika wordt $100.000\,\Omega$ vaak 100 K genoemd (de K van kilo-ohm). $2700\,\Omega$ is dus 2,7 K.

Door fabricagefouten is de waarde van zo'n weerstandje meestal niet de opgegeven waarde. De vierde ring geeft aan hoeveel de opgegeven waarde kan verschillen van de werkelijke waarde:

- goud : hoogstens 1% verschil
- zilver : hoogstens 5% verschil
- bruin : hoogstens 10% verschil

Sommige weerstanden zijn groter uitgevoerd dan andere. De grootte hangt af van de maximale hoeveelheid warmte die in het weerstandje ontwikkeld mag worden. Bij een weerstand met een maximaal vermogen van $\frac{1}{2}\text{ W}$, mag de spanning over de weerstandje $\times$ de stroom door het weerstandje niet groter zijn dan een $\frac{1}{2}\text{ W}$. Wordt er meer warmte ontwikkeld, dan kan het weerstandje beschadigd worden.



koolstofweerstandjes

Gegevens van vaste stoffen, vloeistoffen en gassen

aggregatietoestand (T = 293 K)		dichtheid (T = 293 K)	coëfficiënt	lineaire uitzettingscoëfficiënt	kubieke uitzettingscoëfficiënt	soortelijke warmte (smelttemperatuur)	smeltpunt	smeltwarmte	kookpunt (p = p ₀)	verdampingswarmte bij kookpunt	dichtheid t.o.v. waterstof (T = 293 K)	soortelijke weerstand (T = 293 K)	samenstelling
		10 ³ kg m ⁻³	10 ⁻³ K ⁻¹	K ⁻¹	10 ³ J kg ⁻¹ K ⁻¹	K	10 ³ J kg ⁻¹	K	10 ³ J kg ⁻¹	K	10 ³ J kg ⁻¹	10 ⁻⁸ Ω m	massa - %
aardgas (Gron.)	g	0,83 · 10 ⁻³ 4)		^{1/273}									
aceton	l	0,79		1,5 · 10 ⁻³	2,2	178	0,92	329	5,2	9,2			
alkohol (ethanol)	l	0,80		1,1 · 10 ⁻³	2,4	159	1,1	351	8,4				
aluminium	s	2,7	2,4		0,88	932	4,0					2,7	
ammoniak	g	0,77 · 10 ⁻³ 4)		^{1/273}		195		240	13,7	8,5			
argon	g	1,8 · 10 ⁻³ 4)		^{1/273}						20			
benzeen	l	0,88		1,2 · 10 ⁻³	1,7	279	1,3	353	3,9				
benzine	l	0,72											
bismut	s	9,8	1,3		0,12	545	0,54					119	
brons	s	8,9	1,9		0,38	1280							90 Cu, 10 Sn
cadmium	s	8,6	3,1		0,23	594	0,57					7,5	
calcium	s	1,6	2,2		0,65	1123	3,3					4,3	
chloor	g	3,21 · 10 ⁻³ 4)		^{1/273}		172		239	2,9	35,5			
chrom	s	7,1	0,7		0,45	2176	2,8					13	
constantan	s	8,9	1,5		0,41	1540						45	54 Cu, 45 Ni, 1 Mn
diamant	s	3,5	0,13		0,49	3900	170					10 ²¹	
eboniet	s	1,2	8,5		1,7							10 ¹⁶	
ether	l	0,71		1,7 · 10 ⁻³	2,3	157	1,2	308	3,8				
fosfor (wit)	s	1,8	12		0,79	317	0,22					10 ²³	
glas gewoon	s	2,6	0,80		0,84							10 ²⁰	
glas flint	s	3,6	0,80		0,50								
glycerol	l	1,3		0,5 · 10 ⁻³	2,4			563					
goud	s	19,3	1,4		0,13	1336	0,66					2,2	
grafiet	s	2,3	0,20		0,69	3820	170					10 ³	
graniet	s	2,7	0,70		0,82								
helium	g	0,18 · 10 ⁻³ 4)		^{1/273}		1,0 ³⁾		4,3	0,21	2,0			
hout balsa-	s	0,15											
hout ebbe-	s	1,3	0,4										
hout eike-	s	0,78	0,4										
hout vure-	s	0,58	0,5										
invar	s	8,1	0,2		0,50	1720						10 ¹⁸	
keukenzout	s	2,2			0,88	1081						10	64 Fe, 36 Ni
kobalt	s	8,7	1,4		0,42	1768	2,6					6,5	
koolstofdioxide	g	2,0 · 10 ⁻³ 4)		^{1/273}								22	
koper	s	8,9	1,7		0,39	1356	2,1					1,7	
kurk	s	0,20			0,75	1880						10 ²⁸	
kwarts	s	2,5	0,040		0,14	234	0,12	630	3,0			96	
kwik	l	13,5 ¹⁾		0,18 · 10 ⁻³	0,13	601	0,25					21	
lood	s	11,3	2,9		0,13							14	
lucht	g	1,3 · 10 ⁻³ 4)		^{1/273}									
magnesium	s	1,7	2,7		1,0	923	3,7					4,6	
manganen	s	8,5	1,6		0,41	1270						43	84 Cu, 12 Mn, 4 Ni
marmer	s	2,7	1,2		0,88							10 ¹⁷	
messing	s	8,5	2,1		0,38	1170						6,0	60 Cu, 40 Zn
natrium	s	0,97	7,1		1,3	371	1,2					4,7	
nichroom	s	8,2	1,3									110	60 Ni, 22 Fe, 18 Cr
nieuwzilver	s	8,9	1,8		0,40							33	50 Cu, 35 Zn, 15 Ni
nikkel	s	8,8	1,3		0,46	1728	3,0					7,8	
olijfolie	l	0,92		0,72 · 10 ⁻³	1,7								
paraffine	s	0,89	11		2,9	325						10 ²³	
petroleum	l	0,79			2,1								
platina	s	21,4	0,90		0,13	2043	1,1					11	
plexiglas (perspex)	s	1,2	8,0		1,5							10 ²⁷	
polyetheen	s	0,93	18		2,2								
polyvinyl-	s	1,3	2,4		1,0							10 ²²	
chloride (pvc)													
porselein	s	2,4	0,35		0,80	1900						10 ²⁰	
rubber	s	1,2	20		1,6							10 ²¹	
staal (roestvrij)	s	7,8	1,0		4,6	1780							85 Fe, 13 Cr, 0,2 C
steen bak-	s	1,8	0,6										
stikstof	g	1,3 · 10 ⁻³ 4)		^{1/273}				77		14			
tetra	l	1,6			0,84	250	0,17	350	1,9				
tin	s	7,3	2,2		0,23	505	0,59					11,5	
water	l	1,00		0,21 · 10 ⁻³ 3)	4,2	273	3,3	373	23				
waterstof	g	0,090 · 10 ⁻³ 4)		^{1/273}				20		1			
wolfraam	s	19,3	0,45		0,13	3650	1,9					5,5	
ijs	s	0,92 ²⁾	5,0 ²⁾		2,2	273	3,3						
ijzer	s	7,9	1,2		0,46	1812	2,7					11	
zand	s	1,6			0,80								
zilver	s	10,5	1,9		0,24	1234	1,1					1,6	
zink	s	6,9	3,0		0,39	693	1,1					6,2	
zuurstof	g	1,4 · 10 ⁻³ 4)		^{1/273}				90		16			
zwavel	s	2,0	8,0		0,74	392	0,46					10 ²¹	
zwavel-dioxide	g	2,9 · 10 ⁻³ 4)		^{1/273}				263		32			
zwavelzuur	l	1,8		0,56 · 10 ⁻³	1,4	284		603	5,1				

¹⁾ bij T = 273 K : 13,6

²⁾ bij T = 269 K

³⁾ bij T = 293 K

⁴⁾ p = p₀

⁵⁾ p = 2,5 · 10⁶ Pa

s = vast (solid)

l = vloeibaar (liquid)

g = gasvormig (gaseous)

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 natuurkundendidactiek 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 natuurkundendidactiek 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. Peluassy
 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 Bommel
 R.S.G. Brokdele 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. Revis 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

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 (secre.); 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 (secre. tot 1978), secretaris Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde
 A.A.M. Agterberg (secre. 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. Peluassy
 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. Hiellingman
 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 Bemmelen
 R.S.G. Brokdele 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. Rievius te Deventer